



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON ENERGÍA
ALTERNA PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

Autor:

José Alfredo Rivas Roa
C.I.N° 26.892.579

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON ENERGÍA
ALTERNA PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de

INGENIERO MECÁNICO

Autor:

Rivas Roa José Alfredo
C.I 26.892.579

Tutora:

Ing. Alicia de Pizzella

San Diego, Marzo 2021



FI-N-008-2020-3CR (TG)

Valencia, 24 de marzo de 2021

Ciudadano:
Rivas Roa, José Alfredo.
CI. 26.892.579
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 04-2021 de fecha 21-01-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON ENERGÍA ALTERNA PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Se ratifica la designación de la Ing. Alicia Yáñez de Pizzella C.I: 4.598.880 como Tutora Académica que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano

Recorte rectangular



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing Alicia de Pizzella, portadora de la cédula de identidad N° 4598880 en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por el ciudadano Rivas Roa José Alfredo portador de la C.I 26.892.579 titulado **“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON ENERGÍA ALTERNA PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ** presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO MECÁNICO** considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 30 días del mes de Abril de dos mil veintiuno

Ing. Alicia Yáñez de Pizzella.

C.I.: 4598880

Dedicatoria

Yo, José Rivas quiero dedicar este trabajo en primer lugar a Dios, por darme la vida y por ponerme en este camino, dándome salud y guiándome en cada paso, por ayudarme en esta meta tan importante.

A mis padres, José Gregorio y Milagros por el amor y apoyo incondicional, valores y comprensión para seguir adelante y ayudarme a afrontar cada obstáculo que se me ha presentado y sobretodo creer en mí, sin ustedes nada de esto sería posible.

A mis hermanos, por sus ocurrencias, por hacerme sonreír en momentos donde creía que todo se iba abajo, por mantenerme firme y ser mis mejores amigos y así poder demostrarles que si se puede salir adelante.

A mis amigos, por esa familia que escogí, que aunque algunos estén lejos físicamente, contaba con ellos en cada momento, por alentarme y comprenderme, siempre recordare estos momentos, ocurrencias y risas cada día de la semana.

Agradecimiento

Yo José Rivas agradezco a Dios por la vida, salud y constancia para alcanzar nuestros sueños.

A mi familia que con mucho amor y dedicación me ayudaron a lograr esta meta y me permitieron estudiar esta maravillosa carrera.

A mi tutora de contenido, Ing. Alicia de Pizella, por su apoyo incondicional, sus consejos, sus ganas de enseñarnos más cada día y sus trasnochos por hacer de este trabajo de grado el mejor.

A los docentes por ayudarnos en nuestra formación y hacer de nosotras unas profesionales excepcionales.

A la universidad José Antonio Páez y a la Escuela de Ingeniería por ser el lugar donde pudimos cumplir nuestros sueños.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación.....	6
1.5 Alcance.....	9
1.6 Limitaciones.....	9
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	10
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.2.1 Sistema.....	16
2.2.1.1 Sistema de iluminación.....	16
2.2.2 Luminotecnia.....	16
2.2.2.1 Niveles de iluminación para exteriores.....	19
2.2.2.2 Fuentes de cargas.....	20
2.2.3 Energía alterna o energía alternativa.....	24
2.2.3.1 Energías tradicionales y energías alternativas	25
2.2.4 Energía solar.....	29
2.2.5 Paneles solares.....	30
2.2.6 Sistema fotovoltaico.....	44
2.2.7 Cómo calcular el sistema fotovoltaico.....	49
2.2.8 Energía solar en Venezuela.....	55
2.3 Definición de términos.....	58
III MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipo de la Investigación.....	70
3.2 Diseño de Investigación.....	71
3.3 Nivel de la Investigación.....	72
3.4 Población y Muestra.....	73

3.4.1	Población.....	73
3.4.2	Muestra.....	74
3.5	Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	74
3.6	Fases Metodológicas.....	75

IV RESULTADOS

4.1	Análisis de la situación actual del sistema de iluminación de la Universidad José Antonio Páez.....	81
4.1.1	Ubicación geográfica.....	81
4.1.2	Análisis técnico del sistema de alumbrado exterior.....	83
4.1.3	Análisis de los estacionamientos.....	86
4.2	Realizar estudio de Carga.....	89
4.3	Seleccionar el sistema de energía alterna que satisfaga las necesidades de carga instalada de las luminarias.....	90
4.3.1	Con sistema fotovoltaico.....	91
4.3.1.1	Características geográficas.....	91
4.3.1.2	Selección del panel solar.....	102
4.3.1.3	Selección del inversor.....	103
4.3.1.4	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	104
4.3.1.5	Distancia mínima entre paneles.....	107
4.3.1.6	Área requerida para el sistema fotovoltaico.....	109
4.3.2	Con luminarias led con conexión directa a la red.....	109
4.3.3	Con luminarias led autónoma.....	113
4.4	La propuesta.....	115
4.5	Estudio de factibilidad económica, técnica, ambiental y social de las propuestas.....	116
4.4.1	Factibilidad económica.....	116
4.4.2	Factibilidad técnica.....	120
4.4.3	Factibilidad ambiental.....	121
4.4.4	Factibilidad social.....	122

CONCLUSIONES.....	123
--------------------------	-----

RECOMENDACIONES.....	125
-----------------------------	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
--	-----

ANEXO

LAS PROPUESTAS.....	131
----------------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
1 Efecto visible.....	15
2 Magnitudes y unidades.....	15
3 Panel solar fotovoltaico.....	28
4 Paneles Fotovoltaicos monocristalinos.....	30
5 Paneles Fotovoltaicos policristalinos.....	31
6 Temperatura de las celdas monocristalinas.....	37
7 Temperatura de las celdas policristalinas.....	38
8 Eficiencia de las celdas solares.....	38
9 Sistema fotovoltaico para cargas DC.....	39
10 Sistema fotovoltaico para cargas DC/AC.....	39
11 Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.....	39
12 Arreglo o sistema Fotovoltaico.....	41
13 Regulador serie.....	42
14 Regulador paralelo.....	42
15 Kit de Poste solar.....	43
16 Ángulos de inclinación, de incidencia y de orientación (azimut) de paneles solares.....	46
17 Irradiancia sobre una placa solar en función de su inclinación y azimut para un determinado lugar.....	47
18 Variación de la Radiación atmosférica solar mensual.....	48
19 Representación de la distancia entre el sol y la tierra a lo largo del año.....	49
20 Estaciones meteorológicas de Venezuela.....	50
21 Varianzas de las estimaciones de radiación en Venezuela.....	51
22 Variabilidad espacial de la radiación en kWh/m ² día en Venezuela....	52
23 Fases de la investigación.....	62
24 Ubicación geográfica UJAP.....	68
25 Ubicación geográfica satelital UJAP.....	68
26 Estacionamiento de estudiantes.....	73
27 Estacionamiento de docentes.....	74
28 Configuración del sistema fotovoltaico.....	90
29 Distancia entre paneles.....	91
30 Tecnología de descarga Vs leds	93
32 Placa solar con conexión directa a la red eléctrica.....	95
33 Reflectores led autónomos.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	Pág.
1 Resumen de magnitudes y unidades.....	16
2 Nivel de iluminación de exteriores.....	17
3 Características de los paneles solares	34
4 Parámetros para la selección del panel.....	35
5 Clasificación de la radiación solar según su potencial.....	52
6 Lista de cotejo características de luminarias.....	63
7 Lista de cotejo alimentación luminarias.....	64
8 Resultados cualitativos y cuantitativos iluminación.....	69
9 Resultados cualitativos y cuantitativos alimentación iluminación.....	70
10 Radiación solar	76
11 Valores de W_s	78
12 Valores de R_b	79
13 Valores de I_d/I_h y K_t	80
14 Factor de conversión para la radiación global sobre una superficie inclinada (R).....	81
15 Radiación promedio diaria mensual que incide en una superficie inclinada (I)	83
16 Radiación terrestre diaria para diferentes latitudes.....	84
17 Promedio anual de radiación incidente (I).....	85
18 Para un ángulo de 15°	86
19 Características panel solar fotovoltaico UERV-180/24.....	87
20 Inversor PVS800-57-0250 kW-A.....	88
21 Distancia entre paneles.....	92
22 Diferencia entre led y HID.....	94
23 Características técnicas. Lámpara Reflectora.....	98
24 Especificaciones técnicas.....	111
25 Presupuesto de materiales y equipos sistema fotovoltaico.....	113
26 Presupuesto modulo led.....	114
27 Presupuesto luminarias led sencillas.....	114
28 Presupuesto luminarias led doble.....	115
29 Presupuesto luminarias led multiple.....	115



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON ENERGÍA
ALTERNA PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

Autor: José Alfredo Rivas Roa

Tutora: Ing. Alicia de Pizella

Fecha Marzo 2021

RESUMEN INFORMATIVO

La presente investigación se basa en la propuesta de un sistema de iluminación con energía alterna para el campus universitario de la Universidad José Antonio Páez, ubicada en el municipio San Diego, Valencia, estado Carabobo; esta iniciativa tuvo como objetivo aportar los conocimientos adquiridos durante la carrera, siguiendo la línea de investigación de eficiencia energética, contribuyendo al cumplimiento de las leyes vigentes en relación al uso racional y eficiente de la energía eléctrica. Debido a que la institución carece de un sistema eléctrico de respaldo para la iluminación de los estacionamientos, lo que ha originado malestar en la comunidad universitaria (docentes, personal administrativo, obreros y estudiantes), así como del público en general que hace vida dentro del recinto universitario. Para ello se hizo un análisis de la situación actual, el estudio de carga, la selección de los materiales y equipos. Tomando como base las especificaciones del Código Eléctrico Nacional (CEN), las leyes y normativas vigentes, catálogo de fabricantes, entre otros. Además con un estudio de factibilidad económica, se demostró que se obtiene un retorno de la inversión de aproximadamente seis (06) meses. Todo esto enmarcado bajo el tipo de investigación descriptiva, en las modalidades de campo y documental, como proyecto factible ya que se cuenta con el talento humano y la disponibilidad de equipos para ejecutar la obra.

Palabras Claves: Iluminación, Energía alterna, Energía solar, Paneles solares.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de energías alternas o renovables son una necesidad cada vez mayor dado al aumento del costo de la generación de energía eléctrica, al aumento de los precios de los combustibles, y a los altos índices de contaminación que esto genera en todo el mundo. Lo que ha generado el incremento de la necesidad innovar, usar y aprovechar fuentes de energía renovables, principal razón que motivó al desarrollo de este trabajo. Para ello es importante adentrarse en el tema de las energías renovables, específicamente la energía solar, sus usos, sus beneficios, su aprovechamiento, entre otros, con el fin de preservar el medio ambiente, y lograr ahorros significativos a mediano y largo plazo del consumo eléctrico, con el fin de lograr equilibrio Costo-Daño ambiental.

En este trabajo se estudió el caso de la Universidad Antonio José Páez, el cual al igual que todos los sectores del país sufren las consecuencias del racionamiento eléctrico, situación que motivó al desarrollo de esta investigación y que sirve para mostrar pros y contras en el uso de los sistemas fotovoltaicos, así como otras alternativas que usan la energía solar, con el fin de mantener las luminarias de los estacionamiento en funcionamiento aún y cuando no haya fluido eléctrico. Para cualquier estudio de una instalación eléctrica, es imprescindible el conocimiento de las regulaciones y normativas vigentes, la carga de todos los componentes del sistema, su localización y sus valores nominales y plena carga, los cuales van a permitir realizar un balance de las potencias: instaladas, por instalar y la total necesaria.

De igual forma cuando se elabora este tipo de investigación u proyecto, se debe tomar en cuenta otras áreas de trabajo, en donde la ingeniería eléctrica, mecánica, y civil, se orientan hacia el logro de los objetivos planteados en la investigación. La instalación de un sistema de generación por energía solar se puede ubicar casi en todos los sitios o lugares, dado a que es una tecnología de fácil

instalación y localización en el mercado. Y con las continuas fallas del sistema eléctrico nacional, han provocado que las empresas, instituciones y público en general vean a la energía solar como la alternativa viable en el futuro no muy lejano, como el sistema de autogeneración para cubrir las necesidades energéticas o como medio alternativo en caso de daño del sistema eléctrico.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal proponer un sistema de iluminación con energía alterna para el campus universitario de la universidad José Antonio Páez, ya que la institución en los actuales momentos no cuenta con un sistema de respaldo de energía eléctrica que garantice el funcionamiento del sistema de iluminación de los estacionamientos y entrada principal debido al racionamiento eléctricos que se vive actualmente a nivel nacional.

Para llevar a cabo la investigación se hizo necesaria plantear los siguientes capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema, Objetivos, Justificación, Delimitación y Limitaciones. Capítulo II: Antecedentes de la investigación, Marco Teórico o Bases Teóricas, Marco Legal y definición de términos. Capítulo III: Marco Metodológico. Capítulo IV: Análisis de resultados, Conclusiones y Recomendaciones, Anexo Las Propuestas

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Desde la era de las cavernas el hombre ha sido un ser cambiante, inicia con el invento de la rueda y así sucesivamente hasta la revolución industrial, es decir, innova con los recursos existentes para tener mayor confort y comodidad, esto genera que la vida de los países industrializados o desarrollados sean tomados como modelo por los países en vía de desarrollo, sin tomar en cuenta que la mayor parte de la estructura de la oferta energética a nivel mundial o energía primaria está basada en combustibles fósiles, recursos naturales no renovables (el petróleo, gas natural, carbón, entre otros) estas cifra oscilan en un 90%.

En la búsqueda de comodidad, los seres humanos se hacen más y más dependientes de la tecnología, de los equipos, herramientas y dispositivos eléctricos, tales como: equipos de refrigeración y calefacción, equipos de comunicación, equipos de medición eléctricos y electrónicos, equipos de diagnóstico, equipos y aparatos de iluminación, medios de transporte, entre otros. Lo que ha conllevado a que la humanidad se enfrente a una crisis energética mundial, donde se deben tomar medidas para buscar soluciones y ponerlas en acción, antes que los combustibles fósiles se agoten.

Es de vital importancia que todos los países actúen para encontrar soluciones, lo cual no es una tarea fácil ni simple, sin embargo, planteando las causas y evaluando estas se pudieran generar. Tomando esto como base el gobierno de la República Bolivariana de Venezuela en la Gaceta Oficial No. 372.680, de fecha 3 de noviembre del 2.009, promulga el Decreto 6.992, con el fin de Crear la Comisión Interministerial Estratégica para el Sector Eléctrico, citada en el artículo No. 1, en la

cual hace referencia al uso racional y eficiente de la energía eléctrica en el sector público.

Para el sector privado se emitió la Resolución N° 35, Gaceta Oficial N° 40.236 del 26 de agosto de 2013, mediante la cual se establece que las Personas Jurídicas del Sector Privado, que superen una Demanda Asignada Contratada de un Mega voltio amperio (1MVA), deberán realizar acciones para mantener una reducción de al menos un diez por ciento (10%) de su consumo mensual con respecto al mayor valor entre el consumo facturado en el mismo mes o el consumo promedio mensual facturado, ambos referidos al año 2009.

Cabe resaltar que en el artículo 3 de la citada resolución indica que quedan exceptuadas las instituciones de educación, pero al final del mismo hace la aclaratoria de:

Todos sectores a los que se hace referencia, deberán entregar un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el que establezcan claramente sus metas de reducción de consumo, debidamente consensuado con el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica.

En concordancia con él con lo citado en el artículo 9 de la Gaceta Oficial N° 6.992 de la República Bolivariana de Venezuela el cual cita textualmente:

Se instruye al Poder Popular para la Educación Superior..... para formular e implementar un programa nacional de educación energética. A tales efectos, se creará un Comité Interministerial, entre estos despachos, que se encargarán de diseñar e implementar las acciones necesarias para poner en práctica el referido programa.

Aunado a esto el 19 de diciembre de 2011 en la Gaceta Oficial N° 39.823 se promulga la Ley del Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, cuyo objeto está reflejado en el artículo 1 el cual cita:

Esta Ley tiene como objeto promover y orientar el uso racional y eficiente de la energía en los procesos de....., así como el uso final de la energía, a fin de preservar los recursos naturales, minimizar el impacto ambiental, contribuir con la equidad y bienestar social, así como, con la eficiencia económica del país, mediante el establecimiento de

políticas enfocadas en el uso racional y eficiente de la energía, la educación energética...

En el artículo 22 del Capítulo IV: Educación energética, de la citada Ley hace referencia a:

El Ministerio del Poder Popular con competencia en educación universitaria promoverá la inclusión de contenidos, formación de cátedras, seminarios, talleres, asignaturas o materias que permitan complementar los contenidos en materia de fuentes de energía renovables y el uso racional y eficiente de la energía.....

Todas las instituciones de educación universitaria, en apoyo de las actividades del Estado, podrán participar y dar propuestas, programas, proyectos y acciones específicas en materia de uso racional y eficiente de la energía, así como del aprovechamiento de fuentes energías renovables.

Aunado a lo anteriormente planteado el Estado también ha implementado un cronograma de racionamiento eléctrico en casi todo el territorio nacional el cual afecta a todas las dependencias públicas y privadas. Uno de estos casos es la Universidad José Antonio Páez, ubicada en el municipio San Diego, Valencia estado Carabobo, la cual se ha visto afectada en el horario nocturno, donde la comunidad universitaria y público en general ha manifestado molestias por la aglomeración de personas y autos en la puerta principal para su revisión y control, desorganización en los estacionamientos internos, inseguridad, poca visibilidad, entre otros. Todo esto debido a que no se cuenta con un sistema de respaldo para el sistema de iluminación de la puerta de acceso principal y estacionamientos.

Tomando como base todo lo anteriormente planteado y con el fin de contribuir con uso racional y eficiente de la energía eléctrica se propone diseñar un sistema de iluminación con energía alterna para el campus universitario de la Universidad José Antonio Páez, el cual permitirá disminuir el consumo eléctrico y por ende el pago del servicio, mejorar: el control e ingreso de personas y vehículos en el horario nocturno; descongestionamiento de la puerta principal; desorganización en los estacionamiento, la seguridad tanto de los bienes muebles, inmuebles y principalmente de las personas que hacen vida en el campus universitario.

Esto permitirá dar inicio a lo estipulado en el artículo 9 del decreto 6.992 y el artículo 22 de la Ley del Uso Racional y Eficiente de la Energía. Con la elaboración de esta propuesta se da cumplimiento a las leyes vigentes, se disminuyen los riesgos existentes y posibles robos a las instalaciones y personas, amonestaciones legales por el incumplimiento de las leyes, mejorar el control de entrada y salida del personal y vehículos, entre otros y lo más importante evitar posibles daños graves a las instalaciones y personas.

Para ello se requiere elaborar un plan con medidas a corto y mediano plazo, por lo que se hace necesario el levantamiento de carga de las luminarias, revisión del sistema de alimentación, lo que permitirá diseñar el sistema, realizar una correcta distribución de carga y evaluar la factibilidad de que este se pueda adaptar a otras dependencias u áreas del campus universitario, y así contribuir con el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, el ahorro energético, minimizar los riesgos eléctricos, daño de las luminarias y lámparas por las bajas de tensión y se aumentaría la capacidad de las instalaciones eléctricas para las futuras generaciones.

1.2 Formulación del problema

Para el desarrollo de la situación planteada se hace necesario plantear la siguiente interrogante: ¿Qué sistema de iluminación con energía alternativa, es la más acorde a las necesidades de la Universidad José Antonio Páez?, y para poder dar respuesta a esta, se plantean otras interrogantes las cuales son: ¿Cómo están alimentadas las luminarias existentes en el campus universitario?, ¿Cuál es el consumo de las luminarias y qué tipo de lámparas tienen?, ¿Cuál debe ser el tipo de energía alterna requerido para la alimentación de las luminarias?, ¿Cuál sería el sistema de distribución eléctrica?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Proponer un sistema de iluminación con energía alterna para el campus universitario de la universidad José Antonio Páez.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual del sistema de alimentación de las luminarias del campus universitario.
2. Seleccionar el sistema de energía alterna que satisfaga las necesidades de carga instalada de las luminarias.
3. Elaborar la propuesta del sistema.
4. Analizar la factibilidad técnica, económica y social de la propuesta.

1.4 Justificación

Actualmente en Venezuela se vive una situación crucial en cuanto al suministro de energía eléctrica, situación que al parecer no tiene una solución a corto plazo, por lo que se han implementado el racionamiento eléctrico programado el cual afectará directamente a la población en general. Por tal motivo se deben buscar soluciones que permitan aumentar el ahorro de energía, confort y seguridad a las instalaciones, y del ecosistema.

Sin embargo y pese a la situación del país no se debe dejar de hacer proyectos que conlleven a nuevas instalaciones eléctricas, sino por el contrario hacer estas instalaciones de la manera más eficiente para que garanticen un uso racional y eficiente de la energía eléctrica. Tomando como premisa lo anteriormente expuesto y de cumplir con las leyes y normativas vigentes, se propone diseñar un sistema de iluminación con energía alterna para el campus universitario de la universidad José Antonio Páez.

El cual le permitirá a la universidad disminuir los costos por pago del servicio, posibles sanciones por exceso de consumo, recalentamientos de conductores por alto consumo de las luminarias existentes, daños en las lámparas por los racionamientos, falta de iluminación en horas nocturnas en el campus, inseguridad de las instalaciones y principalmente de la comunidad universitaria y público en general, entre otros. Con esta propuesta la universidad tendría un sistema redundante de energía en el sistema de iluminación, bajaría considerablemente el consumo, y garantizaría la iluminación del campus universitario en horas nocturnas cuando el sistema eléctrico nacional este

fuera de servicio, lo que repercutirá en la seguridad del personal y de los bienes muebles e inmuebles.

Todo esto enmarcado en líneas generales a cuatro (04) momentos que no se deben pasar por alto los cuales son:

Teórico. En el cual se ponen de manifiesto los conocimientos adquiridos durante los años de estudio, así como también adquirir nuevos conocimientos en otras áreas de interés para poder desarrollar el mismo, los cuales están relacionados con instalaciones eléctricas, entre los que se pueden mencionar: distribución de las luminarias en el campus, tipos de luminarias, tipos de lámparas, levantamiento de carga, cálculos y selección de material entre otros.

Metodológico. Permite al investigador o investigadores establecer el o los tipo(s) de investigación, todo esto relacionado con las variables que afecten en mayor o menor importancia a la investigación y de cómo se debe plantear la recolección de datos.

Práctico. En este momento emergen los conocimientos adquiridos, se ponen en práctica y se adquieren nuevos conocimientos en el área de interés y otras, lo cual ayudará al investigador en futuros trabajos, logrando así la optimización de los recursos y servirán de base para futuras investigaciones y otras dependencias de la institución.

Social. Es de gran importancia ya que repercutiría en la seguridad del personal y de los bienes muebles e inmuebles de la universidad, así como de la comunidad del sector ya que disminuirá considerablemente el consumo eléctrico.

Con esta investigación se contribuye al cumplimiento de las diversas leyes, decretos del uso racional y eficiente de la energía eléctrica, con una propuesta que da una solución a la deficiencia de la misma, apoyar a la disminución de carga del sector, y que sirva de base para futuras investigaciones..

1.5 Alcance

El alcance de la presente investigación es el diseño de un sistema de energía alterna para las luminarias de las avenidas internas y casilla de vigilancia principal de

la Universidad José Antonio Páez. Para ello hubo que levantar la siguiente información:

a) Situación actual del sistema de alimentación de los estacionamientos del campus universitario.

b) Levantamiento de carga de todo el sistema de iluminación del campus.

c) Cálculo de la demanda requerida

d) Selección del sistema de energía solar.

e) Elaboración de las propuestas.

1.6 Limitaciones

La actual situación del país en lo referente a la movilidad del colectivo hacia sus centros de estudio, por la pandemia, el transporte, el combustible entre otros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Toda investigación debe estar bien sustentada, y esto se logra con la revisión de investigaciones que tengan referencia con el objeto de estudio y las cuales se toman como antecedentes, así como la revisión de textos, manuales, normas, leyes, entre otros, que permitirán formar las bases teóricas, las bases legales y refrescamiento de conceptos y definiciones, a fin de responder a la conceptualización actual.

Para Pestana M y Palella S. (2012) el marco teórico es:

El soporte principal del estudio. En él se amplía la descripción del problema, pues permite integrar la teoría con la investigación y establecer sus interrelaciones. Representa un sistema coordinado, coherente de conceptos y propósitos para abordar el problema. Se le suele nominar de diversas maneras: marco referencial, marco teórico-conceptual, marco funcional de la investigación, marco de sustentación, marco estructural conceptual, formulación teórica o marco conceptual.

Es decir, permite ubicar, dentro de un contexto los planteamientos e ideas referentes al objeto de estudio, así como enfatizar la interrelación existente entre la teoría, la práctica, el proceso de investigación y el ecosistema.

2.1 Antecedentes

Para Pestana M y Palella S. (2012), el primer punto a desarrollar en el marco teórico, está referido a los antecedentes son trabajos de investigación internacionales, nacionales y locales los cuales que de una u otra forma tienen relación con el objeto de estudio y aportan información documental de primera mano.

En primer lugar se presenta el trabajo realizado por López Arias, Sebastián, (2015), titulado Iluminación y Alumbrado Público, como trabajo para optar al título de magister en la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, cuyo objetivo general fue: Estructurar un texto base donde se desarrollen a

manera de guía metodológica, todas las consideraciones base para la realización de un proyecto de iluminación y alumbrado público en Colombia trayendo a colación algunas normas regionales e internacionales. Y entre los objetivos específicos estuvo el análisis de la regulación técnica colombiana de iluminación y alumbrado público y generar una guía metodológica. Es decir, en este trabajo se hace referencia a la importancia del alumbrado público que no es solo las calles y avenidas sino también a las áreas donde hay circulación de vehículos y personas dentro de un perímetro.

El aporte de esta investigación son los conceptos, los métodos de cálculos y las normas aplicables para el estudio lumínico, las pruebas requeridas, así como el cumplimiento de las leyes en materia del uso de la energía eléctrica y preservación del medio ambiente.

Seguidamente se presenta el trabajo realizado por Uzcátegui Erika, (2015), titulado, Estudio de la incorporación a la red de una planta solar fotovoltaica en el desarrollo agro turístico el Naranjal, para optar al título de Ingeniero Electricista de la Universidad Central de Venezuela, entre sus objetivos están: Identificar los sistemas solares fotovoltaicos y sus tecnologías actuales; Seleccionar la metodología a emplear para realizar los cálculos pertinentes al dimensionado de una planta solar fotovoltaica; Investigar sobre las características geográficas y climatológicas en el área planteada para la implementación de la planta solar fotovoltaica.

Una vez desarrollado el trabajo se llegó a la conclusión de que una planta solar fotovoltaica, puede realizarse de dos maneras: un sistema aislado de la red eléctrica o un sistema conectado a la red, gran parte de los proyectos y estudios desarrollados se refieren a sistemas aislados, la metodología aquí empleada permite el dimensionamiento de plantas incorporadas a la red.

El principal aporte fue la metodología para realizar el dimensionado de una planta solar fotovoltaica (configuración de los paneles), así como las bases teóricas, el sistema puede realizarse de dos maneras: un sistema aislado de la red eléctrica o un sistema conectado a la red, gran parte de los proyectos y estudios desarrollados se refieren a sistemas aislados, la metodología aquí empleada permite el

dimensionamiento de plantas incorporadas a la red. Para ello se debe verificar las condiciones geográficas y climatológicas necesarias, posteriormente se determina la capacidad de generación de la planta solar fotovoltaica así como una propuesta de la misma para ser conectada a la red, a partir de metodologías de cálculo de plantas fotovoltaicas utilizadas en otros países.

Siguiendo el mismo orden de ideas se presenta el trabajo realizado López, Ricardo (2017), titulado, Buenas prácticas para la instalación de luminarias solares; Caso Práctico: Parque ecológico en la Ciudad de México, para optar al título de Ingeniero Eléctrico Electrónico, en la Universidad Nacional Autónoma de México. Entre sus objetivos están: Introducir al lector en el ámbito de la energía solar fotovoltaica, resaltando los temas más básicos para poder mostrar las ventajas que brinda el uso de esta energía renovable, así como el Desarrollo de un breve manual de mantenimiento preventivo de la instalación de los luminarios solares con el fin de reducir en gastos innecesarios de remplazo de equipo prematuramente

El aporte de esta investigación es el estudio donde se explicarán los tipos de materiales adecuados tanto en instalaciones al aire libre como en lugares cerrados, dando en cada uno de los casos las explicaciones pertinentes del porque se utiliza tal o cual elemento, incluyendo beneficios tanto económicos como de máxima eficiencia, sin descuidar el tema de estética en las instalaciones a fin de mostrar un sistema solar eficiente y que no ocupe gran área de la zona a iluminar.

Por último pero no en importancia se presenta el trabajo realizado por Bayona C, Greycel (2016), titulado Diseño de un Sistema de Distribución Eléctrica y Aplicación de la Energía Solar como Medio Alternativo para la Iluminación Exterior y la Cinta Transportadora en la Vaquera de la Unidad Académica la Morusca, ubicada en el sector Guarumito, municipio García de Hevia del estado Táchira, como requisito para optar al título de Ingeniero Electricista en el Instituto Universitario de Tecnología Agro-Industrial, Programa Nacional de Formación Ingeniería Eléctrica. En donde uno de sus objetivos fue el estudio de la factibilidad de la utilización de energía solar como medio alternativo para la alimentación de las luminarias exteriores y

cinta transportadora de heno. Para ello se hizo un análisis de la situación actual, el estudio de carga, la selección de los materiales y equipos (tablero principal, secundario, acometida principal, sistemas ramales, protecciones, paneles solares, banco de baterías, inversor, regulador de carga, entre otros) siguiendo especificaciones del Código Eléctrico Nacional (CEN), levantamiento de planos, así como la elaboración del proyecto que se envió a la OPSU para la aprobación de los recursos

El aporte de esta investigación fue la forma en la que se abordó el estudio de carga y los cálculos efectuados para la selección de los paneles solares, así como: las normas aplicables, su análisis y revisión, dado que las mismas establecen criterios claves para el diseño, selección, y la ubicación de los equipos y materiales; la importancia del índice de radiación, entre otros.

2.2 Bases teóricas

La realización de toda investigación requiere del estudio de unas bases conceptuales sólidas para lograr la aplicación y el desarrollo práctico que se necesita; Según Carrasco (2008) las bases teóricas “es la aclaración del sentido en que se utilizan las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación del problema”. Así mismo Ortiz (s/a) dice que es importante señalar en el proyecto la estrecha relación entre teoría, el proceso de investigación y la realidad o entorno. Por tanto los fundamentos teóricos o el marco de referencia, es donde se condensa todo lo pertinente a la literatura que se tiene sobre el tema a investigar.

2.2.1 Sistema

Se puede decir, que un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito en común, en otras palabras son capaces de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas, estos siempre reciben: energía, datos, materia que son las entradas y proveen de información, energía o materia que son las salidas del sistema.

2.2.1.1 Sistema de iluminación

Los sistemas de iluminación representan a gran escala, el consumo energético de diferentes lugares, tanto públicos como privados. Es por ello que hay que aprovechar al máximo la luz natural y la aplicación de tecnologías eficientes y eficaces en el alumbrado y sistema de control de los mismos. Con la selección de un buen sistema de iluminación se puede reducir entre el 15% y el 50% el consumo de energía. Estos se clasifican según la distribución del flujo luminoso por encima o por debajo de la horizontal.

Un sistema de iluminación es aquel que está integrado por un conjunto de elementos que operan conjuntamente para conducir cierta cantidad de luz, y de esta maneja iluminar un área determinada. Para lograr este objetivo, el sistema debe poseer todos los elementos y cantidad de fuente luminosa necesaria a fin de que los cuerpos que se encuentran en el área que está iluminada puedan percibirlo claramente.

Sin embargo es necesario resaltar que en un sistema de iluminación lo importante, es iluminar adecuadamente un área y no solo producir cierta cantidad de luz. Por ello, al momento de diseñar un sistema, no solamente se considera el tamaño del área que se va a iluminar, sino también el tipo de actividades que se realizan en el local.

2.2.2 Luminotecnia

Es el tratado de las diferentes formas de producción, control y aplicaciones de toda fuente emisora de luz, sin distinguir su procedencia ya sea natural o artificial, donde la luz es una manifestación de energía capaz de afectar al ojo. La luz blanca del día percibida es producto de la mezcla de todas las radiaciones electromagnéticas visibles y las cuales están comprendidas entre las longitudes de onda de 350 nanómetros (nm) color violeta y 750 nm para el rojo. Donde estos parámetros corresponden al límite de visibilidad del ojo humano a la luz, de esto se puede decir, que la visión de los seres humanos es más sensible para la longitud de onda de 575 nm, la cual corresponde al color amarillo verdoso.

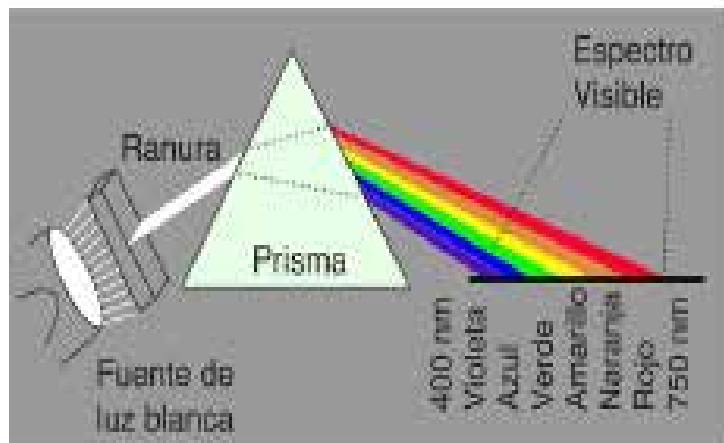


Figura. 1. Efecto visible

Fuente. <http://hiperphysics.phy-astr.edu>

Las magnitudes usadas en luminotecnia, dan un índice de calidad a los resultados esperados, es por ello que en todo sistema la salida en términos de potencia luminosa no corresponde a la magnitud de la entrada en términos de potencia eléctrica aplicada. En la Tabla 1, se pueden observar las magnitudes y unidades que cuantifican las características de las fuentes de luz.

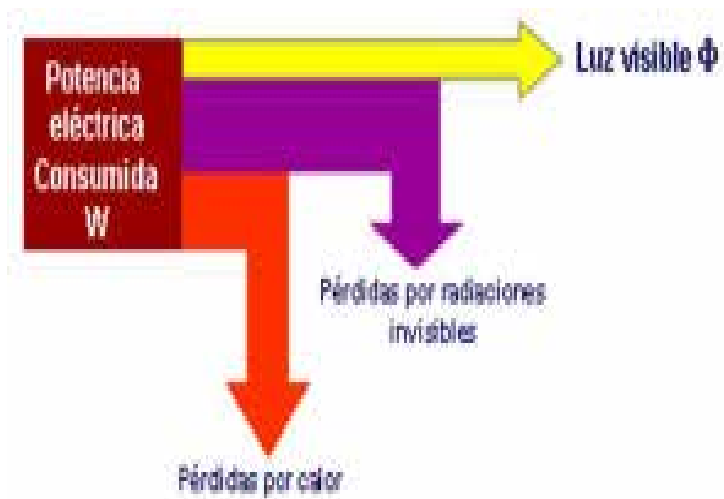


Figura. 2. Magnitudes y unidades

Fuente. <http://hiperphysics.phy-astr.edu>

Tabla 1. Resumen de magnitudes y unidades

Magnitud	Símbolo	Unidad	Definición de la unidad	Relación
Flujo Luminoso	Φ	Lumen [lm]	Flujo emitido en un ángulo solido unidad por una fuente con una intensidad luminosa de una candela	$\Phi = I \cdot \omega$
Rendimiento Luminoso	η	Lumen por vatio [lm/W]	Flujo luminoso emitido por unidad de potencia eléctrica	$\eta = \frac{\Phi}{W}$
Cantidad de Luz	Q	Lumen por segundo [lms]	Flujo luminoso emitido por unidad de tiempo	$Q = \Phi \cdot t$
Intensidad Luminosa	I	Candela [cd]	1/60 de la intensidad luminosa por cm ² del "cuerpo negro" a la temperatura de fusión del platino (2046 °K)	$I = \frac{\Phi}{\omega}$
Iluminancia	E	Lux [lx]	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m ²	$E = \frac{\Phi}{S}$
Luminancia	L	Candela por m ² [cd/m ²]	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie	$L = \frac{I}{S}$

Fuente: El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas de baja tensión.

2.2.2.1 Niveles de iluminación para exteriores

En el manual de alumbrado de Westinghouse, cita las recomendaciones de señalización y anuncios, los cuales se pueden detallar en la Tabla 2 siguiente.

Tabla 2. Nivel de iluminación de exteriores

NIVELES DE ILUMINACION.			
Nivel recomendado en lux		Nivel recomendado en lux	
Edificios		Aparcamientos. Zona	50
<i>Construcción general</i>	100	<i>Aparcamiento sin servicio</i>	10
<i>Trabajos de excavación</i>	20	<i>Aparcamiento atendido</i>	20
Edificios y monumentos		Embarcadero. Muelle	20
Iluminación de exteriores		Prisiones-Patios	50
Alrededores brillantes		Canteras	50
<i>Superficies claras</i>	150	Ferrocarriles – Clasificación	
<i>Superficies oscuras</i>	500	<i>Recepción</i>	10
Alrededores oscuros		<i>Puntos de desviación</i>	20
<i>Superficies claras</i>	50	Estaciones de servicio(rasantes)	
<i>Superficies oscuras</i>	200	Alrededores claros	
Boletines y anuncios		<i>Zonas de aproximación</i>	30
Alrededores brillantes		<i>Zonas de bombas</i>	300
<i>Superficies claras</i>	150	<i>Zonas de servicio</i>	70
<i>Superficies oscuras</i>	200	Alrededores oscuros	
Alrededores oscuros		<i>Zonas de aproximación</i>	15
<i>Superficies claras</i>	50	<i>Zonas de bombas</i>	200
<i>Superficies oscuras</i>	100	<i>Zonas de servicio</i>	30
Carbón. Depósitos (protección)	2	Astilleros	
Drenaje	20	<i>General</i>	50
Plataformas de carga	200	<i>Accesos</i>	100
Maderas Almacenes	10	<i>Zona de fabricación</i>	300
		Depósitos de Intemperie de mucho movimiento	200

Fuente: El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas de baja tensión

2.2.2.2 Fuentes de luz

Ø Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas

Clase de Lámparas de Descarga

Las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

- Ü Lámparas de vapor de mercurio:
 - Baja presión
 - ✓ Lámparas fluorescentes
 - Alta presión:
 - ✓ Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm).

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas.

La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

✓ Lámparas de luz de mezcla

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y, habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia.

Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600 K. La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo.

✓ Lámparas con halogenuros metálicos

Si se añade en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio). Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85.

La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).

ü Lámparas de vapor de sodio:

- Lámparas de vapor de sodio a baja presión.

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática característica formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí. La radiación emitida, de color amarillo, está muy

próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W).

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas

- Lámparas de vapor de sodio a alta presión. Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión. Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}} = 2100 \text{ K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($\text{IRC} = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80).

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas

El alumbrado de sodio tiene la ventaja de que da gran comodidad visual, gran rapidez de percepción y mejora la agudeza visual.

Las aplicaciones fundamentales del alumbrado de sodio son:

- ✓ Alumbrado de carreteras y túneles.
- ✓ Alumbrado de canteras, obras y parques de almacenamiento.
- ✓ Alumbrado de talleres de forja y metalúrgicos.
- ✓ Alumbrado de vías de clasificación.
- ✓ Alumbrado de pistas de aterrizaje.
- Ø Led

La nueva tecnología led se encuentra en constante evolución, produciendo iluminación mediante dispositivos semiconductores de estado sólido, logrando grandes ventajas sobre otras tecnologías, entre estas se pueden mencionar:

- ✓ Ahorro energético
- ✓ Bajo costo de mantenimiento

- ✓ Resistentes y duraderas
- ✓ Solución a la iluminación actual
- ✓ Control dinámico de color e intensidad
- ✓ De pequeñas dimensiones
- ✓ Baja radiación infrarroja y ultravioleta

2.2.3Energía alterna o energías alternativas

Se llama energías alternativas o, más propiamente, fuentes de energía alternativas, a las técnicas y los procedimientos de obtención de energía diferentes a las tradicionales, consistentes en la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural, etc.). Por lo general este término se asocia con la búsqueda de energías menos contaminantes pero de igual rendimiento.

¿Qué son las energías alternativas?

Se habla de energías alternativas porque provienen de recursos naturales y de fuentes inagotables que, al producirlas, no contaminan, y representan alternativas a lo que existe. En lo que respecta a la energía eléctrica, serían la alternativa a la energía nuclear contaminante o a aquellas que consumen combustibles fósiles y emiten gases de CO₂ a la atmósfera y que contribuyen al calentamiento global.

¿Qué son las energías limpias?

Las energías limpias se caracterizan por su sistema de producción que excluye todo tipo de contaminación y elimina de todos los residuos peligrosos para el planeta. Es decir, las energías limpias no producen residuos en ninguna de sus fases de obtención, se puede decir, que son aquellas que respetan el medio ambiente. Actualmente, este tipo de energía está en auge y en pleno desarrollo debido a la crisis de fuentes de energía agotables (como el gas o el petróleo) que además son altamente contaminantes y que afectan negativamente el medio ambiente. Las energías limpias provienen de fuentes naturales como el viento, el agua o el sol.

2.2.3.1 Energías tradicionales y energías alternativas

Energías tradicionales

Desde la Revolución industrial, prácticamente tres fuentes han sido las que han dominado toda la generación de electricidad, calor y cualquier otra energía que se necesite y estas son: el carbón, el petróleo y el gas. Y estas tienen en común las siguientes características:

- Son fuentes de energía que provienen de fósiles. Es decir, su origen está en material biológico de plantas y animales que ha sufrido transformaciones a lo largo de los siglos, hasta adquirir una de esas tres formas.
- No son renovables. De modo que hay una cantidad limitada en el planeta y, cuando se termine, no se puede reponer.
- La energía se extrae por combustión. O lo que es lo mismo, que se genera energía cuando se queman. Producen directamente calor en esa combustión, que puede ser convertido en otras formas de energía, como la eléctrica.
- Esa combustión produce emisiones nocivas a la atmósfera. Al quemarse, se generan gases que pueden ser directamente contaminantes y venenosos, o bien generar un efecto invernadero, que contribuye al actual cambio climático y sus devastadoras consecuencias.

Toda fuente de energía que no sea una de esas tres, se podría considerar alternativa, pues las fósiles han sido, hasta ahora, las que han movido el mundo. Así, se podría considerar como fuente de energía alternativa a la nuclear, por ejemplo, aunque tampoco sea renovable, porque la cantidad de uranio que hay es finita y, además, también produce residuos contaminantes. La tendencia está cambiando, porque energías alternativas, como la solar sobre todo, o la eólica, están avanzando mucho y estas permiten generar electricidad, así como la hidráulica, geotérmica, biocombustibles, entre otras.

Energías alternativas

Tipos de energías alternativas

Las fuentes de energía alternativa se pueden clasificar en dos tipos:

Ø Energías renovables o sostenibles. Aquellas que utilizan materiales o aprovechan recursos inagotables o que la naturaleza repone constantemente, sin riesgo de agotarlas en un futuro inmediato. En algunos casos incluso aprovechan materiales orgánicos de desecho, como la biomasa. Algunas son más o menos ecológicas, pero no suelen tener un rendimiento muy elevado.

Ejemplo de Energías renovables o sostenibles y limpias, se tienen:

- Ü La energía solar
- Ü La energía eólica
- Ü La energía hidráulica
- Ü La energía geotérmica
- Ü La energía mareomotriz o del mar.
- Ü Biomasa
- Ü Biogás

Ø Energía nuclear. Todas las formas de energía nuclear, tanto de fisión como de fusión (aún no desarrollada), que si bien aprovecha recursos no renovables (como el uranio para la fisión; aunque la fisión aprovecharía el hidrógeno, tan abundante en el universo que es virtualmente eterno), entraña peligros ambientales como la generación de desechos radiactivos altamente tóxicos.

Esta proviene de la fisión (ruptura) de átomos del uranio U-235, la cual genera una gran cantidad de energía y emite solo vapor de agua en el proceso. Sin embargo, tiene en su contra la enorme peligrosidad de los residuos radiactivos, y la gravedad de posibles accidentes (Fukushima, Chernobyl...).

Todos estos tipos de energía se pueden clasificar todas estas energías alternativas en renovables y no renovables, o en limpias y menos limpias. En los actuales momentos se apuesta por energías que cumplen ambos criterios de no contaminar y ser inagotables, como la solar o la eólica, así como también por un futuro en que estas energías alternativas, y renovables, se conviertan en las principales, para mover un mundo más limpio y mejor.

Ventajas y desventajas de las energías alternativas

Las principales ventajas de las energías alternativas son:

∅ Menor impacto ambiental. Si bien no se trata de formas ecológicas o verdes de obtener energía, pues una planta hidroeléctrica tiene un impacto ecológico considerable, resultan más convenientes para el ecosistema global y los problemas de cambio climático que la quema de hidrocarburos, pues no generan tantos gases de invernadero.

∅ Menor costo de materia prima. Al no depender de la extracción de petróleo, carbón o gas natural, estas energías mantienen sus costos estables, en muchos casos limitándolos a la instalación inicial y la posterior manutención.

A pesar de sus ventajas, estas energías tienen un lado débil o desventajas:

∅ Menor eficiencia. No suelen ser tan potentes como lo son los métodos tradicionales, lo cual exige mayores instalaciones, campañas de ahorro y toda una cultura energética contraria al derroche al que estamos acostumbrados culturalmente.

∅ Mayores riesgos. Si bien no perjudican tanto el ecosistema global, estas tecnologías pueden causar mucho daño si sale algo mal: las pérdidas de material radiactivo de las centrales nucleares, los microsismos generados por la energía geotérmica o la caída de la generación de energía de las plantas eólicas cuando el viento disminuye o cambia el clima, son cuestiones que deben ser tomadas en cuenta.

Características de las energías renovables

∅ Ayudan a potenciar el autoconsumo. El uso de las energías renovables contribuye a que las casas sean mucho más autosuficientes en su consumo eléctrico. En un futuro no muy lejano, todos los edificios construidos deberán tener sus propias placas solares, calderas de biomasa o puntos de recarga para el coche eléctrico en su garaje comunitario.

∅ Son energías beneficiosas para el medio ambiente. Hoy en día se lucha constantemente contra el cambio climático y se buscan nuevas vías para cuidar el

entorno y hacerlo más sostenible. Un paso importantísimo es el uso de las energías renovables o alternativas a las energías tradicionales. Éstas dañan el medioambiente a través de los residuos que generan y que proceden de la producción de ellas mismas.

Ø Son recursos naturales gratuitos e inagotables. Las energías renovables proceden de recursos naturales de acceso gratuito e inagotable. Siempre se tendrá agua, viento o sol con los que producir energía limpia. En cambio, la energía generada a partir de combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas) dispone de unos recursos limitados y son contaminantes con el medioambiente.

Ø Las energías renovables pueden llegar a lugares aislados. Las energías renovables como generan energía a través de fuentes naturales se pueden encontrar en cualquier sitio del mundo; con lo cual, cualquier rincón del mundo puede generar su propia energía y ser autosuficiente.

Ø El uso de las energías renovables es un plus para lograr la independencia energética. En lugares donde no abunden combustibles fósiles como el carbón o el petróleo y sus derivados, gas; pero que sí sea rico en recursos naturales necesarios para generar energía limpia que ayuden a disminuir las emisiones de CO₂ y el cambio climático.

Ante este paradigma, ahora más que nunca se debe utilizar las energías renovables para aumentar la independencia energética, y no tener que comprarla a otros países que encima son energías sucias que contaminan.

2.2.4Energía solar

Tanto la fotovoltaica como la termo solar. Proviene del aprovechamiento de la luz del sol que llega al planeta. Esta energía es la que está experimentando los avances tecnológicos más rápidos y la mayor cantidad de inversión.

¿Cómo se produce la energía solar?

La energía solar se obtiene mediante las placas solares que absorben la radiación del sol y la transforman en corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica puede ser almacenada o volcada a la red eléctrica para su distribución y posterior utilización

Tipos de energía solar

La energía solar está clasificada en tres tipos distintos según la forma de aprovechar la energía:

- La energía solar pasiva: es el método más antiguo de aprovechar la energía del sol. Su utilización no necesita ningún aparato o dispositivo intermedio, simplemente con la orientación y diseño de los edificios y las propiedades de los materiales de los mismos. Este tipo de energía ayuda a reducir de forma significativa la necesidad de climatizar e iluminar los edificios.
- La energía solar fotovoltaica: se genera en los paneles solares aprovechando el efecto fotovoltaico para generar corriente eléctrica continua. La corriente generada se tiene que convertir en corriente alterna para ser suministrada como electricidad.
- La energía solar térmica: es la más habitual y económico. Se basa en aprovechar la radiación solar para calentar agua, mediante colectores solares. Estos aumentan la temperatura del fluido (como el agua) aumentando su energía interna.

Ventajas y desventajas

La principal ventaja de la energía solar es que es una fuente de energía renovable e inagotable. Además, tiene un nivel muy bajo de contaminación, ya que en la generación de electricidad no produce gases de efecto invernadero y es respetuosa con el medio ambiente. También tiene ventajas económicas, aunque requiera una inversión económica para su instalación se amortiza en tan solo 7 u 8 años, además de tener un mantenimiento sencillo.

Las mayores desventajas de la energía solar están relacionadas con los factores climatológicos, ya que existe una dependencia absoluta del clima para convertir el sol en energía eléctrica. Además, hay que tener en cuenta el horario solar,

ya que la radiación solar no llega a todo el planeta por igual, hay zonas con un horario solar es muy reducido.

2.2.5 Paneles solares

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) mediante energía solar térmica y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica. Los paneles tienen una placa receptora y tubos por los que circula líquido adheridos a ésta. El receptor (generalmente recubierto con una capa selectiva utilizado o almacenado).

El líquido calentado es bombeado hacia un aparato intercambiador de energía (una bobina dentro del compartimento de almacenado o un aparato externo) donde deja el calor y luego circula de vuelta hacia el panel para ser recalentado. Esto provee una manera simple y efectiva de transferir y transformar la energía solar.

Los paneles solares que permiten generar corriente eléctrica cuentan con diversas células o celdas que aprovechan el denominado efecto fotovoltaico. Este fenómeno consiste en la producción de cargas negativas y positivas en semiconductores de distinta clase, lo que permite dar lugar a un campo eléctrico.

Las celdas de estos paneles solares pueden estar construidas con silicio o arseniuro de galio. Para funcionar, deben estar en contacto directo con los rayos del sol. Gracias a la energía solar producida por este tipo de paneles, es posible desde movilizar un automóvil hasta cocinar alimentos o iluminar un ambiente. Alemania, Italia, Japón y Estados Unidos están entre los países con mayor cantidad de paneles solares instalados y, por lo tanto, con mayor capacidad para generar energía solar.

Tipos de paneles solares

Los paneles solares no son iguales ni, mucho menos, hacen lo mismo, es decir, hay paneles solares para diferentes usos, es por ello que en función de su uso o de lo que pueda producir, hoy en día se tienen tres (03) tipos.

Ø Paneles solares fotovoltaicos. Son los encargados de transformar la energía procedente del sol en electricidad. Estos fueron una revolución cuando se inventaron. Su implantación en los primeros edificios hizo que se vislumbrara por primera vez la posibilidad de generar suficiente energía in situ como para abastecer las necesidades del propio edificio. Este tipo de sistema consiste en que la energía de la radiación solar se transmite a los electrones de los materiales semiconductores de los paneles, que consiguen así separarse del núcleo y trasladarse, creando una corriente eléctrica.

Debido al precio de los mismos se presentan como una gran alternativa limpia para generar la electricidad (o parte de ella) en casas, hospitales, comercios, escuelas, entre otros. En la figura 3, se puede observar un panel



Figura 3. Panel solar fotovoltaico

Fuente. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaic>

Por lo general, este tipo de paneles están compuestos por unas células fotovoltaicas de silicio (con símbolo Si) que, a través de un proceso llamado efecto fotoeléctrico, permiten transformar la energía lumínica en energía eléctrica. De manera sencilla y resumida, este proceso se da cuando los fotones (una de «las partículas que componen» la luz) impactan sobre el panel solar, concretamente,

contra el silicio del que está compuesto. Al impactar, los fotones bombardean a los átomos de silicio, rompiendo los electrones y liberando algunos de ellos que serán los que generen la corriente eléctrica. (El proceso es mucho más complejo que este, pero para los principiantes, esta explicación es más que suficiente para entender el funcionamiento).

De igual manera, dentro de los paneles solares fotovoltaicos existen varias tipos, en función de cómo estén compuestas las células fotovoltaicas, los paneles solares fotovoltaicos más comunes son:

- **Monocristalinos** (silicio), En los paneles solares monocristalinos las celdas solares de silicio monocristalino (mono-Si), son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio. En este tipo de paneles fotovoltaicos las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica. Posteriormente, con el objetivo de reducir los costes de fabricación de las celdas fotovoltaicas monocristalinas y de optimizar el su rendimiento, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio. Este recorte es el que les da este aspecto característico.

Este tipo de panel se puede distinguir, es que en el policristalino las celdas no tienen esquinas redondeadas y son perfectamente rectangulares. Y la diferencia básica entre una célula solar monocristalina y una policristalina es la composición del cristal de silicio. Las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio, o sea que cuando se ha fabricado el cristal, se ha controlado el crecimiento del propio cristal de silicio para que solo se formara en una dirección, consiguiendo un alineamiento bastante perfecto de todos los componentes del cristal y en las células policristalinas, no se controla el crecimiento del cristal de silicio, con lo que el cristal crece en todas direcciones creando un conjunto de cristales diferentes unidos entre sí.



Figura 4. Paneles Fotovoltaicos monocristalinos

Fuente: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/>

- **Policristalinos** (silicio) Los paneles fotovoltaicos policristalinos, a diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. En este tipo de panel el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado, el cual se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas. En 1981 aparecieron estos paneles en el mercado.
La Su mayor ventaja respecto a las celdas monocristalinas parte de un proceso de producción de menor coste, por lo tanto son más asequibles. Por otra parte, cuentan con algunas desventajas: La menor tolerancia al calor de estas celdas hace que cuenten con una eficiencia inferior a la alternativa monocristalina.
En concreto, se estima que en los paneles que incluyen estas celdas el ratio de eficiencia es de un máximo del 16%, fundamentalmente por la menor cantidad de silicio que incorporan.

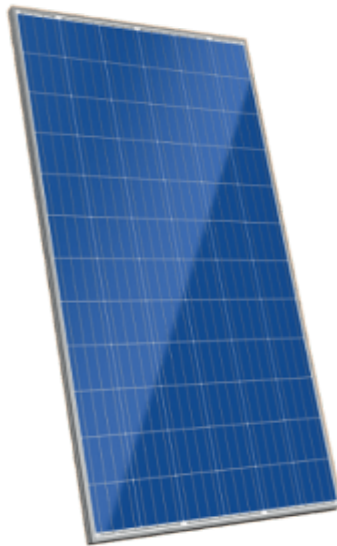


Figura 5. Paneles Fotovoltaicos policristalinos
Fuente: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/>

- **De capa fina o película delgada.** El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado podemos encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telururo de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presentan una eficiencia del 7-13%. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico, son cada vez más demandados. Estos se subdividen en varias categorías según los materiales semiconductores depositados en él, entre los más comunes encuentran:
 - ü Silicio amorfo, en el que los átomos de silicio se depositan químicamente en forma amorfa, o estructuralmente desorganizados, sobre la superficie de soporte, este tipo de tecnología utiliza cantidades muy pequeñas de silicio (espesores del orden de micras).
 - ü Telururo de cadmio (CdTe): estos son paneles solares más delgados con un precio más bajo y una menor eficiencia termodinámica.

- ü El sulfuro de cadmio microcristalino (CdS), que tiene costos de producción muy bajos debido a que la tecnología utilizada para su producción no requiere el logro de las temperaturas muy altas requeridas en lugar de la fusión y purificación del silicio.
- ü Arseniuro de galio (GaAs), se trata de una aleación binaria con propiedades semiconductoras, capaz de garantizar rendimientos muy altos, debido a la propiedad de tener una brecha directa (a diferencia del silicio). Se utiliza principalmente para aplicaciones militares o científicas avanzadas (como misiones de exploración planetaria automatizada o fotodetectores especialmente sensibles). Sin embargo, el costo prohibitivo del material monocristalino a partir del cual se fabrican las células lo ha destinado a un uso específico.
- ü Diselenuro de cobre indio (CIS), con una opacidad que va del 100% al 70% obtenida a través de orificios hechos directamente en la película.
- ü Indio cobre galio diselenuro (CIGS)
- ü Heterojunction, literalmente unión entre diferentes sustancias, en la que se emplea una capa de silicio cristalino como superficie de soporte de una o más capas amorfas o cristalinas, cada una de las cuales está optimizada para una sub banda de radiación específica.
- ü El silicio microesférico, en el que se utiliza silicio policristalino reducido en esferas con un diámetro de aproximadamente 0,75 mm enjaulado en un sustrato de aluminio

Ø Paneles solares termodinámicos. Son la solución más popular últimamente, debido a su mayor eficiencia, mejor precio y mayor versatilidad. Son más eficientes debido a que son capaces de captar energía de cualquier estado meteorológico, la lluvia, el viento, la luna, entre otros. Son más versátiles por el peso de los paneles, mucho más ligeros que las demás alternativas. Además de estas ventajas, tanto los equipos como su instalación tienen un coste menor.

Ø Paneles solares térmicos. Son los que funcionan de forma más simple. Consiste en que los rayos del sol calientan los paneles, que contienen un líquido calo portador que circula hacia el interior de la vivienda. Estos son recomendables para zonas que tengan recepción directa del sol a altas temperaturas, preferiblemente en zonas rurales, donde hay espacio suficiente, ya que necesitan un tamaño mayor debido a la menor eficiencia de este tipo de panel.

Entre todos los tipos de paneles los más usados son los monocristalinos y los policristalinos, si se parte de la base del silicio que se usa en estos dos tipos de tecnologías, se tiene que:

- **Las placas solares policristalinas** están compuestas por células cuyo silicio no procede de un único cristal de silicio, sino de muchos pequeños fundidos en grupo. Por este motivo, al no tratarse de un solo cristal, no es tan puro como una célula monocristalina, y sus eficiencias y rendimientos son siempre algo inferior a un panel monocristalino. Además existen las llamadas "Mono Black" que son totalmente negras y las preferidas como paneles solares para casa, por su excelente integración y mínimo impacto visual.
- **Las placas solares monocristalinas** están compuestas por células cuyo silicio SI procede de un único cristal. Por tanto, la pureza es óptima y esto mejora la eficiencia.

Adicionalmente se tiene que tener presente que el rendimiento de placas solares policristalinas por metro cuadrado es de unos 170 vatios por metro cuadrado, sin embargo el rendimiento de placas solares monocristalinas por metro cuadrado puede oscilar entre 180 vatios (lo más habitual) hasta 220W por metro cuadrado.

En la siguiente tabla se pueden observar algunas de sus características y diferencias.

Tabla 3. Características de los paneles solares

	Monocristalinas	Policristalinas
Precio Panel Solar	Algo más caras	Más baratas
Eficiencia	Mayor eficiencia y más rendimiento	Menor eficiencia y menor rendimiento
Estética	Las células son de un tono negro, azul muy oscuro	Células de un color azulado irregular
Rendimiento	Alto	Medio
Durabilidad	Al menos 25 años	Al menos 25 años
Principales Fabricantes	Sun Power LG Panasonic	Canadian Solar Jinko Solar JA Solar

Fuente: Rivas (2021)

Otras características que hay que tener presente para la selección de los paneles son el voltaje y la temperatura.

¿Qué voltajes tienen los paneles solares para uso fotovoltaico? Todos los módulos solares existentes en el mercado son para conexión a red y autoconsumo y su aplicación según el voltaje son:

- 12 voltios. Estos paneles solares de 12 voltios, suelen ser placas solares pequeñas para aplicaciones muy concretas.
- 24 voltios o superior. Son los tipos de módulo solar más habituales.
- Conexión a Red: La venta de paneles solares conexión a red está recomendada para la realización de huertos solares de gran tamaño, o instalaciones de autoconsumo residencial e industrial. Bien es cierto que para hacerlos funcionar en instalaciones aisladas o con baterías, necesitará un regulador MPPT (este tipo de reguladores son capaces de convertir cualquier tensión en 12,24 o 48V según se configure). Estos paneles, gozan de un excelente precio de venta por la producción masiva que existe. Son los únicos paneles solares

que se pueden instalar a la hora de plantear un autoconsumo sin baterías; es decir, un autoconsumo directo.

En realidad, las placas solares para electricidad tienen más tensión que esas de 12V o 24V, simplemente es un modo de segmentar por tipo de aplicaciones. Para el resto de instalaciones de conexión a red eléctrica, plantas solares (huertas solares), autoconsumo solar..., se usan módulos fotovoltaicos de conexión a red que tienen tensiones de salida de más de 35 Voltios. Los datos eléctricos más importantes:

Tabla 4. Parámetros para la selección del panel

	Datos Eléctricos	Explicación
Potencia Nominal (P _{nom})	400 W	Es la máxima potencia pico que puede entregar el panel en condiciones óptimas de temperatura y radiación.
Tolerancia de Potencia	+5/0%	Generalmente expresada en Wattios o en %, es la potencia pico real que puede llegar a tener el panel. Generalmente todos los paneles vienen hoy en día con tolerancia positiva.
Eficiencia de Panel	22.6%	Eficiencia: relación entre la potencia eléctrica entregada por el panel solar y la potencia de la radiación que incide sobre él.
Tensión máxima potencia (V _{mpp})	65,8V	Es la tensión , en voltios, que proporcionará el panel cuando esté su punto de máxima potencia (P_{mpp})
Corriente máxima potencia (I _{mpp})	6.08A	Es la corriente , en amperios, que proporcionará el panel cuando esté su punto de máxima potencia (P_{mpp})
Tensión Circuito Abierto (V _{oc})	75,6V	Tensión de circuito abierto (VOC): la mayor tensión que se puede obtener de la placa cuando trabaja como generador.
Corriente de Corto Circuito (I _{sc})	6.58A	Corriente de cortocircuito (ISC): valor de la corriente que circula cuando la tensión en los terminales de la placa es nula, $V=0$. Además de esto, es la máxima corriente que se podría llegar a obtener (<i>en un caso ideal</i>) de la placa cuando trabaja como generador.
Coefficiente de Temperatura	-0,29%/°C	Es el % de pérdida de potencia que tiene el panel por cada °C por encima de los 25°C de temperatura a la que se encuentra el panel.

Fuente: Manual de fabricantes

En Altas Temperaturas ¿Qué es mejor, una placa solar monocristalina o policristalina? El calor, es uno de los mayores enemigos de un panel solar. Al

examinar las fichas técnicas de una placa solar monocristalina o policristalina, se puede observar que hay un dato llamado Coeficiente de Temperatura (expresado en $\%/^{\circ}\text{C}$ o $\%/K$), que lo que indica es el $\%$ de potencia pierde ese panel solar por cada grado centígrado que la temperatura de la célula solar sube de 25°C .

En el 2019 se extrajeron datos de fichas técnicas de placas solares monocristalinas o policristalinas.

- Coeficiente de temperatura, resaltado en rojo, de una placa solar policristalina.

Temperature coefficient	
P_{\max}	-0.41 $\%/^{\circ}\text{C}$
U_{oc}	-0.32 $\%/^{\circ}\text{C}$
I_{sc}	0.055 $\%/^{\circ}\text{C}$

- Coeficiente de temperatura, resaltado en rojo, de una **placa solar monocristalina**.

Temperature Ratings (STC)	
Temperature Coefficient of Isc	+0.057%/C
Temperature Coefficient of Voc	-0.286%/C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.370%/C

- Coeficiente de temperatura, resaltado en rojo, de una placa solar **monocristalina de alto rendimiento** (tecnología Maxeon, exclusiva de SunPower)

Power Temp Coef.	-0.29% / $^{\circ}\text{C}$
Voltage Temp Coef.	-167.4 mV / $^{\circ}\text{C}$
Current Temp Coef.	2.9 mA / $^{\circ}\text{C}$

Se puede apreciar que los coeficientes de temperatura de los paneles Monocristalinos, son mejores que los Policristalinos. Es decir, que si hay preocupación de cómo afecta la temperatura a estos dos tipos de placa, la respuesta es sencilla, se comporta mucho mejor la placa monocristalina.

Existe la creencia de que para climas con altas temperaturas, como por ejemplo el Sur de Europa (España, Portugal...), el rendimiento de una placa solar a alta temperatura es mejor si es policristalina. Pero como ves, no es algo basado en la práctica, sino que la explicación de esa creencia tiene otro origen. Es por ello que se han realizado estudios para esto, uno es el realizado por realizada por la Universidad de Santiago de Cali en 2017, ya que el argumento de las temperaturas ha sido más bien comercial, fomentado por fabricantes Asiáticos y vendedores de placas policristalinas de bajo coste.

Pero es que ya no solamente es necesario mirar las fichas técnicas, sino que hay multitud de estudios que demuestran que las células de silicio policristalino alcanzan temperaturas más elevadas que las de silicio monocristalino, en las mismas condiciones ambientales.

Este estudio compara las temperaturas alcanzadas por células de silicio monocristalino vs policristalinos. En la figura 6 se muestran las temperaturas, medidas a lo largo del año, alcanzadas por las células monocristalinas sometidas al estudio

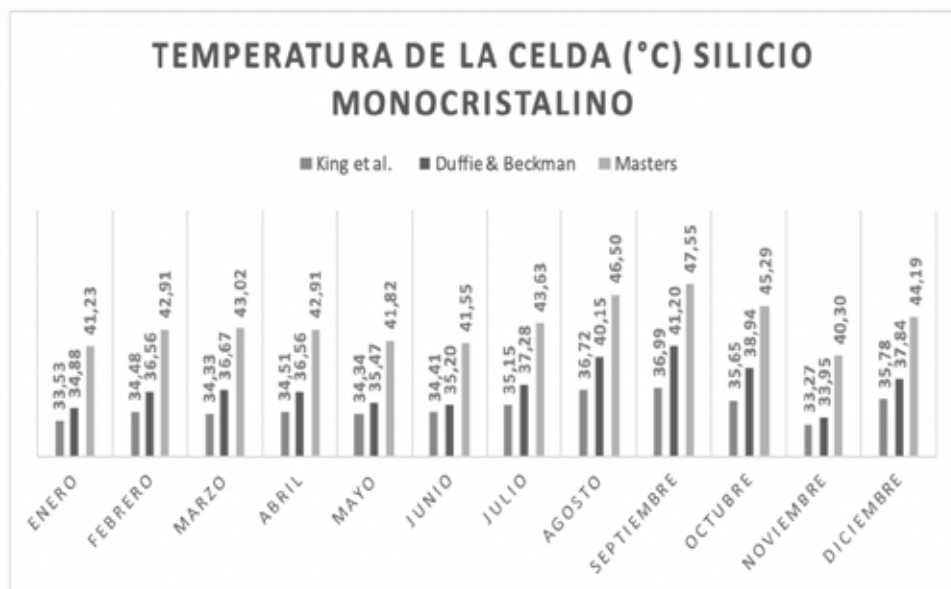


Figura 6. Temperatura de las celdas monocristalinas
Fuente. Universidad de Santiago de Cali en 2017

En la figura 7, se muestra las temperaturas, medidas a lo largo del año, alcanzadas por las células policristalinas.

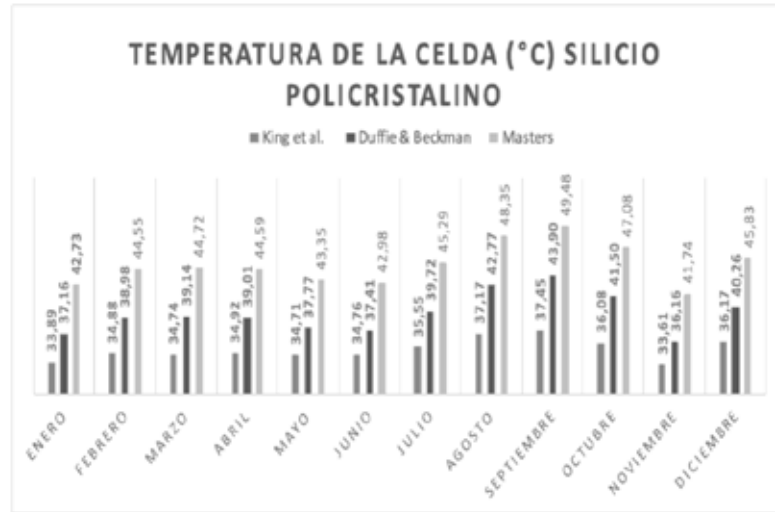


Figura 7. Temperatura de las celdas policristalinas
Fuente. Universidad de Santiago de Cali en 2017

Como resultado de la investigación realizada, es posible concluir que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura de la celda calculada por los tres modelos de desempeño y la eficiencia de conversión, es decir que a mayor temperatura de la celda, la eficiencia de conversión de energía es menor-

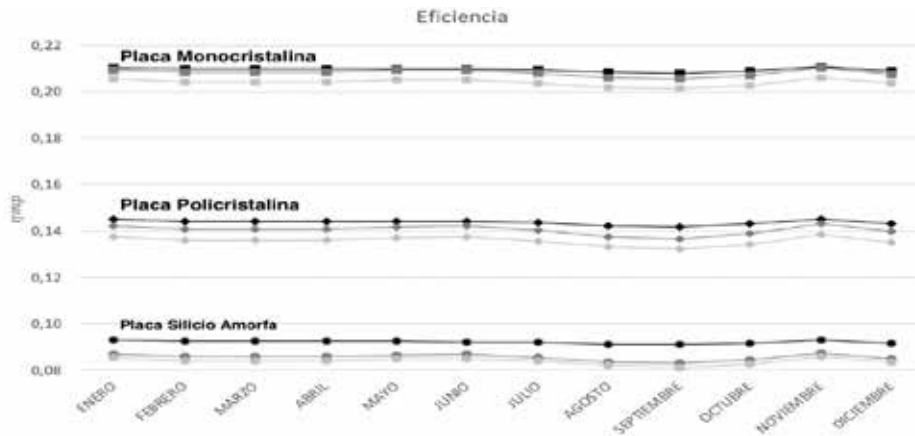


Figura 8. Eficiencia de las celdas solares
Fuente. Universidad de Santiago de Cali en 2017

Al observar la figura y comparar los tipos de tecnologías de los paneles, se evidencia que el panel de silicio monocristalino es el que presenta mayor eficiencia de conversión de energía presenta, sobre el panel de silicio policristalino, aún y cuando los paneles policristalinos alcanzaron siempre una temperatura de célula más alta que los monocristalinos.

2.2.6 Sistemas fotovoltaicos autónomos

Este es el conjunto de elementos dispuestos de forma que posea independencia de estímulos externos para su normal funcionamiento. Este es el que transforma la energía solar en energía eléctrica, para alimentar cargas de corriente continua (DC) o corriente alterna (AC)

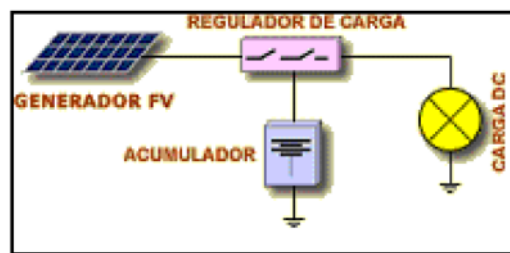


Figura 9. Sistema fotovoltaico para cargas DC

Fuente: Grupo Idea (2004)

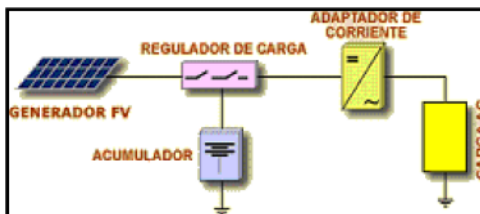


Figura 10. Sistema fotovoltaico para cargas DC/AC

Fuente: Grupo Idea (2004)

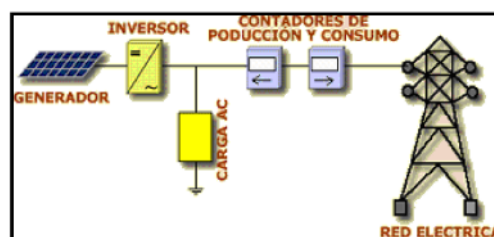


Figura 11. Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica

Fuente: Grupo Idea (2004)

Estos se clasifican en:

Ø Instalaciones automátatas. Las cuales son capaces de producir energía para satisfacer el consumo de cargas eléctricas en lugares de difícil acceso o que no es factible la interconexión con la red pública eléctrica. El campo de aplicación de estas es:

Ü Aplicaciones espaciales. Ubicados en los fuselajes de los satélites y estaciones espaciales que orbitan la tierra. La necesidad de una fuente de energía en el espacio fomento el desarrollo de este tipo de sistema.

Ü Aplicaciones terrestres. Su aplicación es en los lugares donde no llega el servicio eléctrico y su uso está dirigido a:

- Telecomunicaciones. Específicamente para el suministro de energía a la telefonía móvil y fija.
- Electricidad. A las zonas rurales y aisladas.
- Señalización. En las señales de tráfico luminosas, vallas, pantallas, entre otros.
- Alumbrado público. En donde la red eléctrica esta distante o no llega.
- Bombeo de agua. Para energizar el motor de la bomba
- Telemetría. En las estaciones meteorológicas ubicadas en lugares remoto y de poco acceso, donde no llega la red eléctrica.
- Otras aplicaciones. Las aplicaciones de este tipo de sistema es ilimitado.

Ø Instalaciones conectadas a la red. En este tipo de instalación la energía producida no es utilizada directamente, sino que se usa, en caso de falla del sistema eléctrico o para apoyar al uso racional y eficiente de la energía eléctrica. Estas instalaciones se clasifican en:

- Centrales fotovoltaicas. Lugar con un número considerable de paneles que interactúan para obtener a la salida una potencia acumulada, la cual será utilizada a un sistema interconectado de una instalación específica.

- Edificios fotovoltaicos. La optimización y eficiencia en la generación fotovoltaica, está siendo utilizada en la fabricación de la fachada y techos de edificios y viviendas, para uso propio, siendo este afectado debido al movimiento de rotación de la tierra.

Elementos de un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está conformado por el arreglo fotovoltaico, el regulador de carga, el acumulador o batería y el inverso.

∅ Arreglo fotovoltaico, consiste en agrupar o arreglar los paneles en serie o en paralelo de acuerdo al voltaje o corriente que requiera el sistema. Para > voltaje los paneles se arreglan en serie y el voltaje de salida es la suma individual de los módulos conectados en serie. Si se quiere > corriente estos se arreglan o disponen en paralelo y la corriente es la suma de cada panel o conjunto de paneles conectados en paralelo.

Adicionalmente se debe conectar diodos de bloqueo lo cual garantiza que la corriente fluya en un solo sentido del arreglo a la carga no viceversa, también se coloca un diodos de paso los cuales se utilizan para que la corriente circule a través de ellos cuando un panel (paralelo al diodo) se encuentre a la sombra o sombreado, este se hace para evitar que el panel sombreado que se comporta como una resistencia, consuma la corriente generada por el sistema de paneles, lo que provoca sobrecalentamiento de este y degradación del mismo.

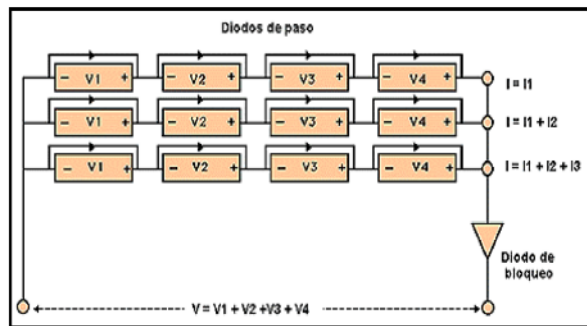


Figura 12. Arreglo o sistema Fotovoltaico
Fuente. Sandia National Laboratories

∅ Regulador de carga, este tiene la función de proteger a las baterías o banco de baterías de sobrecargas y sobre descargas, lo cual afecta la vida útil de estas. Existen dos tipos de topología de reguladores: serie y paralelo.

En serie agrega un dispositivo conmutador (relé o contactor, un transistor bipolar o MOSFET) en serie entre el panel y la batería, para que cuando llegue a la tensión de sobrecarga el conmutador desconecte al panel de la batería (abriendo el circuito) y cuando esta necesite carga la vuelva a conectar (cerrando el circuito).

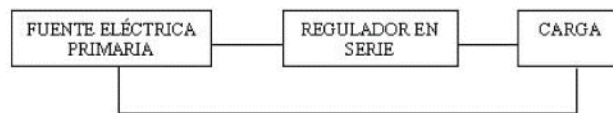


Figura 13. Regulador serie

Fuente. Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”

En paralelo se agrega un dispositivo conmutador (relé o contactor, un transistor bipolar o MOSFET) en paralelo entre el panel y la batería, de forma que cuando la batería alcance su tensión de carga máxima este dispositivo cree un camino de baja resistencia desviando la corriente de la batería, es decir, disipándola y cuando la batería necesite carga el dispositivo cree un circuito abierto lo que obliga a que la corriente del panel sea conducida hacia la o las baterías.

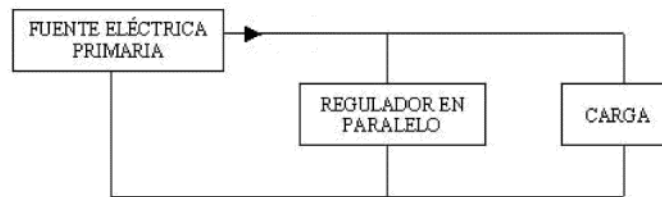


Figura 14. Regulador paralelo

Fuente. Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”

∅ Acumuladores o baterías, sistema eléctrico que permite la acumulación de carga y luego la suministra, en un sistema fotovoltaico la batería cumple la función de acumular la energía generada por el arreglo de paneles durante el día para posteriormente utilizarla en la noche o en caso de que falle la energía. Para definir el

tipo de batería se debe tener en cuenta los Amperios hora, la profundidad de descarga, el voltaje y el tiempo de vida útil.

Ø Inversor, dado a que la energía generada por un sistema fotovoltaico y acumulado en las baterías es DC, muchos sistemas necesitan o requieren AC para funcionar, es por ello que se utiliza el inversor para convertir la corriente directa en corriente alterna.

Ø Poste solar, en la figura 10, se muestra un modelo de poste solar diseñado por sistemas de iluminación exterior, el cual fue fabricado por el Centro de Ingeniería Mecánica del Instituto de Ingeniería, donde las características técnicas fueron tomadas de la norma COVENIN 3290, donde la altura del mismo es de 5m, el panel se colocó a 6.5m, es decir en la parte más alta del poste, conectados en paralelo, con la posibilidad de girar 360° horizontalmente, y en el plano vertical (paralelo al poste) 180° para establecer el grado de inclinación de acuerdo a la latitud de la zona geográfica que se instale. La luminaria utilizada fue Leds de 50 Watts, y en la base del poste se colocaron en una caja debidamente ventilada la batería o banco de baterías, el regulador y el inversor.

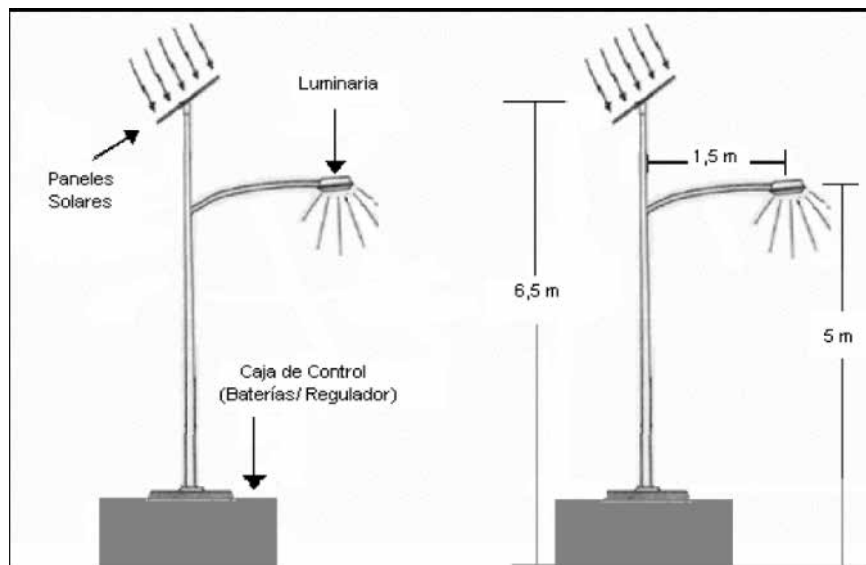


Figura 15. Kit de Poste solar

Fuente. Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”

2.2.7 Como calcular el sistema fotovoltaico

Por ser un tema no muy utilizado y no estar tan familiarizados en el uso de sistemas fotovoltaicos, hay siempre inquietudes acerca del cálculo de paneles solares para determinar la cantidad y capacidad instalada correcta. Es por ello que hay que analizar tres (03) puntos o etapas:

- Cálculo de potencia, es decir, potencia necesaria para la instalación.
- Cálculo y la selección de baterías que son necesarias para tener días de autonomía.
- Selección del inversor solar, el cual permite convertir la corriente que viene de los paneles solares (baja en 12v o 24v) para convertirla en corriente continua y así poder ser usada.

Cálculo de paneles solares

Ø Cuantificación de la energía diaria requerida. Esta se refiere a la potencia que demanda cada una de los equipos, así como la potencia que demanda todo el sistema de alumbrado.

$$E_{ND} = (P_l * T_u) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde: E_{ND} = Energía necesaria diaria
 P_l = Potencia de la luminaria
 T_u = Tiempo de utilización de la luminaria

Obtenida la energía necesaria por luminaria, se procede a calcular la energía necesaria del sistema, para ello se debe considerar la carga instalada del sistema de iluminación, mediante la siguiente expresión.

$$CI = (P_l * N \text{ de luminarias}) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde: CI = Carga instalada

El cálculo de la energía necesaria diaria del sistema se determina con la siguiente expresión.

$$E_{NDS} = (CI * T_u) \quad \text{Ec. 3}$$

Ø Cálculo de la potencia pico del panel fotovoltaico. La potencia pico o máxima del panel, se refiere al valor máximo que debe alcanzar la generación del panel solar, para que el mismo pueda soportar la carga; poder recargar la batería y cubrir la demanda de la o las luminarias. Esta se calcula con la siguiente expresión:

$$P_{pp} = E_{ND} / T_u = W \quad \text{Ec N}^\circ 4$$

Donde: P_{pp} = Potencia pico del panel

Ø Evaluación de pérdidas. En todo el sistema eléctrico hay pérdidas y los paneles solares no escapan a estas, y las pérdidas estándar de estos esta en 30%, es por ello que hay que tomarlo en cuenta al momento del cálculo y de esta forma hacerlo más eficiente, la expresión para ello es:

$$P_G = P_{pp} * 30\% \quad \text{Ec 5}$$

Donde: P_G = potencia del generador fotovoltaico

Inclinación de los paneles

Para obtener la eficacia energética de un sistema fotovoltaico es necesario estar pendiente de múltiples aspectos que optimicen la instalación. Más allá de los aspectos técnicos propios del mantenimiento, es importante ajustar las placas solares a la época del año. Además, también depende de la estación del año en la que va a haber mayor necesidad o consumo. Debido al movimiento de traslación del planeta, la incidencia de los rayos no es siempre la misma y por ello es más que importante el ajuste de las placas.

En ocasiones, encontrar la inclinación adecuada no es una tarea fácil porque la luz solar en La Tierra no suele ser constante. Lo más habitual para solucionar este problema, es la aplicación de la regla que dice que el ángulo de inclinación es igual a la latitud del lugar en que se encuentra el sistema. Esto asegura, en teoría, un rendimiento aceptable en promedio durante el año. Sin embargo, se recomienda variar la inclinación paneles solares para su optimización.

Por un lado, en invierno hay que aumentar la inclinación entre 10 y 15 grados respecto a lo calculado con la latitud para que los paneles queden en una posición cercana a su verticalidad total. Es en esta época del año cuando el sol está más bajo y,

por tanto, su radiación tiene una incidencia más horizontal. En verano se debe reducir la inclinación, también, entre 10 y 15 grados para obtener el resultado contrario: placas con inclinación cercana a su horizontalidad total. Esta inclinación paneles solares en verano se debe a que el sol está en alto y, por eso, la radiación es la mayor parte del día vertical.

Para solucionar todos estos problemas relacionados con la inclinación, existen mecanismos automáticos capaces de aplicar la inclinación ideal para cada día del año. Además estos sistemas de inclinación automática son capaces de seguir a lo largo del día la trayectoria del sol.

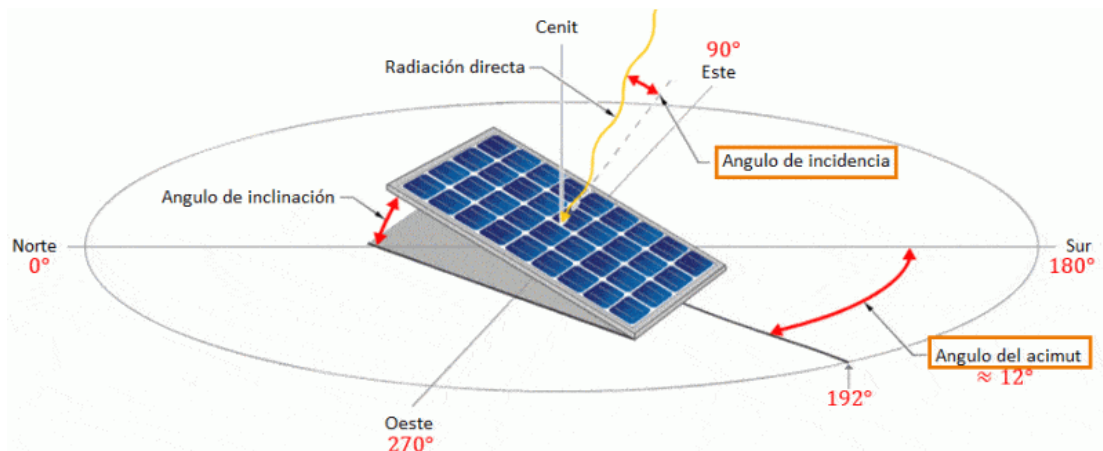


Figura 16. Ángulos de inclinación, de incidencia y de orientación (azimut) de paneles solares

Fuente. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/>

Orientación de las placas solares.

No solo la inclinación es importante, también la orientación de las placas solares, o dicho de otro modo, su desviación respecto al Sur (que se define cómo acimut) afectarán en mayor o menor medida a la generación de energía. Por tanto, la situación ideal sería colocar las placas solares de la instalación fotovoltaica en una estructura cuya inclinación y orientación se fuera adaptando progresivamente a cada

hora del día y a cada día del año para poder estar siempre perpendicular a la radiación solar incidente.

Esto suele lograrse con sistemas tipo seguidor solar de uno o dos ejes, que, como su nombre ya indica, realizan un trabajo de seguimiento del punto óptimo de inclinación en cada momento. Sin embargo, debido a que los seguidores solares tienen un mantenimiento elevado, son muy caros, y que solamente son utilizados en grandes huertos solares sobre suelo, lo más habitual en instalaciones fotovoltaicas de conexión a red o de autoconsumo fotovoltaico es utilizar estructura paneles solares de montaje fija, con un ángulo de inclinación fijo.

Como muestra de cómo afecta la variación de inclinación de las placas solares en relación a la irradiancia recibida, y por tanto en la mayor o menor energía que podrá generar a partir de esa irradiancia, se muestra un ejemplo gráfico para una instalación fotovoltaica en España en donde se ha calculado la radiación solar recibida durante un año sobre una placa solar dependiendo del azimut y del ángulo de inclinación como porcentaje respecto del máximo:

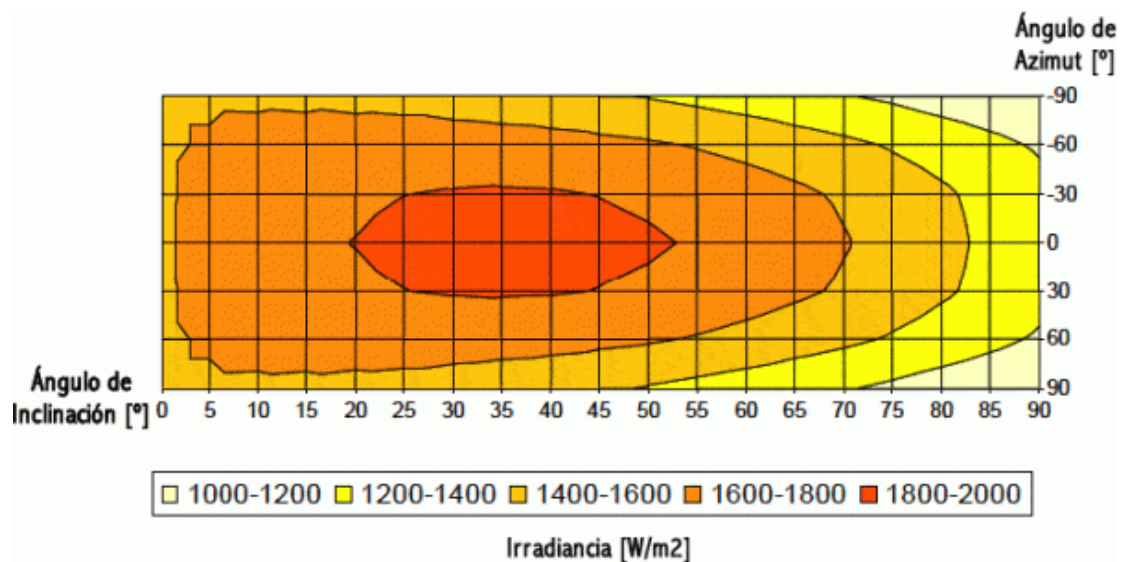


Figura 17. Irradiancia sobre una placa solar en función de su inclinación y azimut para un determinado lugar

Fuente. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/>

Radiación Solar (La energía del sol).

El sol produce una cantidad de energía constante que, en el momento de incidir sobre la superficie terrestre pierde parte de su potencia debido a distintos fenómenos ambientales. La potencia radiante de 1367 W/m^2 , denominada **constante solar**, que llega al Planeta Tierra no es la que finalmente alcanza la superficie terrestre debido a la influencia de los fenómenos atmosféricos, la actividad humana, la forma propia de la Tierra, el ciclo día/noche y la órbita elíptica de la Tierra.

Debido a esa órbita elíptica, la radiación que alcanza la atmósfera es mayor en los meses de invierno que en los meses de verano, esto es por la órbita elíptica, la Tierra está más próxima a sol en esos meses tal como se puede observar en la figura 18.

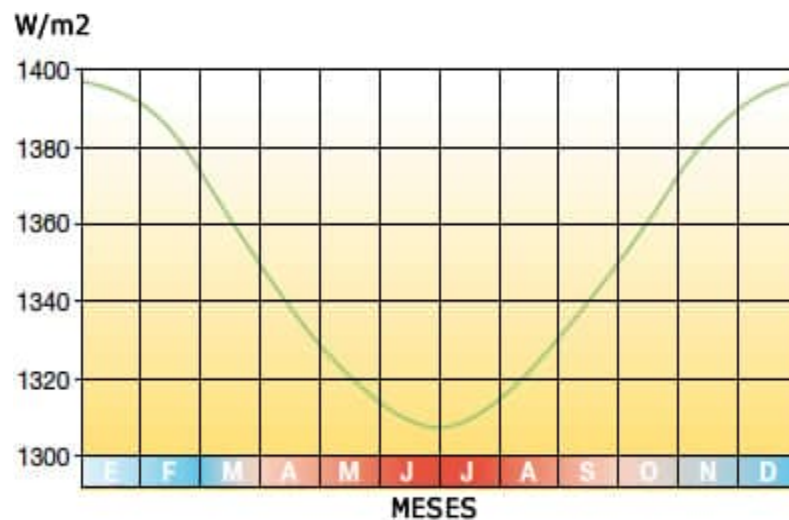


Figura 18. Variación de la Radiación atmosférica solar mensual

Fuente. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/>

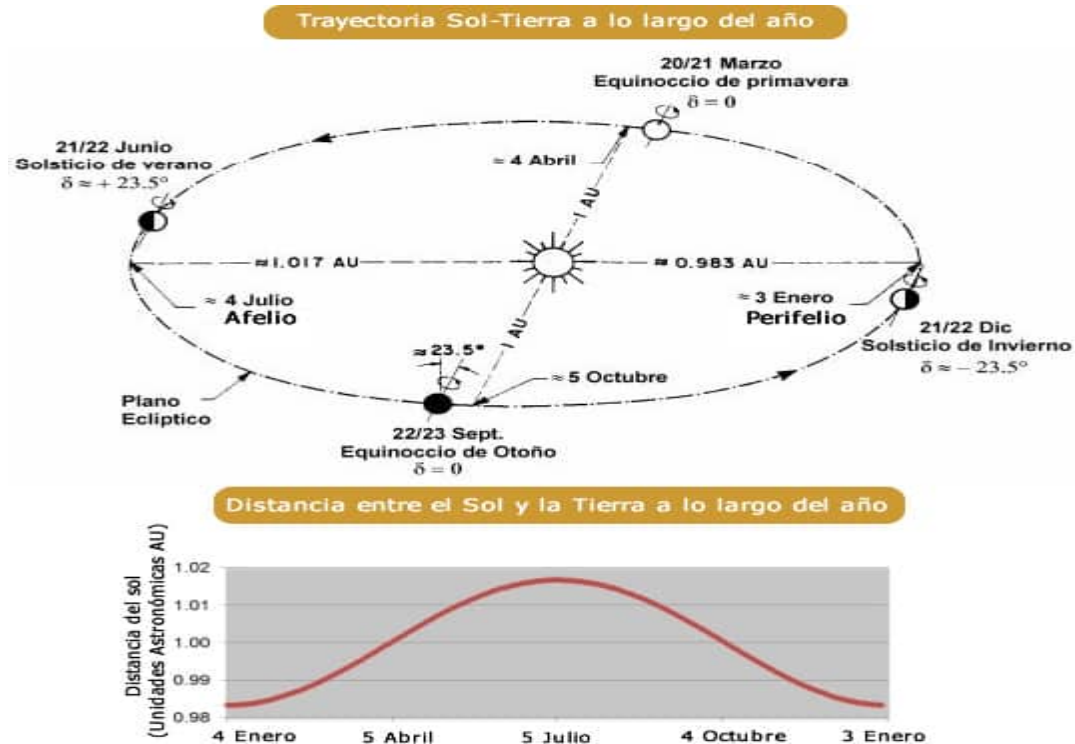


Figura 19. Representación de la distancia entre el sol y la tierra a lo largo del año
Fuente. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/>

A la vista está, la distancia entre el sol y la tierra oscila entre los 1.017 AU el 4 de Julio (Afelio) y unos 0,983 AU el 3 de Enero (Perifelio). Las unidades AU son “Unidades Astronómicas” y es la distancia promedio entre el Sol y la Tierra (150 millones de Kilómetros).

2.2.8 Energía Solar en Venezuela

En el caso de la energía solar, Urdaneta (2005) presenta un mapa de potencial con valores promedio por regiones geográficas, mientras que Fumo y Colmenares (2005) construyen mapas de la radiación solar promedio mensual para todo el país a partir de mediciones satelitales; sin embargo, sus resultados presentan desviaciones importantes respecto a las mediciones obtenidas en las estaciones meteorológicas en tierra, probablemente debido a una baja resolución de la malla con la cual dividen el territorio nacional y a los procedimientos estadísticos utilizados para la interpolación de la información recibida del satélite. Por último, el Servicio de Meteorología de la

Fuerza Aérea presenta en su portal web (www.meteorologia.mil.ve), un conjunto de mapas de radiación solar promedio mensual para todo el país, pero se desconoce a qué periodo corresponden, así como las herramientas utilizadas para su elaboración.

En cuanto a la utilización de los Sistemas de Información Geofigura (SIG) para estimar los potenciales de energía solar en Venezuela y su representación en forma de mapas de potencial, en la revisión documental efectuada se ha encontrado poca información.

Para el estudio de la radiación solar en Venezuela consistió en estimar datos faltantes en las series mensuales para 35 estaciones operadas por el Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea Venezolana, siguiendo el método racional (Guevara, 1987), ver figura 20

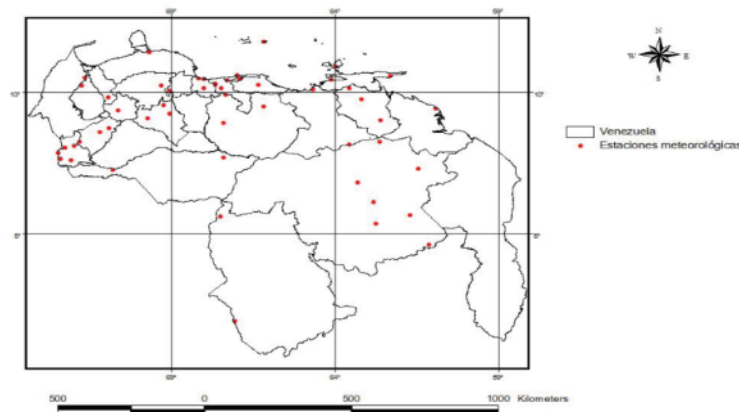


Figura 20. Estaciones meteorológicas de Venezuela
Fuente. Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea Venezolana

El criterio utilizado es la disponibilidad de registros directos de la radiación solar. De esta manera, se distinguen:

Ø Métodos de utilización directa de la data de radiación solar generada en estaciones meteorológicas cercanas al sitio bajo estudio. Este procedimiento, para Angelis (2011), es adecuado si se trata de un terreno plano y la distancia a la estación es menor a 10 km.

Ø Métodos de interpolación de la información generada en una red de estaciones meteorológicas, siendo lo ideal que exista una alta densidad de estaciones.

Según las herramientas utilizadas para realizar la interpolación pueden distinguirse dos procedimientos:

- a) El primero utilizar herramientas matemáticas y estadísticas ayudadas por aplicaciones computacionales como MATLAB.
- b) El segundo utilizar procedimientos y aplicaciones basadas en sistemas de información geofigura (SIG).

Ø Modelos de tratamiento de imágenes de satélites geostacionarios, tales como Meteosat, GOES, MSAT o MSG; estas imágenes son el resultado de la reflexión de los rayos solares en la superficie de la Tierra, por lo que ya llevan implícitos los posibles efectos de la topografía así como de los principales fenómenos atmosféricos que se producen cuando los rayos solares atraviesan la atmósfera. En este caso, pueden distinguirse modelos físicos y modelos estadísticos (Angelis 2011), un ejemplo de la aplicación de éste último en Venezuela es el estudio de Urdaneta (2005).

Distribución espacial del potencial de energía solar en Venezuela

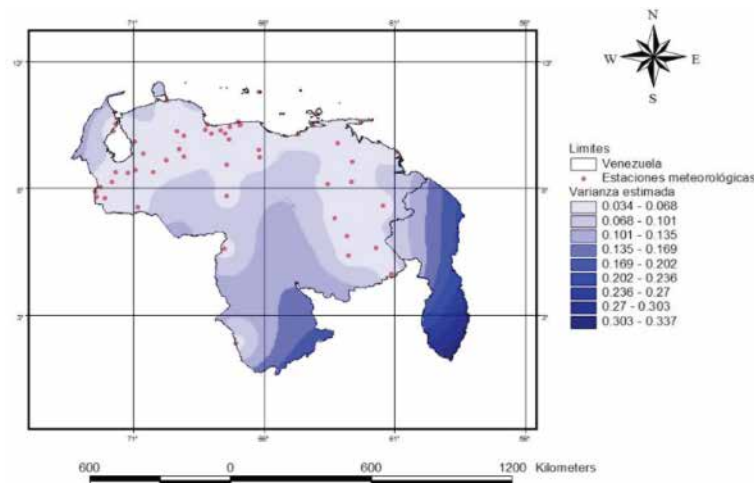


Figura 21. Varianzas de las estimaciones de radiación en Venezuela

Fuente. Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea Venezolana

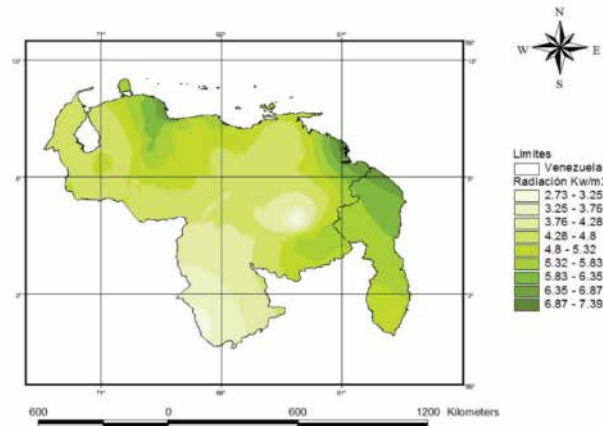


Figura 22. Variabilidad espacial de la radiación en kWh/m²día en Venezuela

Fuente. Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea Venezolana

De las figuras se puede decir, que los valores promedios de potencial de energía solar en el país varían desde 2,7 a 7,3 kWh/m²día, todo esto debido a la diversidad de ambientes existentes en cuanto a factibilidad de aprovechamiento del potencial energético solar en el país, así como la influencia de algunos condicionantes específicos propios de cada estación meteorológica como se observa en la figura de la varianza.

Para el análisis de la figura de variabilidad se tomó la clasificación internacionalmente aceptada para radiación solar mostrada en la tabla siguiente:

Tabla 5. Clasificación de la radiación solar según su potencial

Radiación solar (kWh/m ² día)	Clasificación
< 4,7	Marginal
4,7 a 4,9	Regular
4,9 a 5,2	Bueno
5,1 a 5,5	Excelente
5,5 a 6,1	Premium
> 6,1	Supremo

Fuente. Cruz (2005)

2.3 Bases legales

Se refieren a lo señalado en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela; las Leyes Orgánicas, los Reglamentos y Normas que le dan un basamento jurídico o que pueden condicionar el desarrollo del trabajo de investigación. A continuación se citan alguno de ellos.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

En el artículo 156° numeral 29. Es competencia del Poder Público Nacional “El régimen general de los servicios públicos domiciliarios y, en especial, electricidad, agua potable y gas” (p: 39).

Artículo 178°,

Son de la competencia del Municipio el gobierno y administración de sus intereses y la gestión de las materias que le asignen esta Constitución y las leyes nacionales, en cuanto concierne a la vida local, en especial la ordenación y promoción del desarrollo económico y social, la dotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, la aplicación de la política referente a la materia inquilinaria con criterios de equidad, justicia y contenido de interés social, de conformidad con la delegación prevista en la ley que rige la materia, la promoción de la participación, y el mejoramiento, en general, de las condiciones de vida de la comunidad, en las siguientes áreas:..... 6. Servicio de agua potable, electricidad y gas doméstico; alcantarillado, canalización y disposición de aguas servidas; cementerios y servicios funerarios. (p: 46)

Y otros artículos referentes al sistema eléctrico.

Y la empresa del servicio eléctrico CORPOELEC, establece el siguiente marco regulatorio para el uso racional y eficiente del servicio eléctrico.

Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico (LOSSE), en donde el artículo 35, establece: Obligaciones de los Usuarios. Los usuarios con una demanda superior a dos megavatios (2 MW) deberán elaborar y aplicar un plan de uso racional y eficiente de la energía eléctrica para sus instalaciones.

Y el artículo 103. Sanciones por Infracciones de los Usuarios

Aquellos usuarios con una demanda superior a dos megavatios (2MW) que incumplan con la formulación y ejecución del plan de uso racional y eficiente de la energía eléctrica, serán sancionados con multas desde cincuenta Unidades Tributarias (50 U.T.) hasta quinientas Unidades Tributarias (500 U.T.).

Reglamento de la Ley del Servicio Eléctrico, donde en su artículo 1 cita:

“Objeto y Alcance: Este Reglamento establece las normas y condiciones que regirán la prestación del servicio de distribución de energía eléctrica y las relaciones entre La Distribuidora y sus usuarios”.

Resolución 035, en donde el artículo 1, cita:

Las personas jurídicas del sector privado, que superan una Demanda Asignada Contratada de un Megavoltioamperio (1 MVA), deberán realizar acciones para mantener una reducción de al menos un diez por ciento (10%) de su consumo mensual con respecto al mayor valor entre el consumo facturado en el mismo mes o el consumo promedio mensual facturado, ambos referidos al año 2009.

El Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica colocará mensualmente una etiqueta en un sitio visible, señalando el cumplimiento de las medidas establecidas.

Artículo 2.

Las personas jurídicas del sector privado con cargas entre 200 Kilovatioamperio (200 kVA) y un Megavatioamperio (1MVA), deberán acometer acciones para mantener una reducción de al menos un 10% de su consumo mensual con respecto al mayor valor entre el consumo facturado en el mismo mes o el consumo promedio mensual facturado, ambos referidos al año 2009”.

El Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica colocará mensualmente una etiqueta en un sitio visible, señalando el cumplimiento de las medidas establecidas.

Artículo 6. “Las instalaciones de autogeneración de las instituciones del Sector Privado deberán ponerse en funcionamiento en los horarios de mayor demanda del

Sistema Eléctrico Nacional, que se comprende entre 11:00 y 16:00 y entre 18:00 y 22:00 horas”.

Artículo 7. “Las instalaciones de cargas concentradas superiores a 100 kVA deberán instalar capacidad de autogeneración antes del 31 de diciembre de 2011, y colocarla en funcionamiento en los horarios establecidos en el Artículo 6”.

Artículo 8.

El incumplimiento consecutivo y reiterado de las obligaciones impuestas por la presente Resolución acarreará la suspensión del suministro de energía eléctrica, hasta tanto el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica dictamine las medidas y acciones que deberá ejecutar el usuario para orientar su conducta en cuanto a patrones de uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Artículo 9.

El Ministerio de Energía Eléctrica y la Corporación Eléctrica Nacional (Corpoelec) "podrán realizar inspecciones periódicas para verificar la adecuada aplicación de las medidas de eficiencia energética, el cálculo de los índices de ahorro energético, así como la aplicación de los planes propuestos"

Ley Sobre el Derecho de Autor

Los derechos de naturaleza inalienable, inembargable, irrenunciable e imprescriptible. (Art.18 al 23 LSDA y Art. 13 del Reglamento de la LSDA).

Decreto 6.992. Mediante la cual se crea con carácter temporal la comisión interministerial estratégica para el sector eléctrico., publicado en *Gaceta Oficial No. 372.680*, de fecha 3 de noviembre del 2.009.

Código Eléctrico Nacional.

Normas y reglamentos internos de la Universidad José Antonio Páez

2.4 Definición de términos básicos

Acometida. Instalaciones, materiales y equipos eléctricos entre la red de distribución del operador y prestador del servicio y el punto de entrega para la conexión del servicio al usuario

Amperio. Unidad que mide la intensidad de una corriente eléctrica. Su abreviatura es A, y su nombre se debe al físico francés André Marie Ampere.

Breakers. Los equipos eléctricos están protegidos de sobrecargas eléctricas por medio de fusibles o breakers (interruptores de circuito). Los breakers hacen la misma función que los fusibles, con la ventaja que pueden ser restaurados manualmente en lugar de tener que ser reemplazados. Los breakers tienen forma de botón, que salta hacia afuera cuando se ve sometido a una sobrecarga; el piloto solo tiene que pulsar sobre el breaker ("botón") para volver a restaurarlo.

CEN. Código Eléctrico Nacional el cual establece las reglas de observancia mínima para la instalación segura de conductores y equipos.

Conductor. Elementos metálicos, generalmente cobre o aluminio, permeables al paso de la corriente eléctrica y que, por lo tanto, cumplen la función de transportar la energía de un extremo al otro del cable. Material que opone mínima resistencia ante una corriente eléctrica.

Conductor aislado. Conductor rodeado de un material de composición y espesor aceptados como aislación eléctrica por el CEN.

Conductor cubierto. Conductor envuelto por un material de composición o espesor que no son aceptados como aislación eléctrica por el CEN.

Conductor de puesta a tierra. Un conductor que se usa para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado a uno o varios electrodos de puesta a tierra

Corriente. Movimiento de electricidad por un conductor. Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperios (A).

Corriente Eléctrica. Es el flujo de electricidad que pasa por un material conductor; siendo su unidad de medida el amperio. y se representan por la letra I.

Demanda eléctrica. Requerimiento de potencia y energía eléctrica de un usuario, sector o sistema eléctrico

Distribución. Es una de las actividades del sistema eléctrico que consiste en el suministro de electricidad desde los puntos de entrega de los generadores o la red de transmisión, hasta la acometida en el punto de suministro, mediante el uso de subestaciones, líneas, transformadores, equipos de control, así como otros necesarios para su operación y mantenimiento.

Electricidad. La electricidad (del griego elektron, cuyo significado es ámbar) es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros, en otras palabras es el flujo de electrones.

Energía. Capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía. Capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. La energía eléctrica se mide en kilovatios-hora (kW/h).

Energía Eléctrica. Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se les coloca en contacto por medio de un conductor eléctrico para obtener trabajo. También es la potencia eléctrica producida, transmitida o consumida en un período determinado. Se mide y se expresa en vatio hora (Wh) o en sus múltiplos: kilovatio hora (kWh), megavatio hora (MWh), gigavatio hora (GWh), teravatio hora (TWh).

Energía primaria. Es aquella que se encuentra disponible en la naturaleza y que puede ser transformada para producir energía eléctrica.

Equipo de medición. Es el instrumento utilizado para medir el consumo de la energía y la potencia eléctrica requerida por los usuarios en un tiempo determinado, así como otros parámetros.

Energizado; alimentado eléctricamente. Conectado eléctricamente a una fuente de potencial.

Fusible. Dispositivo de protección contra sobrecorrientes con una parte fundible que abre el circuito con el paso de la sobrecorriente a través del mismo. El fusible comprende todas las partes que forman una unidad que puede efectuar las funciones descritas y puede ser o no el único dispositivo requerido para su conexión en el circuito eléctrico.

La luz. La luz es la radiación luminosa emitida por la excitación de un cuerpo en forma de energía visible. Esta radiación al producirse en la zona del espectro visible, nos permite ver objetos y colores.

Lámparas. Ampolleta eléctrica: (alumbrado por incandescencia de filamentos) ampolla de vidrio en la que se ha hecho el vacío y que lleva en su interior un filamento fabricado con un material de punto de fusión muy elevado, el cual se pone incandescente al paso de la corriente eléctrica, produciendo luz.

Lúmenes. (Símbolo: lm) es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida.

Luminarias. Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

Lux. El lux (símbolo lx) es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m².

Potencia. Capacidad para realizar alguna cosa o producir un efecto. Cociente entre el trabajo realizado por una máquina y el tiempo empleado en realizarlo (W).

Potencia eléctrica. Es la capacidad de producir, transmitir o consumir electricidad para alimentar las instalaciones del usuario en forma instantánea. Se mide y se expresa en vatios (W) o en sus múltiplos: kilovatios (kW), megavatios (MW).

Puesta a tierra. Conectado a tierra o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tierra.

Sistema eléctrico. Es el conjunto de actividades, procesos, instalaciones, equipos y dispositivos que se articulan e interconectan de manera sistémica y continua para prestar un servicio eléctrico de calidad, a los niveles de tensión requeridos por los usuarios

Sobrecargas eléctrica. Se dice que en un circuito o instalación hay sobrecarga o está sobrecargada, cuando la suma de la potencia de los aparatos que están a él conectados, es superior a la potencia para la cual está diseñado el circuito de la instalación.

Temperatura de Color. La temperatura de color se mide en “Grados Kelvin” (K) y es la referencia para indicar el color de las fuentes luminosas (salvo aquellas que tengan de por sí un color señalado).

Tensión. Es la energía o movimiento con la que se desplazan los electrones. Unidad voltios (V).

Tierra (ground). Conexión conductora intencional o accidental entre un circuito o equipo eléctricos y la tierra o algún conductor que se usa en su lugar.

Voltio (V). El voltio se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente de un amperio utiliza un vatio de potencia. Unidad del Sistema Internacional.

Vatio (W). Es la unidad que mide potencia. Se abrevia W y su nombre se debe al físico inglés James Watt.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

La metodología es una teoría de la investigación científica, De acuerdo con Pardinás (1982), citado por Stracuzzi P. y Pestana M. (2012), "es el estudio crítico del método", Desde el punto de vista semántico, el término significa tratado del método, Como tal se entiende una guía procedimental, producto de la reflexión, que provee pautas lógicas generales pertinentes para desarrollar y coordinar operaciones destinadas a la consecución de objetivos intelectuales o materiales del modo más eficaz posible,

Etimológicamente, el vocablo método proviene del griego *métodos*, guía y modo, *Meta* significa por, hacia, a lo largo; y *hados* significa camino o vía; la unión de ambos términos conduce al significado de "camino hacia algo o por el camino", Diferentes autores han conceptualizado el método como la manera, el camino que se sigue para lograr un fin, En la investigación, el método implica la elaboración de un plan y la selección de las técnicas más idóneas para su desarrollo,

Para el autor anteriormente mencionado, al momento de decidir el tipo de trabajo a realizar, es conveniente tomar en consideración los objetivos planteados para poder determinar el diseño, tipo, nivel y modalidad del estudio. Por ejemplo, los objetivos contribuirán a determinar si se realizará una investigación con un diseño no experimental, con un tipo de investigación de campo y un nivel descriptivo, si es conocido el problema y sólo quiere medir su magnitud; nivel transversal, si hará un corte en el tiempo; longitudinal, si dará seguimiento a un fenómeno; explicativo, si están algunos factores realmente asociados con el problema; y cuasi-experimental, si realizará una intervención en un grupo y lo comparará con otro.

3.1 Tipo de investigación

Para Sabino (2010), el tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger

las informaciones o datos necesarios, el mismo puede ser: de campo, pre experimental, cuasi experimental, documental, y tomando en cuenta el objeto de estudio es una investigación de campo y documental.

Según el manual de trabajo de grado de la Upel 2016, la investigación de campo es: “Es el análisis sistemático de problemas de la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos entender su naturaleza y factores constituyentes...”, es decir, que el o los investigadores tienen una participación real, ya que investigan desde el mismo lugar donde ocurren los hechos, el problema, la fenomenología en consideración. A través de esta modalidad, se establecen las relaciones entre la causa y el efecto y se predice la ocurrencia del caso o fenómeno.

Y en el mismo manual cita que la investigación es documental: se basa en el estudio que se realiza a partir de la revisión de diferentes fuentes bibliográficas o documentales (literatura sobre el tema de investigación). En esta modalidad de la investigación debe predominar, el análisis, la interpretación, las opiniones, las conclusiones y recomendaciones del autor o los autores;

3.2 Diseño de la Investigación

De acuerdo al problema planteado el diseño de la investigación es no experimental y bibliográfico, donde la no experimental es también conocida como investigación *Ex Post Facto*, término que proviene del latín y significa después de ocurridos los hechos. De acuerdo con Kerlinger (2002) la investigación *Ex Post Facto* es un tipo de “... investigación sistemática en la que el investigador no tiene control sobre las variables independientes porque ya ocurrieron los hechos o porque son intrínsecamente manipulables”. En la investigación *Ex Post Facto* los cambios en la variable independiente ya ocurrieron y el investigador tiene que limitarse a la observación de situaciones ya existentes dada la incapacidad de influir sobre las variables y sus efectos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Como el tema es sobre sistemas de iluminación y energías alternativas o alternas, la mayor parte de la información se obtiene de fuentes bibliográficas, leyes, normas, reglamentos, entre otros.

Y bibliográfico, que según Stracuzzi P. y Pestana M. (2012), se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase. Se procura el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre dos o más variables. Cuando opta por este tipo de estudio, el investigador utiliza documentos; los recolecta, selecciona, analiza y presenta resultados coherentes.

Es un proceso que se realiza en forma ordenada y con objetivos precisos, con la finalidad de fundamentar la construcción de conocimientos. Se basa en diferentes técnicas de localización y fijación de datos, análisis de documentos y de contenidos,

3.3 Nivel de la investigación

Otro de los aspectos a considerar, es el Nivel de la Investigación. El cual se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio, el cual puede ser según el Manual de Trabajo de Grado de la Upel 2016. Así, en función de su nivel, el tipo de investigación puede ser: exploratorio, descriptivo y explicativo. Otros autores refieren que los niveles de investigación se llevan a cabo por los diferentes tipos de fenómenos que existen como son los simples y complejos, internos y externos, causales o necesarios, singulares o universales.

Existen 4 niveles de investigación y son:

- **Nivel descriptivo:** caracteriza un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciales.

- **Nivel clasificadorio:** tiene una tarea que consiste en agrupar objetos dentro de un conjunto o una serie de subconjuntos.

- **Nivel explicativo:** tiene las siguientes finalidades; explicar la causa del fenómeno por medio de un contexto teórico, encontrar la vinculación, interdependencia e interrelaciones que existen entre los fenómenos.

- **Nivel predictivo:** se basa en los conocimientos adquiridos y comprobados de un fenómeno y comprobados con los niveles anteriores.

Tomando como referencia lo anteriormente expuesto el nivel de esta investigación es descriptivo, explicativo y exploratorio.

Donde la investigación descriptiva según Arias (2017), “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

Stracuzzi P. y Pestana M. (2012), definen los niveles descriptivo y explicativo como: descriptivo es el que “Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos”, Explicativo “este nivel de investigación se centra en determinar los orígenes o las causas de un determinado conjunto de fenómenos complejos y delicados, en los que el riesgo de cometer errores es alto.”

En investigación exploratoria, que según Carrasco, S (2008), en ella el investigador se pone en contacto directo con la realidad a investigarse, en esta etapa se debe determinar el problema, el objetivo y fines de la investigación. En el caso de estudio, se realizará a partir de la documentación y contacto directo a través de las diferentes herramientas de recolección de datos como las entrevistas, las encuestas y observaciones directas.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

Es importante establecer, a que o quien, serán válidas las conclusiones que se obtengan de esta investigación, en este sentido Arias, F (2012) define:

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.

Partiendo de esta definición, se puede indicar que la población para este estudio está constituida por las luminarias de los estacionamientos y áreas comunes de los mismos de la Universidad José Antonio Páez

3.4.2 Muestra

Busot, L. (2002), la define como: “ El subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible y debe ser representativa de la misma” (p.112), por lo

que debe considerarse la selección de una parte de la población para que sea objeto de estudio. Sin embargo, para este caso la población y la muestra coinciden, la cual es el sistema de iluminación de la institución, específicamente el instalado en los estacionamientos y áreas comunes de estos.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Tamayo y Tamayo (2011), la técnica de recolección de datos se define como: La técnica que permite indagar las opciones de un grupo de personas sobre un tema en particular, para así establecer las ventajas e inconvenientes que hayan podido suceder en un contexto real y natural, sin que el investigador intervenga en las variables. Los instrumentos constituyen los medios naturales, a través de los cuales se hace posible la obtención y archivo de la información requerida para la investigación. Por ello, los instrumentos utilizados en el caso de estudio son: observación no estructurada y estructurada, lista de cotejo o check list, entre otros.

La observación. Es el procedimiento empírico por excelencia, el más antiguo; consiste básicamente en utilizar los sentidos para observar los hechos, realidades sociales y a las personas en su contexto cotidiano. Para que dicha observación tenga validez es necesario que sea intencionada e ilustrada (con un objetivo determinado y guiada por un cuerpo de conocimiento). Es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificando y consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudia.

Instrumentos de la observación. Es preciso determinar las conductas a observar y la finalidad de ese proceso para diseñar los instrumentos que serán utilizados para registrar la observación. Algunos de los instrumentos más útiles son:

Las listas de cotejo o de control son un instrumento muy útil para registrar la evaluación cualitativa en situaciones de aprendizaje. Permiten orientar la observación y obtener un registro claro y ordenado de todo cuanto acontece. Sirven para sistematizar los distintos niveles de logro de cada investigador, mediante el uso de proposiciones, ítems, indicadores (o criterios de evaluación) y de una escala cualitativa previamente seleccionados.

3.7 Fases de la Investigación

Para el desarrollo de la investigación se debe realizar una serie de estepas o fases las cuales se pueden observar en la figura siguiente.

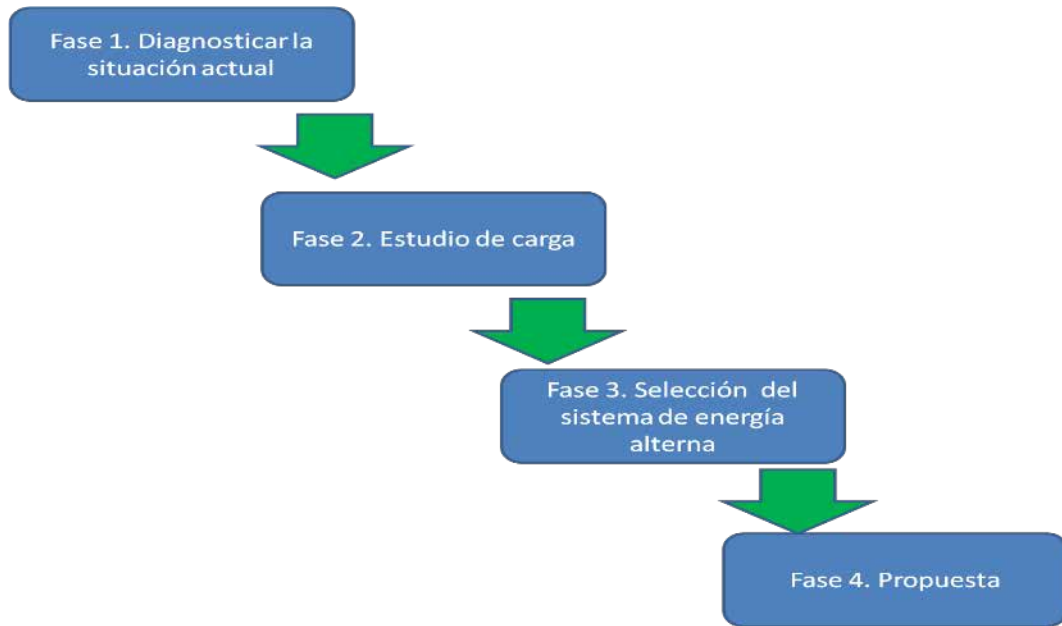


Figura 23. Fases de la investigación

Fuente. Rivas (2021)

Ø Fase 1. Análisis de la situación actual del sistema de iluminación de la Universidad José Antonio Páez

En esta fase el investigador tiene que abordar la situación actual de las luminarias del campus universitario y puerta principal, mediante la observación y aplicación de la lista de cotejo; apoyarse en las dependencias de la institución encargadas del mantenimiento para verificar el tipo de lámpara (watts), de donde están alimentadas y cuantos circuitos hay, voltaje de alimentación; y verificar cuantas están operativas y cuantas no; N° de postes y cantidad de luminarias por poste, entre otras cosas en cuanto a los estacionamientos y vías de acceso. En la puerta principal, hay que verificar el tipo de luminaria y cuantos circuitos hay.

Tabla 6. Lista de cotejo características de luminarias

Lista de Cotejo Iluminación				
Ítem	Descripción	Si	No	Observaciones
1	Iluminación natural			
2	Iluminación artificial			
3	Las luminarias están en poste			
4	Existen luminarias fundidas o averiadas?			
5	Hay luminarias son tecnología led?			
6	Las luminarias son de tecnología sodio o metal halide?			
7	Las luminarias están bien sujetadas			
8	Existe un programa de mantenimiento para el sistema de iluminación artificial?			
9	Hay establecido un programa de mantenimiento de las luminancias para asegurar los niveles de iluminación.			
10	Existen luminarias con apantallamiento o difusores deteriorados?			
11	El apantallamiento de las luminarias está limpio			
12	El nivel de iluminación es acorde para el área?			
13	Existen diferentes tipos de luminarias?			
14	Considera usted que el grado de inclinación de las luminarias es el adecuado para el uso?			
15	Se ha comprobado que el número y la potencia de los focos luminosos instalados son suficientes?			
16	Hay luminarias sin instalación eléctrica?			
17	Se ha comprobado que el número y la potencia de los focos luminosos instalados son suficientes?			
18	Existen luminarias de emergencia?			
19	Existe un sistema de alimentación de respaldo en caso de que falle el fluido eléctrico?			

Fuente. Rivas (2021)

Tabla 7. Lista de cotejo alimentación luminarias

Lista de Cotejo Iluminación		
Ítem	Descripción	Observaciones
1	Las luminarias están alimentadas en 110 Volt o 220 Volt	
2	Cuántas luminarias están alimentadas en 110 Volt	
3	Las luminarias están instaladas, en poste, torres o pared	
4	Cuántas luminarias hay por poste	
5	Cuántas luminarias hay en las torres	
6	Cuántas luminarias están alimentadas en 220 Volt	
7	Cuántas luminarias están defectuosas	
8	Cuántas luminarias no tiene apantallamiento	
9	Cuántos circuitos de luminarias existen	
10	Cuántas luminarias hay por circuito	
11	Qué tipo de control de on/off tienen las luminarias	
12	De cuántos watts son las luminarias	
13	Cuántos horas día se usan las luminarias	
14	La alimentación es aérea o subterránea	
15	Hay señalización de las rutas de circulación y escape	

Fuente. Rivas (2021)

Ø Fase II Realizar estudio de Carga

Ø Una vez obtenida la información del tipo de lámpara y cantidad se hace el estudio de carga, la cual se hace mediante la aplicación de la Ley de Ohm. Para ello se debe multiplicar los watts por el número de luminarias, así se obtiene el watts total, y al dividirlo por los voltios se obtiene la carga en amperios, para cada circuito o para el circuito total.

Ø Fase III. Seleccionar el sistema de energía alterna que satisfaga las necesidades de carga instalada de las luminarias

Estudiado los tipos de energías alternas se seleccionó la energía solar y los sistemas fotovoltaicos. Con la carga por circuito o total se evaluará se presentaran dos alternativas sistemas conectados a la red y sistemas de postes autónomos con tecnología led, una vez obtenida la carga se procede a realizar analizar el tipo de sistema que será utilizado se deben seguir ciertos pasos, entre los que se encuentran:

- Recurso solar disponible. Esto no es otra cosa que la data de la radiación promedio de la zona, así como otros datos que permitirán el cálculo y diseño del sistema entre los que se pueden mencionar:
 - Û Radiación incidente sobre una superficie inclinada
 - Û Cálculo de las horas solar pico
 - Û Selección del área para la instalación de la planta solar fotovoltaica
 - Û Selección del panel solar
 - Û Selección del inversor
- Dimensionamiento de la planta fotovoltaica. Una vez obtenida toda la información se procede a seleccionar uno de los tres (03) métodos para la selección:

Método 1. Según la Perpiñán O. (2012), la tensión del generador fotovoltaico debe estar en el rango de tensiones de entrada del inversor, lo que determina el número de paneles que deben conectarse en serie y paralelo, además aquí se considera que la sensibilidad de la tensión de la célula fotovoltaica a la temperatura es baja.

Método 2. Según el cuaderno de aplicaciones técnicas de la ABB (2011), Plantas Fotovoltaicas deben evaluarse las condiciones extremas de funcionamiento del generador y así garantizar un uso seguro y productivo

del inversor, por lo que hay que verificar que se cumplan ciertos requerimientos entre los que se pueden mencionar:

- Verificar que la tensión a la mínima temperatura de funcionamiento, a la potencia máxima correspondiente a la salida de la cadena en condiciones de radiación solar estándar debe ser menor o igual que la tensión de funcionamiento máxima del MPPT del inversor.
- Verificar que la tensión a la máxima temperatura de funcionamiento, a la potencia máxima correspondiente a la salida de la cadena en condiciones de radiación solar estándar será mayor o igual que la tensión de funcionamiento mínima del MPPT del inversor.
- verificar que la tensión sin carga en la salida de las cadenas a la temperatura mínima de funcionamiento, es menor que la tensión máxima que el inversor puede soportar.
- verificar que la intensidad máxima del generador FV funcionando en el punto de potencia máxima es menor que la intensidad máxima admitida por el inversor a la entrada

Método 3. M. C. Fernández (2012), el número máximo de paneles a conectar en serie está condicionado por el valor máximo de la tensión de seguimiento del punto de máxima potencia, correspondiente al inversor.

- Distancia mínima entre paneles

Ø **Fase IV.** Ya ejecutadas las fases anteriores se presentan las propuestas estudiadas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez recolectada toda la información, tanto teórica como de campo, se procedió a realizar el tratamiento correspondiente para el análisis de los mismos, por cuanto la información que arrojará será la que facilite la elaboración de la propuesta, así como la consecución de las conclusiones a las cuales llega la investigación, y sus respectivas recomendaciones.

4.1 Análisis de la situación actual del sistema de iluminación de los estacionamientos de la Universidad José Antonio Páez

4.1.1 Ubicación geográfica

La universidad “José Antonio Páez” fue aprobada por el Consejo Nacional de Universidades, es una institución privada al servicio de la Nación cuya misión es formar e impulsar el desarrollo de un ser humano profesional, consciente de su responsabilidad social, ético, crítico, creativo, emprendedor, solidario y competente en su área de acción, capaz de adaptarse a una realidad cambiante y generador de transformaciones orientadas al logro de una sociedad más justa y equilibrada. Para ello desarrolla actividades en donde se integra la docencia, la investigación, la extensión, la producción y la prestación de servicios, en niveles tanto de pre-grado como de postgrado y de formación permanente, con el compromiso de hacer aportes al desarrollo sustentable sobre un modelo basado en valores, en los ámbitos regional, nacional e internacional. Ser una institución de vanguardia, con una oferta académica pertinente y de alta calidad, con proyección nacional e internacional, que contribuya con el avance humanístico, científico y tecnológico de la sociedad y con la formación integral de un profesional comprometido con los valores de nuestra cultura, ético, crítico, creativo, emprendedor, solidario y competente en su área de acción. Ubicada en el Municipio San Diego, Calle N° 3. Urb. Yuma II. (2do. Semáforo de La Urb. La Esmeralda, detrás del Conjunto Residencial Poblado). Valencia – Edo. Carabobo, como se observan las figuras 24 y 25.

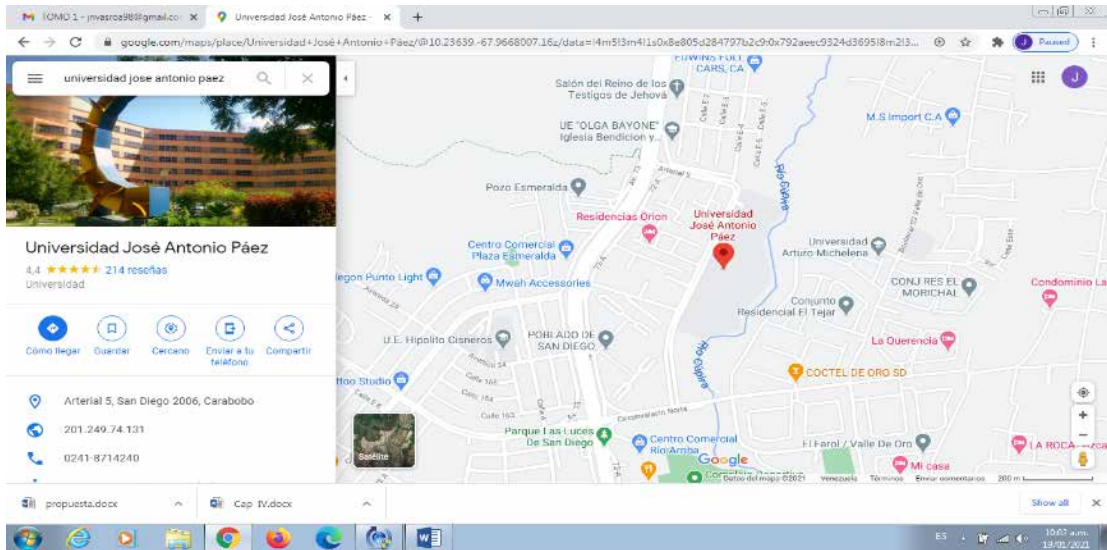


Figura 24. Ubicación Geográfica UJAP
Fuente: Google Maps

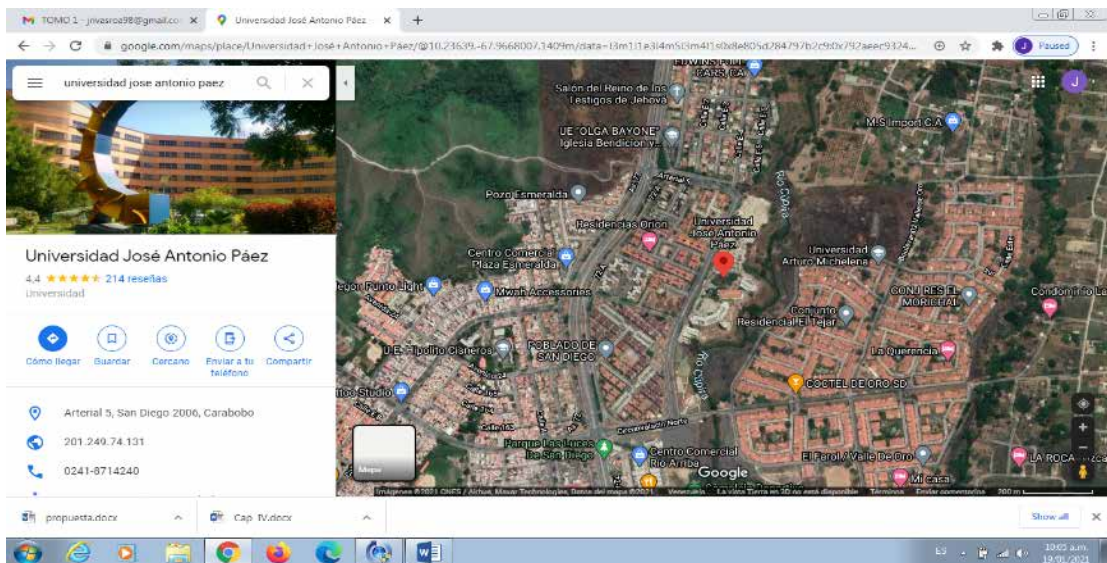


Figura 25 Ubicación Geográfica satelital UJAP
Fuente: Google Maps

4.1.2 Análisis técnico del sistema de alumbrado exterior

Para el análisis se realizó una lista de cotejo, cuyos resultados están plasmados en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Resultados cualitativos y cuantitativos iluminación

Lista de Cotejo Iluminación				
Ítem	Descripción	Si	No	Observaciones
1	Iluminación natural	x		
2	Iluminación artificial	x		
3	Las luminarias están en poste	x		
4	Existen luminarias fundidas o averiadas?	x		
5	Hay luminarias son tecnología led?		x	
6	Las luminarias son de tecnología sodio o metal halide?	x		Luz amarilla
7	Las luminarias están bien sujetadas	x		
8	Existe un programa de mantenimiento para el sistema de iluminación artificial?			No hay conocimiento de esto
9	Hay establecido un programa de mantenimiento de las luminancias para asegurar los niveles de iluminación.			No hay conocimiento de esto
10	Existen luminarias con apantallamiento o difusores deteriorados?	x		
11	El apantallamiento de las luminarias está limpio		x	
12	El nivel de iluminación es acorde para el área?	x		
13	Existen diferentes tipos de luminarias?		x	
14	Considera usted que el grado de inclinación de las luminarias es el adecuado para el uso?		x	simple vista se observa deficiencia de iluminación
15	Se ha comprobado que el número y la potencia de los focos luminosos instalados son suficientes?		x	No se ha realizado prueba alguna de esto
16	Hay luminarias sin instalación eléctrica?		x	
17	Se ha comprobado que el número y la potencia de los focos luminosos instalados son suficientes?		x	
18	Existen luminarias de emergencia?		x	
19	Existe un sistema de alimentación de respaldo en caso de que falle el fluido eléctrico?		x	

Fuente. Rivas (2021)

Tabla 9. Lista de cotejo iluminación

Lista de Cotejo Iluminación		
Ítem	Descripción	Observaciones
1	Las luminarias están alimentadas en 110 Volt o 220 Volt	en 220 Volt
2	Cuántas luminarias están alimentadas en 110 Volt	0
3	Las luminarias están instaladas, en poste, torres o pared	En postes sencillo y torres
4	Cuántas luminarias hay por poste	Una (01)
5	Cuántas luminarias hay en las torres	Tres (03)
6	Cuántas luminarias están alimentadas en 220 Volt	27
7	Cuántas luminarias están defectuosas	5
8	Cuántas luminarias no tiene apantallamiento	0
9	Cuántos circuitos de luminarias existen	No hay información clara de esto
10	Cuántas luminarias hay por circuito	No se tiene la información
11	Qué tipo de control de on/off tienen las luminarias	Fotocelda
12	De cuántos watts son las luminarias	entre 250 y 400 watts
13	Cuántos horas día se usan las luminarias	entre las 06:00 pm a 07:00 am, o dependiendo de la nubosidad
14	La alimentación es aérea o subterránea	subterránea
15	Hay señalización de las rutas de circulación y escape	No se observan

Fuente. Rivas (2021)

De estas se puede deducir lo siguiente.

En los estacionamientos de la UJAP actualmente, existe un sistemas de iluminación artificial conformado por 27 luminarias, instaladas 18 en postes sencillo,

y nueve (09) en tres torres, cada uno con tres (03) luminarias ubicadas en el estacionamiento de los estudiantes. De acuerdo a la información suministrada por personal de mantenimiento de la institución se pudo saber que: las mismas están alimentadas con cableado subterráneo, no se tiene información del calibre del conductor, ni de cuantos circuitos de alimentación existen, que son de sodio (luz amarilla), que los vatios están entre 250 y 400 Watts alimentadas e 220 Volt., con un sistema de on/off por medio de fotoceldas, solo hay cinco (05) luminarias que presentan falla lo que equivale a un 18%.

En cuanto al mantenimiento, no se obtuvo información si hay o no un plan de mantenimiento; de igual forma el personal de mantenimiento manifestó y se corroboró que cuando hay racionamiento eléctrico no hay un sistema de respaldo ni lámparas de emergencia. De lo anteriormente mencionado y dada a la extensión del estacionamiento y a la observación directa, se puede decir, que el sistema de iluminación de los estacionamientos es deficiente. Donde de acuerdo a las normas de iluminación los lúmenes para estacionamientos abiertos son de 22 lúmenes y cerca de las edificaciones 50 lúmenes.

Según la norma COVENIN 2632-91, el tipo de estacionamiento es, estacionamiento en superficie o no estructural, el cual se puede decir, que el espacio abierto parcial o totalmente cubierto con estructuras provisionales, pavimentos en perfectas condiciones debidamente nivelados, destinados al estacionamiento diurno, nocturno o continuo de vehículos.

Y tomando en cuenta esta norma y la guía el pavimento urbano de concreto como estructura sostenible, publicada en el 2011, la cual hace referencia a que hay que mantener una buena iluminación en las zonas urbanas, para contribuir y brindar seguridad. Por lo que se tienen que tomar en cuenta el tipo de pavimento, ya que la iluminación está relacionada con la reflectancia de los materiales, lo que quiere decir, que a mayor reflectancia de un material mayor es la iluminación.

De acuerdo a esto los pavimentos se clasifican en cuatro categorías que va de R1 (alta reflectancia) a R4 (baja reflectancia), donde:

R1: Pavimento de concreto de cemento Portland

R2: Pavimento de asfalto de 10 cm de espesor con 60% de agregado grueso

R3: Pavimento de asfalto con agregados de color obscuro y textura áspera después de unos cuantos meses de uso

R4: Pavimento de asfalto con una textura muy lisa

También se puede decir, que los pavimentos de concreto son más reflectantes que los pavimentos de asfalto, ya que la reflectancia de estos es de cuatro (04) a cinco (05) veces mayores que la del pavimento de asfalto, por lo tanto la visibilidad nocturna aumenta al aumentar la reflectancia, y por ende la seguridad de los transeúntes. De acuerdo a esto se puede decir, que el tipo de pavimento de los estacionamientos es R2.

4.1.3 Análisis de los estacionamientos

El estacionamiento de la UJAP, esta subdividido en dos (02) grandes zonas, como se puede apreciar en el cuadro 1: una para los docentes y otra para los estudiantes y visitantes, conectadas por una vía central de 60 m de longitud, en la que hay 10 puestos de estacionamientos ver figuras 26 y 27.

Cuadro 1. Análisis de los estacionamientos

ESTACIONAMIENTO DE ESTUDIANTES	
DIMENSIONES	Las medidas aproximadas son 194,55 m de largo por 80.13 m de ancho.
CARACTERÍSTICAS	El área aproximada es de 15.585,29 m ² , con una capacidad de 572 puestos de estacionamiento, distribuidos en 22 andenes como se observa en la figura 26. El área esta asfaltada y tiene aceras o brocales centrales de concreto, iluminada con ocho (08) postes con luminarias sencillas y lámparas del tipo sodio (luz amarilla) y dos (02) torres, cada una con tres (03) reflectores ubicadas en los andenes nueve (09) y cuatro (04) respectivamente. El mismo tiene dos vías de acceso una de entrada ubicada en la vía que comunica este estacionamiento con el de docentes y otra ubicada entre los andenes siete (07) y uno (01) utilizada para salida

ESTACIONAMIENTO DE DOCENTES	
DIMENSIONES	. Las medidas aproximadas son 64.40 m de largo por 69,99 m de ancho.
CARACTERÍSTICAS	El área aproximada es de 4.707,36 m ² , con una capacidad de 185 puestos de estacionamiento, distribuidos en siete (07) andenes como se observa en la figura 27. El área esta asfaltada y tiene aceras o brocales centrales de concreto, iluminado con tres (03) postes con luminarias sencillas del tipo sodio (luz amarilla), ubicados en la acera del andén uno (01) y una (01) torre con tres (03) reflectores, ubicada en el andén nueve (09). El mismo tiene una puerta de acceso, con una vía de entrada y una de salida, separadas por la casilla de vigilancia.

Fuente. Rivas (2021)

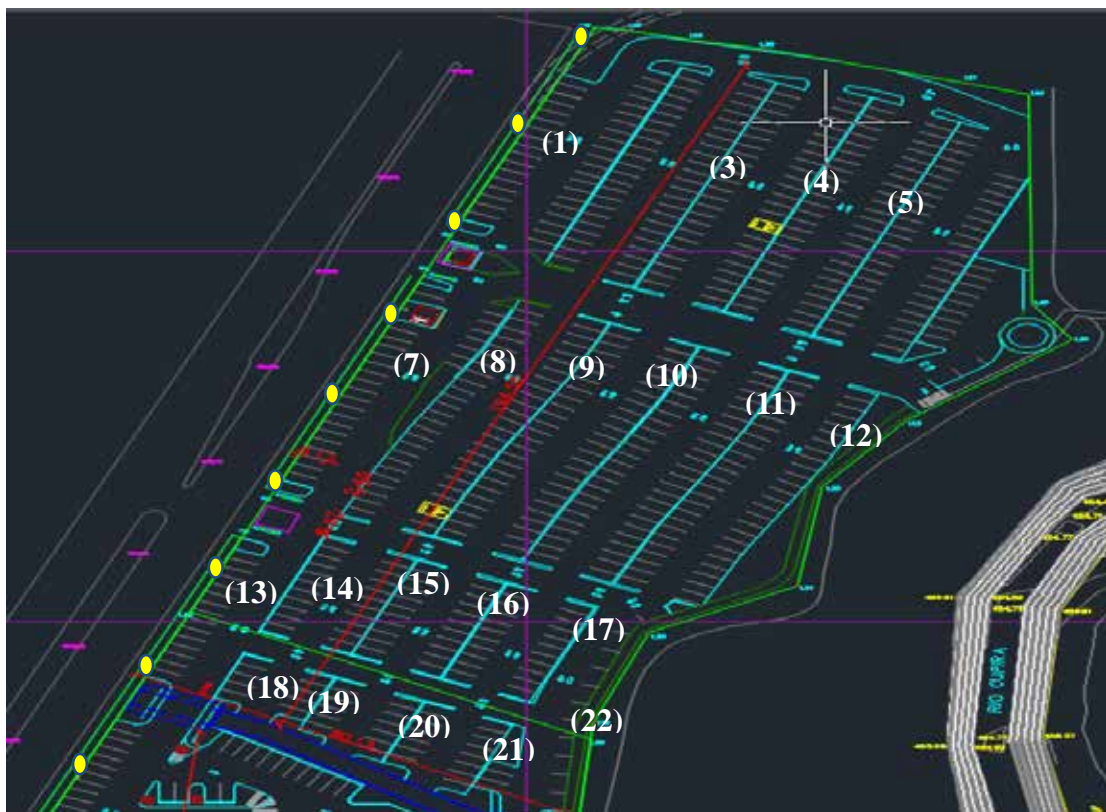


Figura 26 Estacionamiento de estudiantes

Fuente. Plano de la UJAP

Elaborado: Rivas (2021)



Figura 27. Estacionamiento de docentes

Fuente. Plano de la UJAP

Elaborado: Rivas (2021)

4.1.4 Estudio de Carga

Para el estudio de carga se realizó un levantamiento total el número de luminarias existentes en todo lo que corresponde al estacionamiento; áreas comunes y los dos (02) estacionamientos del campus universitario iluminado por 27 luminarias instaladas en 18 postes sencillos y tres (03) torres con tres (03) luminarias cada una. Distribuidas 17 en los estacionamientos, y 10 ubicados en la vía que comunica los dos (02) estacionamientos y áreas comunes.

a) Estacionamiento de estudiantes

En este estacionamiento hay 14 luminarias, del tipo sodio entre 250 y 400 Watts, para el estudio se va a tomar la de mayor valor. Y esto se realiza mediante la siguiente expresión:

$$P_{t1} = P_1 * N_1$$

Ec 6

Donde:

P_{t1} = potencia total o carga

P_1 = Potencia de la lámpara

N_l = número de luminarias

P_{t1}

registros se muestran en la tabla 10, correspondiente al promedio diario mensual de la irradiación global sobre una superficie horizontal, con un promedio diario anual de 4,43 kW-h/m².

Tabla 10. Radiación solar

Mes	Radiación
Enero	4,40
Febrero	4,55
Marzo	5,01
Abril	4,54
Mayo	4,39
Junio	4,56
Julio	4,68
Agosto	4,62
Septiembre	4,58
Octubre	4,10
Noviembre	3,83
Diciembre	3,86
Anual	4,43

Fuente: Estación meteorológica Cagigal

b) Radiación incidente sobre una superficie inclinada y determinación del ángulo de inclinación de los paneles solares.

Esta depende de la latitud del lugar donde se va a realizar la instalación, ya que la incidencia de la radiación solar varía durante el año y por ende varia acorde a la inclinación de los paneles solares. Es por ello que en muchas ocasiones hay que cambiar la inclinación de los paneles de acuerdo a las estaciones. Situación que no afecta al caso en estudio, ya que Venezuela está cerca del ecuador.

Esto quiere decir, que la incidencia de radiación solar en los paneles solares para diferentes inclinaciones no constituye un impacto significativo en la incidencia de radiación solar en una superficie inclinada.

c) Factor de conversión para la radiación solar global sobre una superficie inclinada (R). Manrique (1984) la calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = (1 - (I_d/I_h)) * R_b + (I_d/I_h) * R_d + R_p \quad \text{Ec 7}$$

Donde:

I: Radiación solar global incidente sobre un plano inclinado.

I_h: Radiación solar global incidente sobre una superficie horizontal.

I_d: Radiación difusa sobre una superficie horizontal.

R: Factor de conversión para la radiación solar global sobre una superficie inclinada.

R_b: Radiación directa diaria promedio en un mes sobre la superficie inclinada entre la Radiación directa diaria promedio en un mes sobre una superficie horizontal.

R_d: Radiación difusa diaria promedio en un mes sobre la superficie inclinada entre la Radiación difusa diaria promedio en un mes sobre una superficie horizontal.

R : Radiación diaria promedio en un mes que es reflejada por el suelo sobre la superficie entre la Radiación global diaria promedio en el mes.

Para el cálculo de R se necesitó los valores de:

- **W_s'** (horario de salida y puesta del sol) y R_b, donde se tomaron en cuenta diferentes ángulos (que van desde 0° hasta 45°) de inclinación del mediante las expresiones:

Ec 8

Donde:

: Declinación solar.

: Latitud.

: Inclinación del panel solar.

Al sustituir los valores en las formulas, se obtienen los resultados plasmados en las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Valores de W_s

Angulo(°)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	1,50	1,53	1,56	1,60	1,63	1,65	1,64	1,61	1,57	1,54	1,51	1,49
1	1,51	1,53	1,56	1,60	1,63	1,64	1,63	1,61	1,57	1,54	1,51	1,50
2	1,52	1,54	1,57	1,59	1,62	1,63	1,63	1,61	1,57	1,55	1,52	1,51
3	1,52	1,54	1,57	1,59	1,61	1,63	1,62	1,60	1,57	1,55	1,53	1,52
4	1,53	1,54	1,57	1,59	1,61	1,62	1,61	1,60	1,57	1,55	1,53	1,52
5	1,54	1,55	1,57	1,59	1,60	1,61	1,61	1,59	1,57	1,56	1,54	1,53
6	1,54	1,55	1,57	1,58	1,60	1,60	1,60	1,59	1,57	1,56	1,54	1,54
7	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,59	1,58	1,57	1,56	1,55	1,55
8	1,56	1,56	1,57	1,58	1,58	1,59	1,59	1,58	1,57	1,56	1,56	1,55
9	1,56	1,56	1,57	1,57	1,58	1,58	1,58	1,58	1,57	1,57	1,56	1,56
10	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
11	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
12	1,58	1,58	1,57	1,57	1,56	1,56	1,56	1,56	1,57	1,58	1,58	1,58
13	1,59	1,58	1,57	1,56	1,56	1,55	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,59
14	1,59	1,59	1,57	1,56	1,55	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60
15	1,60	1,59	1,57	1,56	1,54	1,54	1,54	1,55	1,57	1,58	1,60	1,60
16	1,61	1,59	1,57	1,56	1,54	1,53	1,53	1,55	1,57	1,59	1,60	1,61
17	1,61	1,60	1,57	1,55	1,53	1,52	1,53	1,54	1,57	1,59	1,61	1,62
18	1,62	1,60	1,58	1,55	1,53	1,51	1,52	1,54	1,57	1,59	1,62	1,63
19	1,63	1,61	1,58	1,55	1,52	1,51	1,51	1,54	1,57	1,59	1,62	1,63
20	1,63	1,61	1,58	1,54	1,52	1,50	1,51	1,53	1,57	1,60	1,63	1,64
25	1,67	1,63	1,58	1,53	1,49	1,46	1,47	1,51	1,57	1,61	1,66	1,68
30	1,70	1,65	1,58	1,51	1,45	1,42	1,43	1,49	1,56	1,63	1,69	1,72
35	1,74	1,68	1,59	1,50	1,42	1,38	1,39	1,46	1,56	1,64	1,73	1,77
40	1,78	1,70	1,59	1,48	1,38	1,33	1,35	1,44	1,56	1,66	1,77	1,81
41	1,79	1,71	1,59	1,48	1,38	1,32	1,34	1,43	1,56	1,67	1,78	1,82
42	1,80	1,71	1,59	1,47	1,37	1,31	1,33	1,43	1,56	1,67	1,78	1,83
43	1,81	1,72	1,59	1,47	1,36	1,30	1,32	1,42	1,56	1,67	1,79	1,85
44	1,82	1,72	1,59	1,47	1,35	1,29	1,31	1,42	1,56	1,68	1,80	1,86
45	1,83	1,73	1,60	1,46	1,34	1,27	1,30	1,41	1,56	1,68	1,81	1,87

Fuente. Manrique J. (1984), Energía Solar

Tabla 12. Valores de R_b

Angulo(°)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.03
1	1.03	1.02	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01	1.03	1.04
2	1.04	1.03	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.02	1.04	1.05
3	1.06	1.03	1.01	1.00	0.98	0.98	0.98	0.99	1.01	1.02	1.05	1.07
4	1.07	1.04	1.01	0.99	0.98	0.97	0.97	0.99	1.01	1.03	1.06	1.08
5	1.08	1.05	1.02	0.99	0.97	0.96	0.96	0.98	1.01	1.04	1.07	1.09
6	1.09	1.06	1.02	0.99	0.96	0.95	0.95	0.98	1.01	1.04	1.08	1.10
7	1.10	1.07	1.02	0.98	0.96	0.94	0.95	0.97	1.01	1.05	1.09	1.11
8	1.11	1.07	1.02	0.98	0.95	0.93	0.94	0.97	1.01	1.05	1.10	1.13
9	1.12	1.08	1.03	0.98	0.94	0.92	0.93	0.96	1.01	1.06	1.11	1.14
10	1.13	1.09	1.03	0.97	0.93	0.91	0.92	0.95	1.01	1.06	1.12	1.15
11	1.14	1.09	1.03	0.97	0.92	0.90	0.91	0.95	1.01	1.07	1.13	1.16
12	1.15	1.10	1.03	0.96	0.91	0.89	0.90	0.94	1.01	1.07	1.14	1.17
13	1.15	1.10	1.03	0.96	0.90	0.87	0.89	0.94	1.01	1.08	1.15	1.18
14	1.16	1.11	1.03	0.95	0.90	0.86	0.88	0.93	1.01	1.08	1.15	1.19
15	1.17	1.11	1.03	0.95	0.89	0.85	0.87	0.92	1.01	1.08	1.16	1.19
16	1.18	1.12	1.03	0.94	0.88	0.84	0.85	0.91	1.00	1.08	1.17	1.20
17	1.18	1.12	1.03	0.94	0.87	0.83	0.84	0.91	1.00	1.09	1.17	1.21
18	1.19	1.12	1.03	0.93	0.86	0.82	0.83	0.90	1.00	1.09	1.18	1.22
19	1.20	1.13	1.02	0.92	0.85	0.80	0.82	0.89	1.00	1.09	1.19	1.23
20	1.20	1.13	1.02	0.92	0.84	0.79	0.81	0.88	0.99	1.09	1.19	1.23
25	1.23	1.14	1.01	0.88	0.78	0.73	0.75	0.83	0.97	1.09	1.21	1.26
30	1.24	1.14	0.99	0.83	0.72	0.66	0.68	0.78	0.94	1.09	1.22	1.28
35	1.24	1.13	0.96	0.78	0.65	0.58	0.61	0.72	0.91	1.07	1.23	1.29
40	1.24	1.12	0.92	0.73	0.58	0.51	0.54	0.66	0.86	1.05	1.22	1.29
41	1.24	1.11	0.91	0.72	0.57	0.49	0.52	0.65	0.86	1.04	1.22	1.29
42	1.23	1.11	0.90	0.70	0.55	0.48	0.51	0.63	0.85	1.04	1.22	1.29
43	1.23	1.10	0.90	0.69	0.54	0.46	0.49	0.62	0.84	1.03	1.21	1.28
44	1.23	1.10	0.89	0.68	0.52	0.44	0.48	0.61	0.83	1.02	1.21	1.28
45	1.23	1.09	0.88	0.67	0.51	0.43	0.46	0.59	0.82	1.02	1.20	1.28

Fuente. Manrique J. (1984), Energía Solar

• Para los valores de I_d/I_h , esta relación es difícil obtenerla por lo tanto se utiliza la expresión Liu y Jordan

$$I_d/I_h = 1,390 - 4,027 * K_t + 5,531 * K_t^2 + 3,108 * K_t^3 \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

K_t = es el cociente entre la radiación solar diaria promedio en un mes y radiación solar diaria promedio en el mismo mes I_o , sobre la superficie horizontal y se calcula mediante la expresión:

$$K_t = I_d/I_h$$

Estos valores se pueden apreciar la tabla 13.

Tabla 13. Valores de I_d/I_h y K_t

Mes	k_t	I_d/I_h
Enero	0,50	0,37
Febrero	0,48	0,39
Marzo	0,49	0,38
Abril	0,43	0,43
Mayo	0,42	0,44
Junio	0,44	0,42
Julio	0,46	0,41
Agosto	0,45	0,42
Septiembre	0,45	0,42
Octubre	0,42	0,44
Noviembre	0,43	0,43
Diciembre	0,45	0,4

Fuente. Manrique J. (1984), Energía Solar

Una vez obtenidos los valores de I_d/I_h , K_t , R_b , W_s , se sustituyeron en R , y se obtuvieron los valores mostrados en la tabla 14.

Tabla 14. Factor de conversión para la radiación global sobre una superficie inclinada (R)

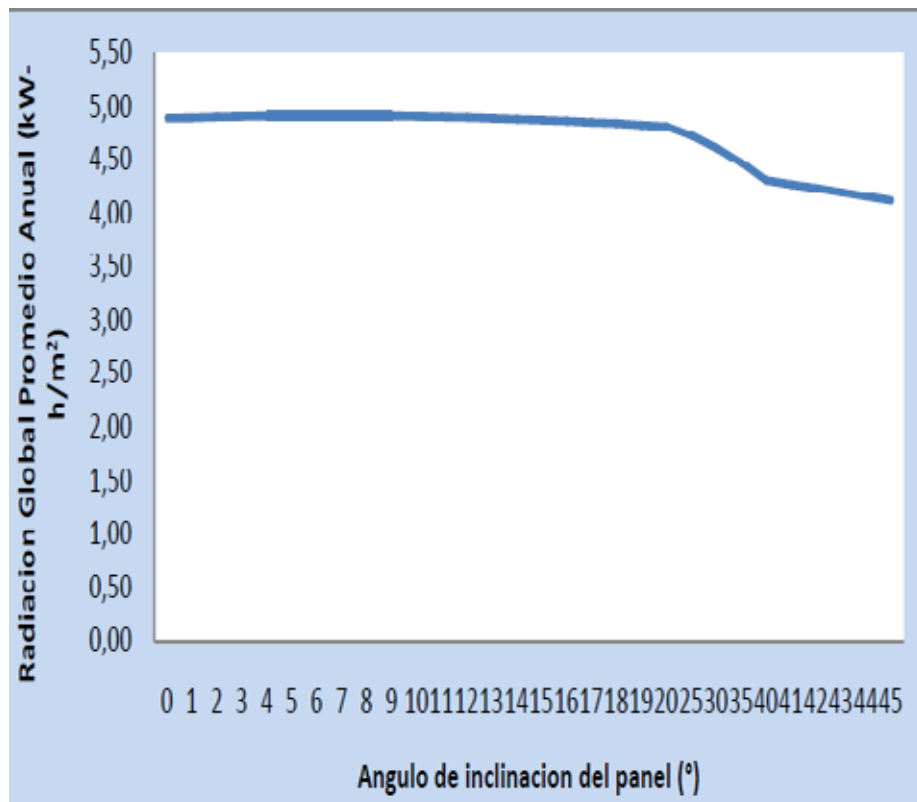
Factor de conversión para la radiación solar global sobre una superficie inclinada (R)												
Angulo(°)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	1.11	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.12
1	1.12	1.11	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.12	1.12
2	1.13	1.12	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.12	1.13
3	1.13	1.12	1.11	1.10	1.09	1.09	1.09	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14
4	1.14	1.13	1.11	1.10	1.09	1.08	1.08	1.09	1.10	1.12	1.13	1.15
5	1.15	1.13	1.11	1.09	1.08	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12	1.14	1.15
6	1.15	1.13	1.11	1.09	1.08	1.07	1.07	1.09	1.10	1.12	1.15	1.16
7	1.16	1.14	1.11	1.09	1.07	1.06	1.07	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17
8	1.17	1.14	1.11	1.09	1.07	1.06	1.06	1.08	1.10	1.13	1.16	1.17
9	1.17	1.15	1.11	1.08	1.06	1.05	1.05	1.07	1.10	1.13	1.16	1.18
10	1.18	1.15	1.11	1.08	1.06	1.04	1.05	1.07	1.10	1.13	1.16	1.18
11	1.18	1.15	1.11	1.08	1.05	1.04	1.04	1.07	1.10	1.13	1.17	1.19
12	1.19	1.15	1.11	1.07	1.05	1.03	1.03	1.06	1.10	1.13	1.17	1.19
13	1.19	1.16	1.11	1.07	1.04	1.02	1.03	1.06	1.10	1.14	1.18	1.20
14	1.20	1.16	1.11	1.07	1.03	1.01	1.02	1.05	1.10	1.14	1.18	1.20
15	1.20	1.16	1.11	1.06	1.03	1.01	1.01	1.05	1.09	1.14	1.18	1.21
16	1.20	1.16	1.11	1.06	1.02	1.00	1.00	1.04	1.09	1.14	1.18	1.21
17	1.21	1.16	1.11	1.05	1.01	0.99	1.00	1.03	1.09	1.14	1.19	1.21
18	1.21	1.16	1.10	1.05	1.01	0.98	0.99	1.03	1.09	1.14	1.19	1.22
19	1.21	1.16	1.10	1.04	1.00	0.97	0.98	1.02	1.08	1.14	1.19	1.22
20	1.21	1.16	1.10	1.04	0.99	0.96	0.97	1.02	1.08	1.13	1.19	1.22
25	1.22	1.16	1.08	1.01	0.95	0.92	0.93	0.98	1.06	1.13	1.20	1.23
30	1.22	1.15	1.06	0.97	0.91	0.87	0.88	0.94	1.03	1.11	1.19	1.23
35	1.21	1.14	1.03	0.93	0.86	0.81	0.82	0.89	1.00	1.09	1.18	1.22
40	1.20	1.11	1.00	0.88	0.80	0.75	0.77	0.84	0.96	1.06	1.16	1.21
41	1.19	1.11	0.99	0.87	0.79	0.74	0.75	0.83	0.95	1.06	1.16	1.21
42	1.19	1.10	0.98	0.86	0.78	0.73	0.74	0.82	0.94	1.05	1.15	1.20
43	1.18	1.10	0.97	0.85	0.77	0.72	0.73	0.81	0.94	1.04	1.15	1.20
44	1.18	1.09	0.96	0.84	0.76	0.70	0.72	0.80	0.93	1.04	1.14	1.19
45	1.17	1.08	0.95	0.83	0.75	0.69	0.71	0.79	0.92	1.03	1.14	1.19

Fuente. Manrique J. (1984), Energía Solar

d) **Radiación Global Promedio Anual (I) para diferentes ángulos de inclinación del panel solar** , la cual se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I = R * I_h \quad \text{Ec. 10}$$

En la gráfica 1 siguiente gráfica se muestra la radiación solar promedio anual versus los diferentes ángulos de inclinación.



Gráfica 1. Radiación global promedio anual
Fuente: Rivas (2021)

En la gráfica se puede observar que no hay una significativa variación en la incidencia de la radiación solar para los diferentes ángulos de inclinación. Y cuyos valores se pueden observar en la tabla 15.

Tabla 15. Radiación promedio diaria mensual que incide en una superficie inclinada

(I)

Angulo(°)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	4.89	5.02	5.52	5.00	4.83	5.02	5.15	5.08	5.04	4.52	4.25	4.31
1	4.93	5.05	5.53	4.99	4.82	5.00	5.13	5.07	5.04	4.54	4.28	4.34
2	4.96	5.07	5.54	4.99	4.80	4.97	5.11	5.06	5.05	4.55	4.30	4.37
3	4.99	5.10	5.55	4.98	4.79	4.95	5.09	5.05	5.05	4.57	4.32	4.40
4	5.02	5.12	5.56	4.97	4.77	4.92	5.06	5.04	5.06	4.58	4.35	4.42
5	5.05	5.14	5.57	4.97	4.75	4.90	5.04	5.03	5.06	4.59	4.37	4.45
6	5.08	5.16	5.57	4.96	4.73	4.87	5.01	5.01	5.06	4.60	4.39	4.48
7	5.10	5.18	5.58	4.95	4.71	4.84	4.98	5.00	5.06	4.61	4.41	4.50
8	5.13	5.19	5.58	4.93	4.69	4.81	4.96	4.98	5.06	4.62	4.43	4.52
9	5.15	5.21	5.58	4.92	4.67	4.78	4.93	4.96	5.05	4.63	4.44	4.55
10	5.18	5.22	5.58	4.91	4.64	4.75	4.90	4.94	5.05	4.64	4.46	4.57
11	5.20	5.24	5.58	4.89	4.62	4.72	4.87	4.92	5.05	4.65	4.48	4.59
12	5.22	5.25	5.58	4.88	4.59	4.69	4.83	4.90	5.04	4.65	4.49	4.61
13	5.24	5.26	5.58	4.86	4.56	4.65	4.80	4.88	5.03	4.65	4.50	4.62
14	5.26	5.27	5.57	4.84	4.54	4.62	4.77	4.85	5.02	4.66	4.52	4.64
15	5.27	5.28	5.57	4.82	4.51	4.58	4.73	4.83	5.01	4.66	4.53	4.66
16	5.29	5.28	5.56	4.80	4.48	4.54	4.70	4.80	5.00	4.66	4.54	4.67
17	5.30	5.29	5.55	4.78	4.45	4.51	4.66	4.78	4.99	4.66	4.55	4.68
18	5.31	5.29	5.54	4.76	4.42	4.47	4.62	4.75	4.98	4.66	4.55	4.70
19	5.33	5.30	5.53	4.73	4.39	4.43	4.58	4.72	4.96	4.66	4.56	4.71
20	5.34	5.30	5.51	4.71	4.35	4.39	4.54	4.69	4.95	4.65	4.57	4.72
25	5.37	5.29	5.43	4.57	4.17	4.17	4.33	4.52	4.85	4.62	4.58	4.75
30	5.36	5.25	5.32	4.41	3.98	3.94	4.10	4.33	4.73	4.56	4.56	4.75
35	5.33	5.17	5.17	4.22	3.76	3.69	3.85	4.12	4.58	4.47	4.52	4.73
40	5.26	5.07	4.99	4.01	3.52	3.43	3.58	3.89	4.40	4.36	4.45	4.67
41	5.24	5.04	4.95	3.96	3.47	3.38	3.53	3.84	4.36	4.33	4.44	4.66
42	5.22	5.02	4.91	3.92	3.43	3.32	3.47	3.79	4.32	4.31	4.42	4.65
43	5.20	4.99	4.87	3.87	3.38	3.27	3.42	3.74	4.28	4.28	4.40	4.63
44	5.18	4.96	4.83	3.82	3.33	3.21	3.36	3.69	4.24	4.25	4.38	4.61
45	5.16	4.93	4.78	3.78	3.27	3.16	3.30	3.64	4.20	4.22	4.36	4.59

Fuente. Manrique J. (1984), Energía Solar

e) Para el valor de I_0 , se tomaron los valores publicados por Organización de las Naciones Unidas (ONU), donde se presenta radiación extraterrestre diaria para diferentes latitudes, tabla 16.

Tabla 16. Radiación terrestre diaria para diferentes latitudes

Northern Hemisphere												Lat. deg.	Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0.0	2.6	10.4	23.0	35.2	42.5	39.4	28.0	14.9	4.9	0.1	0.0	70	41.4	28.6	15.8	4.9	0.2	0.0	0.0	2.2	10.7	23.5	37.3	45.3
0.1	3.7	11.7	23.9	35.3	42.0	38.9	28.6	16.1	6.0	0.7	0.0	68	41.0	29.3	16.9	6.0	0.8	0.0	0.0	3.2	11.9	24.4	37.4	44.7
0.6	4.8	12.9	24.8	35.6	41.4	38.8	29.3	17.3	7.2	1.5	0.1	66	40.9	30.0	18.1	7.2	1.5	0.1	0.5	4.2	13.1	25.4	37.6	44.1
1.4	5.9	14.1	25.8	35.9	41.2	38.8	30.0	18.4	8.5	2.4	0.6	64	41.0	30.8	19.3	8.4	2.4	0.6	1.2	5.3	14.4	26.3	38.0	43.9
2.3	7.1	15.4	26.6	36.3	41.2	39.0	30.6	19.5	9.7	3.4	1.3	62	41.2	31.5	20.4	9.6	3.4	1.2	2.0	6.4	15.5	27.2	38.3	43.9
3.3	8.3	16.6	27.5	36.6	41.2	39.2	31.3	20.6	10.9	4.4	2.2	60	41.5	32.3	21.5	10.8	4.4	2.0	2.9	7.6	16.7	28.1	38.7	43.9
4.3	9.6	17.7	28.4	37.0	41.3	39.4	32.0	21.7	12.1	5.5	3.1	58	41.7	33.0	22.6	12.0	5.5	2.9	3.9	8.7	17.9	28.9	39.1	44.0
5.4	10.8	18.9	29.2	37.4	41.4	39.6	32.6	22.7	13.3	6.7	4.2	56	42.0	33.7	23.6	13.2	6.6	3.9	4.9	9.9	19.0	29.8	39.5	44.1
6.5	12.0	20.0	30.0	37.8	41.5	39.8	33.2	23.7	14.5	7.8	5.2	54	42.2	34.3	24.6	14.4	7.7	4.9	6.0	11.1	20.1	30.6	39.9	44.3
7.7	13.2	21.1	30.8	38.2	41.6	40.1	33.8	24.7	15.7	9.0	6.4	52	42.5	35.0	25.6	15.6	8.8	6.0	7.1	12.2	21.2	31.4	40.2	44.4
8.9	14.4	22.2	31.5	38.5	41.7	40.2	34.4	25.7	16.9	10.2	7.5	50	42.7	35.6	26.6	16.7	10.0	7.1	8.2	13.4	22.2	32.1	40.6	44.5
10.1	15.7	23.3	32.2	38.8	41.8	40.4	34.9	26.6	18.1	11.4	8.7	48	42.9	36.2	27.5	17.9	11.1	8.2	9.3	14.6	23.3	32.8	40.9	44.5
11.3	16.9	24.3	32.9	39.1	41.9	40.6	35.4	27.5	19.2	12.6	9.9	46	43.0	36.7	28.4	19.0	12.3	9.3	10.4	15.7	24.3	33.5	41.1	44.6
12.5	18.0	25.3	33.5	39.3	41.9	40.7	35.9	28.4	20.3	13.9	11.1	44	43.2	37.2	29.3	20.1	13.5	10.5	11.6	16.8	25.2	34.1	41.4	44.6
13.8	19.2	26.3	34.1	39.5	41.9	40.8	36.3	29.2	21.4	15.1	12.4	42	43.3	37.7	30.1	21.2	14.6	11.6	12.8	18.0	26.2	34.7	41.6	44.6
15.0	20.4	27.2	34.7	39.7	41.9	40.8	36.7	30.0	22.5	16.3	13.6	40	43.4	38.1	30.9	22.3	15.8	12.8	13.9	19.1	27.1	35.3	41.8	44.6
16.2	21.5	28.1	35.2	39.9	41.8	40.8	37.0	30.7	23.6	17.5	14.8	38	43.4	38.5	31.7	23.3	16.9	13.9	15.1	20.2	28.0	35.8	41.9	44.5
17.5	22.6	29.0	35.7	40.0	41.7	40.8	37.4	31.5	24.6	18.7	16.1	36	43.4	38.9	32.4	24.3	18.1	15.1	16.2	21.2	28.8	36.3	42.0	44.4
18.7	23.7	29.9	36.1	40.0	41.6	40.8	37.6	32.1	25.6	19.9	17.3	34	43.4	39.2	33.0	25.3	19.2	16.2	17.4	22.3	29.6	36.7	42.0	44.3
19.9	24.8	30.7	36.5	40.0	41.4	40.7	37.9	32.8	26.6	21.1	18.5	32	43.3	39.4	33.7	26.3	20.3	17.4	18.5	23.3	30.4	37.1	42.0	44.1
21.1	25.8	31.4	36.8	40.0	41.2	40.6	38.0	33.4	27.6	22.2	19.8	30	43.1	39.6	34.3	27.2	21.4	18.5	19.6	24.3	31.1	37.5	42.0	43.9
22.3	26.8	32.2	37.1	40.0	40.9	40.4	38.2	33.9	28.5	23.3	21.0	28	43.0	39.8	34.8	28.1	22.5	19.7	20.7	25.3	31.8	37.8	41.9	43.6
23.4	27.8	32.8	37.4	39.9	40.6	40.2	38.3	34.5	29.3	24.5	22.2	26	42.8	39.9	35.3	29.0	23.5	20.8	21.8	26.3	32.5	38.0	41.8	43.3
24.6	28.8	33.5	37.6	39.7	40.3	39.9	38.3	34.9	30.2	25.5	23.3	24	42.5	40.0	35.8	29.8	24.6	21.9	22.9	27.2	33.1	38.3	41.7	43.0
25.7	29.7	34.1	37.8	39.5	40.0	39.6	38.4	35.4	31.0	26.6	24.5	22	42.2	40.1	36.2	30.6	25.6	23.0	24.0	28.1	33.7	38.4	41.4	42.6
26.8	30.6	34.7	37.9	39.3	39.5	39.3	38.3	35.8	31.8	27.7	25.6	20	41.9	40.0	36.6	31.3	26.6	24.1	25.0	28.9	34.2	38.6	41.2	42.1
27.9	31.5	35.2	38.0	39.0	39.1	38.9	38.2	36.1	32.5	28.7	26.8	18	41.5	40.0	37.0	32.1	27.5	25.1	26.0	29.8	34.7	38.7	40.9	41.7
28.9	32.3	35.7	38.1	38.7	38.6	38.5	38.1	36.4	33.2	29.6	27.9	16	41.1	39.9	37.2	32.8	28.5	26.2	27.0	30.6	35.2	38.7	40.6	41.2
29.9	33.1	36.1	38.1	38.4	38.1	38.1	38.0	36.7	33.9	30.6	28.9	14	40.6	39.7	37.5	33.4	29.4	27.2	27.9	31.3	35.6	38.7	40.2	40.6
30.9	33.8	36.5	38.0	38.0	37.6	37.6	37.8	36.9	34.5	31.5	30.0	12	40.1	39.6	37.7	34.0	30.2	28.1	28.9	32.1	36.0	38.6	39.8	40.0
31.9	34.5	36.9	37.9	37.6	37.0	37.1	37.5	37.1	35.1	32.4	31.0	10	39.5	39.3	37.8	34.6	31.1	29.1	29.8	32.8	36.3	38.5	39.3	39.4
32.8	35.2	37.2	37.8	37.1	36.3	36.5	37.2	37.2	35.6	33.3	32.0	8	38.9	39.0	37.9	35.1	31.9	30.0	30.7	33.4	36.6	38.4	38.8	38.7
33.7	35.8	37.4	37.6	36.6	35.7	35.9	36.9	37.3	36.1	34.1	32.9	6	38.3	38.7	38.0	35.6	32.7	30.9	31.5	34.0	36.8	38.2	38.2	38.0
34.6	36.4	37.6	37.4	36.0	35.0	35.3	36.5	37.3	36.6	34.9	33.9	4	37.6	38.3	38.0	36.0	33.4	31.8	32.3	34.6	37.0	38.0	37.6	37.2
35.4	37.0	37.8	37.1	35.4	34.2	34.6	36.1	37.3	37.0	35.6	34.8	2	36.9	37.9	38.0	36.4	34.1	32.6	33.1	35.2	37.1	37.7	37.0	36.4
36.2	37.5	37.9	36.8	34.8	33.4	33.9	35.7	37.2	37.4	36.3	35.6	0	36.2	37.5	37.9	36.8	34.8	33.4	33.9	35.7	37.2	37.4	36.3	35.6

Fuente: <http://www.fao.org/docrep>

Por recomendaciones de los autores consultados la inclinación de los paneles debe ser a la latitud del lugar donde se van a instalar.

f) **El promedio diario anual de radiación incidente (I)**, se puede observar en la tabla 17.

Tabla 17. Promedio anual de radiación incidente (I)

Angulo(°)	prom anual
0	4,89
1	4,89
2	4,90
3	4,90
4	4,91
5	4,91
6	4,91
7	4,91
8	4,91
9	4,91
10	4,90
11	4,90
12	4,89
13	4,89
14	4,88
15	4,87
16	4,86
17	4,85
18	4,84
19	4,82
20	4,81
25	4,72
30	4,61
35	4,47
40	4,30
41	4,27
42	4,23
43	4,19
44	4,16
45	4,12

Fuente. Manrique J. (1984), Energía Solar

g) Tomando en cuenta que las diferencias de la incidencia de radiación solar para los diferentes ángulos de inclinación del panel solar son similares se tomó el valor 15°, dado a que este ángulo permitirá auto limpiarse, lo que repercutirá a que no se acumule el sucio y afecte el rendimiento del

mismo. Y la radiación solar promedio mensual, para un ángulo de 15° se puede observar en la tabla 18.

Tabla 18. I para un ángulo de 15°

Mes	I
Enero	5,30
Febrero	5,29
Marzo	5,57
Abril	4,82
Mayo	4,51
Junio	4,58
Julio	4,74
Agosto	4,83
Septiembre	5,01
Octubre	4,66
Noviembre	4,54
Diciembre	4,69
prom anual	4,88

Fuente. Manrique J. (1984), Energía Solar

h) Cálculo de las horas solar pico (HSP), el promedio de la radiación solar diaria, mensual y anual, mostrado en la tabla 18. Se tiene 4.8 kWh/m²

$$\text{HSP} = 4,88 \text{ kWh/m}^2 / 1 \text{ kWh/m}^2$$

Ec. 11

$$\text{HSP} = 4,88 \text{ h}$$

4.2.1.2 Selección del panel solar.

Se seleccionó el panel solar fotovoltaico UERV-180/24, ya que se consigue en el mercado nacional y es ensamblado por PDVSA industrial y cuyas características se pueden observar en la tabla 19. Este panel está formado por 72 células monocristalinas, las cuales están unidas entre sí por láminas de estaño encapsulado Etileno Acetate de Vinilo (EVA), es decir, se laminan todas las células juntas al vacío. Fundiendo el EVA se consigue que la célula quede completamente rodeada, evitando que el agua o el oxígeno entre. La parte posterior está protegida por una lámina de Tedlar para reforzar tanto la resistencia como la estanqueidad del conjunto. Y por último toda la placa está enmarcada con aluminio anodizado.

Este modelo es ideal para usar en instalaciones solares aisladas en las cuales se almacena la electricidad en baterías, para su posterior uso.

Tabla 19. Características panel solar fotovoltaico UERV-180/24

Características del panel fotovoltaico UERV-180/24 (PDVSA INDUSTRIAL)	
Tipo	Silicio policristalino
Potencia máxima	180 Wp
Tensión nominal	24 V
Tensión de potencia máxima	35,17 V
Corriente de potencia máxima	4,99 A
Tensión de circuito abierto	43,81
Dimensión	1600x790x40
Peso	14,4 kg
Eficiencia célula	16%
Eficiencia del panel	14,3 %

Fuente: PDVSA Industrial

4.2.1.3 Selección del inversor.

Para la selección de este se debe tener en consideración que la potencia del generador debe ser 1,2 veces superior a la nominal del inversor. Esto quiere decir, que si el generador fotovoltaico tiene una potencia de 300kWp, el inversor debe ser de 250 kWp. Para la selección del inversor hay que tomar en cuenta varios parámetros, entre los que se pueden mencionar: Disponibilidad en el país, flexibilidad en la figuración de corriente directa (DC o CD), N° de entradas en DC, eficiencia, entre otros.

De acuerdo a estos parámetros, previa investigación se seleccionó inversor PVS800-57-0250 kW-A, dado a que tiene un alto nivel de eficiencia, con un optimizado y preciso control del sistema y una potencia máxima, así mismo su algoritmo de seguimiento de puntos (MPPT) garantiza que la máxima energía se entrega a la red eléctrica de los módulos solares. Equipado con extensos sistemas eléctricos y protección mecánica, los inversores están diseñados para proporcionar una larga y vida útil confiable de al menos 20 años y es de fácil instalación y tiene monitoreo remoto.

Adicionalmente la conectividad efectiva de este tipo de inversor central sin transformador, permite a los diseñadores de sistemas diseñar la planta o sistema de energía solar, necesaria para alimentar a equipos con diferente potencia nominal, que están conectados a la Red de media tensión de forma centralizada y cuyas características se pueden observar en la tabla 20.

Tabla 20. Inversor PVS800-57-0250 kW-A

Technical data and types			
Type designation	PVS800-57-0100kW-A	PVS800-57-0250kW-A	PVS800-57-0500kW-A
	100 kW	250 kW	500 kW
Input (DC)			
Recommended max input power (P_{PV}) ¹⁾	120 kW _p	300 kW _p	600 kW _p
DC voltage range, mpp (U_{DC})	450 to 750 V (- 825 V*)	450 to 750 V (- 825 V*)	450 to 750 V (- 825 V*)
Maximum DC voltage ($U_{max(DC)}$)	900 V (1000 V*)	900 V (1000 V*)	900 V (1000 V*)
Maximum DC current ($I_{max(DC)}$)	245 A	600 A	1145 A
Voltage ripple	< 3%	< 3%	< 3%
Number of protected DC inputs (parallel)	1 (+/-) / 4 ²⁾	2 (+/-) / 8 ²⁾	4 (+/-) / 16 ²⁾
Output (AC)			
Nominal AC output power ($P_{N(AC)}$)	100 kW	250 kW	500 kW
Nominal AC current ($I_{N(AC)}$)	195 A	485 A	965 A
Nominal output voltage ($U_{N(AC)}$) ³⁾	300 V	300 V	300 V
Output frequency ⁴⁾	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Harmonic distortion, current ⁵⁾	< 3%	< 3%	< 3%
Power factor compensation (cosφ)	Yes	Yes	Yes
Distribution network type ⁶⁾	TN and IT	TN and IT	TN and IT
Efficiency			
Maximum ⁷⁾	98.0%	98.0%	98.6%
Euro-eta ⁷⁾	97.5%	97.6%	98.2%
Power consumption			
Own consumption in operation	< 350 W	< 300 W	< 600 W
Standby operation consumption	< appr. 55 W	< appr. 55 W	< appr. 55 W
External auxiliary voltage ⁸⁾	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz
Dimensions and weight			
Width / Height / Depth, mm (W / H / D)	1030 / 2130 / 644	1830 / 2130 / 644	3030 / 2130 / 644
Weight appr.	550 kg	1100 kg	1800 kg
¹⁾ Inverter limits the power to a safe level	⁵⁾ At nominal power	* Max 1000 V _{DC} input voltage as an option with mppt range 450 to 825 V. If DC is > 1000 V _{DC} inverter is not damaged, but will not start.	
²⁾ Optional MCB inputs, 80 A each	⁶⁾ 300 V output must be IT type		
³⁾ Grid voltage (+/- 10%)	⁷⁾ Without auxiliary power consumption at 450 V U _{DC}		
⁴⁾ Grid frequency (48 to 63 Hz)	⁸⁾ 115 V, 60 Hz optional		

Fuente: Catálogo ABB, <https://new.abb.com/>

4.2.1.4 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Características del sistema

- a) La energía diaria por luminaria, se calcula:

$$E_{ND} = (P_1 * T_u)$$

$$E_{ND} =$$

b) La energía necesaria del sistema

$$C_I = (P_I * N^\circ \text{ de luminarias})$$

$$C_I = 400 \text{ W} * 27 = 10.800 \text{ W}$$

c) Cálculo de la potencia pico del panel fotovoltaico

$$P_{pp} = E_{ND} / T_u = W$$

$$P_{pp} = 4.4 \text{ kWh} / 11\text{h} = 400 \text{ Watts}$$

d) Energía producida por una planta solar fotovoltaica.

Esta se obtiene aplicando la siguiente ecuación

$$E_{gen} = P_{gen} * HSP * \text{pérdidas}$$

Donde:

E: Energía producida.

HSP: Horas solar pico.

pérdidas: Rendimiento energético del sistema.

$$E_{gen} = 180 \text{ Wp} * 4,88 \text{ h} * 0,9$$

$$E_{gen} = 790.56 \text{ Wh}$$

Para este cálculo el consumo diario se debe multiplicar por 1.3, el cual es un factor de seguridad.

e) Cálculo del N° de paneles

$$N^\circ \text{ de paneles} = \text{Energía diaria} * 1.3 / (\text{Potencia panel} * \text{HSP}) \quad \text{Ec. 12}$$

$$N^\circ \text{ de paneles} = 5.72 \text{ kWh} / (180 \text{ Wp} * 4 \text{ h}) = 8$$

Una vez obtenido el N° de paneles hay que realizar la configuración para que satisfaga las necesidades del sistema, es decir, que cubra los 10.800 Watts y 45 Amp. Para ello se hace el arreglo del sistema en serie para obtener el voltaje (V) y en paralelo para la corriente (I). El arreglo estará compuesto por ocho (08) paneles en serie y 10 ramas en paralelo como se observa en la figura 28.

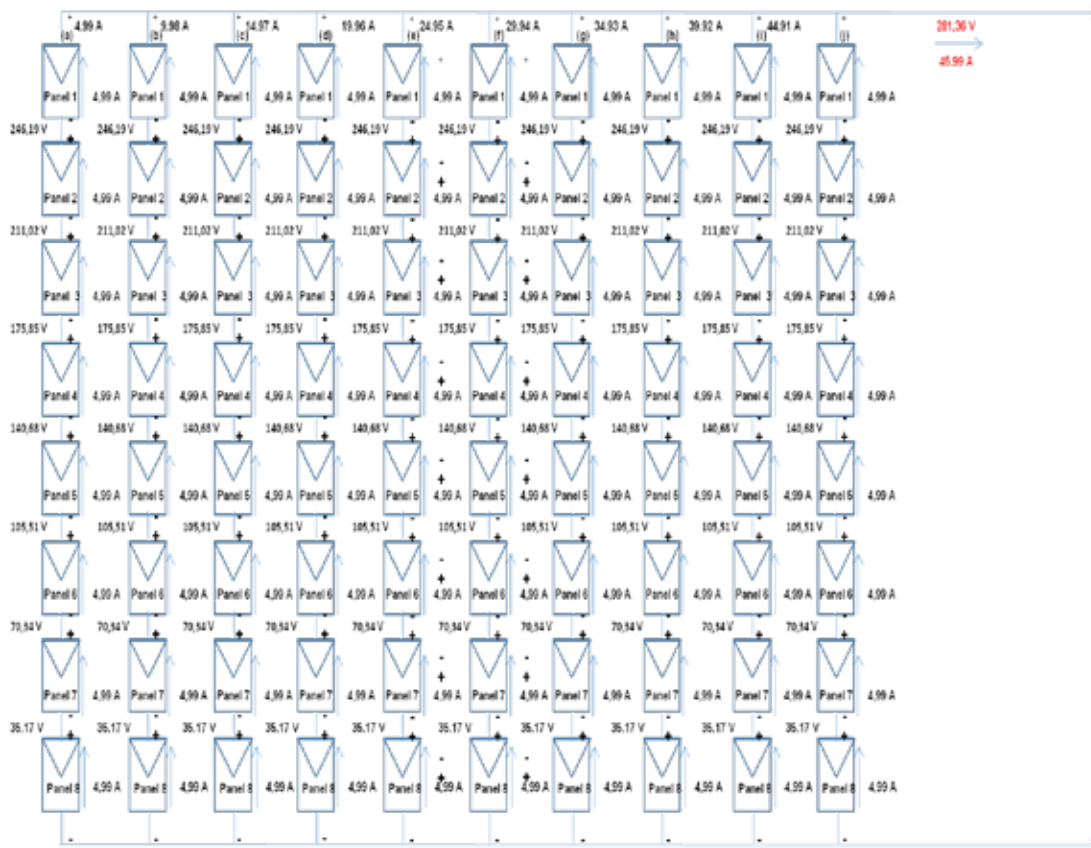


Figura 28. Configuración del sistema fotovoltaico

Fuente: Rivas (2021)

Esta configuración suministra a la entrada del inversor 12,64 kWp, la que se obtiene de multiplicar:

$$V_{gen} * I_{gen} = 12.635, 88 \text{ Wp}$$

f) Cálculo y selección de las baterías

Se va tomar como premisa de que almacene energía por dos (02) días

$$I_d = E / V_t$$

Donde:

I_d es la corriente requerida del banco de baterías expresado en amperes

E es el consumo diario promedio del sistema de luminarias de la institución

V_t voltaje que depende del panel seleccionado y de la batería que se quiera utilizar las cuales pueden ser de 12, 24 y 48 Volt. y en este caso recomienda de 48 volt. O en su defecto dos (02) de 24 Volt.

$$I_d = 5720 \text{ W} / 48 \text{ V} = 119,116 \text{ A.}$$

Como se requieren dos (02) días de autonomía

$$\text{Banco de baterías (CB)} = (\text{días de autonomía} \times I_d) / 0,7$$

Donde 0,7 es la profundidad de descarga, es decir, las baterías no trabajaran a su máxima capacidad, sino a un 70 %

$$\text{CB} = (2 * 119,116) / 0,7 = 340,48 \text{ Ah}$$

Generalmente las baterías de 48 Volt. que existen en el mercado son de 400 Ah, por consiguiente con los datos obtenidos se requiere una (01) batería para poder tener una autonomía de 2 días, o en su defecto dos (02) de 200 amperes y de 24 volts.

Y el N° de baterías para almacenar la energía producida por el panel es de 6, el cual se obtienen de dividir el voltaje de salida del sistema fotovoltaico entre el voltaje de la batería. $281,36 \text{ Vol} / 48 \text{ Vol}$.

4.2.1.5 Distancia mínima entre paneles

Para el cálculo de la distancia entre paneles, se debe tomar en cuenta la dimensión del panel la cual se obtienen de la tabla 19 y es $1,6 * 0,79 \text{ m}$, $\alpha = 15^\circ$, $\beta = 8^\circ$, y $L = 4$, latitud de Valencia $10,1741^\circ$.

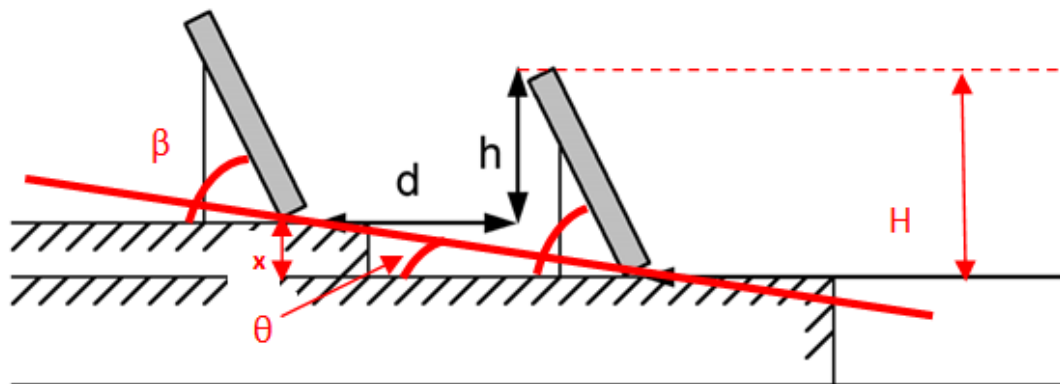


Figura 29. Distancia entre paneles

Fuente: Rivas (2021)

$$\begin{aligned}
&= x \\
&= \text{sen}(\alpha) \\
&= (L + \cos(\beta)) \cdot \text{g}(\alpha) \\
&= \text{en}(\alpha + \cos(\beta)) \cdot \text{g}(\alpha) \\
&= \frac{\text{en}(\alpha + \cos(\beta)) \cdot \text{g}(\alpha)}{\text{g}(\alpha)}
\end{aligned}$$

Ec. 13

realizará la instalación fotovoltaica.

Latitud de Valencia 10.1741°

Al sustituir los valores se obtienen los resultados de la tabla 21.

Tabla 21. Distancia entre paneles

Datos		
		L
15°	8°	4 m
Resultados		
H	1,04m	
h	0,20m	
x	0,84m	
d	0,30m	

Fuente. Rivas (2021)

4.2.1.6 Área requerida para el sistema fotovoltaico.

Si se asume que las estructuras son de $4 * 3.16 = 12.64 \text{ m}^2$ y como el sistema tiene 10 ramas en paralelo el área aproximada requerida es de **253 m²**.

4.2.2 Con luminarias led con conexión directa a la red.

Esta propuesta se basa en el ahorro de energía que se lograría con la sustitución de las lámparas metal halide y de sodio, ubicadas en los estacionamientos. Tomando como base el consumo de las mismas versus las lámparas del tipo led, la cual se puede observar en la figura 30.



Figura 30 Tecnología de descarga Vs leds

Fuente: <http://www.lamparaleds.com/news/led-vs-metal-halide-lighting-13080420.html>

¿Que son los reflectores Leds?

Son dispositivos utilizados para iluminar grandes espacios, por ejemplo, la iluminación de jardines, estacionamientos, galpones, vías públicas, entre otros. Tienen alto rendimiento y se pueden conseguir en luz blanca o de colores.

Se puede decir, que los led y las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) son muy utilizados, dado a que son eficientes y con una larga vida útil. Su funcionamiento es completamente diferente: los led usan diodos que producen luz cuando se conectan a un circuito, y las HID emiten luz al pasar una corriente a través de una cápsula de gas. Adicional a esto están:

- a. El precio. Las lámparas Led reemplazan a HID, dado a que su vida útil es mayor y son energéticamente más eficientes. Claro está que pudiera ser que al inicio de la inversión sean más costosas que las HID.

b. Rendimiento y durabilidad. En la siguiente tabla se puede observar las características de rendimiento y durabilidad de las lámparas led y HID.

Tabla 22. Diferencias entre las lámparas led y HID

Característica	Led	HID
Vida útil	> 50,000 h	15,000 h
Al tacto	Frías	Calor
Encendido	inmediato	Tiene que entrar en calor
Visibilidad	No genera manchas oscuras	Genera manchas oscuras
Dirección del haz de luz	Multidireccional	Unidireccional

Fuente: Rivas (2021)

c. Impacto ambiental. Las lámparas Led consumen hasta un 60% menos energía que las lámparas HID, esto se traduce que tienen menos emisión de gases de efecto invernadero, se pueden reciclar ya que no contiene mercurio ni plomo como las HID, y como el haz de luz es direccional, se puede controlar y así no se desperdicia o se dirige hacia donde no tiene que ir pierde al ir (hacia el ambiente animal o a el cielo), por consiguiente hay menos contaminación lumínica.

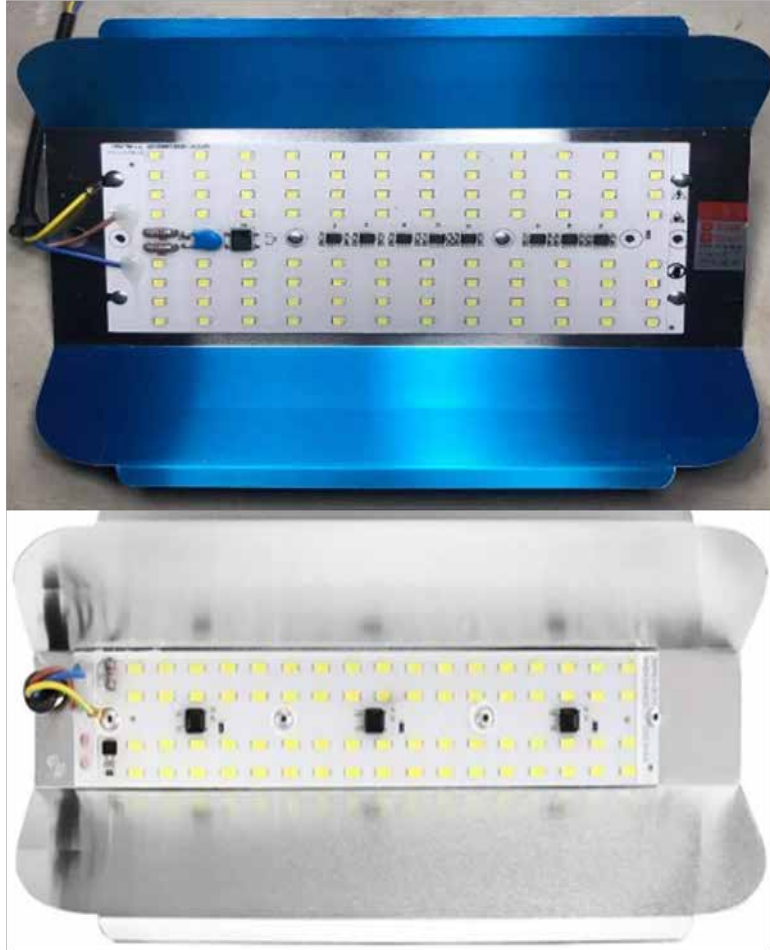
d. Comparación del consumo. Las lámpara existentes en el campus son de 400 Watts, y las que su reemplazo en led es de 100 Watts.

$$P_{\text{HID}} = 27 * 400 \text{ Watts} = 10.800 \text{ Watts.}$$

$$P_{\text{Led}} = 27 * 100 \text{ Watts} = 2700 \text{ Watts.}$$

Lo que significaría un ahorro del 75% de energía, manteniendo el sistema de suministro de energía existente. Si se aplica la propuesta 1, se rediseñaría el sistema fotovoltaico.

En las figuras 31 y 32, se pueden observar las placas solares con conexión directa a la red eléctrica, esta viene de diferente potencia que van desde 50 Watts a 200 Watts.



Figuras 31 y 32. Placa led con conexión directa a la red eléctrica.
Fuente: Catalogo General Electric

Tabla 23. Características técnicas. Lámpara Reflectora

Variable	Magnitud
Ancho	17 cm
Largo	24 cm
Peso Neto	0,115 Kg
Entrada de voltaje	85 a 256 Volt
Watts	100
Frecuencia	50 - 60 Hz
Presentación	50 / 100 /200 Watts
Voltaje	Multivoltaje
Lm/watts	80
Tipo de luz	Fría / blanca
Conexión	Sencilla
Instalación	Fácil
Uso	Exteriores Impermeable con Protección Waterproff IP65

Fuente: Catalogo General Electric
Elaborado. Rivas (2021)

4.2.3 Con luminarias led autónomas.

La luminarias led autónomas son lámparas led con panel solar incorporado, lo que quiere decir, que no requieren del fluido eléctrico para funcionar, ellas lo hacen por si solas. Últimamente este tipo de iluminación con energía solar es cada vez más popular a nivel residencial, industrial tanto para interiores como exterior. Dado a que no son alimentados por el fluido eléctrico reducen la huella ecológica

Funcionamiento

Una lámpara led solar está conformada por una batería y un panel de células fotovoltaicas, estas con dos capas de silicio, una llena de electrones (-) y otra con protones (+), y el movimiento de estos producto de la energía solar captada, generan electricidad (corriente continua o directa). La cantidad de electrizarad va a depender de

la intensidad de la luz solar y del ángulo de incidencia, esta energía es almacenada en la batería, cuya carga es utilizada cuando se requiera (noche).

Existen diferentes tipos de luminarias solares para exteriores entre los que se pueden observar en la figura 33.



Figura 33. Reflectores led autónomos.

Fuente: Catalogo de fabricantes

Tabla 24. Especificaciones Técnicas

Variable	Magnitud
Potencia	100 W
Flujo luminoso	9000 Lm
Angulo de apertura	120°
6000K	6000 K
CRI 80	80
Chip Epistar	SMD5730
Uso	Exterior
Protección IP	IP66
Aislamiento eléctrico	clase I
Otros	Regulable, Kit
Tipo de regulación	TRIAC
Sensores	Crepuscular
Etiqueta energética	A++

Fuente: Catalogo de fabricantes

Elaborado. Rivas (2021)

Otra de las características de estas luminarias es que tiene un control remoto para el energizado manual o automático, así como para direccionar el panel. Con el uso de este tipo de luminarias no habría que colocar el sistema de respaldo para la alimentación de las mismas, como se hizo en la propuesta 1 y 2.

4.3 La propuesta

Una vez realizados los análisis y cálculos previos, se plantean tres propuestas:

La primera. Es la instalación de un sistema solar fotovoltaico de 8*10, es decir, un sistema conformado por ocho (08) paneles solares en serie y 10 paneles solares en paralelo, la cual tiene un costo inicial bastante considerado el cual se puede observar en los presupuestos mostrados en el estudio de factibilidad.

La segunda: La instalación de placas o módulos led de 100 Watts, que sustituyan las lámparas existentes en el campus, con el cual se reducirá el consumo de energía eléctrica en más del 75%, la cual puede ser una alternativa viable mientras se hace la inversión para la instalación del sistema fotovoltaico, la cual tiene un costo bastante accesible.

La tercera. La sustitución de las luminarias existentes por luminarias led autónomas, es decir, luminarias con paneles solares incorporados, las cuales solo van a tener un costo inicial por la sustitución, la cual reduciría en un 75 % el consumo de energía eléctrica y no habría necesidad de instalar el sistema fotovoltaico.

Estas propuestas se presentan más detalladamente en el capítulo V del presente trabajo.

4.4 Estudio de factibilidad económica, técnica, ambiental y social de las propuestas.

4.4.1 Factibilidad económica. Esta se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse como son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos. Generalmente la factibilidad económica es el elemento más importante ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividades adicionales cuando no se posee.

En esta hay que tomar en cuenta: Tiempo del analista; Costo de estudio; Costo del tiempo del personal; Costo del tiempo; Costo del desarrollo / adquisición. En otras palabras: relación beneficio costo. Para ellos se hizo necesario buscar precios en el mercado de los diferentes equipos, y materiales necesarios para cada una de las propuestas:

Ø **Propuesta I.** Instalación del sistema fotovoltaico, en la tabla 25 se pueden observar los precios de los materiales y equipos mínimos para la instalación del sistema.

Tabla 25. Presupuesto de materiales y equipos sistema fotovoltaico

Sistema Fotovoltaico					
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	P/Unitario	P. Total \$
1	Panel Solar 180 Wp	Und	80	300,00	24.000,00
2	Inversor, Ups cos swich de transferencia	Und	1	40.000,00	40.000,00
3	Bateria de litio 48 Vol	Und	6	4.200,00	25.200,00
4	Cable THNN N°6	Rollo	1	145,00	145,00
5	Conectores PVC 1"	Und	1	2,00	2,00
6	Tubo PVC 1"	Und	2	8,00	16,00
7	Conector tipo ojo para cable 6	Und	4	5,00	20,00
8	Tubo estructural varios	Und	1	400,00	400,00
				Total	89.783,00
				Iva	14.365,28
				Total General	104.148,28

Fuente. Rivas 2021

Como se puede apreciar el costo del mismo es considerable, por lo que se hace necesaria la revisión de la propuesta y someterla a votación por propietarios y accionista de la institución. Cabe resaltar que estos precios pueden variar debido a la situación actual del país.

Retorno de la inversión

Dado a que no se cuenta con la información oficial de la universidad en cuanto al recibo eléctrico, se solicitó apoyo a un Ing. De Corpoelec, con respecto al canon o baremo del costo de los kva y de los kWh, del sector San Diego de la ciudad de Valencia, con los cuales se realizaron los cálculos, obteniéndose que el retorno de la inversión sería en aproximadamente seis (06) meses, tomado el precio del dólar oficial al 06/05/2021, los cálculos se muestran a continuación.

Donde los datos son:

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ de luminarias} &= 27 \\ \text{Watts} * \text{Lum} &= 400 \end{aligned}$$

Horas de uso diario	=	11
Factor de Potencia	=	0.8
Bs. kVA	=	1.223.995,00
Bs. kWh	=	8.227,00
Cálculos		

kW (N° de luminarias* W)	10.800
kWh día (kW * h)	118.800
kWh mes (kWh día * 30)	3.564.000
kVA (kW / Fp)	13.500
kVA mes (kVA* Bs)	16.523.932.500,00
kWh mes (kWh * Bs)	29.321.028.000,00
Total	45.844.960.500,00
IVA	7.335.193.680,00
Total	53.180.154.180,00
\$ oficial al día	18.758,19
Pago por consumo de luminarias al año	
Bs (Total *12)	638.161.850.160,00
Total (\$) 2.861.988,42 (06/05)	222.978,49
Costo de la inversión	104.148,28
ROI (Total \$año-Inv)/Inv	1,14
ROI %	114,10

Si se quiere ver un aproximado de retorno en meses se puede aplicar una regla de tres = (Total Inv*12)/Total \$ año = 5.6049 6 meses

Ø **Propuesta II.** Reemplazo de luminarias metahalide y sodio por led.

En este caso se remplazarían las 27 luminarias existentes por módulos led de 10 Watts, 220 volt. Las cuales se instalarían en los postes y torres existentes, con lo cual se lograría un ahorro del 75% del consumo eléctrico de las luminarias y el costo de la inversión es solo el 1% de la del sistema fotovoltaico, como se puede observar en la tabla 26. Teniendo presente que tendría sistema de respaldo en caso de fallo de la energía eléctrica.

Tabla 26. Presupuesto módulos led

Módulos led					
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	P/Unitario	P. Total \$
1	Módulo led de 100 Watts multivoltaje	Und	27	10,00	270,00
2	Fotocelda con base	Und	27	12,00	324,00
3	Cable THN N° 14	Rollo	1	30,00	30,00
				Total	624,00
				Iva	99,84
				Total Genera	723,84

Fuente. Rivas 2021

Esta propuesta no requiere sino el 1% de la inversión del sistema fotovoltaico, la cual se debería aplicar mientras se logra la consecución de los recursos y así disminuir el consumo eléctrico y se cumpliría con lo pautado en las leyes y resoluciones del uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Ø **Propuesta III.** Sistema de iluminación led autónomas.

En este caso se reemplazarían las 27 luminarias existentes, por luminarias led autónomas, esto quiere decir, que son luminarias con panel solar incluido, las cuales pueden ser sencillas, dobles y múltiples como se observa en las tablas 27, 28 y 29.

Tabla 27. Presupuesto luminarias led sencilla

Módulos led					
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	P/Unitario	P. Total \$
1	Luminaria led sencilla 100 watts	Und	27	50,00	1.350,00
2	Fotocelda con base	Und	27	12,00	324,00
3	Cable THN N° 14	Rollo	1	30,00	30,00
				Total	1.704,00
				Iva	272,64
				Total Genera	1.976,64

Fuente. Rivas 2021

Tabla 28. Presupuesto luminarias led doble

Módulos led					
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	P/Unitario	P. Total \$
1	Luminaria led doble 100 watts	Und	27	70,00	1.890,00
2	Fotocelda con base	Und	27	12,00	324,00
3	Cable THN N° 14	Rollo	1	30,00	30,00
				Total	2.244,00
				Iva	359,04
				Total General	2.603,04

Fuente. Rivas 2021

Tabla 29. Presupuesto luminarias led múltiple

Módulos led					
Ítem	Descripción	Und	Cantidad	P/Unitario	P. Total \$
1	Luminaria led doble 100 watts	Und	27	90,00	2.430,00
2	Fotocelda con base	Und	27	12,00	324,00
3	Cable THN N° 14	Rollo	1	30,00	30,00
				Total	2.784,00
				Iva	445,44
				Total General	3.229,44

Fuente. Rivas 2021

En esta propuesta indiferente de la opción que se tome el costo de la inversión es muy bajo en relación con el costo del sistema fotovoltaico, la propuesta I es 2 %, la propuesta II 2.5 % y la propuesta III es el 3.1 % del costo del sistema fotovoltaico y con la misma se cumple las leyes y normativas vigentes del uso racional y eficiente de la energía así como la implantación de sistemas de energías limpias o alternas.

AL visualizar los presupuestos se puede decir, que las propuestas son económicamente factibles, previa revisión, aprobación y consecución de los recursos.

4.4.2 Factibilidad técnica. Se refiere a los recursos técnicos necesarios entre los que se pueden mencionar: conocimientos, habilidades, experiencia, herramientas, entre otros, que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente se refiere a elementos tangibles (medibles). El proyecto considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o por el contrario deben complementarse y estos deben dar como resultado: Mejoras del sistema actual y usos de nuevas tecnologías que satisfaga las necesidades. Lo que se puede resumir en: si existe o está al alcance la tecnología necesaria para el sistema.

Aclarado la que se entiende por factibilidad técnica, se puede decir, que si es factible, ya que la universidad cuenta con el recurso humano capacitado para la realización de las actividades y de no contarlos cuenta con recurso para su contratación, ya que en el mercado local hay personal con las capacidades para el suministro e instalación del sistema propuesto.

4.4.3 Factibilidad ambiental. La factibilidad ambiental de todo proyecto en propuesta u desarrollo que se requiera implementar, debe desde el inicio del mismo tomar en cuenta las características naturales de los predios y de la región e identificar las regulaciones y restricciones ambientales y de uso de suelo, factores que pueden influir en la selección del sitio y en las características del proyecto. Para ello se deben tener presente diversos factores entre los que se tienen: las características culturales, sociales, políticas, legales, históricas, territoriales y medio ambientales de la zona, y las restricciones que estas características traen consigo.

Y dado a que el proyecto es de energías limpias o alternas la factibilidad ambiental está implícita ya que los sistemas fotovoltaicos representan beneficios ecológicos para la colectividad, entre los que se pueden mencionar:

- La energía fotovoltaica se genera a partir de una fuente inagotable y gratis

- Es una energía limpia que ayuda a contrarrestar el impacto contaminante y sobre todo a ser más sostenibles.
- Utilizar energía solar permite la independización y a mantener el sistema eléctrico nacional, ya que el uso de esta daría pie a ser libres energéticamente.
- La energía fotovoltaica mejora la eficiencia energética de los inmuebles y posibilita la obtención de certificados verdes.
- Como la energía fotovoltaica es una fuente de energía limpia, reduce las emisiones de CO2 y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera. Por lo tanto, es solidaria con el planeta al evitar el uso de fuentes de energía contaminante.
- Es una tecnología 100% segura, inocua y silenciosa en comparación con el gas, la nuclear, el petróleo o el carbón.
- Es un aislante térmico, dado a que, gracias a sus paneles solares, genera sombra para otros usos.
- Y sirve de mecanismo alterno, en caso de falla del sistema eléctrico nacional.

4.4.4 Factibilidad social. En relación a esta factibilidad, se puede decir, que es viable, ya que el uso de sistemas fotovoltaicos permite el desarrollo sostenible, ya que es una fuente de energía renovable, no contaminante y esta disponible para todos. Aún y cuando la inversión inicial es considerable, con el tiempo es más económica que la tradicional. Entre los beneficios sociales esta, el que es un sistema silencioso y no contaminante y contribuye con la lucha del cambio climático, es de poco mantenimiento lo cual repercute en el gasto de la familia, sociedad y del estado.

CONCLUSIONES

Para la realización de todo proyecto o diseño de electricidad se tienen que tomar en cuenta las normas aplicables, su análisis y revisión, dado que en las mismas establecen criterios claves para el diseño, selección, y la ubicación de los equipos y materiales.

En cuanto a la situación actual se puede decir, que la institución carece de sistema de respaldo del sistema eléctrico, ni luminarias de emergencia en caso de falla del mismo, por lo que en las horas nocturnas no hay iluminación en los estacionamientos.

Para determinar y/o el diseñar el sistema de respaldo eléctrico de las luminarias se realizó un estudio de carga, el cual permitió el dimensionamiento del sistema, seleccionar los materiales y equipos necesarios, así como la posible ubicación del mismo.

Se puede decir, con la realización de este proyecto se afianzaron los conocimientos adquiridos durante los años de estudio, se adquirieron nuevos conocimientos, lo que permitió el desarrollo para alimentar las luminarias existentes, así mismo se presentaron dos alternativas más.

A partir de las variables climatológicas y geográficas de la institución, es decir, recurso solar en la zona, disponibilidad de terreno y su orientación e inclinación, se comprobó que es factible desde el punto de vista técnico la instalación de este sistema en la universidad.

La factibilidad económica, está directamente relacionada con la inversión inicial que debe hacerse, a la situación país, a la tasa cambiaria y porque no a la

consecución de los materiales y equipos. Claro está que la misma se puede recuperar con el transcurrir del tiempo en la disminución del consumo eléctrico.

Como conclusión general se debe considerar en un futuro no muy lejano la utilización de sistemas solares como sistemas de autogeneración de todo las instituciones, empresas y porque no residencial y así tener sistemas de respaldo dado a las condiciones actuales del sistema eléctrico nacional, y de ir impulsando el uso de energías limpias ya que son inagotables, gratis, no contaminantes y así preservar el medio ambiente para las generaciones futuras.

RECOMENDACIONES

Antes de iniciar un diseño de distribución eléctrica se debe hacer el levantamiento de las cargas instaladas, por instalar y prever una reserva de carga

Evaluar la posibilidad de implementar cualquiera de las tres (03) propuestas. Y tomando en consideración la situación actual del país y de todas las instituciones y empresas públicas y privadas, se debería iniciar ya sea con la opción dos y tres, mientras se logra la consecución de los recursos para la instalación del sistema solar.

Incluir en el presupuesto anual la instalación de un sistema fotovoltaico para la Universidad, con el fin de garantizar sistema de respaldo eléctrico, no solo para la iluminación, sino también para las áreas esenciales de la institución.

Impulsar el uso de energías limpias y/o renovables en todas las instituciones de educación, con el fin de hacerlas sustentables, sostenibles y garantizar la educación de las generaciones futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Impresas

ABB, **Cuaderno de aplicaciones técnicas n.10 Plantas Fotovoltaicas**, Barcelona, 2011

A. C. S. M. A. C. G. Óscar Perpiñán Lamigueiro, «**Diseño de Sistemas Fovoltaicos**,» España, 2012.

Arias, Fidias (2017). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. (7ma. ed.)

Bayona C, Greycel (2016), **Diseño de un Sistema de Distribución Eléctrica y Aplicación de la Energía Solar como Medio Alterno para la Iluminación Exterior y la Cinta Transportadora en la Vaquera de la Unidad Académica la Morusca**, ubicada en el sector Guarumito, municipio García de Hevia del estado Táchira

Carrasco Díaz, Sergio (2008). **Metodología de la investigación científica**. Editorial San Marcos, Lima

Código Eléctrico Nacional 200:1999

Cuaderno de aplicaciones técnicas de la ABB (2011)

Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, **Manual de Trabajo de Grado de la UPEL**, 5ta edición, 2016, Caracas, 2012, Venezuela
Gaceta Oficial No. 372.680, de fecha 3 de noviembre del 2.009, promulga el Decreto 6.992

Gaceta Oficial N° 40.236 del 26 de agosto de 2013 Resolución N° 35,

Gaceta Oficial N° 39.823 se promulga la Ley del Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, 19 de diciembre 2011

Harper, G. (1987), **El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas de baja tensión**. Enríquez. Editorial Limusa

- Hernández, Fernández y Batista, **Metodología de la Investigación**, 5ta edición, McGraw-Hill Interamericana, 2010
- Kerlinger, F. (2002). **Investigación del Comportamiento. Técnicas y Metodología**, 4ª. ed., Ed. Interamericana, México
- López Arias, Sebastián, (2015), **Illuminación y Alumbrado Público**, trabajo para optar al título de magister en la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia.
- López, Ricardo (2017), **Buenas prácticas para la instalación de luminarias solares**; Caso Práctico: Parque ecológico en la Ciudad de México, para optar al título de Ingeniero Eléctrico Electrónico, en la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Laszlo Carlos (s/f), **Manual de luminotecnía para interiores**, Arcos 2786, (C1428AFT), Ciudad de Buenos Aires, Argentina.
- Liu y Jordan, **Energía Solar**, Volume 28, Issue 3, 1982
- Manrique José A, **Energía solar: fundamentos y aplicaciones fototérmicas**, editorial Harla, ISBN, 9686034544, 9789686034547, 1984.
- M. C. Fernández, **Planta Solar Fotovoltaica de 500kw Sobre Cubierta de una nave Industrial en la Ciudad de Sevilla**, Sevilla, 2012.
- Sabino, C., **El Proceso de la Investigación**, Última publicación feb-2010, <https://metodoinvestigacion.wordpress.com/2008/02/25/el-proceso-de-investigacion-carlos-sabino/>
- Santa Paella Stracuzzi y Feliberto Martins Pestana. **Libro “Metodología de la investigación cuantitativa”** 3ra Edición (2012) de Santa Paella Stracuzzi y Feliberto Martins Pestana, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador La editorial pedagógica da Venezuela Caracas, 2012
- Tamayo y Tamayo M, (2000), **Metodología Formal de la Investigación Científica**, Editorial LIMUSA, 2009 reimprime 2011 Mexico DF.

Universidad de Santiago de Cali en 2017, **Temperatura de las celdas monocristalinas**

Urdaneta, A. **Perspectivas de la generación eólica de electricidad en gran escala en Venezuela (2.005)**. Primeras Jornadas sobre las FARE en Venezuela. Puerto Ordaz-Venezuela.

Uzcátegui Erika, (2015), **Estudio de la incorporación a la red de una planta solar fotovoltaica en el desarrollo agro turístico el Naranjal**, para optar al título de Ingeniero Electricista de la Universidad Central de Venezuela.

Electrónicas

Ángulos de inclinación, de incidencia y de orientación (azimut) de paneles solares, [documento en línea] disponible en <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/> [consulta: 2020 septiembre]

Boletín Climatológico.(2007), Servicio de Meteorología de la Aviación. Fuerza Aérea Venezolana.. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.meteorologia.mil.ve/Boletín_Climatológico.phpb[Consulta: 2020 septiembre].

Catálogo de ABB, Inversor PVS800-57-0250 kW-A, [documento en línea] disponible en, <https://new.abb.com/docs/librariesprovider22/technical->, [consulta: 2020 diciembre]

Catalogo GE, laminaras led, [documento en línea] disponible en, https://products.gecurrent.com/sites/products.currentbyge.com/files/documents/document_file/Catalogo-de-Productos-2019.pdf, [consulta: 2020 diciembre]

Energía Fotovoltaica, Sandia National Laboratorios (s.f.) [documento en línea] disponible en, [hppt://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energíab](http://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energíab) [consulta: 2020 agosto]

Energía solar, [documento en línea] disponible en. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaic>, [consulta: 2020 septiembre]

GeoVenezuela. Tomo 2: Medio físico y recursos ambientales. Caracas-Venezuela.

Grupo Idea 2004, Web Cursolar [documento en línea] disponible en [hppt://solar.ujaen.es/cursolar](http://solar.ujaen.es/cursolar). [consulta: 2020 septiembre]

Luminotecnia, [documento en línea] disponible en, <http://hiperphysics.phy-astr.edu>, [consulta: 2020 septiembre]

Manual de alumbrad de Westinghouse, [documento en línea] disponible en <https://dokumen.tips/documents/manual-de-alumbrado-westinghouse.html>, [consulta: 2020 septiembre]

Radiación terrestre diaria para diferentes latitudes, [documento en línea] disponible en <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e0j.htm#TopOfPage>, [consulta: 2020 diciembre]

Sistemas Fotovoltaicos: Análisis y Modelaje, Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” Departamento de Electrónica e Informática (DEI). (s.f.). Fase II – [documento en línea] disponible en: [hppt://www.dei.uca.edu.sv/dei/html/proyectos/aulasc/aulasc-fase2-cap2-1.html](http://www.dei.uca.edu.sv/dei/html/proyectos/aulasc/aulasc-fase2-cap2-1.html) [consulta: 2020 septiembre]

Ubicación geográfica de la Universidad José Antonio Páez, [documento en línea] disponible en, <https://www.google.co.ve/maps>, [consulta: 2020 diciembre]

ANEXO



CAPÍTULO V PROPUESTA

*Tenemos un práctico reactor de fusión
en el cielo llamado Sol, no tienes que
hacer nada, solo funciona. Aparece todos
los días.
Elon Musk*

LAS PROPUESTAS

La presente propuesta tiene como finalidad presentar alternativas sustentables para la iluminación del área de los estacionamientos de la Universidad José Antonio Páez (UJAP), con la finalidad de mejorar las condiciones de iluminación, y por ende la seguridad, al contar con un sistema de energía eléctrica de respaldo, así como el de disminuir el consumo eléctrico.

Objetivo General

Proponer un sistema de iluminación con energía alterna para el campus universitario de la universidad José Antonio Páez, que permitan establecer las mejores prácticas que debe ser adoptadas por la institución y así garantizar la iluminación de los estacionamientos en pro de toda la comunidad universitaria y público en general que hacen vida dentro de la universidad. Con el fin de mantener, resguardar, y preservar la integridad física de las personas, de los vehículos, bienes entre otro.

Fundamentación legal

Las bases legales de la República Bolivariana de Venezuela en materia de seguridad, higiene y ambiente laboral, es decir:

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, La Gaceta Oficial 30.929; 33.257), en donde en su preámbulo hace referencia a "...asegurar el derecho a la vida, al trabajo, a la cultura, a la educación, a la justicia social y a la igualdad sin discriminación ni subordinación alguna...", lo que quiere decir, que hay que garantizar la seguridad, la vida y la educación y libre tránsito.

Ley Orgánica del Trabajo

Artículo 236.

El patrono deberá tomar las medidas que fueren necesarias para que el servicio se preste en condiciones de higiene y seguridad que respondan a los

Requerimientos de la salud del trabajador, en un medio ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio de sus facultades físicas y mentales

Ley de Universidades Gaceta Oficial No. 1429, Extraordinario, de 18 de septiembre de 1970, en la cual en su artículo 7 cita:

.... Su vigilancia y el mantenimiento del orden son de la competencia y responsabilidad de las autoridades universitarias... Corresponde a las autoridades nacionales y locales la vigilancia de las avenidas, calles y otros sitios abiertos al libre acceso y circulación, y la protección y seguridad de los edificios y construcciones

Situados dentro de las áreas donde funcionen las universidades, y las demás medidas que fueren necesarias a los fines de salvaguardar y garantizar el orden público y la seguridad de las personas y de los bienes,...

IEEE, Standards Coordinating Committee. IEEE Std 1562, Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems. New York: Ed. IEEE, 2007.

IEEE, Standards Coordinating Committee. IEEE Std 1013, Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for PV Systems. New York: Ed. IEEE.

Comisión, Unión Europea. Universal Technical Standard for Solar Systems. Madrid: Instituto de Energía Solar ETSI Telecomunicación, 2003.

CODELECTRA. Alambres y Cables Aislados para Distribución de Energía Eléctrica hasta 2000V y Cables de Control. Venezuela: COVENIN, 2002.

Código Eléctrico Nacional (Norma COVENIN 200-2004).

Norma COVENIN 3290-1997, Alumbrado público.

Beneficiarios

Todos los estudiantes, docentes, empleados administrativos, técnicos, obreros, contratistas, proveedores y público en general que hace vida o va de visita a las instalaciones de la universidad.

Factibilidad

La propuesta es factible, dado a que la universidad cuenta con los recursos, y está en la disposición de mejorar la seguridad de las personas y bienes dentro del

campus universitario, así como contribuir con el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Definiciones

Arreglo solar: Es un conjunto de módulos integrados en forma mecánica o paneles con una estructura soporte y su fundación, seguidor de orientación, y otros componentes, según se requiera, para constituir una unidad de CC productora de energía.

Automático: De actuación propia, que funciona por su propio mecanismo cuando se acciona mediante un medio impersonal, como por ejemplo una variación de corriente, presión, temperatura o configuración mecánica.

Celda Solar: Unidad fotovoltaica básica que genera electricidad cuando está expuesta a la luz.

Circuito de Entrada al Inversor: Los conductores que van desde el inversor a la batería en los sistemas autónomos o conductores que van del inversor a los circuitos de salida fotovoltaicos en la red de generación y distribución eléctrica.

Circuito de Salida del Inversor: Son los conductores que van desde el inversor hasta el centro de carga CA en los sistemas autónomos o conductores que van desde el inversor hasta el equipo de la acometida u otra fuente de generación de potencia eléctrica, como una fuente de suministro para una red de generación y distribución eléctrica.

Controlador de Carga (Regulador de carga): Es el equipo que controla la tensión o la corriente, o ambos y es utilizado para cargar la batería.

Generación eléctrica y Red de distribución: Un sistema de generación, distribución y utilización, tal como un sistema de suministro eléctrico con sus cargas conectadas, externas y no controladas por el sistema de potencia fotovoltaico. 116

Interruptor automático: Dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito de manera no automática y abrir el circuito automáticamente cuando se produzca una sobre corriente predeterminada sin daños para el mismo cuando se aplique adecuadamente dentro de su régimen.

Inversor: Es un equipo destinado a variar los niveles de tensión y forma de onda, o ambos, de la energía eléctrica. En forma común, un inversor (conocido también como unidad acondicionadora de potencia (PCU) o sistema de conversión de energía (PCS)) es un dispositivo que cambia la alimentación CC en salida CA. Los inversores se pueden también funcionar como cargadores de batería pues usan corriente alterna de otra fuente y la convierten en corriente continua para cargar la batería.

Módulo: Una unidad completa, protegida del medio ambiente que consiste de células solares, componentes ópticos y otros, excepto los de orientación, diseñado para generar corriente continua cuando recibe la luz del sol.

Panel: Conjunto de módulos unidos mecánicamente, cableado y diseñado para ser instalado en el campo.

Sistema Autónomo: Sistema fotovoltaico solar que suministra potencia de modo independiente de otros sistemas eléctricos.

Sistema fotovoltaico de conexión a red con sistema de respaldo. Es un sistema de respaldo el cual, en condiciones normales de operación, el inversor de conexión a red trabajara en paralelo con la red eléctrica nacional. Este sistema presenta una ventaja, ya que tiene a disposición un sistema de respaldo que mantendrá la carga en casos de falla en el servicio eléctrico. El inversor de conexión a red no puede funcionar sin otra fuente de generación

Sistema Fotovoltaico Solar: Conjunto de componentes y subsistemas que, combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica capaz de accionar una carga de utilización.

Sistema Interactivo: Sistema solar fotovoltaico que funciona en paralelo y puede entregar potencia a una red de generación y distribución eléctrica. A efectos de esta definición, un subsistema de almacenamiento de energía de un sistema fotovoltaico, como una batería, no se considera como fuente de generación eléctrica.

Sobre corriente: Cualquier valor de corriente, en exceso de la corriente nominal del equipo, o sobre la ampacidad de un conductor. La sobre corriente puede ser originada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Tensión: Es el mayor valor eficaz de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera del circuito al que pertenecen.

Tensión del Sistema Fotovoltaico: Es la tensión de corriente continua (CC) de cualquier fuente fotovoltaica o de un circuito fotovoltaico de salida. Para instalaciones bipolares o de hilos múltiples, la tensión del sistema fotovoltaico es la tensión más alta entre cualquiera de dos conductores CC.

Tensión nominal: Valor nominal asignado al circuito o sistema para la denominación de su clase de tensión. Ej.: 120/240 V, 480/277 V, 600 V, 48 VDC, 72

VDC, etc. La tensión real de operación del circuito, puede variar del valor nominal dentro de una banda que permite el funcionamiento satisfactorio del equipo.

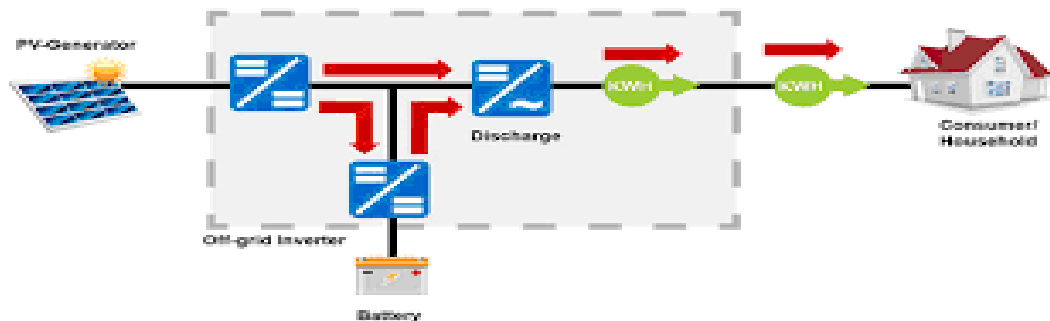
Propuesta.

A continuación se presentan las diferentes propuestas estudiadas y evaluadas para el sistema de iluminación de los estacionamientos de la universidad

PROPUESTA I

SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON ENERGÍA ALTERNA PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

Para ello se diseñó un arreglo fotovoltaico, el cual esta compuesto como se observa en la imagen 1. Y entra en funcionamiento, en caso de falla del sistema eléctrico nacional (SEN).



Para ello se requiere:

- Un arreglo fotovoltaico de 8*10 paneles para un total de 80 Paneles solares.
- Un banco de baterías de 48 volt.
- Dos inversores Inversor PVS800-57-025 kW-A
- Un swiche de transferencia
- Un terreno de aproximadamente 300 m2 para la instalación del arreglo, el cual se sugiere que sea el estacionamiento de los estudiantes, y se instalaría en una estructura que servirá como techo.
- Cable THN N° 6 , con capacidad para 50 Amp
- Tubería EMT o plástica para electricidad de 2"

Las luminarias a alimentar el sistema fotovoltaico son las existentes en los estacionamientos de los estudiantes, las cuales se observan en las imágenes 2, 3 y 4.



Imagen 2. Postes con luminarias sencillas y torre con tres (3) luminarias



Imagen 3. Torre con tres luminarias



Imagen 4. Torre con tres (03) luminarias

Estacionamiento de docentes:



Imagen 5. Al fondo de observan las luminarias sencillas y una torre



Imagen 6. Luminarias sencillas, las cuales están ocultas por los árboles



Imagen 7 Luminarias sencillas

Pasillos del área de Ingeniería Mecánica.



Imagen 8 y 9. Luminarias de rosca sencillas



Imagen 10. Luminarias de rosca sencilla

Para la instalación del sistema fotovoltaico se requiere un área de aproximadamente 300 M², el cual puede ser: los techos de los edificios, o instalarlo como techo de los estacionamientos. Y para ello se requiere la instalación de una acometida eléctrica que va desde el sistema fotovoltaico hasta el tablero principal de alimentación de la institución, donde se encuentra el breakers de alimentación del sistema de iluminación de los estacionamientos. Como posible ubicación del sistema se presentan dos (02):

Ø Sobre el techo edificio de odontología (imagen 11), para la cual se hace necesaria la instalación de tubería EMT o PVC de 1" y conductor de cobre N° 6 desde el techo del edificio hasta la caseta donde está el tablero principal. Sitio donde se va a instalar el inversor/ups/regulador de voltaje, y a un costado se instalaría el banco de baterías. Cabe resaltar que el inversor trae consigo el swiche de transferencia y la conexión del sistema se haría red-inversor-carga.



Imagen 11. Sistema fotovoltaico sobre el techo del edificio de odontología

∅ Como techo en el estacionamiento de los profesores, se haría la misma instalación de la anterior propuesta.

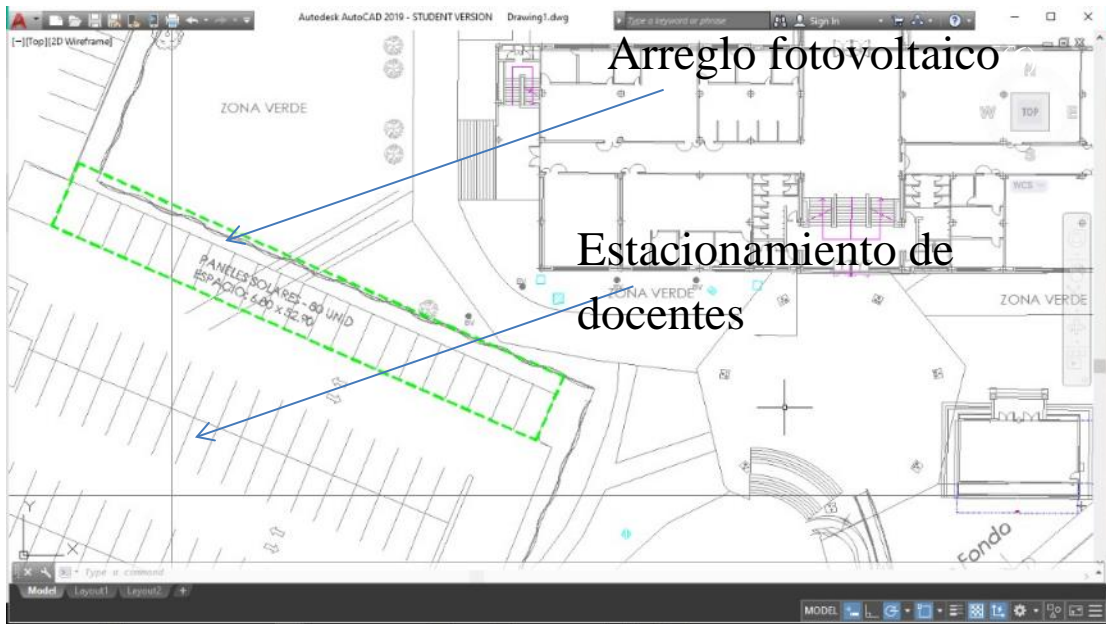


Imagen 12. Sistema fotovoltaico como techo del estacionamiento.

Los materiales más relevantes son:

Ø Paneles solares 180 Wp

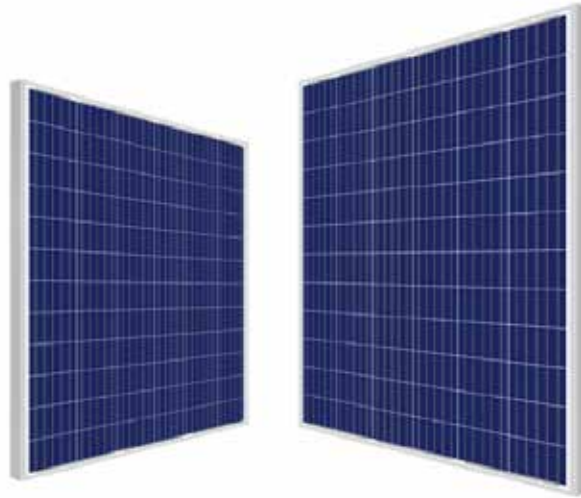


Imagen 13. Panel solar.

Fuente: <https://tupanel solarve.com/>

Ø Que una vez configurados e instalados en la estructura tendrían una apariencia, similar a la de la imagen 14.



Imagen 14. Arreglo fotovoltaico

Ø Inversor



Imagen 15. Inversor
Fuente: Catalogo de ABB

PROPUESTA II

REEMPLAZO DE LAS LUMINARIAS EXISTENTES POR LUMINARIAS TIPO LED DE 220 VOLT., 100 WATTS.

Con esta sustitución se bajaría el consumo eléctrico en un 75%, lo que repercutiría en la reducción del consumo de electricidad de la universidad, el cual sería una buena solución mientras se logra la aprobación y consecución de los recursos para la instalación del sistema fotovoltaico. En este caso se sustituirán las 27 luminarias existente y se reemplazarías por luminarias tipo led disponibles en el mercado.

Requerimiento

- 27 panel led de 100 Watts, en 220 Volt o multivoltaje
- 27 Fotoceldas con base, o en su defecto una fotocelda con un contactor ubicado en el breakers de alimentación de cada circuito.
- Cable THN N° 14 para las conexiones de las luminarias y la fotocelda con la red.

Para la instalación de los módulos se hace necesario el desmontaje de las luminarias actuales (figura 1) y se procedería a:



Figura 1. Luminarias actuales

Una vez desmontadas se procede a:

- Desarmado de la luminaria, es decir, hay que desmontar los componentes internos: balasto, ignitor, condensador o capacitor y la ampolla o bombillo como se aprecia en la Figura 2.

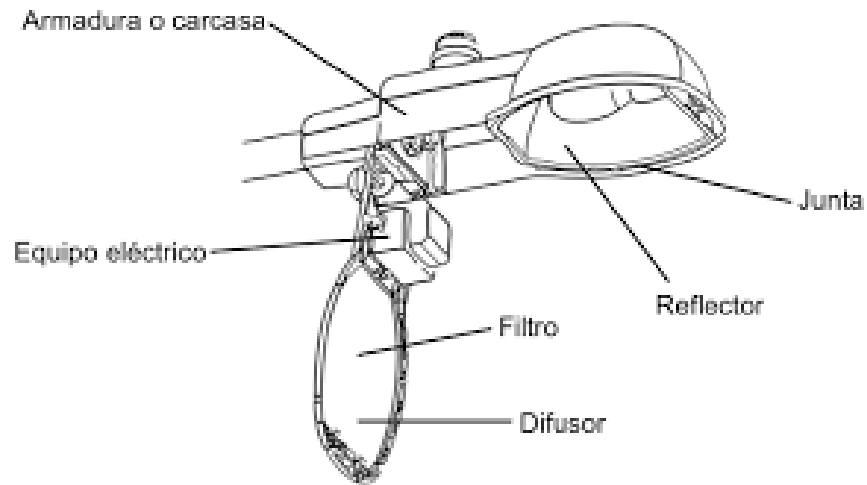


Figura 2. Partes de la luminaria

- Sujeción del módulo led a la carcasa de la luminaria (Figura 3).

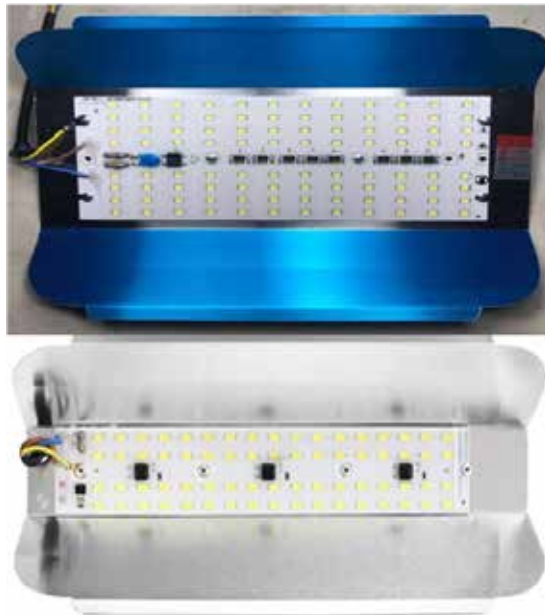


Figura 3. Módulo led.

Fuente: Catalogo del fabricante



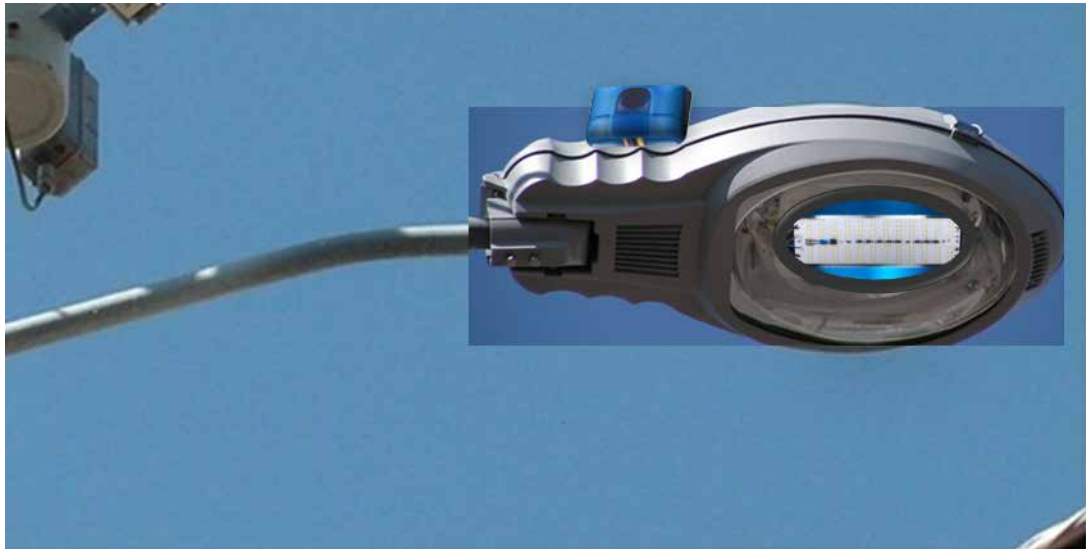
Figura 4. Módulo led instalado y cableado para la instalación
Elaborado. Rivas 2021

- Instalación y conexión de la fotocelda a la luminaria



Figura 4. Instalación de fotocelda
Elaborado. Rivas 2021

- Instalación de la luminaria en poste



- Prueba de funcionamiento

De optar por esta propuesta mientras se aprueba y consiguen los recursos la universidad estaría cumpliendo con lo estipulados en las leyes y resoluciones del uso racional y eficiente de la energía eléctrica y con la disminución de la carga, quedaría disponible capacidad en el sistema propuesto el cual puede ser utilizado para futuras instalaciones de más luminarias o se puede utilizar en otros equipos o sistemas.

PROPUESTA III

REEMPLAZO DE LAS LUMINARIAS EXISTENTES POR LUMINARIAS LED AUTÓNOMAS.

En este caso se reemplazarían las 27 luminarias por luminarias tipo led autónomas descritas en el capítulo IV, con lo que se lograría reducir en un 100% el consumo eléctrico de las luminarias de los estacionamientos, no se incurriría en el gasto del sistema de respaldo, aún y cuando es recomendable tenerlo en caso de falla. Pero sería en menor proporción.

Requerimiento

- 27 luminarias leds autónomas de 100 Watts con fotocelda incorporada.
- Cable THN N° 14 para la conexión.

Para la instalación de los módulos se hace necesario el desmontaje de las luminarias actuales (figura 1) y se procedería a:



Figura 1. Luminarias actuales

Una vez desmontadas se procede a:

- Empalme de cable para la alimentación.
- Instalación de la luminaria como se observa en las figuras 2, 3 y 4 dependiendo del tipo sencillo, doble, múltiple.
- Prueba de funcionamiento



Figura 2. Reflector led autónomo sencillo.



Figura 3. Reflector led autónomo doble



Figura 4. Reflector led autónomo múltiple

Esta propuesta cumple con lo recomendado en las leyes y resoluciones sobre el uso racional y eficiente de la energía eléctrica vigente, y el desembolso de la inversión es mucho menor, como se detalla a continuación:

- Con luminaria les sencilla autónoma la inversión es el 1.9% de la inversión del sistema fotovoltaico.
- Con luminaria les sencilla autónoma la inversión es el 2,5% de la inversión del sistema fotovoltaico.
- Con luminaria les sencilla autónoma la inversión es el 3.12% de la inversión del sistema fotovoltaico

Adicionalmente con la instalación de las luminarias dobles y múltiples, se reduce el consumo eléctrico, se implementa el uso de las energías limpias o alternas y se incrementaría los lúmenes en los estacionamiento ya que se incrementaría las luminarias en un 50% y en un 400% respectivamente con un costo de inversión aceptable, previo a la aprobación y consecución de los recursos por partes del ente rector de la institución.