

[Diseño de sistema fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a Facultad de Arte y Diseño, Albergue Estudiantil 2 y Biblioteca Regional Oberá

Neumann Miqueas M. ^{a*}, Fischer Gerardo G. ^a, Angermeier Pablo G. ^a, Oliveira Mario O. ^{a, b} y Cabral Roberto J. ^{a, b}

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica - LIDEE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: miqueasneumann@gmail.com, fischerggabriel@gmail.com, pabloangermeier539@gmail.com, ingenioli@gmail.com, robert_rjc@hotmail.com

Resumen

En este artículo se presenta el estado de avance del proyecto “Diseño de Sistema Fotovoltaico a Implementar en Facultad de Arte y Diseño, Albergue Estudiantil 2 y Biblioteca Regional Oberá”. Dicho proyecto está siendo realizado en la cátedra “Proyecto Electromecánico 2” de la carrera de Ingeniería Electromecánica y tiene por finalidad desarrollar un sistema auxiliar de abastecimiento de energía eléctrica basado en el uso de energía renovable solar fotovoltaica. En este documento se presenta el estudio del estado del arte, el análisis de los datos obtenidos a través del relevamiento de cargas, las simulaciones realizadas, los criterios de selección de baterías y paneles fotovoltaicos y el cronograma de actividades futuras.

Palabras Clave –Energía renovable, Electricidad, Sistema fotovoltaico, Proyecto electromecánico, Radiación solar, Simulación.

1. Introducción

Los predios de la Facultad de Arte y Diseño, Albergue Estudiantil 2 (nuevo albergue inaugurado en el año 2019) y Biblioteca Regional, no cuentan en la actualidad con un sistema propio de generación de energía como respaldo ante eventuales cortes de energía eléctrica. Por ello, los cortes del suministro de energía de la red de la distribuidora local interfieren en el normal funcionamiento de las actividades académicas y administrativas.

Cuando no haya interrupción de la prestadora de servicio, gracias a la generación de los paneles solares, se necesitará una energía menor provista por la prestadora de servicio, con lo cual se tendrá un ahorro de dinero a la hora de abonar la factura. En el caso que la generación sea mayor que el consumo de la instalación, se podrá inyectar esta potencia a la red generando así un crédito a favor las instituciones generadoras.

Los frecuentes cortes del suministro de energía interrumpen las actividades académicas y administrativas de los edificios de la Facultad de Arte y Diseño, Albergue Estudiantil 2 y Biblioteca Regional.

El desaprovechamiento de horas de clases en la facultad es una consecuencia directa de los cortes de energía, ya que varios sectores no cuentan con una adecuada luz natural, además de que

*Autor en correspondencia.

varias actividades se realizan en horarios nocturnos. Al no poseer una adecuada iluminación, se dificulta la toma de apuntes ya que no se ve correctamente la hoja y no se logra ver el pizarrón. Además, si el docente estaba trabajando con un proyector, este dejará de funcionar inmediatamente. Así también afecta a las actividades que se realiza con computadoras, salas audiovisuales y laboratorios.

Las actividades administrativas por parte de alumnado, asuntos estudiantiles, decanato y otras oficinas no son una excepción ante la problemática de los cortes de energía, ya que utilizan iluminación, computadoras e impresoras.

En el caso del albergue, los estudiantes necesitan estudiar y realizar trabajos con la computadora perdiendo tiempo absolutamente valioso si existe un parcial o la entrega de un trabajo al día siguiente.

En la biblioteca, al no contar con energía, se dificulta retirar materiales bibliográficos, ya que todos estos deben ser registrados en el sistema informático. Así también, si los alumnos eligen quedarse en la biblioteca para leer o estudiar, se encuentran limitados al haber déficit de iluminación.

En este artículo se presentan los avances realizados en el proyecto sobre el diseño de un sistema de generación eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos considerando el abastecimiento de energía eléctrica a los edificios mencionados con anterioridad. Cabe mencionar que la finalidad es asegurar el suministro eléctrico continuo a luminarias y artefactos indispensables en las actividades académicas y administrativas mediante el uso de baterías, cargadas mediante energía solar.

2. Estado del arte

2.1. Aspectos generales

La energía fotovoltaica se logra al convertir la radiación en sus diferentes formas, difusa, directa e indirecta, en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico explicado por Albert Einstein en 1905 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Ya en 1989 se industrializó la producción de paneles solares con rendimientos del 17%. A partir del año 2001, la producción de los paneles solares se incrementó exponencialmente al mismo tiempo que su rendimiento logrando llegar hasta un 30% [1].

Al principio, las células fotovoltaicas se emplearon de forma minoritaria para alimentar eléctricamente juguetes y en otros usos menores, dado que el coste de producción de electricidad mediante estas células primitivas era demasiado elevado. Luego se implementaron en uno de los primeros satélites puestos en órbita alrededor de la Tierra. Posteriormente se comenzaron a utilizar estas tecnologías para alimentar faros de islas, ya que el sistema permite generar electricidad de forma aislada.

Al pasar de los años, el costo de los paneles fotovoltaicos fue disminuyendo y por ello en la actualidad estas tecnologías aportan en un gran porcentaje la producción de energía renovable mundial como se puede apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

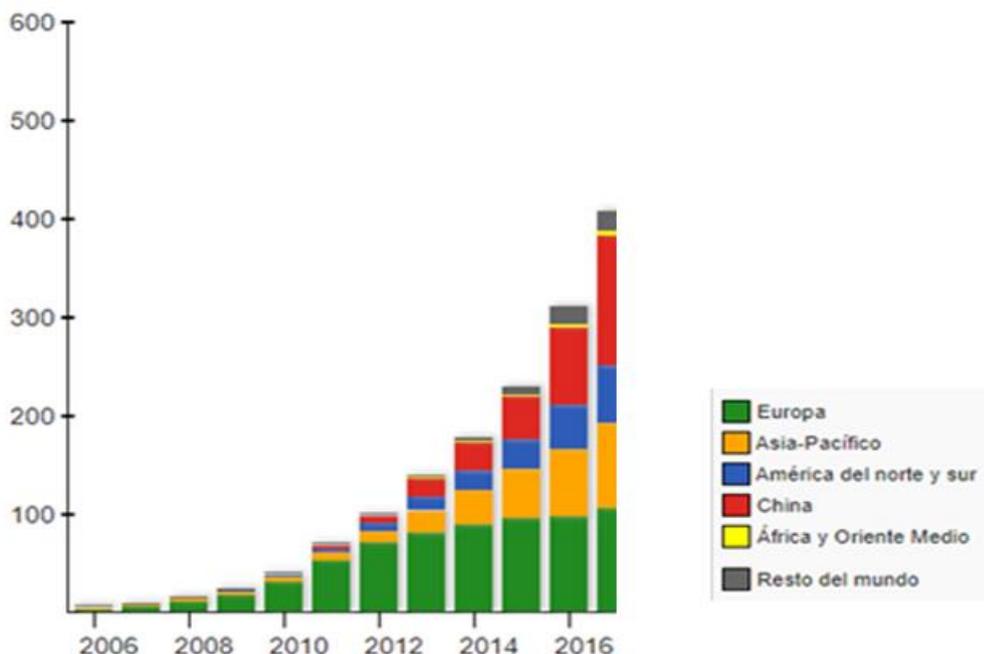


Fig. 1. Potencia instalada en diferentes países hasta 2017 expresada en Gigavatios

La producción anual de energía eléctrica generada mediante esta fuente de energía a nivel mundial equivalía en 2015 a cerca de 184 TWh, suficiente para abastecer las necesidades energéticas de millones de hogares y cubriendo aproximadamente un 1 % de la demanda mundial de electricidad [1].

En la actualidad, la mayor producción mundial de energía solar fotovoltaica se da en la planta solar del Desierto de Tengger en Zhongwei, provincia de Ningxia, China. Tiene una capacidad de 1.547 MW. Se comenzó a construir en 2012 y se concluyó a finales de 2015 [2].

Le sigue el parque fotovoltaico Kurnool Ultra Mega Solar Park en India, con una potencia instalada de 1000 MW. Se comenzó a construir en el 2015 y finalizó 2018 [2].

En América, la mayor producción de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos se logra en el Parque Solar Fotovoltaico Villanueva, ubicado en Viesca, México. La planta tiene una capacidad total de 828 MW, la construcción comenzó en marzo de 2017, y para abril de 2018 ya operó con el 40% de su capacidad [3].

En la Argentina continúa fuerte el crecimiento de las energías verdes. Recientemente, en la provincia de San Luis se inauguraron Parques Solares Caldenes del Oeste y La Cumbre, que aportarán 46,75 megavatios (MW) de energía renovable al sistema nacional, un equivalente al requerimiento eléctrico de más de 30.000 hogares. Además, en Jujuy, se está construyendo un parque solar de 300 MW (potencia instalada) para un pueblo aislado a 4200 m sobre el nivel del mar [4].

2.2. *Proyectos similares*

En Argentina, un proyecto similar se llevó a cabo en el Edificio Histórico de la Legislatura Porteña, el cual cuenta con un sistema de generación fotovoltaico formado por 96 módulos de silicio policristalino de 270 Wp, distribuidos en 16 filas de 6 módulos cada una [5].

Además, otro proyecto que se tiene es en la facultad de Ingeniería Oberá, en el departamento de Ingeniería Electrónica. Cuentan con un sistema de generación fotovoltaica de 6 módulos de 300 Wp cada uno, dando una potencia instalada de 1800 Wp. Este sistema se encuentra conectado en paralelo con la red eléctrica, por lo cual aporta su energía generada que luego se ve reflejada en la facturación de la prestadora de servicio.

2.3. *Funcionamiento de los sistemas de generación fotovoltaicos:*

Existen 3 diferentes tipos de sistemas utilizados para la generación de energía fotovoltaica:

- On grid: son sistemas de generación conectados a la red eléctrica de la prestadora de servicio para disminuir su consumo y eventualmente inyectar un excedente de energía a la misma. Este sistema no es capaz de autoabastecerse ante una eventual interrupción de la energía de la red [6].
- Off grid: usualmente denominado “isla”, este sistema trabaja desconectado de la red eléctrica y es capaz de autoabastecerse por medio de paneles solares y baterías [7].
- Híbridos: Es un sistema que combina los dos anteriores puede funcionar como uno *off grid* y conectarse a la red en caso de que la energía producida no fuese suficiente. Así también puede funcionar como un sistema *on grid* y al haber una interrupción en la red eléctrica funcionar como *off grid*. Usualmente los inversores son programables para funcionar de diferentes formas [8].

3. **Objetivos**

3.1. *Objetivos generales*

El objetivo general del proyecto es aprovechar la superficie disponible de los techos de los establecimientos mencionados anteriormente para generar energía eléctrica utilizando paneles solares y con dicha energía generada, poder abastecer parte de la instalación eléctrica.

3.2. *Objetivos específicos*

Se busca realizar un relevamiento de las cargas de las distintas instalaciones y poder conocer cuáles son las indispensables que deben ser alimentadas por nuestro sistema fotovoltaico sin inconvenientes.

Además, se busca evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto y en caso de no ser del todo posible, se propondrán recomendaciones sobre la clase de iluminación para poder lograr una mejor eficiencia y lograr nuevamente la viabilidad del proyecto.

Así también, se busca reducir el consumo de energía eléctrica, lo que significaría un ahorro económico. Además, al producir parte de la energía en la fuente de consumo, se disminuyen las pérdidas de transporte.

Reemplazar parte del uso de la energía convencional por energía renovable es el uno de los objetivos más importantes ya que se espera que este proyecto sirva de ejemplo y motivación para otros para fomentar de esta forma, la implementación de energías limpias en la región.

4. Actividades realizadas

Primeramente, se buscó información de cómo funciona un sistema de generación solar, que elementos se necesitan y de qué dependen.

Se realizó una evaluación del estado del arte, para poder adquirir conocimientos y relevar si se realizaron proyectos similares y cuáles fueron los resultados de estos.

Para que se pueda dimensionar el sistema, se realizó un relevamiento de las cargas de las diferentes instituciones discriminándolas como esenciales o no para el mínimo desarrollo de las actividades académicas. No se pudo realizar mediciones directamente de potencia ni de energía debido a que no todas las instalaciones tienen la cantidad que deberían tener de iluminaria ya que un gran porcentaje se encuentra averiadas. Asimismo, la instalación eléctrica del albergue no está terminada ya que el edificio continúa en construcción, por lo que se recurrirá a los planos eléctricos.

Se determinó el tipo de panel solar que se utilizará y las baterías mediante la información recauda anteriormente. Para poder calcular la potencia que se necesita instalar de paneles y la energía que debe albergar las baterías, se procedió a utilizar un software de simulación denominado “Solarius PV (14.00d)” de la empresa “ACCA Software” [9]. Para utilizar dicho programa se solicitó a la empresa una licencia de estudiante la cual fue concedida y está vigente hasta principios de noviembre del corriente año.

Se obtuvo la irradiación media mensual de la fuente Meteonorm 7.1 como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y se calculó un coeficiente de sombreado de cada edificio, los cuales daban en promedio 0,94.

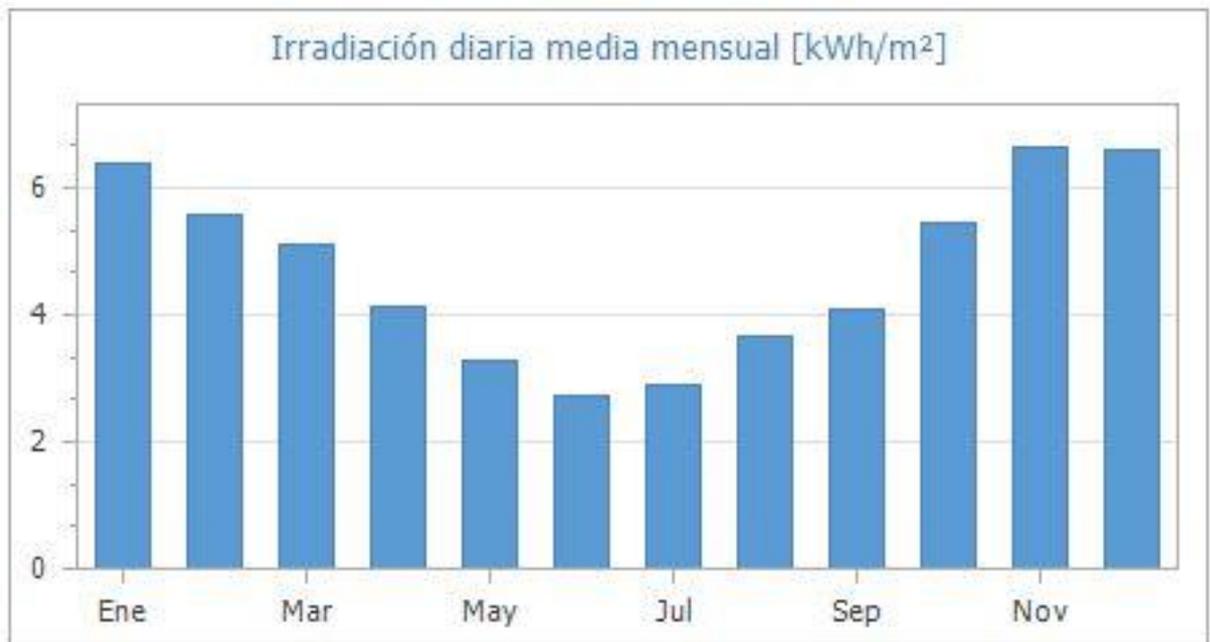


Fig. 2. Irradiación media mensual Oberá Misiones

Para tener una mayor exactitud a la hora de determinar la energía generada, el software permite determinar un coeficiente de sombreado del lugar donde se colocarán los paneles, teniendo en cuenta la vegetación a los alrededores, edificaciones cercanas y el perfil de horizonte. Con los datos antes mencionados y la ubicación de la superficie que ocuparán los paneles, se confecciona un diagrama solar, el cual se puede observar en la Fig. 3..

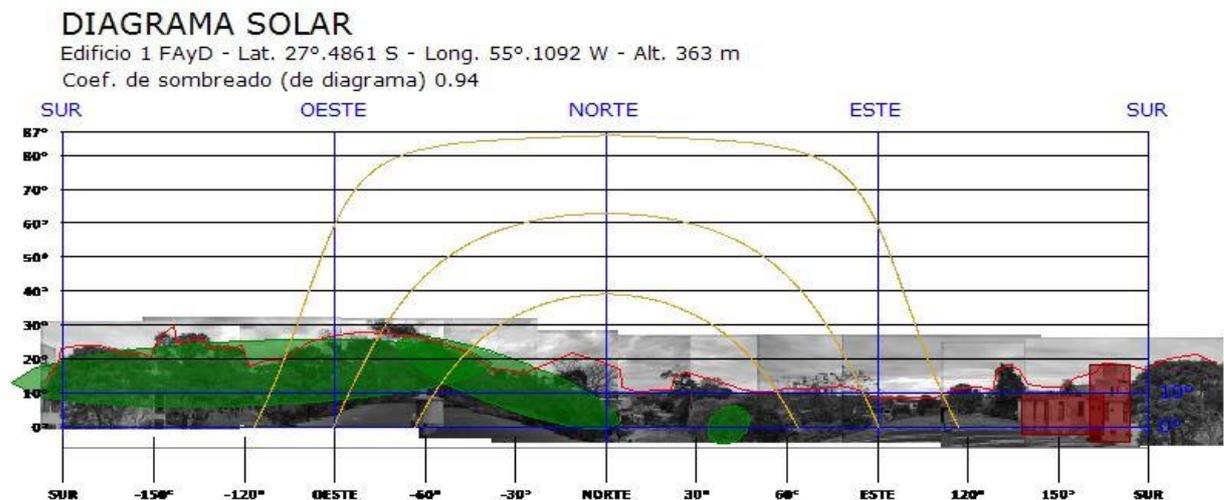


Fig. 3. Determinación del coeficiente de sombreado

Luego se determinó la posición de los paneles más adecuada para cada edificio teniendo en cuenta la energía generada en diferentes épocas del año, el área cubierta y espacios para mantenimiento. Se puede apreciar la disposición de los paneles en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y la energía generada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

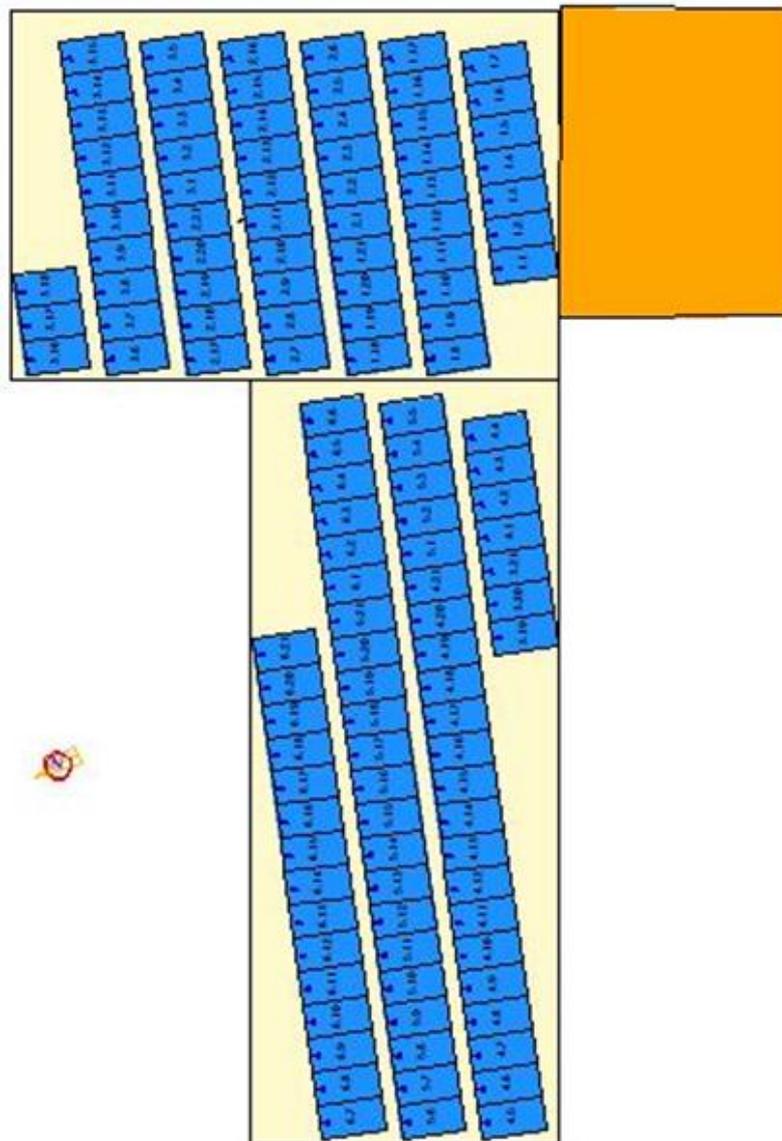


Fig. 4. Disposición de paneles en el edificio 2 Facultad de Artes y Diseño

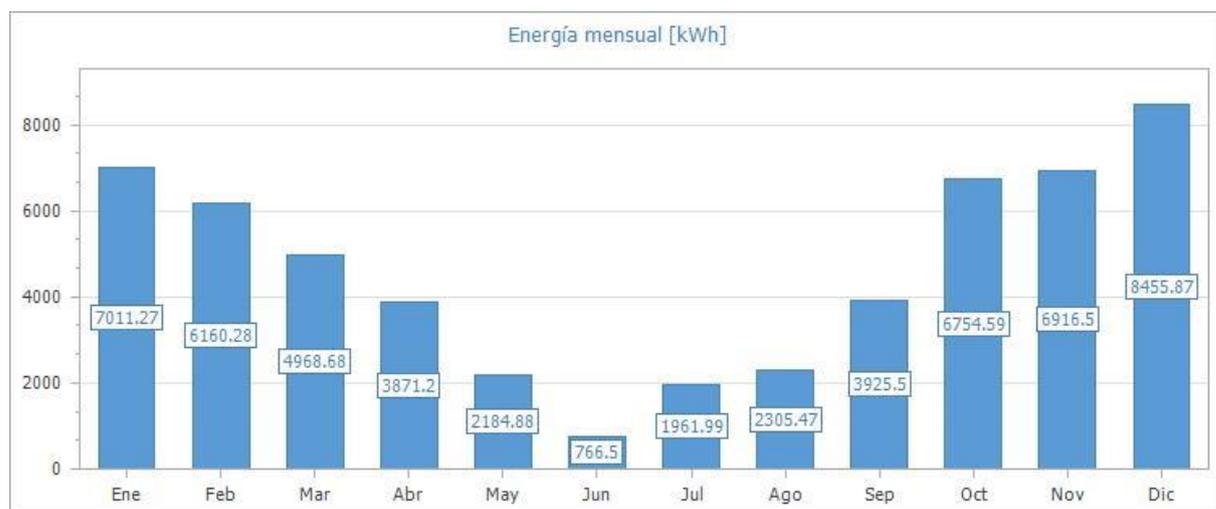


Fig. 5. Energía generada en KWh edificio 2 Facultad de Arte y Diseño

A continuación, la Tabla 1 presenta un resumen los diferentes edificios con los elementos necesarios para cada sistema de generación, es decir, la cantidad de paneles solares, inversores y baterías necesarios.

Tabla 1. Resumen de instalaciones y elementos necesarios.

Equipo	EDIFICIO	Artes Edificio 2			Artes Edificio 1	Biblioteca	Albergue	Total
		Espacio Utilizado	Techo Entrada	Techo Curvo	Techo con Cisterna	Techo Curvo	Según Planos	
Panel Fotovoltaico	Cantidad Utilizada	126	42	42	76	210	126	622
	Potencia Instalada(kW)	40,32	13,44	13,44	24,32	67,2	40,32	199,04
	Energía Anual(kWh)	33171,78	11053,19	1157,76	30729,02	41144,1	24700,04	141955,89
Inversor	Cantidad de Inversores	3	1	1	2	5	3	15
	Cantidad de Paneles por Inversor	42	42	42	38	42	42	
Baterías	Cantidad de Ramas	1	NO Cuenta	1	3	3	3	
	Cantidad de Bat por Rama	4						
	Cantidad de Baterías	4	NO Cuenta	4	12	12	12	44
	Capacidad de Almacenamiento util(kWh)	5,4	NO Cuenta	5,4	16,2	16,2	16,2	59,4

4.1. Descripción de las Actividades

Investigación técnica: consiste en la revisión bibliográfica sobre la temática de investigación propuesta.

Acceso a datos civiles y eléctricos: consiste en relevar las instalaciones, obteniendo datos del circuito eléctrico de cada una de ellas como también así sus planos civiles.

Medición de campo: consta en el trabajo de campo para obtener dimensiones de los techos y superficies a utilizar para el diseño del sistema de generación fotovoltaica.

Cálculo de carga: se calcula la potencia instalada de cada instalación analizada.

Cálculo de demanda: mediante factores de simultaneidad se calcula la carga demandada por las instalaciones.

Selección de sistema de generación: mediante los análisis previos, se selecciona el sistema de generación fotovoltaica que se va a utilizar en las instalaciones antes mencionadas.

Cálculo y simulación por Software: en esta etapa del proyecto, mediante la implementación de un software de cálculo y diseño, se simula la generación fotovoltaica de cada instalación y se analiza la energía generada.

Selección de sistema de almacenamiento: consiste en seleccionar el tipo de baterías a utilizar y la cantidad necesaria para abastecer de energía a cada instalación en situación de corte de suministro.

Conversión CC/CA: en esta etapa se selecciona el tipo de convertidor o inversor a utilizar.

Sistema de conmutación red/generación: consiste en analizar la puesta en paralelo de la generación fotovoltaica con la red eléctrica pública.

Análisis económico: se basa en el estudio de la viabilidad económica del sistema de generación fotovoltaica propuesta para cada instalación.

Análisis legal y ambiental: consta en recurrir a leyes y reglamentaciones vigentes de carácter Nacional, Provincial y Municipal que regulan la generación de energía fotovoltaica y la generación distribuida, además la legislación que regula los impactos ambientales generados de estos proyectos.

Confección de informe: toda la investigación técnica, económica, legal y los análisis realizados como también así los resultados obtenidos se deben plasmar en un informe técnico, en esta etapa del proyecto se lleva a cabo dicha tarea y con ello se da por finalizado el trabajo.

4.2. Cronograma de actividades

Tabla 2. Cronograma resumido de actividades

<i>Cronograma Resumido de Actividades</i>									
<i>Actividades</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>
Investigación técnica									
Acceso a datos civiles y eléctricos									
Medición de campo									
Cálculo de carga									
Cálculo de demanda									
Selección de sistema de generación									
Cálculos y simulación por Software									
Selección de sistema de almacenamiento									
Conversión CC/AC									
Sistema de conmutación red/generación									
Análisis económico									
Análisis legal y ambiental									
Confección de informe									

5. Conclusión

Se puede concluir que los resultados obtenidos hasta el momento con respecto a análisis técnico-tecnológico en el diseño de sistema de generación fotovoltaica para abastecer parte de la instalación eléctrica de la Facultad de Arte y Diseño, Albergue estudiantil 2 y Biblioteca regional son muy favorables, ya que, en primer lugar, dichos establecimientos cuentan con gran superficie techada disponible para la colocación de las celdas fotovoltaicas. Además, un factor muy importante es la radiación solar que se tiene en la provincia de Misiones, la cual, en meses de verano, tiene un valor importante con lo cual se logra una gran generación de energía que se podrá inyectar a la red si hubiese excedente entre el consumo de las instalaciones y dicha energía generada.

Otro aspecto importante para concluir con el proyecto planteado es que, en el caso de cortes de suministro eléctrico, las instalaciones podrán seguir operando con una disminución de su carga por aproximadamente 4 horas, estando alimentadas mediante baterías, sectores específicos como ser aulas, oficinas administrativas en el caso de la FAyD, recepción y oficinas en el caso de la biblioteca regional.

Estas conclusiones son generales y faltaría hacer conclusiones de acuerdo a los resultados (como por ejemplo del software Solarius, y/o cálculos, etc.) que no están presentados en este documento.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido llevado a cabo gracias al apoyo del Ingeniero Guillermo Fernández por brindarnos información bibliográfica sobre el tema y el estado actual de los paneles instalados en la Facultad de Ingeniería Oberá. También se agradece a los profesores de la cátedra de Proyecto Electromecánico 2 por brindarnos ideas, correcciones e información sobre el proyecto.

Referencias

- [1] Wikipedia. (9 de Mayo de 2019). *Energía solar fotovoltaica*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica&oldid=115827163
- [2] José A. Roca (09 de octubre de 2018). Las 20 mayores plantas fotovoltaicas del mundo: China, India y EEUU arrasan. El periódico de la energía. Recuperado de <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-del-mundo/>
- [3] José A. Roca (03 de septiembre de 2018). Las 10 mayores plantas fotovoltaicas de Latinoamérica. El periódico de la energía. Recuperado de <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-de-latinoamerica/>
- [4] Profesionales de la revista. (16 de septiembre de 2018). La Argentina tiene sus primeros dos parques solares. La red del Campo Chacra. Recuperado de <http://www.revistachacra.com.ar/nota/22080-la-argentina-tiene-sus-primeros-dos-parques-solares/>
- [5] Ing. Roberto Santiago. (24 de abril de 2015). Paneles Solares para edificios públicos. MODERNIZACIÓN DEL ESTADO. Recuperado de <http://modernizacionestatal.blogspot.com/2015/04/paneles-solares-para-edificios-publicos.html>
- [6] Wikipedia. (2019, 1 de julio). *Sistema de energía fotovoltaica conectado a la red*. Obtenido de https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Grid-connected_photovoltaic_power_system&oldid=904346797
- [7] Wikipedia. (2019, 25 de julio). *Fuera de la red*. Obtenido de <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Off-the-grid&oldid=907748763>
- [8] Wikipedia. (21 de abril de 2019). *Inversor híbrido inteligente*. Obtenido de https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligent_hybrid_inverter&oldid=893436500
- [9] Solarius PV (14.00d) [Software]. (2014). Recuperado de <https://www.accasoftware.com/es/software-calculo-instalacion-fotovoltaica>