

CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA PLANTA FOTOVOLTAICA: EL CASO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA.

CALCULATION AND DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC PLANT: THE CASE OF THE FACULTY OF ENGINEERING OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF LOMAS DE ZAMORA.

Morris, Jonathan¹, Bertoglio, Carla², García, Mauricio², Lafflito, Cristina M.²

jmorris@iram.org.ar, car.bertoglio@gmail.com, mauriciojuliangarcia@gmail.com, cristinalafflito@yahoo.com.ar.

¹ Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), Perú 552 Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

² Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Juan XXIII y Ruta 4, 1832, Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.

Recibido 27/09/2019; Aceptado: 13/12/2019

Resumen

Los modelos actuales de ciudades que se buscan a nivel global han generado que surjan nuevos conceptos. Uno de ellos es el de generación distribuida. Esta definición hace referencia a la generación de energía eléctrica mediante el empleo de pequeñas fuentes de generación que se ubican cercanas a los puntos de consumo. A su vez, con ella se evidencia una cooperación entre esa microgeneración y la generación producida por las centrales convencionales.

Esta nueva forma de generación hace uso de fuentes de energía de carácter renovable por lo que representa una gran colaboración en cuanto al cuidado medioambiental. Por esta razón, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI-UNLZ) se ha llevado a cabo el cálculo de este proyecto que la ubica como generadora y distribuidora de energía partiendo del empleo de energía solar para cumplir dicho fin.

Palabras claves: generación distribuida – energías renovables – microgeneración

Abstract

The current models of cities that are sought globally have generated the emergence of new concepts, one of which is distributed generation. This definition refers to the generation of electrical energy through the use of small sources of generation that are located near the points of consumption. In turn, with it there is evidence of a cooperation between this microgeneration and the generation produced by conventional plants.

This new form of generation makes use of renewable energy sources so it represents a great collaboration in terms of environmental care. For this reason, in the Engineering Faculty of Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI - UNLZ), a project has been carried out that places it as a generator and distributor of energy based on the use of solar energy to fulfill this purpose.

Keywords: distributed generation – renewable energies - microgeneration

1. INTRODUCCIÓN

En cuanto a materia ambiental, la actualidad mundial ha estado atravesando un período que hace referencia a un cambio de paradigma. Esto implica la evaluación e implementación de procesos y modos de consumos más amigables con el medioambiente que puedan respetar los tres pilares del desarrollo sostenible: el desarrollo económico, el desarrollo social sin dejar de lado el cuidado medioambiental para preservar el planeta con el fin de que las generaciones futuras

puedan continuar con dicho desarrollo y se logre contribuir a la consecución de los 17 objetivos del desarrollo sostenible (ODS) determinados en el año 2015 mediante la agenda de desarrollo 2030 (Figueira et al 2019).

Asociado a estos cambios de desarrollo y consumo se encuentran las nuevas formas de producción de energía. En palabras de Marcelo Alvarez, presidente de la Cámara Argentina de Energías Renovables, “Ese cambio de paradigma hace que el ciudadano no sea un sujeto pasivo que simplemente consume, sino que se convierte en un actor adentro de la cadena causal”.

Es importante destacar que, en Argentina, este tipo de generación eléctrica ha cobrado notable importancia debido a la sanción de diversas leyes que regulan el consumo de este tipo de producción de energía. Entre ellas se puede mencionar la reglamentación de la Ley N° 27.424 de Régimen de Fomento a la Generación distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública. Esta ley les permite a los usuarios generar energía eléctrica para autoconsumo y, luego, los excedentes inyectarlos a la red de distribución.

El modelo más conocido para la generación distribuida en la actualidad es llevado a cabo a partir de paneles solares o tecnología fotovoltaica. El nivel de potencia que este pueda entregar depende de diversos factores: la tecnología que se instale y los factores de capacidad de producción energética que tenga la zona en la que se coloque. En ese sentido, la Argentina cuenta con un alto potencial de desarrollo sobre todo en la zona norte y cuyana.

Con el objetivo de alinearse a estos cambios paradigmáticos y poder contribuir al desarrollo sostenible, se ha desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora un proyecto que persigue la mejora en la eficiencia de energía eléctrica mediante el uso de celdas fotovoltaicas. El presente trabajo es la continuación del ya realizado por Morris et al (2019) en el XII Congreso Nacional de Ingeniería Industrial.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 El fenómeno fotovoltaico

Se trata de un efecto fotoeléctrico el cual involucra la producción de una corriente eléctrica de dos componentes de diversos materiales que se encuentran en contacto y expuestos a la luz o a la radiación electromagnética.

Este efecto genera la conversión de la luz solar en energía eléctrica mediante el empleo de células fotovoltaicas. Dichas células son dispositivos semiconductores que se encuentran fabricados a base de silicio puro y aditivos de impurezas de otros

elementos químicos. Estas son capaces de generar electricidad en corriente continua.

Este fenómeno comienza en el instante en el que un fotón impacta con un electrón ubicado en la última órbita de un átomo de silicio.

Si la energía que adquiere el electrón supera la fuerza de atracción del núcleo, este sale de su órbita y queda libre del átomo y, por tanto, puede viajar a través del material.

Cada electrón liberado deja un espacio libre hasta que este sea ocupado por un electrón que ha saltado de otro átomo. Este movimiento generado por los electrones es denominado carga eléctrica. Dicho movimiento de cargas puede generar un trabajo útil. Para que esto suceda de forma sostenida en el tiempo y continuamente, se requiere la existencia de un campo eléctrico de polaridad constante que será el que polarice las partículas y actúe como impulsor del movimiento anteriormente mencionado.

En la mayoría de las células solares, este campo eléctrico es producido por una unión P-N, esto quiere decir que se produce entre una zona del material que tiene exceso de electrones (y, por tanto, carga negativa) y otra que tiene carencia de ellos (y, por tanto, carga positiva).

2.2 Equipo de Generación Distribuida

Está integrado por diferentes componentes, principalmente se encuentra la parte de generación en base a energías renovables, como pueden ser paneles solares, turbinas eólicas, turbinas hídricas o generación a partir de la biomasa. Para el acople a la red se utiliza un inversor de conexión a la red, posteriormente para la facturación se incorpora un medidor bidireccional (Figura 1).

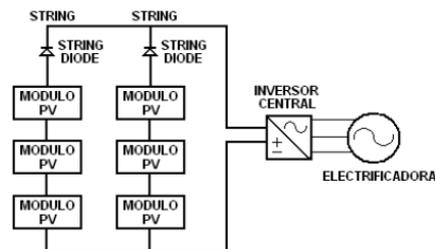


Figura 1 Esquema de una instalación de Generación Distribuida conectada a la red. Fuente: Mejía 2010.

2.3 El panel solar

El panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto o grupo de células (Figura 2) conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua y se diseña para valores concretos de tensión (6V, 12V, 24V), parámetro que define la tensión a la que va a trabajar el panel.

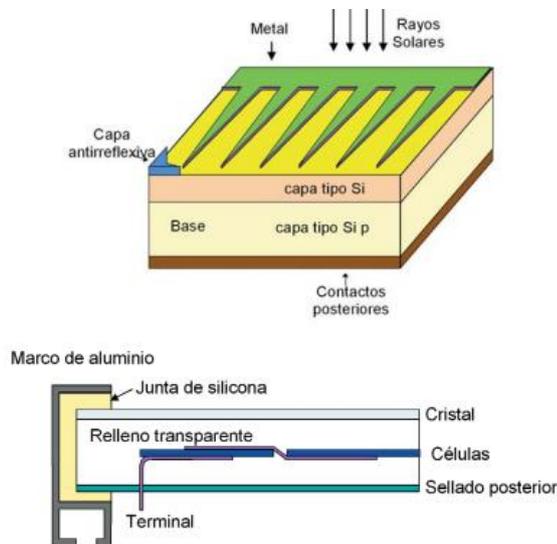


Figura 2. Esquema de una célula solar y de un módulo fotovoltaico. Fuente: Energía Solar Fotovoltaica, Colegio oficial de Ingenieros de telecomunicación Madrid 2002

Aplicaciones conectadas a la red: En este caso la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos no es utilizada por quien la genera sino entregada al proveedor del servicio eléctrico.

3. OBJETIVO DEL PROYECTO

El principal objetivo es el cálculo y diseño de una planta de generación fotovoltaica (FV), a instalar en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora, para el cumplimiento de la ley 27.191 en su último escalón proyectado para el 2025, donde los grandes consumidores deben reemplazar el 20% energía por proveniente de energías renovables.

Pese a que el nivel de consumo de la facultad no la obliga a la incorporación de Energías, se propone esta iniciativa para impulsar la

difusión de las políticas públicas que desarrollen la implementación de Energías renovables.

4. METODOLOGÍA

Las fases metodológicas que se llevan a cabo para el diseño de una Planta de Generación de Energía Fotovoltaica, son las indicada en la figura 3.

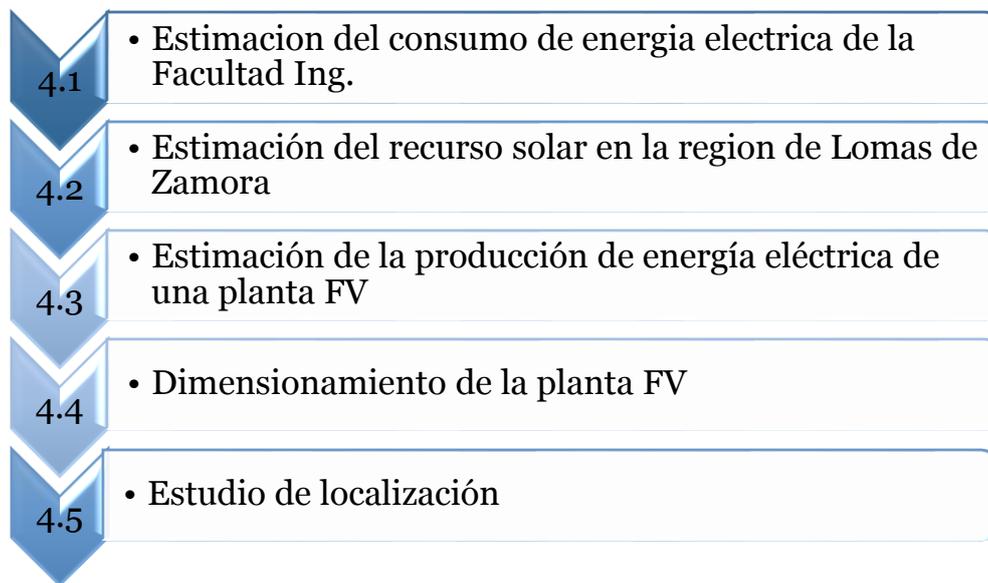


Figura 3 - Metodología aplicada al Diseño de una Planta de Generación de Energía Fotovoltaica. Fuente Berrino 2018

4.1. Estimación del Consumo de Energía Eléctrica de la Facultad Ingeniería.

Para la estimación del consumo se consideró la energía utilizada durante 3 categoría de utilización de las Instalación, primero la energía utilizada de lunes a viernes (E_{L-V}), cuando se dictan clases en las cuatro carreras de Grado de la facultad, segundo Energía Utilizada durante los días Sábado (E_{Sab}), donde hay actividad reducida mediodía, por último la energía utilizada cuando no hay actividades en las instalaciones ($E_{Sin Act}$).

Para realizar las mediciones se utilizó un instrumento conectado al tablero general, exclusivo para esta actividad.

Instrumentos: Analizador de red para panel marca SACI modelo AHM1-TCP Código ZAHM1TCP. Equipo medidor y registrador de parámetros eléctricos.

3 unidades de transformadores de intensidad Marca VIMELEC, tipo VP10-B. CI 0,5 Ts: 0.75KV, 15 VA, relación 1000/5A,

Se midieron los valores de tensión, corriente y potencia consumido durante las jornadas con actividad. Posteriormente se calculó la Energía proyectada y potencia necesaria para la instalación Fotovoltaica.

4.2. Estimación del Recurso Solar en la region de Lomas de Zamora

En la literatura actual existen varios métodos para estimas en recurso solar disponible (Ebe, Idblbi, Morris, Heilscher, & Meier, 2017; Zhang, Chen, Huang, & Zhang, 2017; Scolari, Sossan, & Paolone, 2018).

También existen informes con mediciones de radiación en las áreas cercanas, (Rossi Gallego, 2007). Para el caso en estudio se utilizará la base de dato de disponible de la Nasa: POWER Data Access Viewer, utilizando los datos de radiación solar para el Angulo de inclinación Optimo de los paneles solares. Posteriormente de validaron los valores contra las mediciones del Atlas Solar (Rossi Gallego, 2007).

4.3. Estimación de la producción de energía eléctrica de una planta FV.

Después de calculado el recurso disponible en el partido de Lomas de Zamora, se estima la producción de la energía eléctrica de la planta Fotovoltaica, calculando y definiendo las siguientes características.

- Inclinación óptima del plano receptor o paneles FV: 34°
- Orientación de los paneles FV o acimut: 0° (orientación norte)
- Potencia nominal del panel FV Policristalino (Pnom): 340 Wp
- Área del panel FV (A): 1,94 m²
- Eficiencia de conversión del panel FV (η_{FV}): 17,5%
- Rendimiento Global del conjunto generador-inversor (η_G): 80%

4.4. Diseño de la Instalación.

El diseño consiste en la esquematización serie-paralelo de los paneles Solares. Seleccionar un Inversor que pueda cumplir con las especificaciones del Proyecto. Determinar el esquema unificar de la instalación fotovoltaica conectada a la red.

4.5. Estudio de Localización

Una vez finalizado el diseño hay que definir criterios para la ubicación del sistema fotovoltaico

- Minimizar las pérdidas por sombra.
- Facilitar el acceso para futuras actividades didácticas.

- Acceso cercano a la instalación eléctrica.
- Optimizar el área utilizada.

Teniendo en cuenta estos criterios se realizó una modelación en Skechut 2019 como apoyo para determinar la posición de los paneles Inclinación y Norte Solar.

5. RESULTADOS

5.1. Estimación del Consumo de Energía Eléctrica de la Facultad Ingeniería.

Para realizar la estimación del consumo diario se procedió a la medición del consumo eléctrico durante los días de plena actividad, de lunes a viernes (212 días) como se puede observar en la Tabla 1. Se estimó el consumo de los días sábado cuando se realiza actividad reducida, hasta el mediodía (47 días) y se estimaron los días que no se realiza actividad como los domingos (47 días) y los días de vacaciones y feriados que la facultad mantiene sus puertas cerradas (59 Días).

Tabla 1 – Mediciones de Potencia de lunes a viernes. Fuente elaboración propia.

Hora	Potencia (kW)	Hora	Potencia (kW)
16:00	32,145	04:00	10,076
15:00	34,861	03:00	9,401
14:00	32,286	02:00	11,616
13:00	32,271	01:00	10,806
12:00	19,977	00:00	11,655
11:00	16,826	23:00	15,068
10:00	16,425	22:00	18,259
09:00	15,802	21:00	26,939
08:00	16,043	20:00	37,594
07:00	13,775	19:00	35,659
06:00	9,418	18:00	35,586
05:00	9,157	17:00	30,291
--	--	16:00	32,145

En base a los resultados medidos se identificó los rangos horarios de mayor y menor requerimiento de lunes a viernes (Figura 4) y para los días sábados (Figura 5).

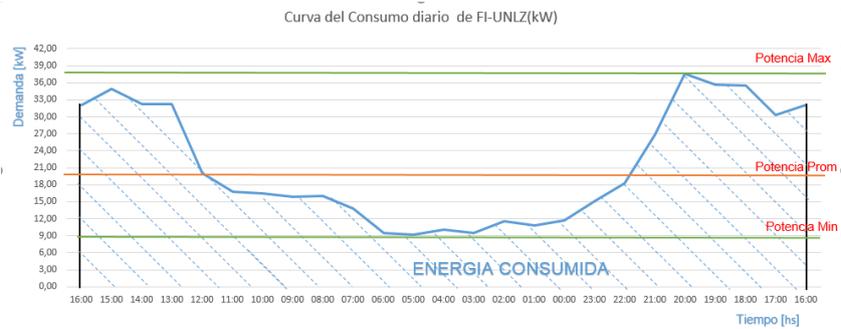


Figura 4 - Curva de consumo Días actividad plena. Fuente elaboración propia.

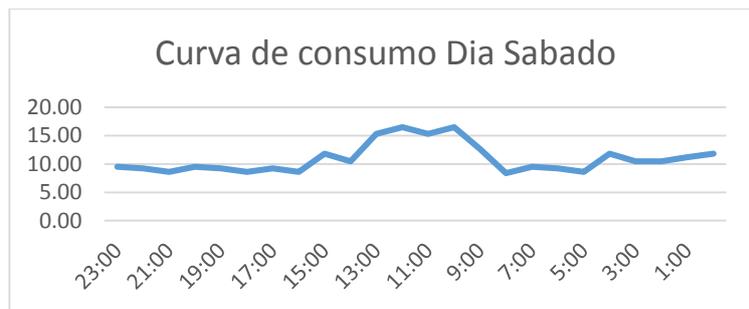


Figura 5 - Curva de consumo Días actividad plena. Fuente elaboración propia.

De las mediciones podemos concluir que el valor máximo, mínimo y promedio, ver tabla 3. $P_{MAX} = 40,54 \text{ kW}$; $P_{MIN} = 8,40 \text{ kW}$; $P_{PROM} = 21,36 \text{ kW}$, también la cantidad de energía para cada categoría de uso de las instalaciones (1) y (2).

$$\text{Energía}_{L-V} = \sum_{i=1}^n E_i \quad \text{n Intervalo de hs (XX)} = E_{L-V} = 501,93 \text{ kWh/Día} \quad (1)$$

$$\text{Energía}_{Sáb} = 251,80 \text{ kWh/Día} \quad (2)$$

En función a las horas de sábado donde no se utilizan las instalaciones se estima la Energía en los días que no se realiza Actividades (3)

$$\text{Energía}_{Sin Actividad} = 221 \text{ kW/Día} \quad (3)$$

A continuación, se afecta la energía de cada tipo de día, contra la cantidad de días que le corresponde según el calendario Académico 2019 (4)

$$\begin{aligned} \text{Energía}_{Anual} &= \text{Días}_{L-V} * E_{L-V} + \text{Días}_{Sáb} * E_{Sáb} + \text{Días}_{sin Act} * E_{Sin Act} \\ &= \left(212 \text{ días} * \frac{501,93 \text{ kW}}{\text{Día}} + 47 \text{ días} * \frac{251,80 \text{ kWh}}{\text{Día}} + 221 \frac{221,80 \text{ kWh}}{\text{Día}} \right) \text{ kW/Día} \end{aligned}$$

$$\text{Energía}_{T \text{ Anual}} = 141677,98 \text{ kW/día} \quad (4)$$

Con la información de la Energía $T \text{ Anual}$ se calculó el porcentaje de energía renovables diaria necesaria, para cumplir con los objetivos escalonados de la Ley 27.191. (Tabla 2)

Tabla 2 – Objetivos energéticos 2018-2025. Fuente: elaboración propia.

% Incorporación Energías Renovables Ley 27191	Año Objetivo	Energía Renovable Anual Requerida MWh.
8%	2018	11,33
12%	2019	17,00
16%	2021	22,67
18%	2023	25,50
20%	2025	28,34

5.2. Estimación del Recurso Solar en la región de Lomas de Zamora

Para determinar los valores de irradiación solar se utilizó la base de dato de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) de EEUU, para la Localización: Latitud -34.7733 y Longitud -58.459 se obtuvimos los valores de la tabla 3.

Con el fin de verificar los datos de Irradiación (I) obtenidos de la NASA se comparó contra los valores de los mapas de irradiación del Atlas de energía solar de la República Argentina (Grossi 2007) Ver figura 6.

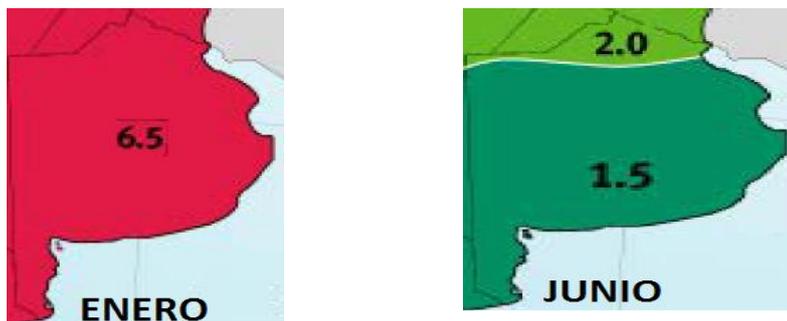


Figura 6 Irradiación meses Enero y Junio kW-h/m²/Dia. . Fuente: Grossi 2007

La verificación sobre el plano horizontal se puede comprobar en (5) y (6)

Mes de Enero Mayor Irradiación

$$I_{Nasa} = 6.56 \text{ kW} * \frac{\text{hs}}{\text{m}^2} / \text{Dia} \cong I_{Atlas} = 6.5 \text{ kW} * \frac{\text{hs}}{\text{m}^2} / \text{Dia} \quad (5)$$

Mes de Junio menor Irradiación

$$I_{Nasa} = 1.79 \text{ kW} * \frac{\text{hs}}{\text{m}^2} / \text{Dia} \cong I_{Atlas} = 1.5 \text{ kW} * \frac{\text{hs}}{\text{m}^2} / \text{Dia} \quad (6)$$

Tabla 3- Irradiación solar mínima para superficies inclinadas frente a ecuador kW-h/m²/día.
Fuente: elaboración propia.

Meses	Angulo Inclinación				
	0°	19°	34°	49°	90°
ENE	6.56	6.40	5.90	5.17	2.30
FEB	4.74	4.79	4.58	4.16	2.23
MAR	3.85	4.11	4.09	3.86	2.40
ABR	3.07	3.54	3.71	3.69	2.69
MAY	2.28	2.84	3.12	3.22	2.63
JUN	1.79	2.29	2.56	2.68	2.29
JUL	2.15	2.76	3.08	3.23	2.72
AGO	2.74	3.27	3.49	3.53	2.70
SEP	3.96	4.40	4.50	4.35	2.89
OCT	4.46	4.61	4.47	4.12	2.31
NOV	5.52	5.44	5.07	4.51	2.17
DIC	5.90	5.71	5.25	4.59	2.12

Para el Proyecto se toma como ángulo óptimo de inclinación de 34 ° igual a la latitud geográfica de la ciudad de lomas de Zamora (Grossi Gallegos & Righini, 2012)

5.3. Estimación de la producción de energía eléctrica de una planta FV

Después de haber estimado el recurso solar disponible en el partido de Lomas de Zamora, procedimos a calcular la producción disponible de energía eléctrica de la planta de energía fotovoltaica.

- Inclinación óptima del plano receptor o paneles FV: 32°
- Orientación de los paneles FV o acimut: 0° (orientación norte)

- Potencia nominal del panel FV Poli cristalino (Pnom): 340 Wp
- Dimensiones del Panel 1987 x 992 mm
- Área Ocupada = 1,94 m²
- Peso individual por panel 27 kg
- Eficiencia de conversión del panel FV (η_{FV}): 17.25%
- Rendimiento Global del conjunto generador-inversor (η_G): 80%

El rendimiento global η_G corresponde a los factores de pérdida de del generador FV en su conjunto. Este dato es sugerido por la Asociación de la Industria Fotovoltaica (EPIA 2018)

La energía diaria producida por kW de potencia instalado (EPkWj) resulta ser:

$$EPkW_j = (H_{LZ,opf} \cdot A \cdot \frac{\eta_{FV}}{P_{nom}}) \eta_G ; j = 1,2, \dots, 12$$

Donde j corresponde a los meses del Año, $H_{LZ,opf}$ es la irradiación en el partido de Lomas de Zamora en el ángulo óptimo (34°), en la Figura 7 se representa la producción estimada de energía eléctrica a lo largo del año de un panel FV. La producción media anual es 1207,629 kWh/kWp.

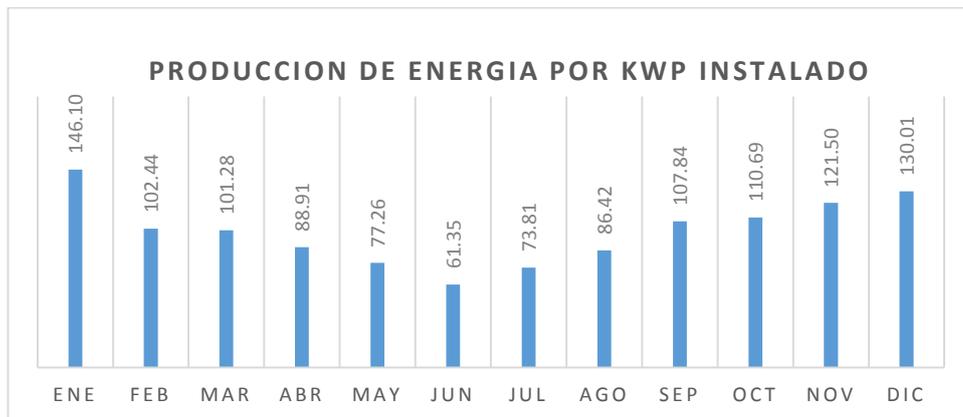


Figura 7 - Estimación mensual de energía producida por kW instalado. Fuente: elaboración propia.

5.4. Dimensionamiento de la planta FV

Conociendo la producción de energía en Partido de Lomas de Zamora y el requerimiento de energía en la facultad de ingeniería dimensionamos la planta FV. La Potencia de diseño de la planta FV resultara de (7):

$$P_{FV} = \frac{E_{2019} * [kWh] \cdot T [\%]}{EPkW \left[\frac{kWh}{kWp} \right]} \quad (7)$$

Donde:

PFV, es la potencia de diseño de la planta FV kWp

E2019, es la energía consumida por la FI UNLZ en el año 2019= 141677,98 kW/día

T, es el porcentaje objetivo de la Ley 27.191

EPkW, es la energía producida por la Planta en kW instalado.

Podemos determinar que potencia le correspondería para cada escalón objetivo de la ley 27.191. (Tabla 4).

Tabla 4- Potencia de la instalación para incorporar ER según Ley 27.191. Fuente elaboración propia

% Incorporación Energías Renovables Ley 27.191	Año Objetivo Ley 27.191	PFV [Kw]
8%	2018	9,39
12%	2019	14,08
16%	2021	18,77
18%	2023	21,12
20%	2025	23,46

De los resultados de los cálculos se definen las potencias de la instalación en cada instancia. Para el desarrollo de este trabajo se optó diseñar la instalación con el último objetivo correspondiente al año 2025 donde el 20% de la energía debe provenir de fuentes renovables.

5.4.1 INVERSOR

El generador fotovoltaico produce corriente continua. En sistemas fotovoltaicos autónomos, para poder utilizar cargas en corriente alterna, se necesita un dispositivo electrónico denominado inversor que convierta la corriente continua en corriente alterna.

Las funciones principales de los inversores son: inversión DC/AC, modulación de la onda alterna de salida y regulación del valor eficaz de la tensión de salida.

El funcionamiento general de un inversor está basado en puentes de interruptores de semiconductores de potencia con un ciclo controlado de apertura y cierre generando ondas de pulsos variables (cuantos más pulsos menor distorsión armónica y mayor proximidad a la onda pura senoidal).

Para este caso la potencia de la instalación es PFV=23,46 kWp, se utiliza la superior inmediata que se encuentra disponible en el mercado 25 kWp. El inversor que se adopta para la instalación es Marca: FRONIUS Modelo: ECO 25.0-3-S.

5.4.2 Interconexión de paneles fotovoltaicos

Se denomina generador fotovoltaico al conjunto de todos los módulos de un sistema. La interconexión de paneles se realiza asociando primero paneles en serie hasta conseguir el nivel de tensión adecuado y, luego, asociando en paralelo varias asociaciones en serie para alcanzar el nivel de corriente deseado. Todos los paneles que se interconectan deben ser iguales, es decir, de la misma marca y con las mismas características.

Para el diseño del esquema Serie paralelo se adoptó el panel Marca: Jinko solar Modelo: Eagle HC 72P-V

- MÓDULO POLICRISTALINO 72 células
- Potencia máxima (P_{máx}) 340Wp
- Tensión de potencia máxima (V_{mp}) 38.2V
- Corriente de potencia máxima (I_{mp}) 8.90A
- Tensión de circuito abierto (V_{oc}) 47.5V
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}) 9.22A
- Eficiencia del módulo STC (%)17.25%

$$\text{Numero de paneles en serie } N_s = \frac{V_{max\ inv}}{V_{ca\ Panel}} = \frac{580V}{38.2V} = 15,18 \cong 15 \text{ Paneles en serie} \quad (8)$$

$$\text{Numero de Paneles en Paralelo } N_p = \frac{I_{max\ inv}}{I_{cc\ Ramal}} = \frac{44.2A}{8.9A} = 4.996 \cong 5 \text{ Ramales} \quad (9)$$

$$\text{Cantidad de Paneles } N_T = N_s * N_p = 15 * 5 = 75 \text{ Paneles} \quad (10)$$

$$\text{Potencia Pico } P_p = 75 \text{ paneles} * 340 \frac{W}{\text{modulo}} = 25500W \quad (11)$$

El esquema serie paralelo de conexión al inversor se puede ver en la Figura 8.



Figura 8 – Esquema Serie Paralelo de conexión. Fuente: elaboración propia.

Se verifican las características de Diseño, Corriente de Carga (12), Corriente de Cortocircuito (13), Tensión a Circuito abierto (14)

$$I_{MP} = \sum I_{P\text{paralelo}} = 47,5 A \times 5 \text{ Ramas} = 46,1 A \leq I_{cc\text{ INV}} 71,3 A \text{ Verifica} \quad (12)$$

$$I_{SC\text{ Total}} = \sum ISC_{P\text{paralelo}} = 9,22A \times 5 \text{ Ramas} = 46,1 A \leq I_{cc\text{ INV}} = 71,3 A \text{ Verifica} \quad (13)$$

$$U_{OC} = 47.5Vca * 13 \text{ Paneles} = 617,5 Vca < Uca_{\text{ INV}} = 1000V \text{ Verifica} \quad (14)$$

5.5. Localizacion.

5.5.1. Posicionamiento de los paneles.

Se seleccionó del mercado un soporte fijo de los paneles en el cual se pueden colocar 6 de ellos. Con las dimensiones correspondiente en la Figura 9.

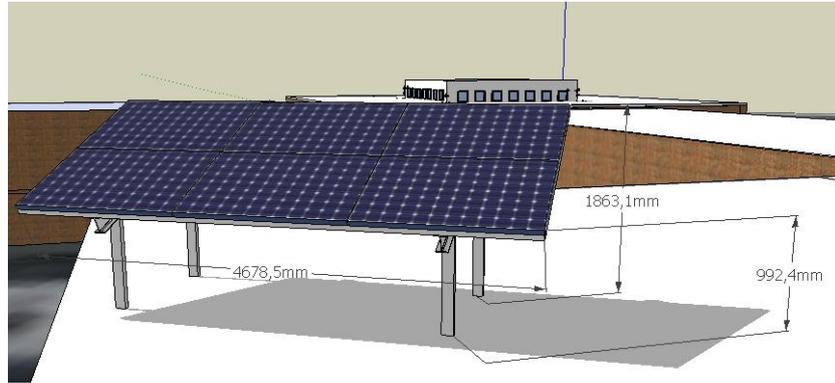


Figura 9 –Soporte para 6 Paneles. Fuente: Elaboración Propia.

Por lo que, a continuación, se encuentra el cálculo requerido para determinar la cantidad de soportes (15):

$$Cant \text{ Soportes} \frac{Cantidad \text{ paneles}}{paneles \text{ por soporte}} = \frac{75 \text{ paneles}}{6} = 12.5 \approx 13 \text{ Soportes} \quad (15)$$

Se deben posicionar orientados al Norte con una inclinación de 34°. Por este motivo, los soportes poseen posiciones variables. A su vez, se debe considerar el requerimiento de alinear de a 3 soportes lo que da una longitud aproximada de 14 metros. (Figura 10).

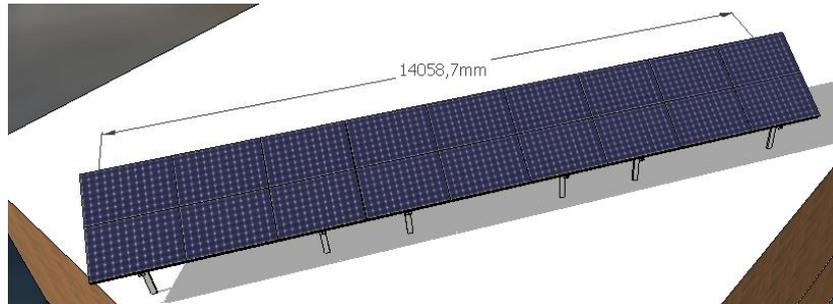


Figura 10 –3 Soporte de Paneles. Fuente: Elaboración Propia.

Considerando la recomendación antes mencionada, la distribución en la terraza consistirá de 13 soportes unidos de a 3 en línea, más una línea de 1 soportes de 3 paneles.

Mediante el empleo del software Sketchup 2019 se realizó el modelado de la disposición que tendrán los paneles en la terraza de la Facultad de Ingeniería de la UNLZ. (Figura 11).

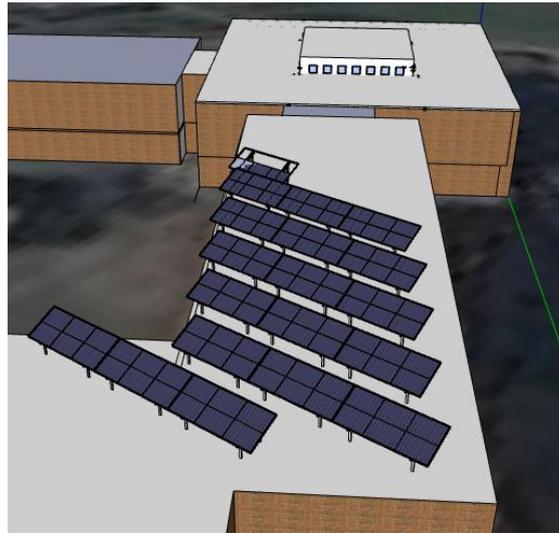


Figura 11 –Distribución de los paneles en la terraza. Fuente: Elaboración Propia.

5.5.2 Simulación de Sombras.

Para concluir diseño del proyecto se realizó una simulación de sombras para verificar que, en los diferentes meses del año, no exista interferencia de sombra lo que provocaría una baja en el rendimiento global de la instalación fotovoltaica. La fecha de mayor riesgo de sombra es el solsticio de invierno, 20 de junio. En la Figura 12 se puede verificar que no existe interferencia.



Figura 12 –Distribución de los paneles en la terraza. Fuente: Elaboración Propia.

6. CONCLUSIONES

La eficiencia energética y el uso racional de ella demanda planes estratégicos propios de cada nación por eso, una vez realizado el análisis del contexto en el presente artículo, se concluye que la generación distribuida en Argentina está creciendo acompañada de políticas públicas que incentivan su desarrollo lo cual se considera un factor fundamental para el empleo de las mismas dentro de la matriz energética nacional y representando una fuente de energía renovable muy importante.

De todo lo expuesto en los párrafos anteriores, se concluye que el uso de paneles solares acompañado de la utilización de luminarias LEDs le aportarán a la Facultad de Ingeniería de la UNLZ una notable disminución en el consumo de energía y, por lo tanto, de su costo asociado. Además, la misma contribuirá al empleo de energías renovables en línea con los 17 ODS que se proyectaron para 2030.

Queda definido un sistema compuesto por 75 paneles fotovoltaicos que producirán el 20% de energía anual consumida por la facultad de Ingeniería. Mediante el empleo del software Sketchup se pudo realizar una adecuada simulación con la respectiva disposición de los paneles en la terraza de la mencionada institución con lo que se puede observar de qué forma quedarán los paneles colocados en los soportes fijos elegidos. Dicha simulación se realizó acomodando los paneles en 18 soportes de 6 paneles y uno de 3 paneles. Estos módulos serán soportados por estructuras fijas y en total serán 38 soportes.

7. BIBLIOGRAFÍA

Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) Disponible: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2019].

Berrino Cristian. 2010. H. CONEXIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO A LA RED ELÉCTRICA Scientia et Technica Año XVI, No 44, Abril de 2010. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701 Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4548810.pdf>. [Fecha de consulta: 15 Noviembre 2019].

Cálculo y Diseño de una Planta Fotovoltaica en el Marco del Programa Nacional de Fomento para el Uso de Energías Renovables Revista Pymes, Innovación y Desarrollo - 2018 Vol. 6, No. 1, pp. 24-43 ISSN: 2344-9195 Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6546466>.

Catalogo JINKOSOLAR Modelo Eagle HC 72P-V Disponible en: www.jinkosolar.com

EPIA. (2018). European Photovoltaic Industry Association - Intelligent Energy Europe - European Commission. Obtenido de <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/partners/epia>

Figueira, A. 2019 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES DE BASE SOLAR A ESCALA URBANA. CASO DE ESTUDIO: BARRIO DE FLORES – CABA Acta de la XLII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 7, pp. 08.37-08.46, 2019. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-1-2.

Figueira, A., García, M., Morris, J., C., Lafflito, C. 2019. Objetivos de desarrollo sostenible: (ODS): una estrategia para mejorar la gestión ambiental en las industrias de la región. Actas del XII Congreso Nacional de Ingeniería Industrial. Rio Gallegos, Chubut, Argentina. 9pp. (en prensa).

Grossi, H; Righini, R; (2007) Atlas de energía solar de la República Argentina. Argentina, APF suma.

Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (2012). Ángulo Óptimo para planos colectores de Energía Solar integrados a Edificios. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES), (págs. 04.01-04.07).

IRENA [en línea] (2016) Renewables Energy in Cities. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Dirección URL: https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Statistics_2016.pdf [consulta: 26 de Junio 2019].

Morris, J., García, M., Bertoglio, C., Lafflito, C. 2019. Eficiencia energética y energías renovables: dos herramientas para contribuir al desarrollo sostenible. El caso de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Actas del XII Congreso Nacional de Ingeniería Industrial. Rio Gallegos, Chubut, Argentina. 11pp. (en prensa).

Sketchup. (2018). Obtenido de <https://www.sketchup.com/es>