

Universidad Internacional de las Américas

Escuela de Ingeniería Electromecánica

**DISEÑO ELÉCTRICO DE UN SISTEMA CON PANELES
SOLARES E ILUMINACIÓN "LED" PARA EL GIMNASIO
DEL CEDES DON BOSCO**

AUTOR: DEYBER PADILLA GUEVARA

TUTOR: JOSÉ ROMERO

SEDE ARANJUEZ, ABRIL, 2019

Contenido

Tablas.....	11
Figuras.....	12
Apéndices.....	13
Dedicatoria y agradecimiento.....	15
Resumen	16
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
Problema	18
Objetivos	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos.....	19
Justificación	20
Antecedentes	21
Proyecciones	25
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	26
Radiación solar en la superficie de la tierra.....	27
Energía solar fotovoltaica	28
La célula fotovoltaica.....	28
Influencia de la radiación sobre célula fotovoltaica	29
Paneles Solares.....	29
Colectores solares	30
Paneles fotovoltaicos	30
Características eléctricas de los paneles solares	31
Tipos de paneles fotovoltaicos	32
Componentes de un sistema de autoconsumo fotovoltaico	35
Diferencias entre el inversor y microinversor.....	35
Microinversor	36
Inversor central	36
Estructuras para los paneles solares	37
Estructuras solares	37
Tipos de estructuras	37
Estructuras individuales	37

Estructuras con triángulo inclinado	38
Estructura coplanar	38
Orientación e inclinación de las placas solares.....	38
La inclinación de los paneles solares	38
La orientación de los paneles solares	39
Cálculos para sistemas fotovoltaicos.....	40
Energía generada por un panel solar.....	40
Número de paneles	41
Potencia generada por paneles solares.....	41
Conexión paneles solares: en paralelo, en serie, y conexión en serie y paralelo.....	42
Autoconsumo fotovoltaico	42
¿Dónde se conecta el sistema de autoconsumo para poder usarlo?	43
Generación distribuida	44
Generación distribuida interconectada a la red	44
Generación distribuida aislada	45
Reglamento de Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables	45
Lámpara LED.....	51
El funcionamiento físico del LED	51
Ventajas de las bombillas LED	52
Comparación entre luces LED, Incandescentes y Fluorescentes	52
Diseño de iluminación con base en el método de los lúmenes	56
Factores necesarios para el método de los lúmenes.....	56
Coeficiente de utilización	59
Coeficiente de mantenimiento.....	60
Fórmulas del método de los lúmenes	60
Comprobación de los resultados	61
Metodología para evaluar rentabilidad de sistemas fotovoltaicos.....	62
Tarifas de electricidad	64
Tarifa Preferencial de Carácter Social T-CS.....	64
Consideraciones de AR-NT-POASEN	66
Otros costos	67
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	68
Enfoque de la investigación.....	69

	10
Método de la investigación	69
Fuentes de información.....	70
Variables o unidades de análisis.....	70
Instrumentos.....	70
Proceso para la recolección y análisis de datos.....	70
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	72
Condiciones iniciales de la empresa	73
Descripción del diseño	73
Diseño fotovoltaico	74
Datos recolectados.....	74
Elección panel solar.....	80
Caso 1: Con inversor central y marca de paneles solares Canadian Solar 300W Mono 300MS....	81
Cálculo del número de paneles	81
Zona de colocación de los paneles	86
Escogencia del inversor	86
Caso 2: Con microinversor y marca de paneles solares Canadian Solar 300W Mono 300MS	87
Cálculo del número de paneles solares	87
Zona de colocación de los paneles	87
Escogencia del microinversor	87
Caso 3: Con inversor y marca de paneles solares SolarWorld 300W Mono	87
Cálculo del número de paneles solares	87
Zona de colocación de los paneles	88
Escogencia del inversor	88
Caso 4: Con microinversor y marca de paneles solares SolarWorld 300W Mono	88
Cálculo del número de paneles solares	88
Zona de colocación de los paneles	88
Escogencia del microinversor	89
Caso 5: Iluminación LED y estudio de lúmenes.....	89
Cálculo del flujo luminoso requerido.....	95
Análisis Financiero de los casos propuestos	97
Análisis financiero del caso 1.....	97
Análisis financiero del caso 2.....	102
Análisis financiero del caso 3.....	105

	11
Análisis financiero del caso 4.....	108
Análisis financiero del caso 5, Iluminación LED	111
Diagrama unifilar del caso seleccionado	116
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	125
Diseño con paneles solares en el gimnasio del Cedes Don Bosco	126
Zona de colocación de los paneles	127
Escogencia de inversor o microinversor	129
Análisis financiero para los paneles solares del caso seleccionado	129
Diagrama unifilar del caso seleccionado	132
REFERENCIAS.....	138
APÉNDICES	140

Tablas

Tabla 1. Consumo energético del gimnasio de la institución. Período ene 18-dic 18.....	75
Tabla 2. Gastos Fijos del consumo energético de la institución. Período ene 18-dic18	77
Tabla 3. Relación consumo energético del gimnasio versus consumo total de la institución	78
Tabla 4. Horas solares pico en el gimnasio en el año 2018.....	70
Tabla 5. Potencia generada por mes de los paneles solares con 3,6KWh.	83
Tabla 6. Potencia generada por mes de los paneles solares de 2,7KWh y sus excedentes y faltantes de energía por mes	85
Tabla 7. Desglose de la iluminación del gimnasio de la Institución Nuevo consumo energético del gimnasio de la institución con iluminación LED	90
Tabla 8. Nuevo consumo energético del gimnasio de la institución con iluminación LED	91
Tabla 9. Gastos fijos del consumo energético del gimnasio de la institución con iluminación LED.....	92
Tabla 10. Potencia generada con 2,43KWh y los faltantes o excedentes de energía del sistema.....	93
Tabla 11. Cantidad de luminarias y modelos a utilizar	94
Tabla 12. Análisis de consumo energético en el período de un año.....	97

Tabla 13. Análisis de ahorro con paneles solares en el período de un año con y sin gastos fijos.....	98
Tabla 14. Cotización del caso 1.....	99
Tabla 15. Resumen de datos para inversión inicial del caso 1.....	100
Tabla 16. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 1.....	101
Tabla 17. Cotización del caso 2.....	102
Tabla 18. Resumen de datos para inversión inicial del caso 2.....	103
Tabla 19. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 2.....	104
Tabla 20. Cotización del caso 3.....	106
Tabla 21. Resumen de datos para inversión inicial del caso 3.....	106
Tabla 22. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 3.....	107
Tabla 23. Cotización del caso 4.....	109
Tabla 24. Resumen de datos para inversión inicial del caso 4.....	109
Tabla 25. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 4.....	110
Tabla 26. Cotización del caso 5.....	112
Tabla 27. Resumen de datos para inversión inicial del caso 5 y facturación con iluminación LED.....	112
Tabla 28. Relación de consumo actual vs iluminación LED.....	113
Tabla 29. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 5.....	113
Tabla 30. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 5 fuera del lapso estipulado.....	115

Figuras

Figura 1. Comparativa #1 LED vs Incandescentes vs Fluorescentes	54
---	----

Figura 2. Comparativa #2 LED vs Incandescentes vs Fluorescentes	54
Figura 3. Comparativa #3 LED vs Incandescentes vs Fluorescentes	55
Figura 4. Comparativa #4 LED vs Incandescentes vs Fluorescentes	55
Figura 5. Representación del flujo luminoso.....	57
Figura 6. Representación visual de iluminancia.....	58
Figura 7. Tarifas preferenciales al sector educación	66
Figura 8. Tarifa de acceso a la red ARESEP	67
Figura 9. Consumo eléctrico del gimnasio de la institución en el año 2018.....	76
Figura 10: Consumo eléctrico total de Cedes Don Bosco	77
Figura 11. Horas solares pico para el gimnasio de Cedes Don Bosco.	80
Figura 12. Valores de lux para gimnasios de acuerdo con la norma Inteco INTE-2031-08-06-2000.....	95
Figura 13. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 1	101
Figura 14. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 2	105
Figura 15. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 3	108
Figura 16. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 4.....	111
Figura 17. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 5.....	114
Figura 18. Valor actual neto y tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 5 fuera del lapso estipulado.....	115
Figura 19. Diagrama Unifilar del caso seleccionado.....	118
Figura 20. Curva de irradiación solar	120
Figura 21. Brillo solar en resumen nacional.....	121
 Apéndices	
Apéndice A. Imagen aérea de la ubicación del gimnasio de Cedes Don Bosco.	141
Apéndice B. Foto de pantalla de los datos recopilados de la aplicación POWER de NASA.	142

Apéndice C. Planta de distribución del gimnasio de Cedes Don Bosco	143
Apéndice D. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (1)	144
Apéndice E. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (2).....	145
Apéndice F. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (3).....	146
Apéndice G. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (4)	147
Apéndice H Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (5)	148
Apéndice I. Entrevista a Bryan Hernández, Coordinador de mantenimiento e infraestructura de Cedes Don Bosco.....	149
Apéndice J. Entrevista a Christian Montano, Arquitecto de Cedes Don Bosco.....	150
Apéndice K. Desglose de tarifas de la CNFL (1).....	151
Apéndice L. Desglose de tarifas de la CNFL (2).	151
Apéndice M. Desglose de tarifas de la CNFL (3)	152
Apéndice N. Tarifas de Acceso.....	152
Apéndice Ñ. Tabla resumen de la facturación total de la institución.	153
Apéndice O. Costo de interconexión por medidor	154
Apéndice P. Ficha técnica de panel solar Canadian Solar 300W Mono MS (1).....	155
Apéndice Q. Ficha técnica de panel solar Canadian Solar 300W Mono MS (2)	156
Apéndice R. Ficha técnica de panel solar SolarWorld 300W Mono	157
Apéndice S. Ficha técnica de inversor Schneider conext SW 3,4 KW SW 4048E (1)	158
Apéndice T. Ficha técnica de inversor Schneider conext SW 3,4 KW SW 4048E (2)	159
Apéndice U. Ejemplo estructura coplanar.....	160
Apéndice V. BCR MIPYMES (1).....	161
Apéndice W. BCR MIPYMES, tasa de interés 3,5% + TBP a 60 cuotas (2).....	162
Apéndice X. Ficha técnica Sylvania 402 LUXEM LED 14 W cada bulbo.....	163
Apéndice Y. Ficha técnica Sylvania 402 SYLVEO LED 300 W	164
Apéndice Z. Ficha técnica Sylvania 402 WALLPACK HB LED 80 W	165
Apéndice AA. Ficha técnica microinversor Enphase 290 W 240/208 VAC (1)	166
Apéndice AB. . Ficha técnica microinversor Enphase 290 W 240/208 VAC (2)	167
Apéndice AC. Norma INTECO, INTE 2031-08-06-00	168
Apéndice AD. Zona de colocación de los paneles	169

Dedicatoria y agradecimiento

Quiero agradecerle a mis padres Urías Padilla Guevara y Laurett Guevara Naranjo por todo el sacrificio que hicieron para que yo llegara hasta acá, a ellos les dedico este trabajo con todo el amor del mundo y para que estén orgullosos de mí. Esta es mi manera de agradecerles por tanto y decirles que los amo sobre todas las cosas y que son los mejores padres que cualquier hijo pudiera tener.

Luego, quiero agradecerles a mis hermanas; Yancy, Cindy y Erlyn Padilla Guevara, que siempre han estado ahí para mí y sobre todo para incentivar me a seguir adelante y nunca rendirme.

Muy importante agradecerle a mi novia, al amor de mi vida Valeria Seas Ávila, que ella ha sido mi cimiento en todo este proyecto, la persona que soportó mi estrés y mi preocupación, la que me dijo que nunca me rindiera. A ella le dedico esta tesis por ser la mejor novia, soy afortunado al tener a mi lado a una mujer tan inteligente que llegará a lo más alto en la vida.

Asimismo, quiero agradecerle a mi tutor durante este trayecto, a José Romero Meneses, una persona que me ayudó demasiado a tomar criterios ingenieriles, le agradezco por su sabiduría y el respaldo en todo momento de mi trabajo.

Por último, quiero agradecerle a cada uno de los profesores que tuve el placer de conocer durante mi carrera, todos fueron sumamente importantes y brindaron un gran aporte para implementarlo en esta tesis.

Resumen

La presente investigación corresponde a la creación de una guía para la implementación de un sistema de paneles solares y un diseño de iluminación LED para un gimnasio de un centro educativo ubicado en distrito de Concepción Arriba de Alajuelita, en San José, Costa Rica; se basa en las condiciones necesarias y actuales de la institución, sus consumos eléctricos en el periodo de Enero 2018 a Diciembre 2018 y tarifas reguladas.

En este proyecto se concentran cinco diseños. Primeramente cuatro de ellos para paneles solares, estos bajo las mismas condiciones iniciales, con diferentes limitaciones, implementando diferentes equipos para su evaluación y se toma uno como el ideal para la empresa electromecánica. Estos incluyen su propio soporte mecánico para el anclaje de los paneles solares. Mediante la diferencia de equipos como inversores y microinversores, se determinará la opción más adecuada para la empresa.

A su vez, la investigación posee un diseño de iluminación, basado en la metodología de los lúmenes, para otorgar un diseño óptimo de iluminación para la empresa con una comparación del consumo energético dedicado a la iluminación y diferentes tecnologías de iluminación.

Este documento posee la información pertinente respecto a la realización de todos los cálculos necesarios para ambos diseños, tal como el número de paneles solares, cálculo de horas solares pico, determinación del flujo luminoso y cantidad de luminarias necesitadas. A su vez incluye un análisis financiero de cada propuesta en el que se establece su rentabilidad y tiempo de recuperación de la inversión inicial a realizar para determinar la mejor opción para la empresa.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Hoy en día, debido a los problemas que proporcionan las emisiones de carbono y la contaminación extrema de los recursos naturales se han creado soluciones importantes para disminuir el uso en exceso de los recursos naturales. Entre esas soluciones se encuentra la utilización de energía renovable, la cual es amigable con el medio ambiente. Una de las energías renovables más utilizadas en la actualidad, es sin lugar a dudas, la energía solar, la cual se obtiene gracias a un recurso natural, lo que la hace completamente gratuita.

Con el paso de los años se ha incrementado la producción de energía eléctrica a través de energía solar y los grandes países, a excepción de los Estados Unidos, son los que más utilizan esta energía renovable para disminuir sus emisiones de carbono y luchar contra el calentamiento global. Asimismo, en Costa Rica, al ser un país con una localización geográfica favorable para la utilización de celdas fotovoltaicas, se torna ideal. Además, de esta manera se intenta disminuir las emisiones de carbono, con la meta propuesta por el país de ser carbono neutral.

En lo que respecta al Gimnasio del Cedes Don Bosco, se intentará disminuir esa huella de carbono. Tomando en cuenta que la prioridad de la institución es seguir portando la bandera azul. Lo antes mencionado, añadido a los altos consumos en el centro deportivo, llevan a cabo el estudio para disminuir esos costos y volver a la institución más amigable con el medio ambiente.

Problema

¿Cuál es el diseño adecuado de un sistema con paneles solares e iluminación LED (del inglés light-emitting diode) para el gimnasio del Cedes Técnico Don Bosco ubicado en Concepción Arriba de Alajuelita?

Objetivos

Objetivo general

Diseñar el sistema eléctrico adecuado con paneles solares e iluminación "LED" para el gimnasio del Cedes Técnico Don Bosco ubicado en Concepción Arriba de Alajuelita.

Objetivos específicos

- Describir el estado actual del sistema eléctrico existente y el consumo eléctrico mediante estimados del Gimnasio del Cedes Don Bosco.
- Realizar una comparación de las condiciones encontradas y una propuesta para la inclusión de paneles solares.
- Determinar el potencial en radiación y área de las instalaciones del gimnasio para implementar un sistema fotovoltaico.
- Estipular la cantidad de paneles solares y configuración correspondiente a utilizar en el lugar por medio del consumo realizado y disponibilidad de espacio en metros cuadrados (m²).
- Establecer la rentabilidad del proyecto y el tiempo de retorno de la inversión por medio del análisis financiero.
- Mostrar las diferencias entre inversores y microinversores y elegir cuál es la mejor opción.
- Seleccionar la iluminación "LED" por medio de variables como características, donde se ubicará la iluminación y cantidad de luminarias "LED" para luego elaborar la cotización.

Justificación

Según fuentes como *El Financiero* y la Asociación Costarricense de Energía Solar (ACESOLAR), hay sólo un 1% de energía solar en nuestro país y eso indica que es importante que la población empiece a utilizar estas fuentes inagotables y que son amigables con el ambiente.

Este proyecto crea un gran impacto social para la institución en la que se realiza, ya que el centro educativo cuenta con la bandera azul ecológica. Este sistema fotovoltaico con iluminación de bajo consumo y alta vida útil ayuda a que esta entidad educativa sea más amigable con el ambiente, además de bajar el consumo en una estructura tan utilizada como lo es el gimnasio.

Por este motivo, y de acuerdo con el alto consumo que presenta el aposento a estudiar, se crea una viabilidad importante para realizar el análisis, ya que con esto se determinará si es factible o inviable por razones económicas, la realización del proyecto.

Antecedentes

Para iniciar, como primer antecedente está el texto de Danilo Osvaldo Pérez Garrido: *Análisis de un sistema de iluminación utilizando ampolletas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos, realizado en 2009*. El autor tenía como objetivo principal proponer una solución al problema de la creciente demanda energética, esto mediante el desarrollo de un proyecto que permitiera la utilización de energías no convencionales para sistemas de iluminación de bajo consumo utilizando paneles fotovoltaicos.

En este proyecto se diseña un sistema de iluminación para un hogar en Chile utilizando ampolletas LED, para así obtener un bajo consumo eléctrico y que a su vez estén alimentadas por paneles solares. Además, este sistema no está aislado de la red eléctrica comercial. Como dato importante se especifica el funcionamiento de un panel fotovoltaico, el cual se da por medio del efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, esto mediante la captación de fotones provenientes de la luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel. Esta interacción provoca el desprendimiento de los electrones de los átomos de silicio, que rompen y atraviesan la barrera de potencial de la capa semiconductor.

También explica los parámetros fundamentales con los que se especifican los paneles fotovoltaicos como:

- Corriente de corto circuito (I_{sc}) que corresponde a la máxima corriente en amperes generada por cada panel cuando no está conectada a ninguna carga. Su valor depende de la superficie del panel y de la radiación solar.
- Voltaje de circuito abierto (V_{oc}), que corresponde al voltaje máximo que genera un panel solar, medido en las terminales de salida cuando no existe carga conectada.
- Punto de máxima potencia (P_{mp}), el cual corresponde a la máxima potencia que el panel puede entregar, que se da cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus valores máximos en forma simultánea:

$$P_{mp} = V_{mp} \cdot I_{mp}$$

Fórmula de potencia máxima

V_{mp} : Punto de voltaje máximo I_{mp} : punto de corriente máxima.

- Eficiencia del panel fotovoltaico que corresponde al porcentaje de energía eléctrica generada en relación con la cantidad de energía luminosa recibida del sol cuando el panel se encuentra conectado a un circuito eléctrico.

$$\eta = \frac{P_{mp}}{E \cdot A_c}$$

Fórmula de eficiencia de panel fotovoltaico

Donde:

P_{mp} : punto de potencia máxima (W).

E: nivel de radiación solar en la superficie del panel (W/m²)

A_c : Superficie del panel fotovoltaico (m²)

P_i : Potencia recibida por el panel

- Factor de forma (FF). También se conoce como Fill Factor en inglés y es el que define la eficacia de un panel solar al relacionar el punto de máxima potencia (P_m), dividido entre el producto y el voltaje a circuito abierto (V_{oc}) y a la corriente de cortocircuito.

Una característica importante de tener en cuenta de los paneles fotovoltaicos es que el voltaje de salida no depende de su tamaño, ya que frente a cambios en los niveles de radiación incidente tiende a mantener una tensión constante de salida. En cambio, la corriente es casi directamente proporcional a la radiación solar y al tamaño del panel.

En segundo término, está el texto de Andrés Porras Contreras: *Viabilidad financiera para la venta de bombillos LED a clientes del sector residencial en el área de concesión de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S. A.*, realizado en el 2016. Ese trabajo posee como objetivo determinar la viabilidad financiera de la venta de bombillos LED, hablando de la industria de sistemas de iluminación en gran detalle, como son los conceptos, evolución y tipos de sistemas de iluminación.

Algunos tipos de lámparas, como las incandescentes (halógenas y no halógenas), lámparas de descarga (vapor de mercurio a baja y a alta presión), las de vapor de sodio (a baja y alta presión) y lámparas LED, se estudian en ese documento. También menciona usos y aplicaciones de las lámparas LED.

Incluye esa investigación una sección de fundamentos teóricos para el análisis de la viabilidad financiera del proyecto, así como un estudio del mercado que se vería afectado por la implementación de lámparas LED y su deficiencia de cierto grado de dificultad en la adquisición de bombillos LED.

Este trabajo será utilizado para determinar los sistemas, parámetros y evaluaciones que se les darán a las bombillas LED y a las de bajo consumo para determinar, a través de la comparación, la bombilla superior. A su vez, se plantea la descripción y características de varios tipos de lámparas para su consideración en el tipo de análisis que se les debe dar a las bombillas deseadas para la implementación.

En el tercer antecedente, este proyecto de Adán Bárcena Maldonado y Sotera Bárcena Maldonado: *Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sostenible*, realizado en el año 2014. Se estudia la factibilidad técnica y viabilidad económica de un sistema de autoabastecimiento eléctrico con base a paneles fotovoltaicos en una casa habitación en el municipio de Tlayacapan, Estado de Morelos; dado que el municipio presenta niveles muy atractivos de radiación solar durante casi todo el año.

Se analizan diferentes configuraciones de sistemas fotovoltaicos a diferentes voltajes de trabajo, con y sin baterías, y paneles de diferente calidad, en función de los costos de inversión, mantenimiento y operación de dichos sistemas, para determinar cuál configuración de operación genera resultados de rentabilidad económica más atractivos.

En el proyecto se da información importante para la inclinación de los paneles solares dependiendo de la localización geográfica del lugar. Por ejemplo, en el lugar donde se realizó el proyecto México se encuentra en el hemisferio norte, por lo que, la mayor parte del año, la trayectoria del sol se observa hacia el sur.

Para maximizar la producción fotovoltaica se debe establecer la orientación hacia el sur geográfico para la instalación de los módulos.

El municipio de Tlayacapan se encuentra localizado en la parte Noreste del Estado de Morelos, entre los paralelos 18° 57' latitud Norte y 98° 59' de longitud Oeste

del meridiano de Greenwich²¹. Anteriormente se calculó el ángulo de inclinación para los módulos fijos durante todo el año para este caso de estudio, donde todo el año fue de 16.71°. Además, se realizan los cálculos importantes de consumo de energía y de baterías a utilizar, ya que en el caso de este proyecto se utiliza DC.

Como último antecedente, se puede encontrar el trabajo *Uso de la energía renovable en Costa Rica*, del 2004, hecho por Nandwania. Este habla sobre la campaña costarricense para promover el uso de fuentes renovables a través de todo el país; el uso y función de varios sistemas de uso de energía solar descentralizados y a su vez, menciona algunas de estas instalaciones de energía renovable, como los sistemas de calentadores y de calefacción de piscinas en varios lugares, como residencias estudiantiles de universidad, hoteles de la cadena Fiesta y en el sur de San Isidro del General.

También habla cómo se pueden utilizar diferentes máquinas eléctricas gracias a la energía solar y cómo algunas pueden suministrar la energía eléctrica al ser completamente híbridas e intentar rebajar costos en producción.

Este trabajo sirve de guía para conocer algunas funciones que se le pueden dar a la energía solar, aparte de su transformación como energía eléctrica. También sirve como guía para el conocimiento de algunas de las partes utilizadas en paneles fotovoltaicos.

Proyecciones

En este proyecto se realizará un estudio con cuatro casos diferentes que se dividen, en dos, con paneles solares Canadian Solar y la opción de cambio entre inversores y microinversores. Por otro lado, están los dos otros casos que se realizarán con la marca SolarWorld, e igualmente que los casos anteriores se realiza un estudio con inversores y microinversores. Asimismo, se utilizará una sola estructura para montar los paneles. Se entregará el estudio económico de los cuatro casos, además del diagrama unifilar con los paneles solares.

En cuanto a la iluminación LED, se cotizará con una sola empresa, esto debido a un convenio con el que cuenta la institución donde se realiza el proyecto; por lo que se llevará a cabo una cotización de la iluminación, donde se cambiará la potencia a una menor y se subieron las luminarias para obtener la cantidad de lúmenes necesarios. Al mismo tiempo, se toma en cuenta la vida útil para disminuir los costos.

Como limitación se puede hablar de lo anteriormente mencionado con respecto a la iluminación, ya que al tener un convenio con la empresa Sylvania, se hará una cotización de la iluminación sólo con esa empresa. Por otra parte, el único lugar adecuado para montar los paneles es en el cenicero del techo del gimnasio, ya que tiene una estructura plana donde se puede adecuar para la orientación de los paneles y la cantidad que sea necesaria colocar en el lugar.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Radiación solar en la superficie de la tierra

Sobre este tema José Vicente Díaz, en su página web, explica:

“El sol es una enorme central nuclear de fusión que nos envía continuamente radiación, pero ¿cuánta radiación nos llega a la superficie? esta radiación debe atravesar la atmósfera y sufre una serie de modificaciones, ahora descubriremos que radiación nos afecta a todos, todos los días:

La radiación solar que llega a la superficie de la tierra está condicionada por dos factores muy importantes y diferentes:

a) Factores astronómicos: son aquellos que dependen de la geometría tierra-sol. Son función de la posición relativa sol-tierra y de las coordenadas geográficas del lugar considerado: latitud y longitud.

b) Factores climáticos: La radiación máxima esperable para cada altura solar y cada localidad no será siempre observable igual en la superficie de la tierra. Los factores llamados climáticos atenuarán la radiación. Las nubes, la cantidad de vapor de agua, ozono, aerosoles, etc. contenidos en la atmósfera son los responsables de la atenuación, que ocurre fundamentalmente por absorción, reflexión y difusión de la radiación.

Por tanto el total de radiación procedente del sol que incide en una superficie de la tierra estará compuesto por:

- Radiación directa: la que llega a la tierra directamente en línea con el disco solar.
- Radiación difusa: originada por los efectos de dispersión de los componentes atmosféricos, incluidas las nubes.
- Radiación reflejada: radiación incidente en la superficie que procede de la reflejada por el suelo. Al cociente entre la radiación reflejada y la incidente en la superficie de la tierra se le llama albedo”.

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una:

Transformación que se lleva a cabo en los elementos semiconductores que integran los paneles solares fotovoltaicos. La electricidad puede ser utilizada en forma directa, almacenada en baterías, e incluso se puede inyectar en la red de distribución eléctrica. (Martínez, 2012, p. 18)

Esta transformación, en específico, se conoce como el efecto fotovoltaico. La forma de captura de la energía eléctrica para el análisis por realizar, ya sea de forma directa, conectada a la red de distribución o en baterías, será definido en el desarrollo.

La célula fotovoltaica

La célula fotovoltaica tiene como objetivo capturar la energía solar para su transformación en electricidad. Mateo (2015) asevera que:

Una célula solar o célula fotovoltaica es un componente electrónico capaz de transformar parte de la energía solar que recibe en energía eléctrica. Aproximadamente, su vida útil funcionando al máximo rendimiento es de unos treinta años.

Está constituida por materiales semiconductores (principalmente silicio), formando una unión PN. La capa superior de la célula expuesta a la radiación solar es la capa N, mientras que la capa inferior situada en la zona de oscuridad es la capa P. La célula fotovoltaica absorbe fotones de luz y emite electrones.

Para un valor de irradiancia solar de 1000 W/m^2 una célula fotovoltaica genera una tensión de circuito abierto de unos 0,6 V aproximadamente y una intensidad en cortocircuito que depende de su área de exposición a la radiación solar. En general,

para un área de exposición de unos 100 cm² la intensidad suele ser de unos 3 A. (p. 56)

Influencia de la radiación sobre célula fotovoltaica

Los cambios en flujos de irradiación afectan la intensidad en corto circuito de una célula fotovoltaica. De acuerdo con Mateo (2015):

Las condiciones estándar de medida establecen una irradiancia solar de 1000 W/m². Sin embargo, durante su funcionamiento normal, la radiación incidente sobre la célula es variable a lo largo de un día, así como entre los diversos días del año.

El efecto de la irradiancia solar sobre la tensión eléctrica de circuito abierto de una célula fotovoltaica tiene mucho menos peso que sobre la intensidad en cortocircuito. El valor de la intensidad en cortocircuito ($I_{SC, G}$) para una temperatura de trabajo de la célula de 25° C es proporcional a la irradiancia solar recibida de acuerdo con la siguiente expresión:

$$I_{SC, G} = I_{SC, STC} * \frac{G}{G_{STC}}$$

Donde:

- $I_{SC, G}$ es la intensidad en cortocircuito para una irradiancia solar G, en A.
- $I_{SC, STC}$ es la intensidad en cortocircuito en condiciones estándar de medida, en A.
- G es la irradiancia solar recibida por la célula, en W/m².
- G_{STC} es la irradiancia solar en condiciones estándar de medida, en W/m².

(p. 62)

Paneles Solares

SFE Solar (2015), indica lo siguiente para paneles solares:

Un panel solar es un dispositivo para aprovechar la energía solar. También se le puede llamar módulo solar. Se puede utilizar la denominación de panel solar tanto para

la energía solar fotovoltaica como para la energía solar térmica. De este modo, un panel solar comprende los colectores solares y los paneles fotovoltaicos.

Colectores solares

Los colectores solares son utilizados en instalaciones de energía solar térmica, se aprovecha el calor del Sol principalmente para calentar agua caliente sanitaria o para calefacción, básicamente. Lo que se llama agua caliente sanitaria.

Este tipo de panel solar funciona haciendo circular un fluido dentro de él que capta la energía calorífica proveniente del sol. Este fluido, posteriormente calentará el agua de otro circuito que es con la que nos ducharemos o que utilizaremos para el circuito de calefacción.

Paneles fotovoltaicos

En el caso de los paneles fotovoltaicos se utilizan para instalaciones fotovoltaicas en que se aprovecha la radiación del Sol para generar energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.

Se trata de paneles solares compuestos generalmente por silicio que aprovechan la energía de los fotones presentes en la luz para hacer saltar un electrón del silicio. Mediante la suma de varios de estos electrones se genera una corriente eléctrica.

Los paneles fotovoltaicos generan electricidad en forma de corriente continua. Si la instalación lo requiere, pueden ir acompañados de convertidores de corriente para obtener corriente alterna.

Los materiales para celdas solares suelen ser silicio cristalino o arseniuro de galio. Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes normalizados, más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor costo.

Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 A a 0,5 V (equivalente a un promedio de 90 W/m², en un campo de normalmente 50-150 W/m², dependiendo del brillo solar y de la eficiencia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

Características eléctricas de los paneles solares

Las características eléctricas de los paneles solares se pueden encontrar usualmente en la ficha eléctrica del panel. Estos son parámetros que clasifican el panel eléctricamente. *Características eléctricas de los paneles solares* (2016) establece que:

Diferentes parámetros que vienen dados en la ficha técnica:

- Intensidad de cortocircuito (I_{cc} o I_{sc}): es aquella que se produce a tensión 0 voltios, por lo que puede ser medida directamente en bornes mediante un amperímetro. Su valor variará en función de las condiciones atmosféricas de medida.
- Tensión de circuito abierto (V_{ca} o V_{oc}): es la tensión máxima del panel, se puede medir al no tener ninguna carga conectada, directamente con un voltímetro, su valor variará en función de las condiciones atmosféricas.
- Potencia máxima (P_{max}), medida en vatios pico (W_p): es la potencia máxima que puede suministrar el panel, es el punto donde el producto intensidad y tensión es máxima, bajo unas condiciones estándar de medida.
- Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mp}): es la corriente producida cuando la potencia es máxima, bajo unas condiciones estándar de medida.
- Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{mp}): es la tensión producida cuando la potencia es máxima, bajo unas condiciones estándar de medida.
- Eficiencia (%): este parámetro nos define la eficiencia de conversión (η), la cantidad de potencia radiación incidente sobre el panel que es capaz de convertirse en potencia eléctrica.
- Rendimiento o eficiencia (W_p / W_r): donde W_r es la potencia de radiación incidente sobre el panel solar.

- Tolerancia (%): en el proceso de fabricación no todos los paneles solares son idénticos, presentan una pequeña dispersión. En general, los fabricantes garantizan que la potencia del módulo P* está dentro de una banda; 63%, 65, 0+3%. También lo ideal es buscar paneles con tolerancias sólo positivas, así el fabricante nos garantiza cómo mínimo la potencia del panel declarada en la ficha de características.
- TONC (°C), temperatura nominal de operación de la célula: es la temperatura que alcanzan las células cuando se le somete a una irradiancia de 800W/m², temperatura ambiente de 20 °C, una velocidad del viento de 1 m/s y una distribución espectral AM 1,5.

Tipos de paneles fotovoltaicos

Los diferentes tipos de paneles son clasificados por sus diferentes tipos de células fotovoltaicas. SFE Solar Logistic SL (2017) concluye:

Con base en lo dicho, las cosas no han cambiado demasiado en los últimos 10-15 años, estamos en 2017 y sigue habiendo tres tecnologías que destacan sobre el resto y que son las que se instalan en el 90% de los sistemas fotovoltaicos actuales. Hablamos de los módulos solares monocristalinas, policristalinas y amorfas.

#1 – Paneles monocristalinos: Como su propio nombre dice, las placas solares monocristalinas están compuestas por células monocristalinas. Son ese tipo de célula que, a simple vista, podemos diferenciar por su color “negro” y con las esquinas recortadas con un chaflán (resultado del corte de la célula).

El modo más común de fabricación de células de silicio monocristalino (sc-Si) consiste en partir de un lingote de un único cristal de silicio, obtenido por los métodos de Czochralski (Cz) o zona flotante (FZ), y cortarlo en obleas que constituyen el sustrato sobre el que tendrá lugar todo el proceso restante (unión “p-n”, metalización, etc.). Además de esto, los paneles solares monocristalinos son los que mayor eficiencia tienen de entre todos los disponibles en el sector.

#2 – Módulos policristalinos: Al igual que comentamos con los modelos monocristalinos, los paneles solares policristalinos están compuestos, en este caso,

por células policristalinas. Podemos diferenciarlos por su color “azulado” y no poseen el chaflán en las esquinas como los monocristalinos.

Las células de silicio policristalino (mc-Si) también utilizan obleas de silicio como sustrato, pero a diferencia de las monocristalinas, estas proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente en un crisol y que está formado por muchos pequeños cristales de silicio. Este tipo de elaboración es menos costoso que el anterior, pero reduce considerablemente la eficiencia de las células.

Los avances más recientes, como cortadoras de obleas con diamante utilizadas por fabricantes como SolarWorld, han supuesto una mejora en la eficiencia de utilización del silicio (se desperdicia menos cantidad de material) y permiten obtener obleas de menos 200 micras de espesor, aunque este espesor está cerca de su límite físico, pues debemos tener en cuenta que la célula debe ser lo suficientemente resistente para no romperse en su posterior manipulación para la fabricación del panel.

Además de esto, se han logrado mejorar las pérdidas por reflexión y una mejor captación de la luz en el interior de la célula mediante técnicas de texturizado y tratados antirreflectantes.

[...] Se han practicado sobre la célula una serie de microperforaciones en forma de pirámide invertida que lo que hacen es ayudar a mejorar la captación de la luz solar de la célula y, en consecuencia, del panel solar.

[...] La parrilla conductora que forma el contacto frontal de la célula suele consistir en una serie de “dedos” que están en contacto directo con el semiconductor y que se conectan entre sí mediante unas tiras metálicas (lo que suele llamarse *Bus Bar*). El diseño de estos “dedos” y los *Bus Bar* que cubren la célula afecta a la eficiencia de dos maneras:

Por un lado, implica un sombreado que impide que parte de la radiación disponible alcance el interior de la célula y, por otro lado, introduce una resistencia, debida a la unión metal-semiconductor y a la propia resistencia del material empleado. En este sentido, se ha evolucionado desde la técnica convencional del

serigrafiado hasta la de contacto enterrado mediante láser, consiguiendo mejorar en un 25% la eficiencia de la célula, sin apenas elevar su coste de fabricación.

Tanto las células mono como policristalinas descritas tienen unas características eléctricas aproximadas de 0,5 voltios en circuito abierto (Voc) y unos 3 amperios en cortocircuito (la intensidad es directamente proporcional al área de la célula).

Como es lógico, una vez obtenidas las células, se ensamblan y pasan un proceso de producción hasta dar lugar a lo que acabamos viendo en nuestra instalación fotovoltaica, que son los paneles solares monocristalinos o policristalinos, según el tipo de célula.

#3 – Paneles silicio amorfo (capa fina): Aunque los tipos de paneles más habituales son los descritos, mono y policristalinos, no debemos olvidar también las placas solares de silicio amorfo, o llamadas también de “capa fina”. El funcionamiento de una célula solar de capa fina de silicio amorfo es el mismo que las cristalinas, pero su elaboración es muy diferente. Los aspectos característicos de esta tecnología son:

- Proceso de fabricación sencillo y de fácil automatización.
- Necesidad de poco material activo y reducción del gasto energético y del coste.
- Facilidad para realizar módulos flexibles y con óptima eficiencia cuántica en un amplio rango del espectro.

Las células de silicio amorfo han sido las primeras células de capa fina que se comenzaron a comercializar; sin embargo, debido a la bajada de precios experimentado por los paneles solares cristalinos, han ido perdiendo posiciones en el mercado y actualmente su implantación es muy reducida.

La tecnología del silicio amorfo a-Si tiene una eficiencia considerablemente menor que las basadas en silicio cristalino, debido principalmente a la mala calidad del silicio utilizado, cuya estructura interna dificulta la recolección de los portadores fotogenerados. Sin embargo, son especialmente adecuadas para uso en interiores, en atmósferas con mucho polvo, etc.

Estos son, a grandes rasgos, los tipos de paneles solares que podemos encontrar actualmente en el mercado solar fotovoltaico. Hay más tipos de paneles, e incluso variaciones en las tecnologías descritas, como serían las Mono PERC o la HIT de

Panasonic Sanyo, ambas de mayor eficiencia que el resto; sin embargo, hemos preferido dejarlas para futuros artículos.

Componentes de un sistema de autoconsumo fotovoltaico

Un sistema de autoconsumo fotovoltaico de conexión a red está formado por el conjunto de paneles fotovoltaicos y por un inversor.

Aparte de estos, los sistemas de autoconsumo pueden incorporar otros componentes, como los descritos a continuación:

- Una estructura para la sustentación de las placas fotovoltaicas.
- Baterías o acumuladores para almacenar la energía. Estos son necesarios en el caso de sistema de autoconsumo aislado, no en los de conexión a red.
- Inversores o microinversores de corriente continua de baterías a corriente alterna.
- Cargadores de baterías.
- Reguladores para controlar y gestionar las baterías. Son dispositivos que controlan constantemente el estado de carga de las baterías con la finalidad de alargar su vida útil y de protegerlas frente a sobrecargas y sobredescargas. Estos reguladores cuentan con microcontroladores que permiten gestionar los sistemas fotovoltaicos.
- Accesorios para monitorizar el comportamiento del sistema. Permiten controlar los parámetros más importantes de las instalaciones fotovoltaicas.

Diferencias entre el inversor y microinversor

Conocer las diferencias, como las capacidades de control, las conexiones y las ventajas en general, entre estos dos dispositivos, ayudará a determinar la aplicación especial para cada uno de estos. En Volt Ingeniería se menciona:

Microinversor

1. Tiene capacidad para controlar 1, 2 o 4 paneles fotovoltaicos dependiendo de la marca.
2. Se puede conectar una cantidad ilimitada de microinversor.
3. El sistema se vuelve totalmente modular, se pueden instalar 1, 2 o 3 y dejarse preparados para crecer en el futuro.
4. La gran ventaja de un microinversor sobre un inversor central es que el sistema no se ve afectado por las sombras. Es decir, si un panel es afectado por una sombra, los demás paneles siguen trabajando al 100%. Si un panel está dañado, todos los demás siguen trabajando. Se va a obtener el máximo de potencia de cada uno de los paneles. Al tener sistema de monitoreo se obtiene información de cada uno de los paneles fotovoltaicos, se puede detectar una falla fácilmente.
5. Se recomienda instalar equipos en proyectos de hasta 20 paneles fotoeléctricos, ya que es el máximo en donde los microinversores son competitivos en precio. Se pueden instalar más, pero el precio se eleva considerablemente.
6. Las garantías de los equipos van de 20 a 30 años.

Inversor central

1. Tiene capacidad para controlar cualquier cantidad de celdas solares dependiendo de la marca y la capacidad deseada.
2. Su potencia está limitada a cierta cantidad de placas solares; en caso de querer aumentar la potencia, se necesita tener otro inversor, aun cuando solo se quieran instalar 1, 2 o 3 paneles. La inversión en comprar otro inversor es bastante alta.
3. El sistema se vuelve de capacidad limitada. Se puede considerar espacio para crecer en el futuro, si no se hace en el futuro, es complicado poder crecer.

4. La gran desventaja de un inversor es que, si un solo panel es afectado por la sombra, el sistema estará trabajando con el panel que le suministre la menor potencia. Si un panel está dañado o está suministrando menor potencia, todo el sistema trabajará al mínimo. Al monitorearse, se puede obtener información del sistema completo y cualquier falla es difícil de detectar.
5. Las garantías de los equipos van de 10 a 15 años.

Estructuras para los paneles solares

Esta corresponde al soporte que se coloca antes de instalar las celdas fotovoltaicas. Existen múltiples tipos por considerar y, dentro de estas, se debe tomar en cuenta las condiciones geográficas y climáticas en las que se van a instalar. Saclima Solar Fotovoltaica (2016) indica, al respecto:

Estructuras solares

Dentro del mundo de las estructuras solares, debemos saber que no todas las superficies son iguales (inclinadas, planas), no todas están situadas en el mismo tipo de terreno ni estarán bajo las mismas condiciones climáticas, entre otras condiciones que influyen en su montaje y componentes. Por ello, disponemos de un amplio número de estructuras para diferentes tipos de instalación.

Tipos de estructuras

Estructuras individuales

Las estructuras individuales están dirigidas a terrazas o tejados planos en los que se necesita colocar módulos en posición horizontal y la cantidad de paneles no es muy grande.

Estructuras con triángulo inclinado

Aunque también estén destinadas a terrazas o tejados planos, en las estructuras con triángulo inclinado los módulos se colocan en posición vertical y son más económicas cuando la cantidad de paneles necesarios es mayor.

Estructura coplanar

Las estructuras coplanares se utilizan en tejados inclinados y ofrecen soluciones como los salva-tejas y espárragos de doble rosca, que facilitan el montaje y su seguridad, a la vez que disminuyen el impacto visual.

Orientación e inclinación de las placas solares

Para conseguir la mejor captación de luz y sacar el máximo rendimiento de los paneles solares es importante que se encuentren bien orientados y con el grado de inclinación más adecuado a la temporada de uso de la instalación fotovoltaica.

La inclinación de los paneles solares

Para determinar la inclinación de los paneles fotovoltaicos, en primer lugar es necesario conocer en qué época del año va a haber más consumo eléctrico. No siempre el mayor consumo tendrá relación con la temporada con menos horas de sol. Por ejemplo, puede darse el caso de que en verano se deba conectar la depuradora de la piscina, además de que los frigoríficos y congeladores van a necesitar trabajar más tiempo. En este caso concreto, se deberán colocar las placas solares en un grado de inclinación que optimice el rendimiento los meses de verano. Si bien, a priori, sin el conocimiento de los consumos, se hubiese partido de la inclinación de invierno al tratarse de una instalación de uso diario todo el año.

En el caso de que los consumos sean estables durante todo el año o bien más acentuados en los periodos invernales, se deberá utilizar la inclinación más adecuada para el mes de diciembre. Diciembre es el mes en el cual la circunferencia del sol en el cielo es más pequeña ya que este se encuentra a mayor cercanía de nosotros. Esto

significa un menor número de horas de sol al cabo del día. Además durante esta época del año el sol incide de forma indirecta no perpendicular a diferencia del verano.

El grado de inclinación recomendada para invierno corresponderá con la latitud del lugar más 18 grados. Así pues, en la ciudad de Valencia cuya latitud es de 39 grados, en invierno se deberán colocar los paneles a una inclinación de 57 grados. Mientras que para uso de la instalación en las temporadas de verano se deberá inclinar a un ángulo igual a la latitud del lugar menos 18 grados. Partiendo del ejemplo anterior de Valencia, en verano los grados de inclinación óptimos en este caso serían de 21 grados.

La siguiente fórmula expresa la inclinación óptima anual para conseguir la mayor radiación solar anual posible sobre un captador solar estático. Está basada en el análisis estadístico de la radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones y situadas en lugares de diferentes latitudes, por lo que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar.

$\beta = |\phi| + 10^\circ$ donde β es ángulo óptimo en grados y ϕ es la latitud positiva en grados

La orientación de los paneles solares

La orientación más adecuada será colocando los módulos hacia el sur geográfico. Para determinar de forma exacta esta posición se puede utilizar una brújula o bien determinarla según la hora del día, ya que el sur corresponde con las 12 del mediodía hora solar. No hay que confundir la hora solar con la hora oficial, la cual se utilizan en los diferentes países y que se basan en los meridianos. Las doce del mediodía hora solar en España se corresponde con las 13:00 horas. Mientras que de abril a septiembre con el cambio de hora, la diferencia será mayor y corresponderá con las 14:00 horas.

También hay que evitar siempre que edificios o árboles de la zona hagan sombras encima de los paneles a lo largo del día. Antes de colocar los paneles se debe tener en cuenta este hecho para no tener sorpresas a posteriori. La mejor época para ver si hay sombras será en invierno ya que las sombras serán más alargadas que en verano a causa de la poca altura del sol. Así pues si en invierno no hay sombras no deberá haberlas tampoco durante el resto del año.

En zonas de montaña donde sean frecuentes las nevadas será importante aprovechar las fuertes pendientes del tejado que beneficiarán por un lado, por su ángulo de inclinación propicio para invierno, y por el otro lado, por que permitirán que caiga la nieve y que no se acumule encima de los paneles solares. Hay que remarcar también que en algunas viviendas y casas de campo por motivos estéticos se prefiera colocar los paneles con la misma inclinación que el tejado.

Cálculos para sistemas fotovoltaicos

En la siguiente sección, se incluyen varias fórmulas para los cálculos de energía en sistemas fotovoltaicos.

Energía generada por un panel solar

Conociendo la cantidad de horas solares pico (HSP), se es capaz de calcular cuánta energía es capaz de generar un panel fotovoltaico en el plazo de un día. SFE Solar Logistic SL (2015) determina las siguientes fórmulas:

Así pues, para **calcular la energía generada por un panel solar** durante un día (E_{panel}), se debe usar la siguiente ecuación:

$$E_{\text{panel}} = I_{\text{panel}} * V_{\text{panel}} * \text{HSP} * 0.9 \text{ [Whd]} \quad (1)$$

Siendo, I_{panel} y V_{panel} la corriente máxima y tensión máximas del panel, HSP son las horas sol pico, y 0,9 sería el coeficiente del rendimiento del panel (típicamente, 85-90% al descontar ya las pérdidas). La energía resultante estaría expresada en Whd.

Esa sería la energía generada por un solo módulo solar, pero si lo que queremos es saber **cuánta energía va a generar una instalación solar con varias placas solares**, simplemente habría que aplicar la fórmula siguiente:

$$E_{\text{generador-fotovoltaico}} = I_{\text{generador-fotovoltaico}} * V_{\text{generador-fotovoltaico}} * HSP * 0.9 \quad (2)$$

La corriente, en este caso, sería la máxima resultante de la asociación de los módulos fotovoltaicos conectados en paralelo de cada rama (*string*), y la tensión sería la resultante de la suma de tensiones de cada rama (*string*) conectados en serie.

Número de paneles

$$\text{Número de paneles} = \frac{E}{0.9 * W_p * HSP} \quad (3)$$

Donde:

E = Consumo energético por día, expresado en Watts por hora al día (Wh/día)

W_P = Potencia pico del panel, expresado en Watts (W)

HSP = Horas solares pico

0.9 = Coeficiente de rendimiento del panel que contempla un 10% de pérdidas (Regalado Bobadilla y Quispe Chanampa, 2015, p. 8)

Potencia generada por paneles solares

Esta fórmula corresponde a la potencia generada por los paneles solares utilizando el parámetro de horas solar pico de cada mes. Miguel Alonso Abella (2005) afirma:

$$P_{\text{Generada-Paneles}} = \frac{\text{Consumo total (kWh)}}{\sum(\#días * HSP/mes)} \quad (4)$$

Conexión paneles solares: en paralelo, en serie, y conexión en serie y paralelo

La conexión en paralelo se utilizará siempre en las *placas solares de 12V* y 36 células de 130W y 140W, y con las placas de 24V y 72 células como por ejemplo los paneles de 180W y 190W.

La conexión en serie se realiza en paneles solares con potencias entre los 200W y los 260W, compuestos por 60 células y para uso en instalaciones solares de 24V o 48V. Mediante la conexión en serie se conectan directamente las placas solares entre sí, conectando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel.

La conexión mixta en serie y paralelo se suele utilizar habitualmente en instalaciones solares donde se conecten 5 o más placas solares de 60 células y potencia superior a 200W, ya que permite obtener un voltaje no demasiado alto y a su vez, multiplicar el amperaje total de la instalación. De esta forma, gracias a esta conexión se aumenta tanto el voltaje como la intensidad, la cual posteriormente el regulador MPPT adaptará a las características de las baterías.

Autoconsumo fotovoltaico

El funcionamiento de las instalaciones de autoconsumo fotovoltaico se podría resumir como: *“un sistema de generación de energía eléctrica a partir de energía solar para ahorro energético”*. Para desarrollar más en detalle el funcionamiento de este tipo de instalaciones, el presente artículo pretende dar la información básica de generación de energía para autoconsumo y ahorro con el uso de placas fotovoltaicas.

Primeramente se deben distinguir dos tipos de instalación fotovoltaica de autoconsumo:

- A) Instalaciones conectadas a la red eléctrica
- B) Instalaciones aisladas de la red eléctrica (uso de baterías)

En este caso, se hablará únicamente del tipo A, pues el tipo B es un tipo de sistema con baterías que no es objeto de este artículo. El principio de funcionamiento de

una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a la red consiste en la colocación, en el tejado u otra superficie disponible, de placas solares. Estas placas solares irán conectadas a su vez a un inversor fotovoltaico que convierte la corriente continua, generada por las placas, en corriente alterna que es la que se necesita para alimentar a los equipos eléctricos (electrodomésticos, motores,...) habituales, para ello es necesario que siempre haya red eléctrica. Eso es, a grandes rasgos, y de un modo resumido en qué consiste un kit de placas solares para autoconsumo solar.

Básicamente una instalación de autoconsumo solar consta de unas placas solares, cableado, un inversor fotovoltaico y un dispositivo de inyección cero (opcional). Los paneles solares son los encargados de generar la energía eléctrica a partir de la radiación solar que incide sobre ellas, el inversor convierte esa energía eléctrica de continua a alterna para hacerla apta para el consumo de los equipos eléctricos y el cableado, lógicamente, conecta los equipos fotovoltaicos. El dispositivo de inyección cero es opcional, y tiene como finalidad evitar verter energía en la red eléctrica.

¿Dónde se conecta el sistema de autoconsumo para poder usarlo?

Fundamentalmente, y sin entrar en especificaciones eléctricas que sería trabajo de un instalador eléctrico, la salida del inversor irá conectada a la entrada ICP de la vivienda y en función de la demanda de energía que tenga la casa, se tomará la energía de la instalación fotovoltaica y de la red, por este orden. Es decir, por ser la instalación de autoconsumo el sistema de generación eléctrico más próximo al consumo, la vivienda tomará siempre primero energía de esa fuente más próxima, y de necesitar más la tomará de la red, esto nunca supondrá cortes eléctricos, es decir, las dos generaciones van en paralelo. Es un principio fundamental de electricidad.

Generación distribuida

La generación distribuida tiene como objetivo complacer suficiencias energéticas del productor o del productor-generador. ACESOLAR (s.f.) la define así:

La generación distribuida para autoconsumo significa que no sólo las distribuidoras eléctricas generan la electricidad consumida en Costa Rica, sino que los abonados del país también pueden generar su propia energía en el mismo lugar donde la consumen. Este tipo de generación busca satisfacer las necesidades energéticas parcial o totalmente del productor-generador.

Generación distribuida interconectada a la red. En estos casos, el productor-consumidor instala su sistema de generación pero, a la vez, mantiene la conexión a la red pública de la distribuidora eléctrica donde se ubica. Este tipo de generación distribuida con interconexión funciona de manera que, en periodos de generación de electricidad, donde no hay consumo o hay menor consumo que el generado por parte del usuario (e.g. al mediodía), el excedente de electricidad producido sea inyectado a la red eléctrica. Luego, en períodos donde no hay generación (e.g. de noche), pero sí consumo, el cliente toma la electricidad de la red eléctrica pública. Al final de cada periodo de facturación se hace un balance entre la electricidad inyectada a la red y aquella consumida de la red.

Generación distribuida interconectada a la red

En estos casos, el productor-consumidor instala su sistema de generación, pero a la vez mantiene la conexión a la red pública de la distribuidora eléctrica donde se ubica. Este tipo de generación distribuida con interconexión funciona de manera que en periodos de generación de electricidad donde no hay consumo o hay menor consumo que el generado por parte del usuario (e.g. al mediodía), el excedente de electricidad producido sea inyectado a la red eléctrica. Luego, en periodos donde no hay generación (e.g. de noche), pero sí consumo, el cliente toma la electricidad de la red eléctrica pública. Al final de cada periodo de facturación se

hace un balance entre la electricidad inyectada a la red y aquella consumida de la red.

Generación distribuida aislada

La generación distribuida aislada se da en casos que la extensión de red resulte inviable económica, ambiental o socialmente. Se utiliza por lo general en zonas muy remotas, donde la generación FV debe de ser complementada por un sistema de baterías para el almacenamiento, y en algunos casos por otras fuentes de generación, e.g. generadores diésel, turbinas eólicas, entre otros. Los sistemas aislados pueden ser individuales, para alimentar el consumo de solo una casa o edificio; o también pueden ser microrredes, las cuales se caracterizan por brindar servicio a varios usuarios, donde la generación tendrá que ser mayor.

Reglamento de Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables

«Decreto Ejecutivo N° 39220-MINAE

Reglamento de Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables

Modelo de contratación: Medición neta sencilla

Con la entrega de un contrato tipo para el servicio de interconexión a las empresas distribuidoras por parte del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) el 15 de marzo pasado y la publicación de las tarifas de acceso establecidas por la Autoridad Reguladoras de los Servicios Públicos (ARESEP) el 21 de marzo, los usuarios del país ya pueden acceder a la generación distribuida para autoconsumo con el modelo de contratación de medición neta sencilla.

Por medio del Decreto Ejecutivo N° 39220-MINAE del 08 de octubre del 2015, “Reglamento de generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables modelo de contratación medición neta sencilla”, el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) regula la interconexión de sistemas de generación de electricidad de los abonados mediante el modelo de medición neta sencilla, de forma que su implementación contribuya con el modelo eléctrico del país, y se

asegure la prestación óptima del servicio de suministro eléctrico que se brinda a todos los abonados».

A continuación, se mencionan algunos artículos de interés: Del productor-consumidor

Artículo 13. —Productor-consumidor.

Toda persona física o jurídica que produce electricidad con fuentes renovables para ser aprovechada exclusivamente por ella, en el mismo sitio en donde se genera, con el único propósito de suplir parcial o totalmente sus necesidades de energía eléctrica.

Artículo 14. —Tipos de productor-consumidor. Existen dos tipos:

El productor-consumidor con un sistema de generación no interconectado a la red de distribución.

El productor-consumidor con un sistema de generación interconectado a la red de distribución.

Artículo 18. —El productor-consumidor con un sistema de generación interconectado a la red de distribución.

Es el abonado que instala y opera un sistema de generación distribuida para autoconsumo interconectado a la red de distribución eléctrica, por medio un contrato de interconexión.

Artículo 19. —Responsabilidades del productor-consumidor con un sistema de generación interconectado a la red de distribución.

Son responsabilidades del productor-consumidor interconectado:

Previo a instalar el sistema de generación distribuida para autoconsumo deberá obtener la autorización por parte de la empresa distribuidora para su instalación.

Instalar únicamente equipos que cumplan las especificaciones técnicas, constructivas y operativas contempladas en las normas técnicas.

El diseño del sistema de generación distribuida deberá estar firmado y sellado por un ingeniero colegiado y visado por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

Adecuar y mantener el sistema estructural y eléctrico de su inmueble, para los nuevos requerimientos del sistema de generación distribuida.

Diseñar, construir, operar y mantener el sistema de generación distribuida y sus instalaciones eléctricas de conformidad con las normas técnicas.

Cumplir en todos sus extremos el contrato de interconexión suscrito con la empresa distribuidora.

Cumplir con los procedimientos, requisitos, condiciones técnicas y cualquier otro requerimiento establecido por la empresa distribuidora.

Permitir el acceso del personal de la empresa distribuidora al área donde se ubique el sistema de generación distribuida.

Atender las consultas y recomendaciones que la empresa distribuidora le realice en cumplimiento con este reglamento y las normas técnicas.

Hacer una correcta disposición final de los residuos de los sistemas de generación y almacenamiento de la energía, en concordancia con la Ley N° 8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos y Reglamento, N° 37567-S MINAET-H, Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos. Disposiciones generales para el sistema de generación distribuida para autoconsumo.

Artículo 33. —Límite del sistema de generación interconectado a la red de distribución.

Será responsabilidad del abonado dimensionar la potencia eléctrica de su sistema de acuerdo con la proyección del comportamiento de su consumo. Para los casos que la empresa distribuidora identifique, los sistemas de generación distribuida deberán cumplir con las normas técnicas que definen los criterios de despacho del Centro Nacional de Control de Energía, según la potencia instalada.

Artículo 34. —Autorización para almacenamiento y retiro de energía.

El productor-consumidor podrá depositar en la red de distribución la energía no consumida, y tendrá derecho a retirar hasta un máximo del cuarenta y nueve por ciento (49%) de la energía total generada, para utilizarla en el mes o meses siguientes en un periodo anual. La energía total producida y la energía no

consumida serán contabilizadas de forma mensual por un período de un año dentro del proceso de facturación, siendo su fecha anual de corte un acuerdo de las partes dentro del contrato de interconexión. Se exceptúan de estas limitaciones, previa evaluación y autorización de la empresa distribuidora, los sistemas de generación distribuida que utilicen residuos agroindustriales o la fuerza hidráulica para la generación de electricidad.

Artículo 35. —Punto de interconexión común.

La medición de la energía intercambiada debe realizarse en un punto de interconexión común, para ello la empresa distribuidora emplearía los medidores de energía y demás dispositivos con la tecnología apropiada para dicho fin. El productor consumidor solo podrá suscribir un sistema por cada punto de interconexión establecido con la empresa distribuidora.

36. —Modalidad contractual.

Para la interconexión y operación de un sistema de generación distribuida se utilizará la modalidad contractual medición neta sencilla.

Artículo 37. —Medición neta sencilla.

Esta modalidad permite que se deposite en la red de distribución la energía no consumida en forma mensual, para hacer uso de ella durante un ciclo anual, en forma de consumo diferido.

Si el productor-consumidor consume más energía que la depositada en la red de distribución deberá pagar la diferencia de acuerdo a las tarifas establecidas por la ARESEP. La producción de energía deberá medirse en su totalidad y se contabilizará de acuerdo a lo estipulado en el contrato de interconexión.

Artículo 39. —Acceso a la red

El productor-consumidor deberá cancelar mensualmente a la empresa distribuidora, el costo de acceso a la red de distribución de acuerdo a la tarifa de la ARESEP.

Artículo 41. —Pagos de excedentes de energía.

No será sujeto a ninguna retribución económica, ni de intercambio, cualquier exceso de energía depositada superior a lo establecido en el artículo 34 de este Reglamento.

Artículo 42. —Tarifas.

La ARESEP será la responsable de establecer las tarifas de interconexión, acceso, cargos por potencia, actividades de gestión administrativa y técnica y cualquier otro cargo aplicable a la actividad regulada asociada a la generación distribuida para autoconsumo modalidad contractual medición neta sencilla.

Artículo 43. —Pruebas técnicas.

Aquellas que la empresa distribuidora considere necesarias para resguardar la confiabilidad y seguridad operativa de su red de distribución eléctrica, así como la continuidad y calidad del suministro eléctrico, de acuerdo a lo establecido en el contrato de interconexión.

Artículo 44. —Capacidad máxima de sistemas conectados a un circuito.

La capacidad máxima de todos los sistemas de generación conectados en un mismo circuito, incluyendo el sistema propuesto, no deberá exceder el quince por ciento (15%) de la demanda máxima anual del circuito. Se considera demanda máxima, como aquella medida a la salida de la subestación a la cual está conectado el circuito bajo condiciones de operación normal del mismo, no se considera la potencia asociada a los circuitos de respaldo.

Artículo 45. —Derechos sobre la red de distribución eléctrica.

La actividad de generación distribuida no otorga derecho alguno al productor-consumidor sobre la red de distribución eléctrica.

Artículo 46. —Sanción.

Si el productor-consumidor afecta de cualquier forma a la red de distribución, asumirá los daños y perjuicios ocasionados, mediante el pago de los

mismos a la empresa distribuidora, y le serán aplicables las sanciones vigentes establecidas en las disposiciones legales y reglamentarias para la actividad de generación eléctrica.

Artículo 47. —Reforma.

Refórmese el Reglamento de Concesiones para el Servicio Público de Suministro de Energía Eléctrica Decreto Ejecutivo N° 30065-MINAE, del 15 de enero de 2002, adicionando un inciso 37) al artículo 1° y modificando el artículo 28, para que en adelante se lean: “Artículo 1°—Para los efectos de aplicación del presente reglamento, se entenderá por: 37. Generación distribuida para autoconsumo: la alternativa para que los abonados generen electricidad mediante fuentes renovables con el propósito de satisfacer sus necesidades, funcionando en paralelo con la red de distribución eléctrica, bajo el concepto de depósito y devolución de energía.”

“Artículo 28. —El presente capítulo establece los requisitos y procedimientos que regularán el otorgamiento de concesiones del servicio público de distribución y comercialización de energía eléctrica. En toda concesión se establecerán los derechos y obligaciones del concesionario. Las actividades de distribución y comercialización, solo podrán ser prestadas por las empresas distribuidoras debidamente autorizadas y no podrán ejercerse en forma separada. Las empresas distribuidoras podrán brindar el servicio de interconexión para la actividad de generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables utilizando el modelo contractual de medición neta sencilla, de forma que su implementación contribuya con el modelo eléctrico del país, y se asegure la prestación óptima del servicio de suministro eléctrico que se brinda a todos los abonados.”

Artículo 48. —Adición.

Adiciónese un artículo 40 al Reglamento de Concesiones para el Servicio Público de Suministro de Energía Eléctrica, Decreto Ejecutivo N° 30065-MINAE, del 15 de enero de 2002, y córrase la numeración pasando el actual artículo 40 a ser el 41. Artículo 40 que se leerá de la siguiente manera: “Artículo 40. —La ARESEP será la responsable de emitir las normas técnicas, tarifas y cualquiera otra

disposición necesaria aplicable a la actividad regulada asociada a la generación distribuida para autoconsumo modalidad contractual medición neta sencilla”

Lámpara LED

Un LED (Lighting Emitting Diode) es un diodo semiconductor capaz de emitir luz. Desde hace muchos años se ha venido usando en diversos dispositivos, sobre todo en botones para indicar estados como por ejemplo en los botones de grabación de un DVD o para según el color indicar si el aparato está encendido (verde) o apagado (rojo).

El primer LED se desarrolló en 1927 por Oleg Vladimírovich Lósev pero no fue hasta los sesenta cuando comenzó a usarse en la industria. Desde entonces los avances se han sucedido y desde los primeros LEDs que sólo se podían construir en color rojo, verde o amarillo y con una intensidad de luz baja hemos pasado a nuevos que pueden ofrecer una luz blanca y suficiente para iluminar una habitación.

El funcionamiento físico del LED

El funcionamiento de un LED consiste en que un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia, pierde energía la cual se manifiesta en forma de fotón (partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas) desprendido, con una amplitud, dirección y fase aleatoria.

¿Y los colores? La luz de LED es monocromática y depende del material utilizada en el semiconductor. Según este, se consigue que la luz emitida sea roja, azul, ultravioleta,... Para conseguir diferentes tonos de color, teniendo en cuenta ese detalle de ser luz monocromática, lo que se hace es recurrir la combinación entre ellos y el uso de diferentes intensidades.

De esta forma para conseguir luz blanca se puede mezclar la luz de tres LEDs, uno azul, otro rojo y por último verde. Que con ni más ni menos que los colores que forma el espacio de color RGB. En cuanto a la cantidad de luz, depende de la intensidad de la

corriente eléctrica aunque aquí hay varios puntos a considerar de los que se hablará más tarde.

Ventajas de las bombillas LED

Las ventajas se utilizan para determinar por qué una luminaria LED es superior en comparación con otras tecnologías de bombillas, Penalva (2018), indica que:

La tecnología LED supone un aumento significativo de la vida útil de una bombilla, situándose de media en modelos de calidad por encima de las 40.000 horas. Hay que tener en cuenta también que, dependiendo del uso que le demos, la calidad y estabilidad de nuestra instalación o su situación (si está empotrada o no, con mejor o peor disipación), por cuestiones de calor excesivo podría reducir la vida útil marcada por el fabricante, que siempre es en condiciones ideales.

Otras ventajas de usar luces LED tiene que ver con que su encendido es instantáneo, hay más opciones para elegir por temperatura de color, pueden ser regulables y también se consideran menos contaminantes, presumiendo especialmente de no contener nada de mercurio, que es una de las desventajas de las bombillas de bajo consumo de tipo fluorescente.

A nivel de diseño, elegir la tecnología LED permite a las compañías una fabricación más diferencial de las bombillas, adaptando formatos que tanto con las clásicas, como con las de bajo consumo no resulta tan sencillo conseguir.

Comparación entre luces LED, Incandescentes y Fluorescentes

En un estudio del Departamento Estadounidense de Energía (DOE) que se realizó en agosto de 2012, se evaluó el ciclo de vida y los impactos ambientales que tienen los productos de iluminación LED, los focos fluorescentes, y los incandescentes. Los resultados no fueron sorprendentes. Los LED llegaron a la cima.

El estudio se dividió en tres partes de la energía necesaria para el uso de la lámpara, la fabricación, el transporte y la eliminación. Puesto que el lumen y la vida útil de cada tipo de lámpara no son equivalentes, fue necesario que en el estudio se midiera el uso de la

energía de la lámpara con una “unidad funcional” de lumen de 20 millones de horas de luz, la cual es la vida útil estimada de una sola lámpara LED de 12.5 W (60 W incandescente). Una incandescente o lámpara fluorescente proporcionan menos servicio de iluminación que el valor de la unidad funcional, así que para hacer una comparación más exacta, las estimaciones de energía de ciclo de vida se multiplicaron por el número de lámparas necesarias para alcanzar esta equivalencia.

Según el análisis, la fase de “uso” de las lámparas incandescente, fluorescente, y LED es la parte que consume más energía y que representa aproximadamente un 90% del consumo energético del ciclo de vida de la lámpara. Después le siguen las fases de fabricación y transporte, respectivamente — con la energía utilizada en el transporte que representa menos del 1% del consumo de energía del ciclo de vida para todos los tipos de lámpara.

La incertidumbre con la evaluación del ciclo de vida del LED se centra en la fabricación del paquete LED. Bajas estimaciones indican que el paquete de LED contribuye a 0.10% del uso de la energía del ciclo de vida, mientras que las estimaciones altas muestran que podría llegar hasta el 27%. El promedio indica que la fabricación del paquete LED consume probablemente alrededor del 6.6% del ciclo de vida de la energía total consumida.

El análisis concluyó que los reemplazos de LED y lámparas fluorescentes consumen lo mismo en su ciclo de vida, lo que en gran medida las diferencia es el aspecto de la fabricación. Durante toda su vida, las lámparas LEDs y fluorescentes consumen 3.890 y 3.950 megajoules (MJ) por 20 millones de horas luz, en comparación con el consumo de energía de una lámpara incandescente en 15.100 MJ por unidad funcional. La energía utilizada para la fabricación puede ser de cuatro (fluorescentes) a ocho tiempos (LED) tanto como una incandescente.

En 2015, las lámparas LED cumplían metas de desempeño, su consumo de energía en su ciclo de vida se esperaba que disminuya aproximadamente un 50 %, lo que le daría una gran eficiencia en comparación con las fluorescentes y las incandescentes. Se espera que mejoren los actuales métodos de fabricación y los procedimientos al reducir el uso de la energía industrial, pero la ganancia más grande probablemente sea debido a un aumento

en la eficiencia de la lámpara LED, dando por resultado menos vatios necesarios para proporcionar la misma cantidad de lúmenes.

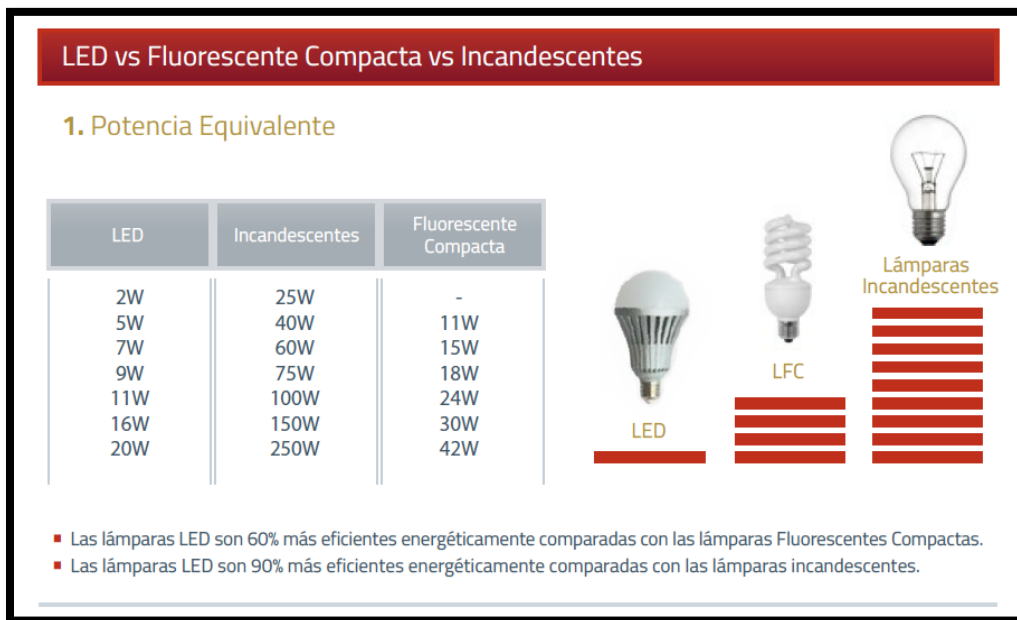


Figura 1. Comparativa #1 LED vs Incandescente vs Fluorescente

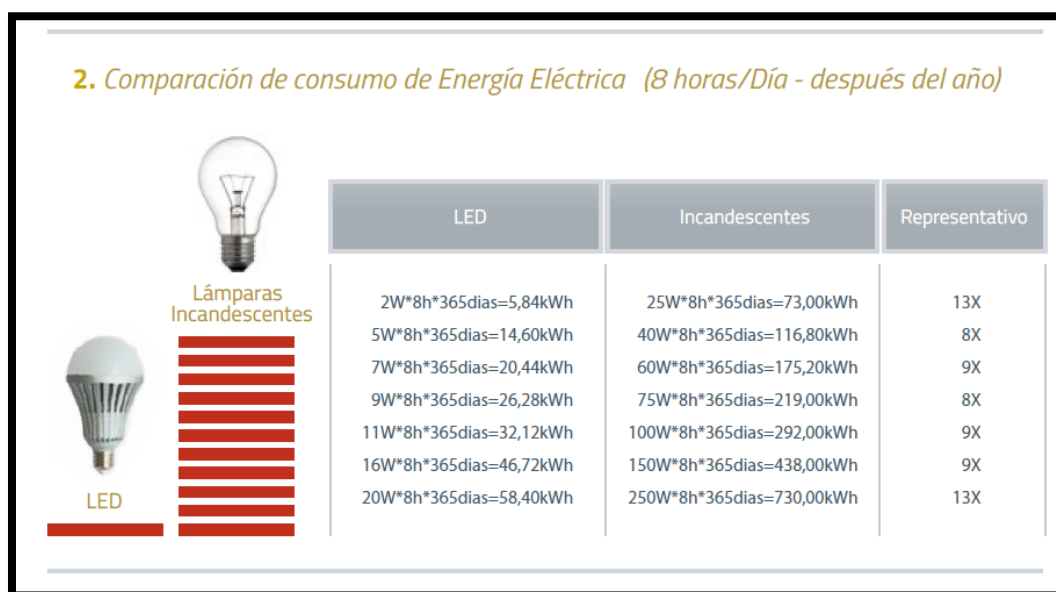


Figura 2. Comparativa #2 LED vs Incandescente vs Fluorescente







	LED	Fluorescente Compacta	Representativo
	2W*8h*365dias=5,84kWh	-	-
	5W*8h*365dias=14,60kWh	11W*8h*365dias=32,12kWh	2X
	7W*8h*365dias=20,44kWh	15W*8h*365dias=43,80kWh	2X
	9W*8h*365dias=26,28kWh	18W*8h*365dias=52,56kWh	2X
	11W*8h*365dias=32,12kWh	24W*8h*365dias=70,08kWh	2X
	16W*8h*365dias=46,72kWh	30W*8h*365dias=87,60kWh	2X
	20W*8h*365dias=58,40kWh	42W*8h*365dias=122,64kWh	2X

Figura 3. Comparativa #3 LED vs Incandescente vs Fluorescente

3. Comparación del ciclo de vida

LED	Lámpara Incandescente	Lámpara Fluorescente Compacta
50.000 horas 1 Lámparas LED	1.000 horas 50 Lámparas Incandescentes	8.000 horas 6 Fluorescentes Compacta

1X  = 50X 

1X  = 6X 

- Las lámparas LED son más eficientes energéticamente, ecológicamente correctas, y con mayor durabilidad que las lámparas LFC e Incandescentes.
- Las lámparas LED tienen una vida útil mucho mayor, reduciendo las operaciones de sustitución, disminuyendo significativamente los costos de mantenimiento.
- Las lámparas LED se destacan en términos de durabilidad, ya que incluso al final de su vida útil, todavía pueden proporcionar entre el 50% y el 70% del flujo luminoso original, potencializando su uso, a diferencia de los otros tipos de lámparas.

Figura 4. Comparativa #4 LED vs Incandescente vs Fluorescente

Fuente:

http://www.tecnoavanti.com/tecnoavanti/espanol/impresacatalogos/LED_CFL_Lampadas-Incandescentes.pdf

Diseño de iluminación con base en el método de los lúmenes

La iluminación es un extenso tema que llega a abarcar no solo tecnologías y parámetros de seguridad, sino también la reacción del usuario. Un correcto diseño de iluminación no solo ofrece una manera de aclarar un espacio, puede crear ambientes agradables y otorgar un correcto o sostenible uso de la energía.

Para tomar una decisión sobre la fuente de luz artificial más apropiada, se deben considerar múltiples aspectos, como el número, colocación, posición, diferencias de distancias entre luminarias, entre otros aspectos que usualmente son descuidados. Debido a esto, se ve la necesidad de que haya un determinado y profundo análisis que permita la correcta selección de luminarias; para esto, se utilizará el método de los lúmenes.

El método de los lúmenes corresponde a un proceso de varios cálculos, basado en coeficientes de la luminaria, como son los de utilización y mantenimiento, flujo luminoso, intensidad luminosa, iluminancia y luminancia. La función de este método es establecer un número de luminarias y evaluar su nivel de iluminación, para determinar si es el adecuado.

Factores necesarios para el método de los lúmenes

Para la realización del cálculo de iluminación general, se utilizará el método de los lúmenes (sistema general o método del factor de utilización), por lo cual es necesario presentar la definición de algunos parámetros fundamentales en los cuales se basa este método. Castilla, Blanca, Martínez y Pastor (s.f.) definen estos parámetros:

Flujo luminoso (ϕ)

Definición: Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible

Unidad de medida: lumen (lm)

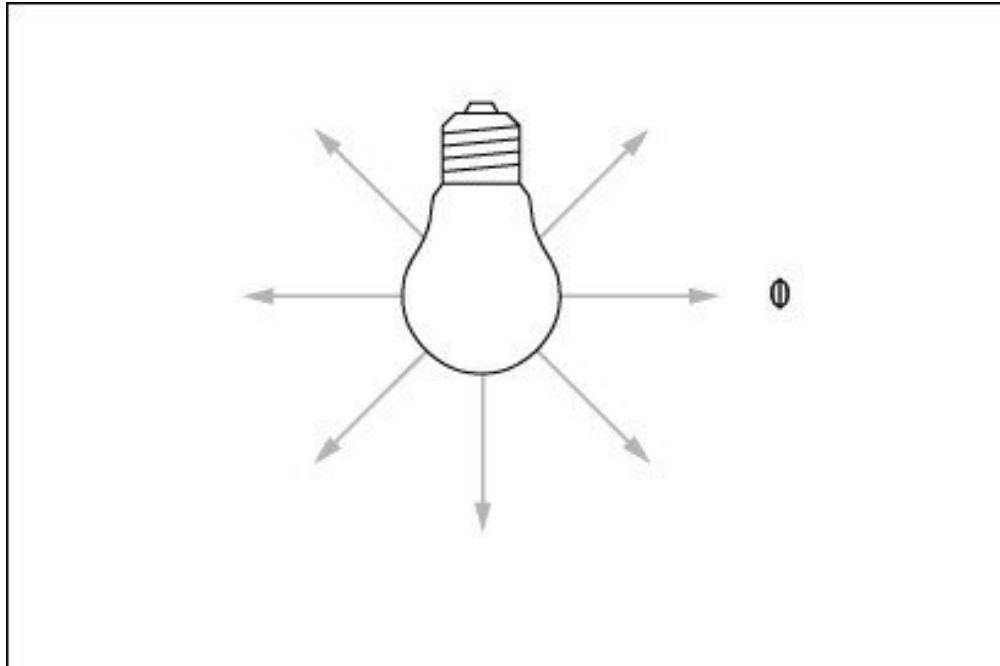


Figura 5. Representación visual del flujo luminoso

Fuente: <https://arquitecturainteligente.wordpress.com/2007/10/19/lamparas-flujo-luminoso/>

Intensidad luminosa (I) (para una fuente puntual)

Definición: Cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido. Magnitud que expresa como la distribución del flujo luminoso en el espacio. Esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes

$$I = \varphi / \omega$$

φ = flujo luminoso, ω = ángulo sólido

Unidad de medida: candela (cd)

Candela (cd) = lumen / estereorradián

Definición de candela (cd): intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de 1 lumen en un ángulo sólido de 1 estereorradián.

Iluminancia (E)

Definición: Flujo luminoso recibido por una superficie.

$$E = \frac{\Phi}{S}, S = \text{superficie}$$

Unidad de medida: lux=lm/m²

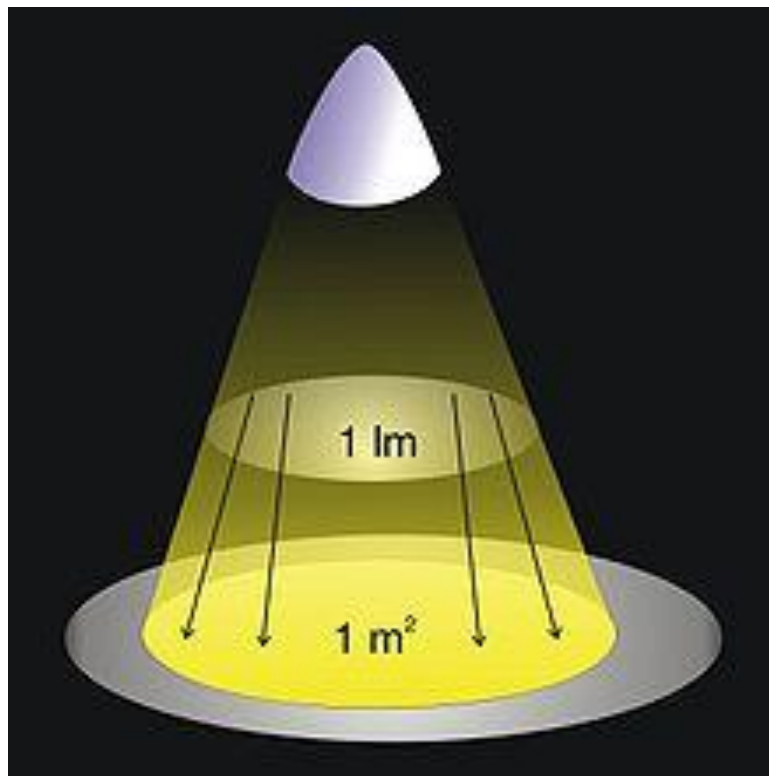


Figura 6. Representación visual de iluminancia.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Emitancia_luminosa

Luminancia (L)

Definición: Efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz.

Relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. El área proyectada es la vista por el observador en la dirección de la observación.

Se calcula multiplicando la superficie real iluminada por el coseno del ángulo que forma su normal con la dirección de la intensidad luminosa:

$$L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}}$$

Unidad de medida: cd/m²

Coefficiente de utilización

Este también corresponde a otro factor necesario para el método de los lúmenes y corresponde básicamente a la medida de eficiencia de luminaria. Usualmente, se incluye en tabulado y es facilitado por el fabricante; pero si no es el caso, este puede ser aproximado con fórmulas dentro del método de los lúmenes. Piraino (s.f.) indica:

En iluminación, el coeficiente de utilización (CU) es una medida de la eficiencia de una luminaria en la transferencia de energía lumínica al plano de trabajo en un área determinada. El CU es la proporción de lúmenes que inciden desde una luminaria a un plano de trabajo en relación con los lúmenes emitidos por la lámpara sin la luminaria.

El CU (normalmente expresado en porcentaje) es el flujo luminoso recibido sobre un plano de trabajo. Por ejemplo, algo de luz emitida por la luminaria puede salir del plano de trabajo deseado y, por tanto, se desperdicia. El CU mide la luz aprovechada en el plano deseado, como un porcentaje de la luz total emitida por el foco emisor.

Coefficiente de mantenimiento

El factor de mantenimiento de luminaria LMF (luminaire maintenance factor) tiene en cuenta la depreciación del flujo luminoso de la luminaria a consecuencia del ensuciamiento de esta última. Viene a representar la relación entre el rendimiento de una luminaria al momento de la limpieza y el valor inicial. Depende de la forma de construcción de la luminaria y de la posibilidad de ensuciamiento que conlleva. La clasificación LMF es indicada siempre junto a la luminaria. Para el plan de mantenimiento interesa determinar la periodicidad óptima de limpieza. (Erco, s. f.)

Fórmulas del método de los lúmenes

Para la correcta realización de este método, es necesario saber previamente las dimensiones del local y establecer la lámpara y luminaria por utilizar, debido a que estos son datos necesarios para determinar el número de luminarias. Castilla y otros (s.f.), citando a Blanca y Aguilar (1995), indican las siguientes fórmulas:

Cálculo del flujo luminoso total necesario

La fórmula que se emplea es la siguiente:

$$\phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \quad (5)$$

Donde:

E_m = nivel de iluminación medio (en LUX)

ϕ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en lúmenes)

S = superficie por iluminar (en m^2)

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización (C_U) y de mantenimiento (C_m), que se definen a continuación:

C_u = Coeficiente de utilización: es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.

C_m = Coeficiente de mantenimiento: es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria.

Cálculo del número de luminarias

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} \quad (6)$$

Donde:

NL = número de luminarias (el valor de NL se redondea por exceso)

Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local

Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

Comprobación de los resultados

Esta fórmula permite evaluar el resultado en base a tablas o normas. Se utilizarán los valores de la norma INTECO INTE 31-08-06-2000. García y Boix (s.f.) dictan la fórmula siguiente:

Por último, queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{NL * n * \Phi_L * C_u * C_m}{S} \quad (7)$$

Metodología para evaluar rentabilidad de sistemas fotovoltaicos

Como guía para la evaluación de la rentabilidad de sistemas fotovoltaicos, se toma como directriz lo mencionado por Valverde (2015):

De acuerdo con los resultados del plan piloto del ICE y los resultados de las encuestas a las demás empresas de distribución, la generación fotovoltaica es la tecnología de generación para autoconsumo con mayor proyección en Costa Rica. Sin embargo, no se ha cuantificado el atractivo económico de dichos sistemas para el usuario. Dicho análisis debe considerar los precios de la electricidad actual, los precios de los sistemas fotovoltaicos y las tarifas aprobadas por la Aresep para acceso e interconexión a la red.

Para evaluar la factibilidad económica de estos sistemas de generación, se realizó un análisis de flujo de caja desde el punto de vista del abonado. Los cálculos de la rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión se realizaron comparando entre el caso en que el abonado no invierte en el sistema fotovoltaico y el caso en que sí instala el sistema en el año 2015 (año 0 de análisis). En cada año del flujo de caja, se calcula el ahorro en factura eléctrica a partir de la diferencia en la factura eléctrica sin sistema fotovoltaico y la factura eléctrica con sistema fotovoltaico.

Dichos ahorros se toman como valores positivos (ingresos) en el flujo de caja. La inversión inicial, las cuotas de préstamo, costo de instalación y acceso a la red se toman como valores negativos (erogaciones). El objetivo económico de un abonado para instalar un sistema de autoconsumo es percibir una reducción en el recibo mensual de sus servicios de electricidad. En la medida en que dichos ahorros cubran la inversión inicial y los costos por año, más una determinada ganancia, el sistema se considerará económicamente atractivo.

Estimación de energía y potencia de sistemas fotovoltaicos

La metodología desarrollada utiliza datos históricos de irradiación solar para estimar la producción de un sistema fotovoltaico típico de 1 kW en diferentes

puntos del país, basado en la metodología de la herramienta PVWatts de NREL. En términos generales, la estimación de la producción mensual se basa en datos de irradiación horaria en el lugar de interés, temperatura de la celda en función de la irradiación horaria, posición del sol, inclinación y orientación de los paneles fotovoltaicos, así como los datos de pruebas STC y NOCT.

Debido a que en este estudio se están considerando ventanas de tiempo que cubren la vida útil del sistema fotovoltaico, se incluyó la degradación del panel cuando se quiere estimar la energía generada. Para este caso, se supuso una tasa de degradación del panel 0,8 %/año, lo cual implica una pérdida del 14,84% de capacidad de producción al final de los 20 años en análisis.

Parámetros del flujo de caja

Los parámetros económicos del flujo de caja se escogieron de acuerdo con las definiciones, realidad económica nacional y supuestos por parte del equipo consultor. El cuadro 4.1 resume los parámetros de los flujos de caja necesarios para calcular la tasa interna de retorno (TIR) y los tiempos de recuperación de inversión presentados en las secciones 4.2.

Las tasas de corte dependen del interesado. Se utilizaron valores relativamente altos suponiendo que el interesado preferiría invertir en otras opciones antes de considerar la generación distribuida para autoconsumo. Tasas de corte más bajas reducirán el tiempo de recuperación de la inversión.

Variaciones del consumo mensual y demanda máxima de abonados

El análisis de flujo de caja requiere tres componentes principales para modelar el consumo de electricidad de los abonados. En primera instancia se requiere conocer el consumo de energía mensual y la variación de dicho consumo a lo largo del año. Luego, en el caso de las tarifas TMT y TG implica conocer el detalle de la potencia máxima demandada y la hora a la que esta se produce. Finalmente, es necesario suponer una tasa de variación interanual en consumo y demanda. Todos estos componentes se incluyeron en el presente análisis.

Ahora bien, la hora a la que se produce la demanda máxima se considera constante para todos los clientes, debido a que no se puede extraer una tendencia clara. En el caso de la TG se supuso que los clientes tienen su pico de demanda a la 1 p. m. y, en el caso de TMT, los picos para cada periodo suceden con la tendencia mostrada en el cuadro 4.2. Finalmente, dado que el modelo de rentabilidad abarca la vida útil mínima de los paneles fotovoltaicos (al menos 20 años), en el presente modelo se supone que el abonado tiene una reducción anual de consumo de un 1%.

Esto se basa en la reducción esperada de consumo de los abonados debido a sustitución de equipos por tecnologías más modernas y eficientes. En el caso de demanda máxima para clientes comerciales e industriales se supuso un aumento anual de un 1%. En términos generales, en el análisis de rentabilidad se suponen variaciones pequeñas de consumo y demanda del abonado a lo largo de los años.

Tarifas de electricidad

Estas tarifas están determinadas por el ARESEP para cada una de las empresas en Costa Rica. Valverde (2015) indica lo siguiente:

Uno de los principales datos de entrada del modelo de rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos es la tarifa de electricidad, pues tiene un impacto importante en los resultados del análisis. El análisis actual se basa en las tarifas de TR, TG y TMT publicadas por cada compañía de distribución y vigentes para el segundo trimestre del 2015. Al momento de realizar el estudio, las tarifas de electricidad del ICE son mayores que las tarifas de CNFL, de tal forma que es posible que sea más atractivo instalar sistemas fotovoltaicos en el área de concesión del ICE, pues el ahorro percibido por sus abonados será mayor.

Tarifa Preferencial de Carácter Social T-CS

Aplicable estrictamente a todos aquellos clientes que pertenezcan a alguno de los siguientes sectores:

Bombeo de agua potable

Exclusivamente para el consumo de energía en el bombeo de agua potable para el servicio de acueducto.

Educación

Para los siguientes centros de enseñanza, pertenecientes al sector de educación pública estatal: escuelas de educación primaria, escuelas de enseñanza especial, colegios de educación secundaria (académicos y técnicos), colegios universitarios, universidades y bibliotecas públicas, incluyendo las instalaciones que se dedican exclusivamente a la actividad educativa estatal, por lo cual restaurantes, sodas, residencias, etc. a pesar de estar a nombre de entidades educativas, no gozarán de esta tarifa.

Religión

Exclusivamente para templos de iglesias, cualquier otra actividad no relacionada directamente con el culto religioso quedará excluida de la tarifa.

Protección a la niñez y a la vejez

Hogares y asilos de ancianos, asilos de personas discapacitadas, guarderías infantiles promovidas por el Estado y hogares públicos para niños, todos los anteriores de carácter benéfico y sin fines de lucro.

Personas con soporte ventilatorio domiciliario por discapacidad respiratoria transitoria o permanente

Usuarios que requieren un equipo eléctrico para la asistencia directa en el ciclo de la respiración, que incluye suplemento de uno o varios de los siguientes parámetros: oxígeno, presión o frecuencia respiratoria. Deben ser prescritos a través de la Clínica de Servicios de Neumología y Unidad de Terapia Respiratoria del Hospital Nacional de Niños u otro centro hospitalario equivalente.

Miércoles 19 de Diciembre del 2018 se publicó en el Alcance N°217 de la Gaceta La Modificación Tarifaria que aplica a partir del día Martes 01 de Enero del 2019 (Tarifa Incluye CVC) Bloques de consumo Consumo menor o Igual a 3.000 kWh cada kW	
Mínimo 30 kWh	c 71,84
Clientes con consumo de energía y potencia Consumo de Energía kWh	
Bloque de 0-3000 kWh	c 124.110,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	c 41,37
Por consumos de potencia kW	
Bloque de 0-8 kW Cargo Fijo	c 53.579,84
Bloque mayor a 8 kw	c 6.697,48

*Los precios anteriores no incluyen cargos tarifarios por alumbrado público, impuesto de ventas, ni importe de bomberos.

Figura 7. Tarifas preferenciales al sector de educación.

Fuente: <https://www.cnfl.go.cr/servicios-comerciales-sc/tarifas-vigentes-sc>.

Consideraciones de AR-NT-POASEN

De acuerdo con la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos y el Reglamento del Minae, un abonado con generación para autoconsumo deberá consumir al menos el 51% de la energía producida por su sistema de generación, poniendo por tope a los excedentes que se pueden reconocer. Asimismo, en caso de excedentes de energía en un mes particular, el usuario podrá acumular esta energía para utilizarla en el mes o meses siguientes, siempre y cuando dichos meses formen parte del mismo periodo (1 año). En la modalidad de medición neta sencilla, si al final del periodo existen excedentes, la empresa distribuidora no le reconocerá dichos excedentes al abonado con generación distribuida. En el análisis también se consideran los costos de accesos a la red definidos por Aresep y presentados en el cuadro 4.3. El costo de acceso a la red y el pago por excedentes se suponen con un aumento de un 0,5% por año.

Empresa	Tarifa de acceso (TA) ¢/kWh
ICE	28,3
CNFL	18,0
JASEC	14,6
ESPH	11,6
COOPELESCA	29,4
COOPEGUANACASTE	21,3
COOPESANTOS	29,7
COOPEALFARO	28,6

Cuadro 4.4.: Costo de interconexión para generadores tipo autoconsumo

Tipo de medidor	Cargo por interconexión (col)
Medidor monofásico	48687
Medidor trifásico	542004
Medidor trifásico con registro	1286240

Figura 8. Tarifas de acceso a la red ARESEP.

Fuente: ARESEP, (SF).

De acuerdo con la norma AR-NT-POASEN, el generador distribuido debe pagar por la interconexión a la red. El Cuadro 4.4 presenta el costo de interconexión establecido por ARESEP según el tipo de medidor. Este pago se realiza una sola vez y se suma a la inversión inicial de los sistemas fotovoltaicos.

Otros costos

La metodología de rentabilidad también considera el costo anual de mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos. Este costo se aproximó en 10.000 ¢/kW/año según estadísticas publicadas por la NREL para Estados Unidos. Asimismo, el análisis considera la sustitución del inversor en el año 15, el cual tiene un costo aproximado de 250.000 ¢/kW. En el análisis se supone que el abonado no realiza un préstamo bancario para financiar el sistema de generación para autoconsumo. (Valverde, 2015)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación

Esta investigación contiene un enfoque enormemente cuantitativo, ya que se precisa de datos específicos y cálculos importantes para la implementación, estudio y diseño de la realización del proyecto.

Método de la investigación

Esta investigación se clasifica en una metodología mixta, ya que la formación de este proyecto de investigación crea tópicos cuantitativos, cualitativos, y mixta. Por ello, se explicará cada enfoque por separado para llegar a un mejor entendimiento del proyecto.

Con respecto a la metodología cuantitativa es importante señalar este estudio por ser medido, aplicable y por supuesto, analizado; al lograr un mayor control de las variables, obteniendo datos numéricos que respalden los hechos y que demuestren la veracidad de lo cualificado. También se debe de tener un estudio deductivo, ya que además de ser experimental, deducir la mejor opción para el proyecto hace que se realicen hipótesis cuantificables que ayuden a optar por la mejor opción.

La metodología cualitativa se obtiene al tener que optar por un criterio estético, factible y eficaz del diseño forman un resultado que debe ser satisfactorio para la institución. Esto es importante porque es necesario ver este enfoque cuando la calidad de los objetos a utilizar tenga la mayor durabilidad y sobretodo sean eficientes al uso de los mismos.

La metodología mixta se da ya que se toman criterios con respecto a cálculos realizados para la factibilidad del proyecto y se toma en caso variables calificativas como la estética, la calidad.

Fuentes de información

Como fuente primaria está la entrevista realizada al coordinador de mantenimiento de la institución en estudio, para conocer datos como el consumo del lugar y el área de colocación de los paneles, lo cual fue un cuestionario con preguntas previamente preparadas.

La investigación tiene como fuentes secundarias al Código Eléctrico Nacional, Ley de Cogeneración Distribuida del MINAE, también están las tarifas de las Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), y la aplicación POWER de la NASA para obtener los datos solares del lugar.

VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS

Las variables de este estudio son la escogencia entre inversor central y microinversores. En cuanto a la sección de paneles también se da la colocación, el área donde se colocarán y la estructura a utilizar.

También se da la variable de la iluminación LED, ya que con esto se puede aumentar la inversión inicial del proyecto y por tanto se realizará un estudio para conocer si es rentable.

Instrumentos

Como instrumentos se utilizarán la entrevista al coordinador de la institución y los datos suministrados por la aplicación POWER, ya que con estos dos instrumentos se pueden obtener los datos necesarios para hacer los cálculos pertinentes para los paneles solares y por ende, el diseño eléctrico.

Proceso para la recolección y análisis de datos

La información primaria será recolectada mediante una entrevista con un tutor de tesis dado por la institución, que para este caso fue el Coordinador de Mantenimiento e Infraestructura llamado Bryan Hernández, el cual también guiará al investigador en el manejo de las instalaciones del gimnasio, el cual radica en Concepción Arriba de Alajuelita.

También se platicó con el Administrador de Cedes Don Bosco, Christian Jiménez Fonseca, el cuál autorizó todas las visitas y proporcionó un permiso total de las instalaciones. Asimismo, se habló con el arquitecto Christian Montano referido a colocación de los paneles e iluminación.

Para la recolección de datos de radiación en el lugar ya antes mencionado, se utilizó un programa llamado NASA POWER (*prediction of worldwide energy resources*, por sus siglas en inglés) creado por la NASA para mejorar la telemetría realizada a energía renovables.

Luego del entendimiento de los datos obtenidos por el POWER, se realizará con el código Eléctrico Nacional 2004 (NEC 2004 NFPA70) para realizar normas y reglamentos a seguir para la creación del diseño eléctrico.

Después de lo anteriormente dicho, se realizará el cálculo de números de paneles a tener en el diseño, para de esta manera ver el ángulo de inclinación de los mismos. Ya que el lugar es desfavorable para la utilización de los paneles por su poca área para ensamblarlos. También se hará la escogencia entre microinversores e inversores para así determinar cuál opción será la más viable.

Por otro lado, se dará la cotización de la iluminación LED que tendrá este nuevo diseño del gimnasio, ya que de esta manera los costos de consumo en el lugar bajarían al utilizar una tecnología de bajo consumo, de larga vida útil y adaptable para el lugar.

Además, se hará un estudio económico en donde se implemente la inversión que la institución hará para realizar dicho proyecto, cuando se dará el retorno de la inversión y sí el proyecto desde un punto de vista financiero, es factible o es descartable.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Condiciones iniciales de la empresa

La institución donde se realizó el proyecto es el Cedes Don Bosco, ubicado en Concepción Arriba de Alajuelita. El mencionado proyecto se ejecutó en el Gimnasio de la misma institución. El área que posee el recinto es de 510 m².

Al tener una estructura de un gran tamaño, las condiciones de consumo del mismo es alto y además, las horas de actividad de luminarias y tomas es de 5 horas como mínimo. Por ello, se realizó un estudio para bajar dicho consumo ya mencionado y con ello se les comentó sobre la propuesta de un diseño eléctrico con paneles solares o iluminación LED para minimizar el consumo y de esta manera también ayudar a la institución a utilizar energías renovables, convenientes para la bandera azul con la que cuenta el centro educativo.

Descripción del diseño

Se contempla realizar un diseño electromecánico en el gimnasio de la institución anteriormente mencionada, para disminuir los gastos de consumo eléctrico del aposento con un sistema de paneles fotovoltaicos e iluminación LED, que sustituya la energía consumida de la Red Eléctrica Nacional y sobretodo que minimice consumos.

Con esto debidamente señalado, se harán cuatro propuestas con dos distintas marcas de paneles solares, con una configuración de paneles en serie, dos casos con inversor y otros dos con microinversor. Sin embargo, para la iluminación se realizará un caso con una sola marca, ya que existe un convenio en la institución para que sólo una empresa diseñe la iluminación.

Para ello se harán diferentes cálculos, empezando con los cálculos de radiación que existe en el lugar, pasando por conocer los consumos del lugar, siendo estimados ya que la institución existe una sola factura eléctrica y eso contempla todas las instalaciones del lugar y no sólo el gimnasio.

Luego de esto, se ejecutará los cálculos para conocer el número de celdas fotovoltaicas que se necesitan en el lugar, además de hacer los cálculos financieros ya con

la cotización de la iluminación realizada, para así determinar el tiempo de recuperación de la inversión y si el proyecto sería rentable o se rechaza la propuesta.

Diseño fotovoltaico

Datos recolectados

Lo que respecta al consumo energético del gimnasio se puede decir que, ya que la institución paga una factura eléctrica total y completa de todas las instalaciones, por este motivo, se realizó un ponderado para conocer cuál sería el consumo eléctrico del gimnasio gracias al tablero eléctrico que tiene el mismo. Esto fue verificado en una entrevista realizada previamente a Bryan Hernández, Coordinador de Mantenimiento e infraestructura, donde indicó:

La institución paga un solo recibo de electricidad, por tanto el consumo de sólo el gimnasio no se conoce, además no hay acometida independiente para sólo el gimnasio. Pero puedo mencionarle que el gimnasio entre febrero y noviembre es utilizado en un promedio de ocho horas, mientras que en enero y diciembre se utiliza aproximadamente durante cinco horas ya que el gimnasio es menos utilizado al no tener horas lectivas.

Cabe mencionar que se realizará un cálculo con las tarifas propuestas por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, ya que es el distribuidor de energía del sector. La tarifa que se le aplica a esta institución al ser un centro educativo semiprivado, esto confiere que es solventado por el gobierno, por lo que tendrá una tarifa preferencial antes mencionado en el marco teórico.

Luego de ello, se hace un cálculo para convertir esos kilowatts en kilowatts horas y hacer un aproximado de cuánto dinero gasta la institución en el consumo eléctrico solo en el gimnasio

Consumo Energético. Período Enero 2018 - Diciembre 2018					
Tarifa Preferencial de Carácter Social T-CS (CNFL)					
Mes	Consumo Total (KW)	Consumo Total en 8 horas (KWh)	Consumo eléctrico en 8 horas (colones)	Consumo Total en 5 horas (KWh)	Consumo eléctrico en 5 horas (colones)
ene-18	112,17			560,85	₡ 72.501,08
feb-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
mar-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
abr-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
may-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
jun-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
jul-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
ago-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
sep-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
oct-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
nov-18	112,17	897,36	₡ 116.001,73		
dic-18	112,17			560,85	₡ 72.501,08
Total:	₡1.305.019,43				
Total KWh:	10095,3				

Tabla 1. Consumo energético del gimnasio de la institución. Período ene 18-dic 18

Fuente: Compañía Nacional de Fuerza y Luz S. A. (CNFL) con elaboración propia.

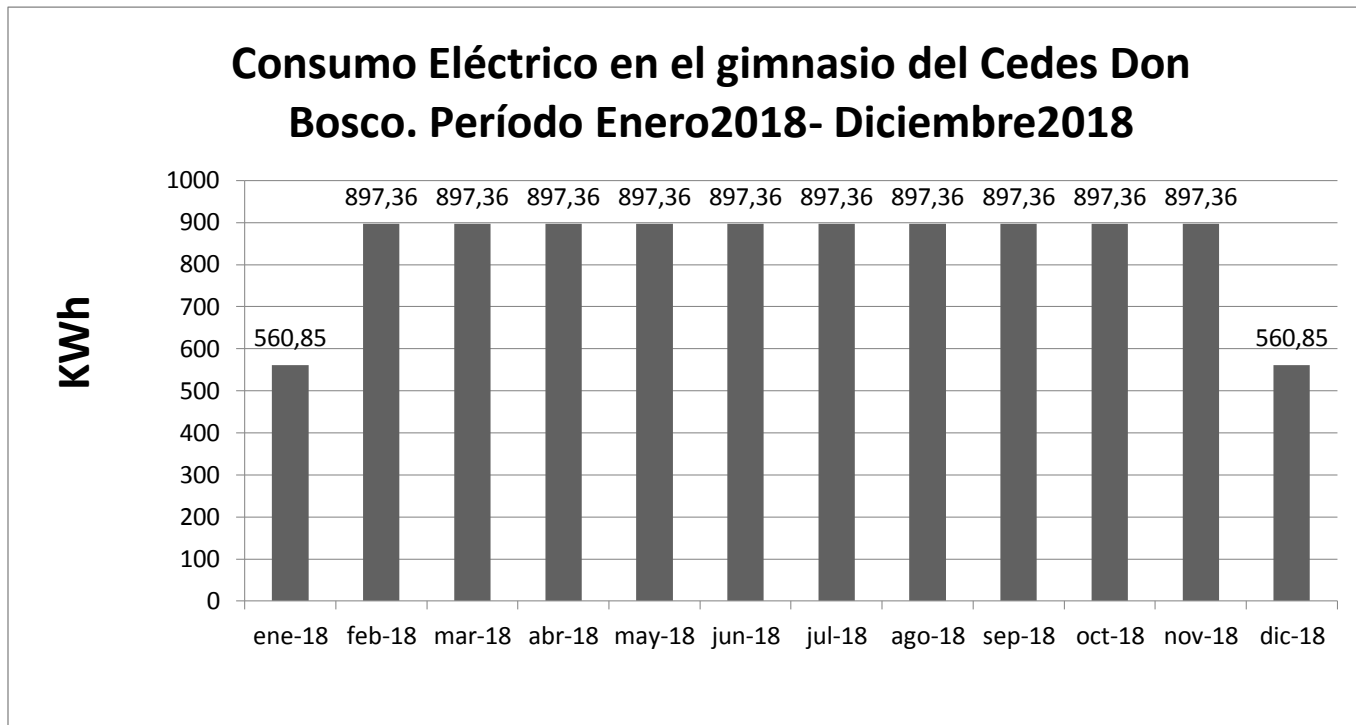


Figura 9. Consumo eléctrico del gimnasio de la institución en el año 2018

Fuente: elaboración propia.

Al no tener claros los consumos correspondientes de cada mes de forma detallada, se hace un promedio de ocho horas entre febrero y noviembre, y de cinco horas en enero y diciembre, la gráfica anterior se realizó al obtener los planos eléctricos del gimnasio, que mostraron datos de 112 KVA demandados por el diseñador del plano. Por cuestiones de diseño eléctrico se utilizan esos 112KVA para llevarlos a potencia en Watts para generar un sobredimensionamiento en caso de algún pico de potencia que el sistema fotovoltaico no pueda generar.

Aquí también se pueden observar los gastos fijos que representa este consumo:

	Alumbrado Público	Tributo a los bomberos
ene-18	₡ 1.968,58	₡ 224,43
feb-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
mar-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
abr-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
may-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
jun-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
jul-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
ago-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
sep-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
oct-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
nov-18	₡ 3.149,73	₡ 226,22
dic-18	₡ 1.968,58	₡ 224,43
Total Gastos Fijos:	₡ 35.434,50	₡ 2.711,09

Tabla 2. Gastos fijos del consumo energético de la institución. Período ene 18-dic 18

Fuente: Compañía Nacional de Fuerza y Luz S. A. (CNFL) con elaboración propia.

Gracias a que la institución brindó los datos de consumo total de la misma, es posible observar el siguiente comportamiento:

Tabla 2 Facturación Eléctrica Mensual Aproximada

Facturación Eléctrica Mensual Aprox		
Mes	Energía (KWh)	IMPORTE FACTURADO
Enero	22050	₡ 1,968,065.00
Febrero	35331	₡ 3,537,740.00
Marzo	40511	₡ 4,052,255.00
Abril	39977	₡ 3,842,720.00
Mayo	42526	₡ 4,165,050.00
Junio	42640	₡ 4,115,285.00
Julio	33250	₡ 3,515,015.00
Agosto	44361	₡ 4,242,790.00
Septiembre	43203	₡ 3,618,170.00
Octubre	42233	₡ 3,993,845.00
Noviembre	39628	₡ 3,740,170.00
Diciembre	18000	₡ 1,585,095.00
TOTAL,		
ANUAL	443710	₡ 42,376,200.00
PROMEDIO	36976	₡3,531,350.00

Figura 10. Consumo eléctrico total del Cedés Don Bosco en el año 2018

Fuente: Cedés Don Bosco.

Al tener el consumo total de la institución, se hará un estimado del porcentaje que significa el consumo del gimnasio, como se puede ver aquí:

Relación Consumo Energético. Período Enero					
Tarifa Preferencial de Carácter Social T-CS (CNFL)					
Mes	Consumo Total de la institución (KWh)	Consumo Total en el gimnasio (KWh)	Consumo eléctrico total (colones)	Consumo eléctrico del gimnasio (colones)	Porcentaje que representa el consumo del gimnasio (%)
ene-18	22050	560,85	₡ 1.968.065,00	₡ 72.501,08	3,683876295
feb-18	35331	897,36	₡ 3.537.740,00	₡ 116.001,73	3,278978387
mar-18	40511	897,36	₡ 4.052.255,00	₡ 116.001,73	2,862646354
abr-18	39977	897,36	₡ 3.842.720,00	₡ 116.001,73	3,018740111
may-18	42526	897,36	₡ 4.165.050,00	₡ 116.001,73	2,785122147
jun-18	42640	897,36	₡ 4.115.285,00	₡ 116.001,73	2,818801857
jul-18	33250	897,36	₡ 3.515.015,00	₡ 116.001,73	3,300177382
ago-18	44361	897,36	₡ 4.242.790,00	₡ 116.001,73	2,734090775
sep-18	43203	897,36	₡ 3.618.170,00	₡ 116.001,73	3,206088437
oct-18	42233	897,36	₡ 3.993.845,00	₡ 116.001,73	2,904512569
nov-18	39628	897,36	₡ 3.740.170,00	₡ 116.001,73	3,101509557
dic-18	18000	560,85	₡ 1.585.095,00	₡ 72.501,08	4,573926484
Total:	443710	10095,3	₡42.376.200,00	₡ 1.305.019,46	3,189039196

Tabla 3. Relación consumo energético del gimnasio versus consumo total de la institución.

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos se puede concretar que el gimnasio representa un 3,20% (redondeado), del consumo total de la institución.

El cálculo de radiación es importante para conocer el número de paneles solares, se puede mencionar que, se utilizó la aplicación POWER, de la NASA (Apéndice B), ya que es un proyecto destinado a ver las energías renovables en el planeta.

Luego de ingresar los datos correspondientes para la obtención de la información solar del lugar (latitud 9.889 y en la longitud -84.087), se pueden adquirir las horas pico de cada día del año, por ello se realizó un promedio por mes, ya que de esta manera se nota con mayor facilidad los datos. Con estas cifras la aplicación es capaz de otorgar los siguientes parámetros necesarios en una tabla y gráfico:

Horas Pico en el año 2018 en el Cedes Don Bosco (Lat: 9.889, Lon: -84.087)	
ENERO-18	10,01
FEBRERO-18	9,46
MARZO-18	9,61
ABRIL-18	10,27
MAYO-18	10,43
JUNIO-18	10,47
JULIO-18	10,43
AGOSTO-18	10,35
SETIEMBRE-18	10,42
OCTUBRE-18	10,37
NOVIEMBRE-18	10,27
DICIEMBRE-18	9,69

Tabla 4. Horas solares pico en el gimnasio en el año 2018

Fuente: POWER de Nasa, <https://power.larc.nasa.gov>

Gráfico Horas Solares Pico

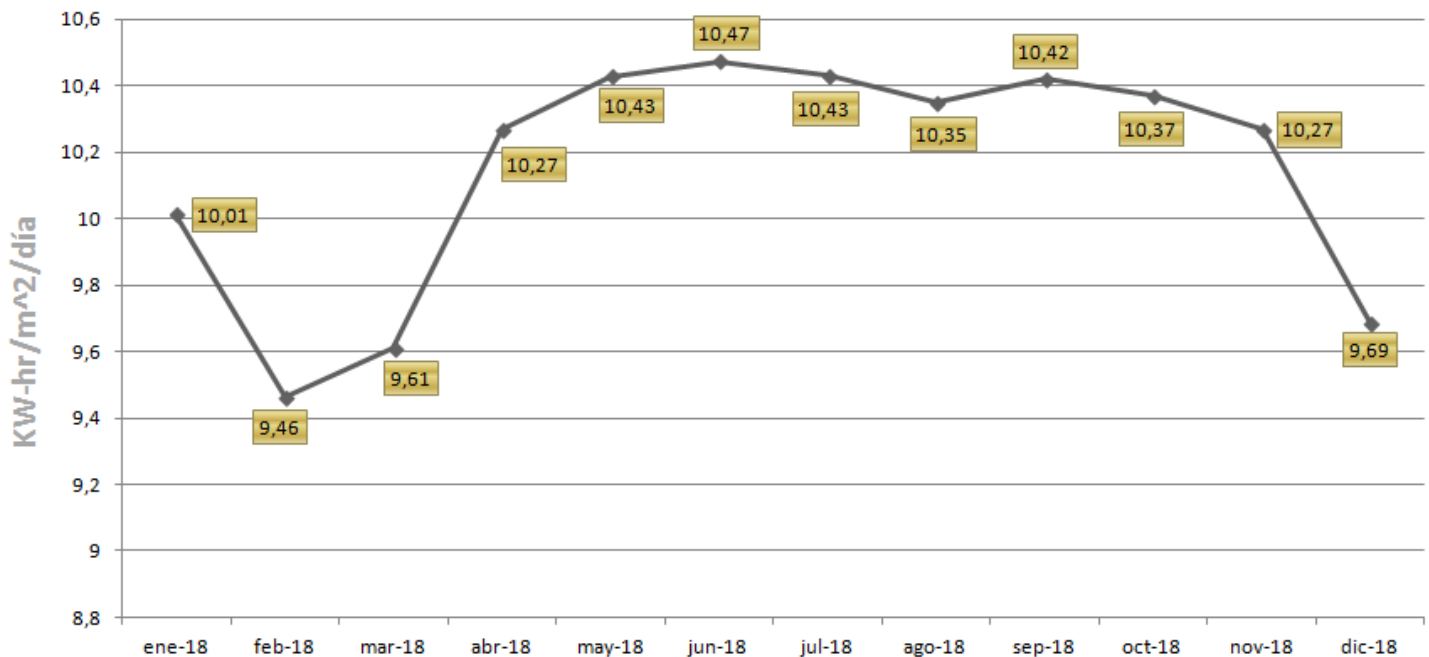


Figura 11. Horas solares pico para el gimnasio de Cedes Don Bosco. Las horas utilizadas es un promedio mensual de cada dato.

Fuente: <https://power.larc.nasa.gov>

Los resultados obtenidos tanto en el gráfico como en la tabla, muestran las horas pico promedio por mes durante el último año, con ellos proyectando al mes de junio, como el mes con mayor hora pico con una cifra de 10,47 HSP.

Elección panel solar

Ya que el objetivo de los paneles del proyecto es cubrir el 100% de la demanda energética en el gimnasio de la institución, se utilizarán paneles de 300W de potencia pico, ya que ante cualquier imprevisto los paneles tendrían un umbral alto de potencia pico, por prevención y seguridad.

Además, el tipo de panel a seleccionar sería el monocristalino, ya que al ser de un costo más elevado tiene también un mayor rendimiento y eso lo hace más eficiente para cubrir la generación que se requiere.

Caso 1: Con inversor central y marca de paneles solares Canadian Solar 300W Mono 300MS

Cálculo del número de paneles

Para obtener el número de paneles fotovoltaicos es necesario utilizar el mayor consumo eléctrico de la empresa y el menor consumo de horas solares pico en el lugar.

La fórmula por utilizar se expuso previamente en el marco teórico bajo la sección denominada “Número de paneles”, y corresponde a la siguiente:

$$\text{Número de paneles} = \frac{E}{0.9 * W_p * HSP} \quad (3)$$

Donde:

E = Consumo energético por día, expresado en Watts por hora al día (Wh/día)

W_P = Potencia pico del panel, expresado en Watts (W)

HSP = Horas solares pico

0,9 = Coeficiente de rendimiento del panel que contempla un 10% de pérdidas

Los datos que se necesitarán para la solución de este cálculo son:

El consumo energético, que al ser el mayor sería 897KWh, luego sería la potencia pico del panel, que en este caso se tendrían los 300W, y las horas pico solares, que al ser las menores horas, serían en el mes de enero 9,46 HSP, además, se necesita el coeficiente de rendimiento que es de 0,9 y de ahí se puede obtener la siguiente solución:

$$\text{Número de paneles} = \frac{\left(\frac{897 \text{ kWh} - \text{mes}}{30 \text{ días}}\right)}{0,9 * 300W * 9,46 \text{ HSP}}$$

$$\text{Número de paneles} = \mathbf{12 \text{ paneles solares}}$$

Ya con el dato obtenido del número de paneles, se pueden obtener los Watts por hora de cada uno de los 12 paneles que se utilizarán en el proyecto.

$$12 \text{ paneles} * 300 \text{ W} = \mathbf{3600 \text{ Watts por hora}}$$

Con este dato de 3,6 KWh se puede gestar la potencia generada de los paneles fotovoltaicos durante un mes, utilizando el mes de mayor consumo siendo en este caso junio con 10,47 HSP

$$3,6 \text{ kWh} * 30\text{días} * 10,37 \text{ HSP} = \mathbf{1119,96 \text{ kiloWatts por mes}}$$

Esta potencia se desglosa por mes pero se puede sumar en su totalidad para obtener la potencia generada durante todo el año y así compararla con la potencia que se suministra de la red eléctrica nacional al gimnasio de la institución.

Potencia generada por un sistema de paneles fotovoltaicos que suministra 3,6 KWh			
Mes	Cantidad de días en el mes	Horas Solares Pico	Potencia Generada (KWh/mes)
Enero 2018	31	10,01	1117,116
Febrero 2018	28	9,46	953,568
Marzo 2018	31	9,61	1072,476
Abril 2018	30	10,27	1109,16
Mayo 2018	31	10,43	1163,988
Junio 2018	30	10,47	1130,76
Julio 2018	31	10,43	1163,988
Agosto 2018	31	10,35	1155,06
Setiembre 2018	30	10,42	1125,36
Octubre 2018	31	10,37	1157,292
Noviembre 2018	30	10,27	1109,16
Diciembre 2018	31	9,69	1081,404
Total:		13339,332	KWh/ mes

Tabla 5. Potencia generada por mes de los paneles solares con 3,6 KWh.

Fuente: elaboración propia

Con la tabla anterior se puede concretar la potencia generada producida en un año que es 13339,332KWh/mes y comprobar con la potencia consumida que en este caso es de 10095,3 KWh y realizar la relación entre las dos anteriores.

$$\text{Relación entre potencia generada y consumida} = \frac{13339,332\text{kWh}}{10095,3\text{ kWh}} = 1,32$$

Este resultado lo que intenta comprobar es que la potencia generada es 1,32 veces mayor que la consumida ya que existe una sobreproducción con respecto a la potencia consumida del sistema.

Debido a ello, se hará un nuevo cálculo para de esta manera hacer más eficiente el sistema, ya que, con esa sobre generación de energía lo que genera, es una pérdida de recursos en cuanto que esa energía que llega a la red se le devolverá en su momento al usuario si en verdad es necesario, pero en este caso, como la generación es mayor a la consumida, se perderá en la red sin derecho a poder venderla a la compañía eléctrica correspondiente por regulaciones en la Ley de Cogeneración Distribuida del MINAE.

Esto implica que se hará una sumatoria del número de días del mes por las horas solares pico del mes y eso se dividirá entre el consumo total. Esto lo que podrá asegurar es que este ajuste cubrirá el 100% de la demanda eléctrica que requiere el gimnasio y por tanto habrá menos sobre generación y menos paneles para llegar a la generación que se requiere.

$$P_{Generada-Paneles} = \frac{\text{Consumo total (kWh)}}{\sum(\#días * HSP/mes)}$$

$$\text{Consumo total} = 10095,3 \text{ kWh}$$

$$\sum(\#días * HSP/mes)$$

$$\begin{aligned} &= (31 * 10,01) + (28 * 9,46) + (31 * 9,61) + (30 * 10,27) \\ &+ (31 * 10,43) + (30 * 10,47) + (31 * 10,43) + (31 * 10,35) \\ &+ (30 * 10,42) + (31 * 10,37) + (30 * 10,27) + (31 * 9,69) \end{aligned}$$

$$\sum(\#días * HSP/mes) = 3705,37$$

$$P_{Generada-Paneles} = \frac{10095,3 \text{ kWh}}{3705,37} = 2724,51 \text{ Wh}$$

Con el dato que se obtuvo, se divide entre la potencia pico de cada panel para conocer cuál será el número de paneles a utilizar:

$$\text{Número de paneles nuevo} = \frac{2724,51 \text{ Wh}}{300 \text{ W}} = 9,08 = \mathbf{10 \text{ paneles solares}}$$

Con estos 10 paneles se puede calcular por mes la potencia generada y por supuesto el excedente o faltante que tenga el sistema:

Potencia generada por un sistema de paneles fotovoltaicos que suministra 2,7KWh				
Mes	Consumo (KWh)	Potencia Generada (KWh/mes)	Excedente o faltante (KWh)	Porcentaje de excedente (%)
Enero 2018	560,85	1024,023	463,173	45,23
Febrero 2018	897,36	874,104	-23,256	-2,66
Marzo 2018	897,36	983,103	85,743	8,72
Abril 2018	897,36	1016,73	119,37	11,74
Mayo 2018	897,36	1066,989	169,629	15,9
Junio 2018	897,36	1036,53	139,17	13,43
Julio 2018	897,36	1066,989	169,629	15,9
Agosto 2018	897,36	1058,805	161,445	15,25
Setiembre 2018	897,36	1031,58	134,22	13,01
Octubre 2018	897,36	1060,851	163,491	15,41
Noviembre 2018	897,36	1016,73	119,37	11,74
Diciembre 2018	560,85	991,287	430,437	43,42

Tabla 6. Potencia generada con los paneles de 2,7KWh y sus faltantes o excedentes de energía por mes.

Fuente: elaboración propia

En estos datos se puede ver los excedentes o faltantes de energía, y además se ve los porcentajes de cada uno de ellos, verificando que no excedan el 49% que exige la Ley de Cogeneración Distribuida del MINAE, ya que en caso de sobrepasarlo, ese 51% no se podría rescatar de la red, debido a que de acuerdo con el artículo 36 no se puede devolver esa cantidad del excedente.

Zona de colocación de los paneles

En lo que se refiere a la colocación de los paneles, se decidió poner una estructura coplanar (Apéndice U). El área de la colocación de 37 metros de largo y 9 metros de ancho sirve para los paneles que tienen una ubicación de sureste a noroeste, con esto se puede indicar que se utilizará la estructura antes mencionada, ya que se puede adaptar a la inclinación más favorable para la absorción de la energía solar. En este caso se utilizarán a 15° ya que de esta manera los paneles no generan sombra entre ellos.

Por tanto, la estructura a solicitar es triangular, adaptable, soporta la colocación de 4 paneles. Asimismo, por lo anteriormente dicho, se puede decir que se necesitarán de 3 estructuras para los 10 paneles a utilizar.

Escogencia del inversor

El sistema del proyecto está conformado por diez paneles solares, para este caso se seleccionó un inversor central, ya que el estudio se hará tanto para esta opción como para un microinversor.

La potencia generada por todos los paneles que es de 2,7 KWh, hace que sea necesario un inversor de al menos 3,4 KWh, con esto también deja un espacio en caso de que sea necesario utilizar más potencia en el gimnasio por dispositivos nuevos que se puedan conectar a este sistema. El inversor es un Schneider Conext SW 3,4 KW SW 4048 E (Apéndice S y T).

Caso 2: Con microinversor y marca de paneles solares Canadian Solar 300W Mono 300MS

Cálculo del número de paneles solares

Para este caso como lo único que cambiará, con respecto al caso anterior, es el microinversor, la cantidad de paneles se mantiene igual, ya que la marca de los paneles no afecta los cálculos ya realizados, y de antemano, se daría la misma generación.

Zona de colocación de los paneles

El presente se asemeja al caso número uno, solamente que al contar con el uso de microinversores, estos irían en cada uno de los paneles, pero la zona de colocación sigue siendo la misma y con el mismo ángulo de inclinación de los paneles.

Escogencia del microinversor

La diferencia entre el caso anterior y este caso en específico es que al ser microinversores es necesario poner uno por cada panel, siendo en este caso un número de diez microinversores. Los mismos deben soportar al menos el pico de potencia generado por los paneles que es de 300 W, por tanto se eligen microinversores Enphase 290W 240/208VAC 330W (Apéndice AA y AB), el cual permite la conexión de paneles de 300 W.

Caso 3: Con inversor y marca de paneles solares SolarWorld 300W Mono

Cálculo del número de paneles solares

Debido a que lo único que cambiará con respecto al caso anterior es el cambio a microinversor y su potencia máxima sigue siendo la misma, la cantidad de paneles se mantiene igual, ya que la marca de los paneles no afecta los cálculos ya realizados, y de antemano, se daría la misma generación.

Zona de colocación de los paneles

El presente se asemeja al caso número uno, solamente que al contar con el uso de inversores, estos irían en cada uno de los paneles, pero la zona de colocación sigue siendo la misma y con el mismo ángulo de inclinación de los paneles.

Escogencia del inversor

La potencia generada por todos los paneles que es de 2,7 KWh, hace que sea necesario un inversor de al menos 3,4 KWh, con esto también deja un espacio en caso de que sea necesario utilizar más potencia en el gimnasio por dispositivos nuevos que se puedan conectar a este sistema. El inversor es un Schneider Conext SW 3,4 KW SW 4048 E (Apéndice S y T).

Caso 4: Con microinversor y marca de paneles solares SolarWorld 300W Mono

Cálculo del número de paneles solares

En este caso, como lo único que cambiará con respecto al caso anterior es uso del microinversor, la cantidad de paneles se mantiene igual y este se asemeja al caso 2, ya antes visto. Esto se debe a que la marca de los paneles no afecta los cálculos ya realizados, y de antemano, se daría la misma generación.

Zona de colocación de los paneles

El presente se asemeja al caso número uno, solamente que al contar con el uso de microinversores, estos irían en cada uno de los paneles, pero la zona de colocación sigue siendo la misma y con el mismo ángulo de inclinación de los paneles.

Escogencia del microinversor

Al igual que el caso 2 se utiliza la misma marca de microinversores y la misma configuración con la misma potencia, por tanto ante el caso 2 es idéntico el sistema a utilizar.

Caso 5: Iluminación LED y estudio de lúmenes

Para realizar este cálculo es necesario tener el conteo de las luces de todo el gimnasio, dando como total un número de 209 luminarias. Luego de ello, se hará un estudio del nuevo consumo con respecto al anterior para así conocer si es rentable realizar el cambio a iluminación LED.

Cabe mencionar que ya que la institución tiene un convenio con una marca de iluminación se utilizará dicha marca para realizar la cotización, eso es demostrado en la entrevista a Bryan Hernández (Apéndice I) ya antes mencionada:

Sí, en este caso se tiene un convenio con la empresa Sylvania en lo que respecta al gimnasio, ya que hace aproximadamente un año se cotizó con ellos para cambiar a iluminación LED la estructura del gimnasio, por tanto, la institución sí tiene un convenio para realizar ese proyecto aquí.

Lo primero, es de nuevo hacer el cálculo de consumo pero para esto se deberá sumar todas las luces que hay en el gimnasio. Luego de esto se hace un estudio de consumo de la diferencia entre ambos y por último, se recalcula por completo el consumo total del gimnasio.

Luminarias por sector	Cantidad	Potencia (W)	Consumo (KW)	Consumo (KWh)	Costo por KWh (Colones)	Potencia Nueva (W)	Consumo (KW)	Consumo (KWh)	Costo por KWh (Colones)	Porcentaje de diferencia de consumos (%)
Luminarias Baños	32	64	2,048	16,384	¢ 2.117,96	28	0,896	7,168	¢ 926,61	12
Luminarias Graderías c/u	20	64	1,28	10,24	¢ 1.323,72	28	0,56	4,48	¢ 579,13	12
Luminarias Bodegas	4	64	0,256	2,048	¢ 264,74	28	0,112	0,896	¢ 115,83	12
Luces Exteriores	16	91	1,456	1	¢ 149,95	80	1,28	10,24	¢ 1.323,72	13
Luminarias Anfiteatro	18	64	1,152	9,216	¢ 1.191,35	28	0,504	4,032	¢ 521,22	12
Luces METALARC	12	1000	12	96	¢ 12.409,92	300	4,8	38,4	¢ 4.963,97	40
Luces de Emergencias	18	32	0,576	4,608	¢ 595,68	28	0,504	4,032	¢ 521,22	61
Luminarias Gradería Frontal	5	64	0,32	2,56	¢ 330,93	28	0,14	1,12	¢ 144,78	12
Luminarias Aula (2)	28	64	1,792	14,336	¢ 1.853,21	28	0,784	6,272	¢ 810,78	12
Cuarto de Energía	1	64	0,064	0,512	¢ 66,19	28	0,028	0,224	¢ 28,96	12
Aulas Pequeñas 2	6	64	0,384	3,072	¢ 397,12	28	0,168	1,344	¢ 173,74	12
Cabina	3	64	0,192	1,536	¢ 198,56	28	0,084	0,672	¢ 86,87	12
Oficinas	3	64	0,192	1,536	¢ 198,56	28	0,084	0,672	¢ 86,87	12
Total:	209		21,712	163,208	¢21.097,90		9,944	79,552	¢10.283,69	

Se utiliza el costo preferencial de Centro Educativos de 8 colones por KWh. Los montos totales en colones se dan por mes.

El número en rojo indica que el número de luminarias para la nueva iluminación cambió de 12 a 16

Tabla 7. Desglose de la iluminación del gimnasio de la institución.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de esto, se realiza el estudio de consumo promediado como en los cuatro casos anteriores para conocer la factibilidad con paneles.

Consumo Energético Nuevo con Iluminación LED.					
Tarifa Preferencial de Carácter Social T-CS (CNFL)					
Mes	Consumo Total (KW)	Consumo Total en 8 horas (KWh)	Consumo eléctrico en 8 horas (colones)	Consumo Total en 5 horas (KWh)	Consumo eléctrico en 5 horas (colones)
ene-18	100,452			502,26	₡ 64.927,15
feb-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
mar-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
abr-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
may-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
jun-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
jul-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
ago-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
sep-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
oct-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
nov-18	100,452	803,616	₡ 103.883,44		
dic-18	100,452			502,26	₡ 64.927,15
Total:	₡1.168.688,70				
Total KWh:	9040,68				

Tabla 8. Nuevo consumo energético del gimnasio de la institución con iluminación LED.

Fuente: Compañía Nacional de Fuerza y Luz S. A. (CNFL) con elaboración propia.

Ya con esto debidamente dicho, se empieza con la cotización de la iluminación, el estudio de consumos y el recalcu de paneles. Pero, antes se puede realizar el cálculo de los gastos fijos que se verán a continuación:

	Alumbrado Público	Tributo a los bomberos
ene-18	₡ 1.762,93	₡ 223,40
feb-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
mar-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
abr-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
may-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
jun-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
jul-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
ago-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
sep-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
oct-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
nov-18	₡ 2.820,69	₡ 226,22
dic-18	₡ 1.762,93	₡ 223,40
Total Gastos Fijos:	₡ 31.732,79	₡ 2.709,03

Tabla 9. Gastos fijos del consumo energético del gimnasio de la institución con iluminación LED.

Fuente: Compañía Nacional de Fuerza y Luz S. A. (CNFL) con elaboración propia.

Como se puede observar, el consumo bajó considerablemente al consumo original de la iluminación con fluorescentes, ya que, según el estudio realizado los bulbos LED de Sylvania (Apéndice X), pueden utilizar el mismo tipo de balastro gracias a esa nueva tecnología que tienen, por ello, el gasto de comprar los balastos es nulo.

Luego de conocer el consumo total de las nuevas luminarias y el consumo total se pueden calcular los paneles.

$$\begin{aligned}
 & \sum (\#días * HSP/mes) \\
 &= (31 * 10,01) + (28 * 9,46) + (31 * 9,61) + (30 * 10,27) \\
 &+ (31 * 10,43) + (30 * 10,47) + (31 * 10,43) + (31 * 10,35) \\
 &+ (30 * 10,42) + (31 * 10,37) + (30 * 10,27) + (31 * 9,69) \\
 & \sum (\#días * HSP/mes) = 3705,37
 \end{aligned}$$

$$P_{Generada-Paneles} = \frac{9040,68 \text{ kWh}}{3705,37} = 2439,88 \text{ Wh}$$

Con el dato que se obtuvo, se divide entre la potencia pico de cada panel para conocer cuál será el número de paneles a utilizar:

$$\text{Número de paneles nuevo} = \frac{2439,88 \text{ Wh}}{300 \text{ W}} = 8,14 = \mathbf{9 \text{ paneles solares}}$$

Además de esto se hace el cálculo de excedentes y faltantes de la potencia generada por los paneles:

	Potencia Generada sin paneles (KWh/mes)	Potencia Generada con paneles 2,43KWh (KWh/mes)	Excedente o faltante (KWh)
ene	502,26	679,5789	177,3189
feb	803,616	580,0872	-223,5288
mar	803,616	652,4229	-151,1931
abr	803,616	674,739	-128,877
may	803,616	708,0927	-95,5233
jun	803,616	687,879	-115,737
jul	803,616	708,0927	-95,5233
ago	803,616	702,6615	-100,9545
sep	803,616	684,594	-119,022
oct	803,616	704,0193	-99,5967
nov	803,616	674,739	-128,877
dic	502,26	657,8541	155,5941

Tabla 10. Potencia generada con 2,43KWh y los faltantes o excedentes del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos muestran un descenso en el consumo del gimnasio, Los paneles se mantendrán de la misma manera, debido a que en caso de algún tipo de adición de cargas al consumo puede generar un desequilibrio donde se deba de consumir energía de la red y no la propia. Además, también por métodos de practicidad, en caso de volver a la iluminación actual, se podría hacer sin ningún tipo de problema.

Esto da como conclusión que la iluminación LED con paneles solares daban faltantes de energía muy grandes por mes, ya que entra en una paradoja de consumo realizar una doble disminución del mismo, por este motivo, se optó por realizar un caso solo con iluminación LED, ya que de esta manera se puede observar la mejor opción entre dos de las más nuevas tecnologías de minimización de consumo.

Por ello se hará un diseño completamente alterno al diseño fotovoltaico y los cuatro casos estipulados, para ello, se darán las mismas condiciones de consumo y sólo se intentará llegar a un nivel de luminosidad de 500 lúmenes.

Las luminarias a utilizar serán de la marca Sylvania (Apéndice X, Y y Z), y por ello se darán las condiciones de cada una de ellas para lograr el flujo luminoso requerido:

Componentes	Cantidad	Flujo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)
<i>Sylvania 402 LUXEM LED 82W</i>	169	10715	72000
<i>Sylvania SYLVEO LED 300W</i>	16	30000	500000
<i>Sylvania WALLPACK HB LED 80W</i>	16	9710	500000

Tabla 11. Cantidad de luminarias y modelos a utilizar.

Fuente: Sylvania con elaboración propia.

Para iluminación se necesitan algunos tipos de normas a seguir para cada tipo de aposento al que se quiera realizar el cálculo. Para ello se debe ir a la Norma INTECO INTE 31-08-06-2000, la cual da el nivel de iluminación media que debe tener un lugar, el cual para este caso es el siguiente:

Escuelas	
Aulas comunes	500
Aulas especiales	750
Bibliotecas	400
Circulaciones	200
Gimnasios	300
Oficinas	500
Piscinas:	
Iluminación general	300 ²
Sobre pizarrón:	
Iluminación suplementaria	1000
Vestuarios y baños:	
Iluminación general	100
Iluminación localizada	200 ³

Figura 12. Valores de lux para gimnasios de acuerdo con la norma Inteco INTE 2031-08-06-2000

Fuente: Norma Inteco INTE 2031-08-06-2000

Según la norma para centros educativos, en este caso son 300 lux, pero la especificación hecha por la institución es de una media de 500, ya que para actividades televisadas requieren más de 400 para lograrlo y por ello se intentará llegar a más de 400 lux.

Cálculo del flujo luminoso requerido

Para ejemplificar el cálculo de este flujo luminoso total necesario, se realiza con las luminarias LED. La fórmula se encuentra en la sección del marco teórico denominada *Cálculo del flujo luminoso total necesario*, la cual es la siguiente:

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

Donde:

E_m = nivel de iluminación medio (en lux), para este caso de 500 lux

Φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en lúmenes)

S = superficie a iluminar (en m²), de 510

C_u = Coeficiente de utilización, para iluminación LED no existen tablas de luminotecnica se utilizará 0.7 como valor aproximado

C_m = Coeficiente de mantenimiento, es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria; ya que se harán mantenimientos de limpieza anuales, se puede dar un coeficiente de 0,8.

$$\Phi_T = \frac{500 \text{ Lux} * 510 \text{ m}^2}{0,7 * 0,8} = 455357,14 \text{ lúmenes}$$

Para poder llegar a este nivel de iluminación de 500 lux, es necesario sumar más luminarias SYLVEO LED de Sylvania que iluminará el campo de juego. Para la iluminación de las graderías no es necesario calcular el número de lúmenes, ya que por catálogo el sistema 402 LUXEM LED tiene más flujo luminoso que las anteriores luminarias de fluorescentes, por ello no será necesario el cálculo.

$$E_m = \frac{NL * n * \phi_L * C_u * C_m}{S}$$

Donde:

NL = número de luminarias (valor de NL se redondea por exceso)

Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local

Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo); para este caso de 30 000 lm por lámpara.

n = número de lámparas que tiene la luminaria; para este caso de LED es de 1.

$$E_m = \frac{16 \text{ luminarias} * 1 * 30000 \text{ lm} * 0,7 * 0,8}{510 \text{ m}^2} = 527,05 \geq 500 \text{ lum}$$

Análisis Financiero de los casos propuestos

Análisis financiero del caso 1

Para la realización de estos cálculos financieros se dirige a la norma de generación distribuida Poasen.

Para estos casos lo primero que se realizará será calcular el ahorro anual con los paneles. Para ello es necesario conocer montos de tarifas eléctricas, interconexión, la potencia generada y consumida del sistema.

Las potencias generadas y consumidas ya fueron anteriormente calculadas y como ya fue mencionado, el consumo del gimnasio fue ponderado según la demanda del mismo por una entrevista realizada.

En caso de un faltante de energía en algún mes del año, del excedente del año se puede tomar esa potencia que falta para cubrir la demanda, y en este caso por la Ley de Cogeneración Distribuida solo se puede recobrar el 49% de la energía subida a la red.

Con esto debidamente señalado se puede realizar el estudio financiero y por tanto ver el ahorro anual gracias a la siguiente tabla:

Análisis de consumo energético en el periodo de 1 año								
Datos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Potencia Consumida (kWh)	560,85	897,36	897,36	897,36	897,36	897,36	897,36	897,36
Potencia Generada (kWh)	1024,02	874,10	983,10	1016,73	1066,99	1036,53	1066,99	1058,81
Potencia almacenada el mes previo (Wh)	0,00	463,17	439,92	525,66	645,03	814,66	953,83	1123,46
Potencia sobrante subida a la Red (Wh)	463,17	-23,26	85,74	119,37	169,63	0,00	169,63	0,00
Energía propia bajada de la red (49%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-139,17	0,00	550,49
Energía faltante para el consumo (Wh)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	116,41	0,00	-161,45
Energía directa de la red (Wh)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-711,94
Facturación Actual sin Paneles	€ 71.297,33	€ 116.001,73	€ 116.001,73	€ 116.001,73	€ 116.001,73	€ 116.001,73	€ 116.001,73	€ 116.001,73
Facturación con Paneles	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ (2.993,55)	€ -	€ (77.641,87)

Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
897,36	897,36	897,36	560,85
1031,58	1060,85	1016,73	991,29
572,96	292,21	455,70	575,07
0,00	163,49	119,37	430,44
280,75	0,00	0,00	0,00
-134,22	0,00	0,00	0,00
-414,97	0,00	0,00	0,00
€ 116.001,73	€ 116.001,73	€ 116.001,73	€ 71.297,33
€ (46.120,09)	€ -	€ -	€ -

Tabla 12. Análisis de consumo energético en el periodo de un año.

Fuente: elaboración propia

Con los datos de la tabla anterior se puede obtener los siguientes datos de ahorro anual:

Total de Facturación sin Paneles	₡	1.302.611,96
Total de Facturación con Paneles	₡	-126.755,51
Ahorro Anual sin cargos Fijos	₡	1.175.856,45
Energía almacenada sobrante		1005,509426

Tabla 13. Análisis de ahorro con paneles solares en el periodo de un año con y sin gastos fijos.

Fuente: elaboración propia

Los datos anteriores reflejan una enorme disminución de la facturación gracias a los paneles, ya que el ahorro anual sin los cargos fijos es de ₡1.302.611,96. Para obtener el ahorro anual con los cargos fijos es necesario realizar el cálculo del gasto en la facturación del alumbrado público y también del tributo a los bomberos.

Luego de esto, se empieza a formular la inversión inicial del proyecto para, de esta forma, obtener el valor actual neto y la tasa interna de retorno. Antes de hacer esto es necesario cotizar los paneles fotovoltaicos, el inversor o microinversores a utilizar y la estructura coplanar; para ello se da en la siguiente tabla:

CASO 1

Componentes	Cantidad	Precio	Costo Total
<i>Canadian Solar 300W 60 Cell Mono 1000V Solar Panel, CS6K-300MS</i>	10	€ 166.050,00	€ 1.660.500,00
<i>Schneider Conext SW 3.5 kW 120/240VAC 24VDC Inverter/Charger RNW8652524</i>	1	€ 861.000,00	€ 861.000,00
<i>Racking Kit 4 Solar Panel Flat Cover</i>	3	€ 218.325,00	€ 654.975,00
Costo Total del Proyecto	€	3.176.475,00	

Tabla 14. Cotización del Caso 1.

Fuente: elaboración propia

Para obtener el valor actual neto y la tasa interna de retorno son necesarios varios datos importantes para la completación del procedimiento.

Lo primero, es conocer el tipo de cambio del dólar, que en este caso para el 11 de febrero del 2019 es de ¢615. Esto es necesario para transformar la cotización a colones como en la tabla anterior y ver así la inversión inicial total.

A su vez, es necesario calcular los cargos fijos que completan la facturación eléctrica del CNFL, para el caso del alumbrado público es necesario multiplicar los KWh consumidos por ¢3,51 para obtener así es valor. En el caso del tributo a los bomberos se da por medio de los ¢KWh dividido entre KWh por 1,75.

También es necesario contemplar la tasa de interés del CNFL de aumento en la facturación eléctrica. Asimismo, debe considerarse el valor de la interconexión a la red que en este caso es de ¢235.000.

Las cifras en cuanto a mantenimiento se refiere, toman en cuenta hacer el mismo por un costo de ¢50.000 cada cuatro meses, dando en total ¢150.000 por año.

Mientras tanto, la tasa de interés del préstamo que se efectuará para cubrir los gastos del proyecto es del 9,7% realizada por el Banco de Costa Rica que es llamada BCR

MIPYMES (Apéndice V y W). Ya con esto debidamente dicho se verá en la siguiente tabla toda la información:

Tabla Resumen de datos Caso 1	
Cambio Dólar 11/02/19¹	₡ 615,00
Cargos Fijos	₡ 38.145,59
Interconexión Total	₡ 235.000,00
Tasa BCR MIPYMES²	9,70%
Tasa Aumento Anual Aprox.	14,10%
Costo de Mantenimiento Aprox.	₡ 150.000,00
Inversión Inicial	
Paneles Solares	₡ 1.660.500,00
Inversor Central (7años)	₡ 861.000,00
Estructura coplanar	₡ 654.975,00
Total de Inversión Inicial	₡ 3.176.475,00
Ahorro Anual sin cargos Fijos	₡ 1.175.856,45
Ahorro Anual	₡ 1.137.710,86
<p>Notas: 1. El valor del cambio de dólar se toma al día 11/02/19. 2. El valor de Tb BCCRR es igual a 6.20 para la fecha del 15/02/19.</p>	

Tabla 15. Resumen de datos para la inversión inicial del caso 1.

Fuente: elaboración propia

De la anterior tabla, se puede deducir el valor del ahorro anual ya con los cargos fijos que es de ₡1.137.710,86. Pero esto es sólo en el primer año, ya que al subir la tasa de interés del CNFL también aumenta el ahorro anual. Con esta cifra se calculará el valor actual neto y la tasa interna de retorno.

La tasa de interés seleccionada es del BCR MIPYMES que es del 9,7%, y también se utilizará el 14,1% del CNFL (Apéndice O), de aumento cada año en la facturación eléctrica.

El mantenimiento anual será de ₡150.000 y cada 7 años se le sumará el cambio del inversor central, en este caso sumando en total un monto de ₡1.011.000. Toda esta información anterior se muestra en la siguiente tabla:

		Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno del sistema de Paneles Fotovoltaicos Caso 1				
		Ahorro anual	Mantenimiento	Flujos Netos	Sumatoria	VAN
Inversion Inicial	₡ 3.176.475,00					
Tasa aumento Anual Aprox.	14,10%					
Tasa BCR MIPYMES	9,70%					
Interconexión	₡ 235.000,00	Año 1	₡ 150.000,00	₡ 987.710,86	₡ 900.374,53	₡ (2.276.100,47)
Mantenimiento	₡ 150.000,00	Año 2	₡ 150.000,00	₡ 1.148.128,10	₡ 1.854.437,61	₡ (1.322.037,39)
Ahorro anual	₡ 1.137.710,86	Año 3	₡ 150.000,00	₡ 1.331.164,16	₡ 2.862.788,61	₡ (313.686,39)
		Año 4	₡ 150.000,00	₡ 1.540.008,30	₡ 3.926.188,36	₡ 749.713,36
		Año 5	₡ 150.000,00	₡ 1.778.299,47	₡ 5.045.553,46	₡ 1.869.078,46
		Año 6	₡ 150.000,00	₡ 2.050.189,70	₡ 6.221.951,47	₡ 3.045.476,47
		Año 7	₡ 1.011.000,00	₡ 1.499.416,45	₡ 7.006.240,02	₡ 3.829.765,02
		Año 8	₡ 150.000,00	₡ 2.714.385,17	₡ 8.300.490,86	₡ 5.124.015,86
		Año 9	₡ 150.000,00	₡ 3.118.263,48	₡ 9.655.846,16	₡ 6.479.371,16
		Año 10	₡ 150.000,00	₡ 3.579.088,63	₡ 11.073.943,94	₡ 7.897.468,94
		Año 11	₡ 150.000,00	₡ 4.104.890,12	₡ 12.556.559,77	₡ 9.380.084,77
		Año 12	₡ 150.000,00	₡ 4.704.829,63	₡ 14.105.605,97	₡ 10.929.130,97
		Año 13	₡ 150.000,00	₡ 5.389.360,61	₡ 15.723.131,28	₡ 12.546.656,28
		Año 14	₡ 1.011.000,00	₡ 5.309.410,45	₡ 17.175.756,28	₡ 13.999.281,28
		Año 15	₡ 150.000,00	₡ 7.061.588,33	₡ 18.936.933,19	₡ 15.760.458,19
		Año 16	₡ 150.000,00	₡ 8.078.422,28	₡ 21.800.882,55	₡ 18.624.407,55
		Año 17	₡ 150.000,00	₡ 9.238.629,82	₡ 25.071.576,29	₡ 21.895.101,29
		Año 18	₡ 150.000,00	₡ 10.562.426,63	₡ 28.806.649,33	₡ 25.630.174,33
		Año 19	₡ 150.000,00	₡ 12.072.878,78	₡ 33.071.890,66	₡ 29.895.415,66
		Año 20	₡ 150.000,00	₡ 13.796.304,69	₡ 37.942.395,75	₡ 34.765.920,75
					TIR	46%

*Cifras en color rojo son negativas

Tabla 16. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 1.

Fuente: elaboración propia

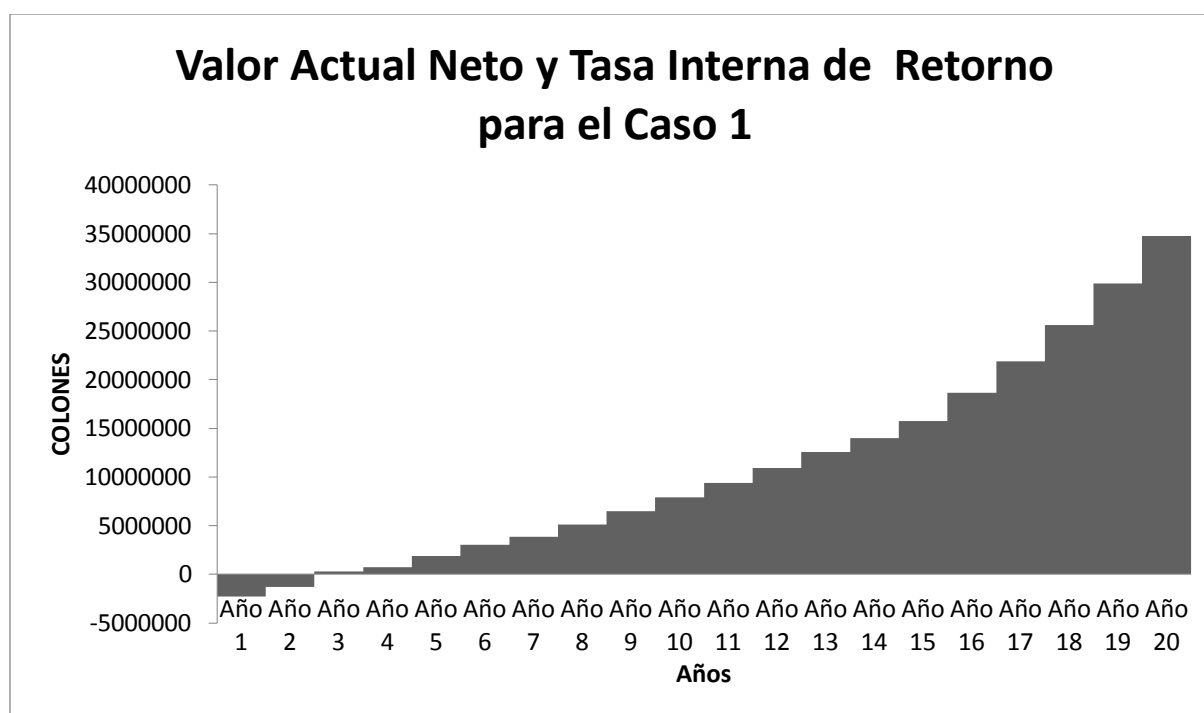


Figura 13. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 1.

Fuente: elaboración propia

La tabla y figura anterior muestran los resultados del valor actual neto de €34.765.920,75 a 20 años y una tasa interna de retorno del 46%. Es importante mencionar que en el año 7 se cubre la inversión inicial y de ahí en adelante se da una ganancia lineal.

Análisis financiero del caso 2

En este caso se dará el mismo método de cálculos que en el caso anterior pero con la diferencia del cambio de configuración a microinversores y por ende el mantenimiento cambia al ser cada 5 años. En la siguiente tabla se detallan los cambios en la cotización y el resumen de datos:

CASO 2

Componentes	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
<i>Canadian Solar 300W 60 Cell Mono 1000V Solar Panel, CS6K-300MS</i>	10	€ 166.050,00	€ 1.660.500,00
<i>Enphase IQ 6 and IQ 6+ 290W 120/240VAC 62VDC Micro Inverter</i>	10	€ 66.420,00	€ 664.200,00
<i>Racking Kit 4 Solar Panel Flat Cover</i>	3	€ 218.325,00	€ 654.975,00
Costo Total del Proyecto			€ 2.979.675,00

Tabla 17. Cotización del Caso 2.

Fuente: elaboración propia

Tabla Resumen de datos para Caso 2	
Cambio Dólar 11/02/19 ¹	₡ 615,00
Cargos Fijos	₡ 38.145,59
Interconexión Total	₡ 235.000,00
Tasa BCR MIPYMES ²	9,70%
Tasa Aumento Anual Aprox.	14,10%
Costo de Mantenimiento Aprox.	₡ 150.000,00
Inversión Inicial	
Paneles Solares	₡ 1.660.500,00
Micro Inversor (5 años)	₡ 664.200,00
Estructura coplanar	₡ 654.975,00
Total de Inversión Inicial	₡ 2.979.675,00
Ahorro Anual sin cargos Fijos	₡ 1.175.856,45
Ahorro Anual	₡ 1.137.710,86
<p>Notas: 1. El valor del cambio de dólar se toma al día 11/02/19. 2. El valor de Tb BCCRR es igual a 6.20 para la fecha del 15/02/19</p>	

Tabla 18. Resumen de datos para la inversión inicial del caso 2.

Fuente: elaboración propia

Los cambios en el ahorro anual y en la inversión inicial son considerables, además del costo de mantenimiento que también cambió, luego se vuelve a hacer el estudio del VAN y el TIR.

		Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno del sistema de Paneles Fotovoltaicos Caso 2				
		Ahorro anual	Mantenimiento	Flujos Netos	Sumatoria	VAN
Inversion Inicial	€ 2.979.675,00					
Tasa aumento Anual Aprox.	14,10%					
Tasa BCR MIPYMES	9,70%					
Interconexión	€ 235.000,00					
Mantenimiento	€ 1.500.000,00					
Ahorro anual	€ 1.137.710,86					
Año 1	€ 1.137.710,86	€ 150.000,00	€ 987.710,86	€900.374,53	(€2.079.300,47)	
Año 2	€ 1.298.128,09	€ 150.000,00	€ 1.148.128,09	€1.854.437,61	(€1.125.237,39)	
Año 3	€ 1.481.164,15	€ 150.000,00	€ 1.331.164,15	€2.862.788,60	(€116.886,40)	
Año 4	€ 1.690.008,30	€ 150.000,00	€ 1.540.008,30	€3.926.188,34	€946.513,34	
Año 5	€ 1.928.299,47	€ 814.200,00	€ 1.114.099,47	€4.627.467,33	€1.647.792,33	
Año 6	€ 2.200.189,69	€ 150.000,00	€ 2.050.189,69	€5.803.865,34	€2.824.190,34	
Año 7	€ 2.510.416,44	€ 150.000,00	€ 2.360.416,44	€7.038.510,73	€4.058.835,73	
Año 8	€ 2.864.385,16	€ 150.000,00	€ 2.714.385,16	€8.332.761,55	€5.353.086,55	
Año 9	€ 3.268.263,46	€ 150.000,00	€ 3.118.263,46	€9.688.116,85	€6.708.441,85	
Año 10	€ 3.729.088,61	€ 814.200,00	€ 2.914.888,61	€10.843.046,92	€7.863.371,92	
Año 11	€ 4.254.890,11	€ 150.000,00	€ 4.104.890,11	€12.325.662,75	€9.345.987,75	
Año 12	€ 4.854.829,61	€ 150.000,00	€ 4.704.829,61	€13.874.708,94	€10.895.033,94	
Año 13	€ 5.539.360,59	€ 150.000,00	€ 5.389.360,59	€15.492.234,24	€12.512.559,24	
Año 14	€ 6.320.410,43	€ 150.000,00	€ 6.170.410,43	€17.180.424,02	€14.200.749,02	
Año 15	€ 7.211.588,30	€ 814.200,00	€ 6.397.388,30	€18.775.947,86	€15.796.272,86	
Año 16	€ 8.228.422,25	€ 150.000,00	€ 8.078.422,25	€20.612.572,94	€17.632.897,94	
Año 17	€ 9.388.629,79	€ 150.000,00	€ 9.238.629,79	€22.527.247,18	€19.547.572,18	
Año 18	€ 10.712.426,59	€ 150.000,00	€ 10.562.426,59	€24.522.713,53	€21.543.038,53	
Año 19	€ 12.222.878,74	€ 150.000,00	€ 12.072.878,74	€26.601.859,18	€23.622.184,18	
Año 20	€ 13.946.304,64	€ 814.200,00	€ 13.132.104,64	€28.663.446,73	€25.683.771,73	
					TIR	49%

***Cifras en color rojo son negativas**

Tabla 19. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 2.

Fuente: elaboración propia

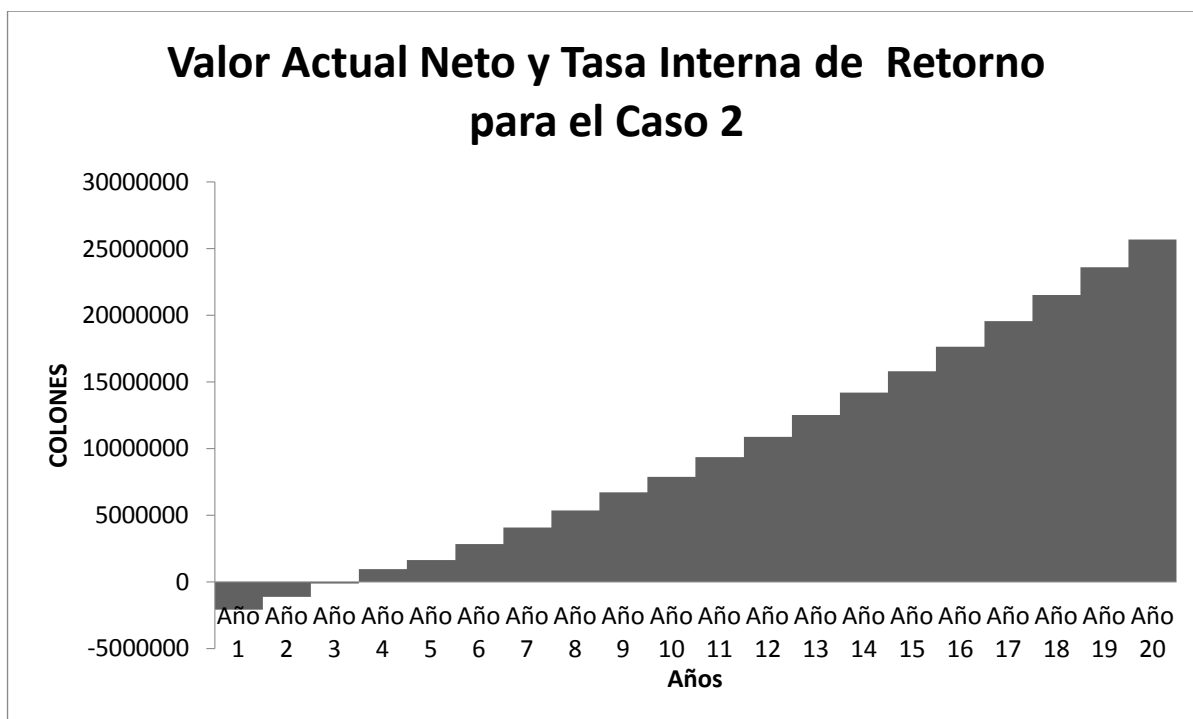


Figura 14. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 2.

Fuente: elaboración propia

La tabla y figura anterior muestran los resultados del valor actual neto de $\text{¢}25.683.771,73$ a 20 años y una tasa interna de retorno del 49%. Es importante mencionar que en el año 6 se cubre la inversión inicial y de ahí en adelante se da una ganancia lineal al igual que el caso 1.

Análisis financiero del caso 3

Para analizar el caso 3 es bueno remontarse al caso 1, ya que la única diferencia entre ambos es la marca de paneles, todo lo demás se mantiene igual. Para ello está expresado en las siguientes tablas de cotización y resumen de datos:

CASO 3

Componentes	Cantidad	Precio	Costo Total
SolarWorld300W 60 Cell Mono 1000V Solar Panel, SW300	10	€ 166.529,70	€ 1.665.297,00
Schneider Conext SW 3.5 kW 120/240VAC 24VDC Inverter/Charger RNW8652524	1	€ 861.000,00	€ 861.000,00
Racking Kit 4 Solar Panel Flat Cover	3	€ 218.325,00	€ 654.975,00
Costo Total del Proyecto			€ 3.181.272,00

Tabla 20. Cotización del caso 3.

Fuente: elaboración propia

Tabla Resumen de datos para Caso 3	
Cambio Dólar 11/02/19 ¹	€ 615,00
Cargos Fijos	€ 38.145,59
Interconexión Total	€ 235.000,00
Tasa BCR MIPYMES ²	9,70%
Tasa Aumento Anual Aprox.	14,10%
Costo de Mantenimiento Aprox.	€ 150.000,00
Inversión Inicial	
Paneles Solares	€ 1.682.640,00
Inversor (7 años)	€ 861.000,00
Estructura coplanar	€ 654.975,00
Total de Inversión Inicial	€ 3.198.615,00
Ahorro Anual sin cargos Fijos	€ 1.175.856,45
Ahorro Anual	€ 1.137.710,86
<p>Notas: 1. El valor del cambio de dólar se toma al día 11/02/19. 2. El valor de Tb BCCRR es igual a 6.20 para la fecha del 15/02/19</p>	

Tabla 21. Resumen de datos para la inversión inicial del caso 3.

Fuente: elaboración propia

Con estos datos ya mencionados, se puede realizar el estudio del VAN y el TIR a continuación:

		Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno del sistema de Paneles Fotovoltaicos Caso 3				
		Ahorro anual	Mantenimiento	Flujos Netos	Sumatoria	VAN
Inversión Inicial	€ 3.198.615,00					
Tasa aumento Anual Aprox.	14,10%					
Tasa BCR MIPYMES	9,70%					
Interconexión	€ 235.000,00					
Mantenimiento	€ 150.000,00					
Ahorro anual	€ 1.137.710,86					
Año 1	€ 1.137.710,86	€ 150.000,00	€ 987.710,86	€900.374,53	(€2.298.240,47)	
Año 2	€ 1.298.128,10	€ 150.000,00	€ 1.148.128,10	€1.854.437,61	(€1.344.177,39)	
Año 3	€ 1.481.164,16	€ 150.000,00	€ 1.331.164,16	€2.862.788,61	(€335.826,39)	
Año 4	€ 1.690.008,30	€ 150.000,00	€ 1.540.008,30	€3.926.188,36	€727.573,36	
Año 5	€ 1.928.299,47	€ 150.000,00	€ 1.778.299,47	€5.045.553,46	€1.846.938,46	
Año 6	€ 2.200.189,70	€ 150.000,00	€ 2.050.189,70	€6.221.951,47	€3.023.336,47	
Año 7	€ 2.510.416,45	€ 1.011.000,00	€ 1.499.416,45	€7.006.240,02	€3.807.625,02	
Año 8	€ 2.864.385,17	€ 150.000,00	€ 2.714.385,17	€8.300.490,86	€5.101.875,86	
Año 9	€ 3.268.263,48	€ 150.000,00	€ 3.118.263,48	€9.655.846,16	€6.457.231,16	
Año 10	€ 3.729.088,63	€ 150.000,00	€ 3.579.088,63	€11.073.943,94	€7.875.328,94	
Año 11	€ 4.254.890,12	€ 150.000,00	€ 4.104.890,12	€12.556.559,77	€9.357.944,77	
Año 12	€ 4.854.829,63	€ 150.000,00	€ 4.704.829,63	€14.105.605,97	€10.906.990,97	
Año 13	€ 5.539.360,61	€ 150.000,00	€ 5.389.360,61	€15.723.131,28	€12.524.516,28	
Año 14	€ 6.320.410,45	€ 1.011.000,00	€ 5.309.410,45	€17.175.756,28	€13.977.141,28	
Año 15	€ 7.211.588,33	€ 150.000,00	€ 7.061.588,33	€18.936.933,19	€15.738.318,19	
Año 16	€ 8.228.422,28	€ 150.000,00	€ 8.078.422,28	€20.773.558,26	€17.574.943,26	
Año 17	€ 9.388.629,82	€ 150.000,00	€ 9.238.629,82	€22.688.232,51	€19.489.617,51	
Año 18	€ 10.712.426,63	€ 150.000,00	€ 10.562.426,63	€24.683.698,87	€21.485.083,87	
Año 19	€ 12.222.878,78	€ 150.000,00	€ 12.072.878,78	€26.762.844,53	€23.564.229,53	
Año 20	€ 13.946.304,69	€ 150.000,00	€ 13.796.304,69	€28.928.703,75	€25.730.088,75	
					TIR	46%

*Cifras en color rojo son negativas

Tabla 22. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 3.

Fuente: elaboración propia

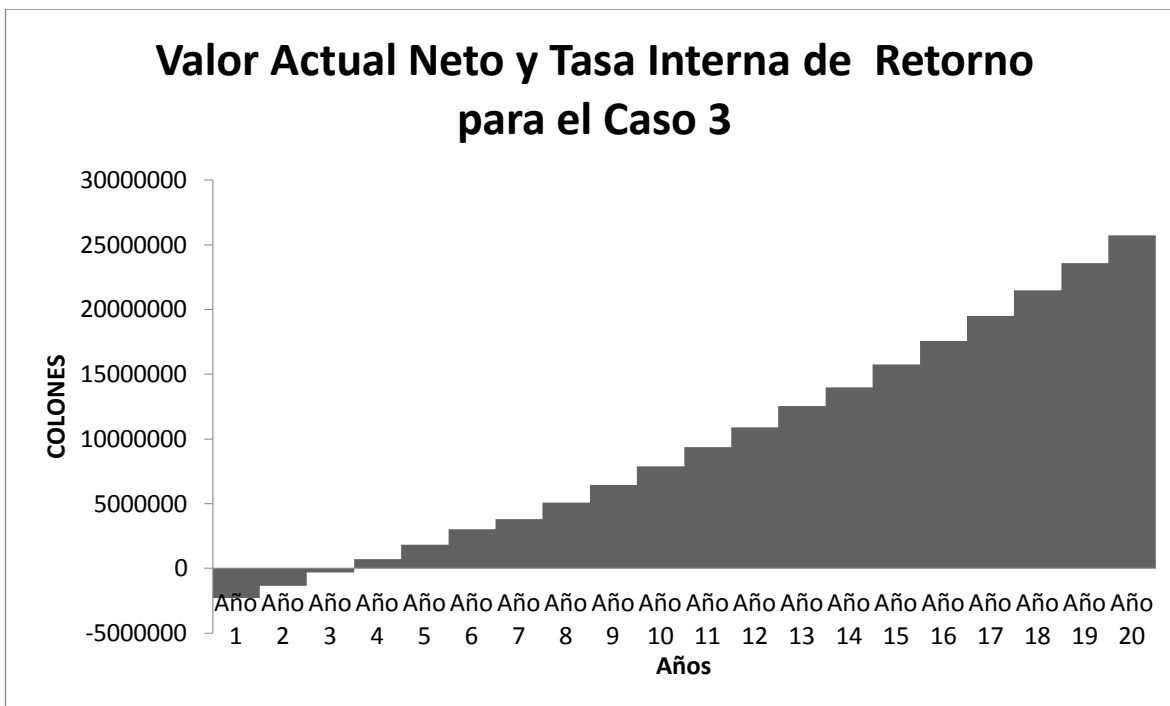


Figura 15. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 3.

Fuente: elaboración propia

La tabla y figura anterior muestran los resultados del valor actual neto de $\text{¢}25.730.088,75$ a 20 años y una tasa interna de retorno del 46%. Es importante mencionar que en el año 7 se cubre la inversión inicial y de ahí en adelante se da una ganancia lineal al igual que los anteriores casos.

Análisis financiero del caso 4

Para analizar el caso 4 es bueno remontarse al caso 2, ya que la única diferencia entre ambos es la marca de paneles, todo lo demás se mantiene igual, para ello está expresado en las siguientes tablas de cotización y resumen de datos:

CASO 4

Componentes	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
<i>SolarWorld300W 60 Cell Mono 1000V Solar Panel, SW300</i>	10	€ 166.529,70	€ 1.665.297,00
<i>Enphase IQ 6 and IQ 6+ 290W 120/240VAC 62VDC Micro Inverter</i>	10	€ 66.420,00	€ 664.200,00
<i>Racking Kit 4 Solar Panel Flat Cover</i>	3	€ 218.325,00	€ 654.975,00
Costo Total del Proyecto			€ 2.984.472,00

Tabla 23. Cotización para caso 4.

Fuente: elaboración propia

Tabla Resumen de datos para Caso 4	
Cambio Dólar 11/02/19 ¹	€ 615,00
Cargos Fijos	€ 38.145,59
Interconexión Total	€ 235.000,00
Tasa BCR MIPYMES ²	9,70%
Tasa Aumento Anual Aprox.	14,10%
Costo de Mantenimiento Aprox.	€ 150.000,00
Inversión Inicial	
Paneles Solares	€ 1.682.640,00
Micro Inversor (5 años)	€ 664.200,00
Estructura coplanar	€ 654.975,00
Total de Inversión Inicial	€ 3.001.815,00
Ahorro Anual sin cargos Fijos	€ 1.175.856,45
Ahorro Anual	€ 1.137.710,86
<p>Notas: 1. El valor del cambio de dólar se toma al día 11/02/19. 2. El valor de Tb BCCR es igual a 6.20 para la fecha del 15/02/19</p>	

Tabla 24. Resumen de datos para la inversión inicial del caso 4.

Fuente: elaboración propia

La tabla del caso 4 es muy similar a la tabla del caso 2, en la cual se usa la misma configuración, luego de esto debe calcularse el VAN y el TIR:

		Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno del sistema de Paneles Fotovoltaicos Caso 4				
		Ahorro anual	Mantenimiento	Flujos Netos	Sumatoria	VAN
Inversion Inicial	€ 3.001.815,00					
Tasa aumento Anual Aprox.	14,10%					
Tasa BCR MIPYMES	9,70%					
Interconexión	€ 235.000,00					
Mantenimiento	€ 150.000,00					
Ahorro anual	€ 1.137.710,86					
Año 1	€ 1.137.710,86	€ 150.000,00	€ 987.710,86	€900.374,53	(€2.101.440,47)	
Año 2	€ 1.298.128,10	€ 150.000,00	€ 1.148.128,10	€1.854.437,61	(€1.147.377,39)	
Año 3	€ 1.481.164,16	€ 150.000,00	€ 1.331.164,16	€2.862.788,61	(€139.026,39)	
Año 4	€ 1.690.008,30	€ 150.000,00	€ 1.540.008,30	€3.926.188,36	€924.373,36	
Año 5	€ 1.928.299,47	€ 814.200,00	€ 1.114.099,47	€4.627.467,35	€1.625.652,35	
Año 6	€ 2.200.189,70	€ 70.000,00	€ 2.130.189,70	€5.849.769,33	€2.847.954,33	
Año 7	€ 2.510.416,45	€ 70.000,00	€ 2.440.416,45	€7.126.259,72	€4.124.444,72	
Año 8	€ 2.864.385,17	€ 70.000,00	€ 2.794.385,17	€8.458.655,50	€5.456.840,50	
Año 9	€ 3.268.263,48	€ 70.000,00	€ 3.198.263,48	€9.848.782,86	€6.846.967,86	
Año 10	€ 3.729.088,63	€ 814.200,00	€ 2.914.888,63	€11.003.712,93	€8.001.897,93	
Año 11	€ 4.254.890,12	€ 70.000,00	€ 4.184.890,12	€12.515.223,39	€9.513.408,39	
Año 12	€ 4.854.829,63	€ 70.000,00	€ 4.784.829,63	€14.090.609,26	€11.088.794,26	
Año 13	€ 5.539.360,61	€ 70.000,00	€ 5.469.360,61	€15.732.145,22	€12.730.330,22	
Año 14	€ 6.320.410,45	€ 70.000,00	€ 6.250.410,45	€17.442.222,56	€14.440.407,56	
Año 15	€ 7.211.588,33	€ 814.200,00	€ 6.397.388,33	€19.037.746,40	€16.035.931,40	
Año 16	€ 8.228.422,28	€ 70.000,00	€ 8.158.422,28	€20.892.559,44	€17.890.744,44	
Año 17	€ 9.388.629,82	€ 70.000,00	€ 9.318.629,82	€22.823.813,42	€19.821.998,42	
Año 18	€ 10.712.426,63	€ 70.000,00	€ 10.642.426,63	€24.834.393,46	€21.832.578,46	
Año 19	€ 12.222.878,78	€ 70.000,00	€ 12.152.878,78	€26.927.316,42	€23.925.501,42	
Año 20	€ 13.946.304,69	€ 814.200,00	€ 13.132.104,69	€28.988.903,98	€25.987.088,98	
					TIR	49%

***Cifras en color rojo son negativas**

Tabla 25. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 4.

Fuente: elaboración propia

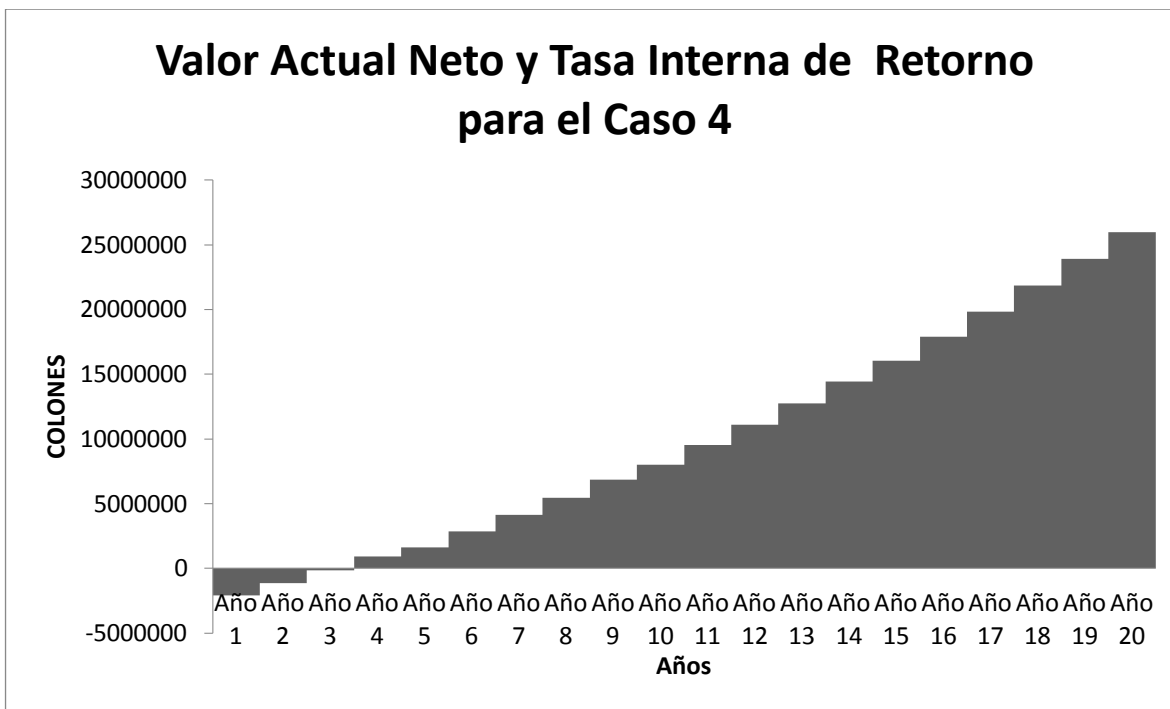


Figura 16. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 4.

Fuente: elaboración propia

La tabla y figura anterior muestran los resultados del valor actual neto de $\text{¢}25.987.088,98$ a 20 años y una tasa interna de retorno del 49%. Es importante mencionar que en el año 7 se cubre la inversión inicial y de ahí en adelante se da una ganancia lineal al igual que los anteriores casos.

Análisis financiero del caso 5, Iluminación LED

En este caso 5 se dará una cotización de iluminación LED, la cual fue ya calculada para conocer el número de luminarias a utilizar, también se conoce el ahorro anual sin gastos fijos que es de $\text{¢}136.333,73$. Con esto se dará la cotización de las luminarias, también se dará el ahorro anual con gastos fijos y la inversión inicial. Las tasas de interés se mantienen y el mantenimiento será de $\text{¢}70.000$ por año.

Iluminación LED

Componentes	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
<i>Sylvania 402 LUXEM LED 82W</i>	169	€10.715,00	€ 1.810.835,00
<i>Sylvania SYLVEO LED 300W</i>	16	€ 407.215,00	€ 6.515.440,00
<i>Sylvania WALLPACK HB LED 80W</i>	16	€ 80.000,00	€ 1.280.000,00
Costo Total del Proyecto			€ 9.606.275,00

Tabla 26. Cotización del Caso 5.

Fuente: elaboración propia

Caso 5: Iluminación LED

Tabla Resumen de datos para Caso 5					
Cargos Fijos	€	34.441,81	Total de Facturación sin iluminación	€	1.305.019,43
Interconexión Total	€	235.000,00			
Tasa BCR MIPYMES2		9,70%	Total de Facturación con iluminación	€	1.168.688,70
Tasa Aumento Anual Aprox.		14,10%			
Costo de Mantenimiento Aprox.	€	70.000,00	Ahorro Anual sin cargos Fijos	€	136.330,73
Inversión Inicial					
Iluminación LED	€	9.606.275,00			
Total de Inversión Inicial	€	9.606.275,00			
Ahorro Anual sin cargos Fijos	€	136.330,73			
Ahorro Anual	€	101.888,92			
<p>Notas: 1. El valor del cambio de dólar se toma al día 11/02/19. 2. El valor de Tb BCCRR es igual a 6.20 para la fecha del 15/02/19</p>					

Tabla 27. Resumen de datos para la inversión inicial del caso 5 y facturación con iluminación LED.

Fuente: elaboración propia

Según datos que se pudieron calcular en el análisis de resultados en el caso 5, se puede mostrar cómo el consumo no varía mucho, como se puede observar en la siguiente tabla:

Relación de consumo entre iluminación actual e iluminación LED		
Consumo Actual (Colones)	Consumo con LED (Colones)	Porcentaje de relación (%)
₡ 1.305.019,43	₡ 1.168.688,70	89,55335651

Tabla 28. Relación de consumo actual vs iluminación LED.

Fuente: elaboración propia

Como se muestra, la disminución es de un 11,4% con respecto a la facturación actual del gimnasio, por tanto este dato vuelve a este caso como no rentable.

Además, el monto del ahorro ya con los cargos fijos es de ϕ 101.888,92 y la inversión inicial de la iluminación es de ϕ 9.606.275. Con estos valores se realizará el estudio de valor actual neto y tasa interna de retorno para analizar si el proyecto es rentable.

		Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno del sistema de Paneles Fotovoltaicos Caso 5				
		Ahorro anual	Mantenimiento	Flujos Netos	Sumatoria	VAN
Inversión Inicial	₡ 9.606.275,00					
Tasa aumento Anual Aprox.	14,10%					
Tasa BCR MIPYMES	9,70%					
Interconexión	₡ 235.000,00					
Mantenimiento	₡ 70.000,00					
Ahorro anual	₡ 101.888,92					
Año 1	₡ 101.888,92	₡ 70.000,00	₡ 31.888,92	₡29.069,21	(₡9.577.205,79)	
Año 2	₡ 116.255,26	₡ 70.000,00	₡ 46.255,26	₡67.506,06	(₡9.538.768,94)	
Año 3	₡ 132.647,25	₡ 70.000,00	₡ 62.647,25	₡114.961,07	(₡9.491.313,93)	
Año 4	₡ 151.350,51	₡ 70.000,00	₡ 81.350,51	₡171.134,87	(₡9.435.140,13)	
Año 5	₡ 172.690,93	₡ 70.000,00	₡ 102.690,93	₡235.774,51	(₡9.370.500,49)	
Año 6	₡ 197.040,35	₡ 70.000,00	₡ 127.040,35	₡308.670,21	(₡9.297.604,79)	
Año 7	₡ 224.823,04	₡ 70.000,00	₡ 154.823,04	₡389.652,34	(₡9.216.622,66)	
Año 8	₡ 256.523,09	₡ 70.000,00	₡ 186.523,09	₡478.588,75	(₡9.127.686,25)	
Año 9	₡ 292.692,85	₡ 70.000,00	₡ 222.692,85	₡575.382,34	(₡9.030.892,66)	
Año 10	₡ 333.962,54	₡ 70.000,00	₡ 263.962,54	₡679.968,94	(₡8.926.306,06)	
Año 11	₡ 381.051,25	₡ 70.000,00	₡ 311.051,25	₡792.315,31	(₡8.813.959,69)	
Año 12	₡ 434.779,48	₡ 70.000,00	₡ 364.779,48	₡912.417,28	(₡8.693.857,52)	
Año 13	₡ 496.083,39	₡ 70.000,00	₡ 426.083,39	₡1.040.299,20	(₡8.565.975,80)	
Año 14	₡ 566.031,15	₡ 70.000,00	₡ 496.031,15	₡1.176.010,54	(₡8.430.264,46)	
Año 15	₡ 645.841,54	₡ 70.000,00	₡ 575.841,54	₡1.319.626,79	(₡8.286.648,21)	
Año 16	₡ 736.905,19	₡ 70.000,00	₡ 666.905,19	₡1.471.247,34	(₡8.135.027,66)	
Año 17	₡ 840.808,83	₡ 70.000,00	₡ 770.808,83	₡1.630.994,82	(₡7.975.280,18)	
Año 18	₡ 959.362,87	₡ 70.000,00	₡ 889.362,87	₡1.799.014,32	(₡7.807.260,68)	
Año 19	₡ 1.094.633,04	₡ 70.000,00	₡ 1.024.633,04	₡1.975.472,76	(₡7.630.802,24)	
Año 20	₡ 1.248.976,29	₡ 70.000,00	₡ 1.178.976,29	₡2.160.558,31	(₡7.445.716,69)	

	TIR	-1%
*Cifras en color rojo son negativas		

Tabla 29. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 5.

Fuente: elaboración propia

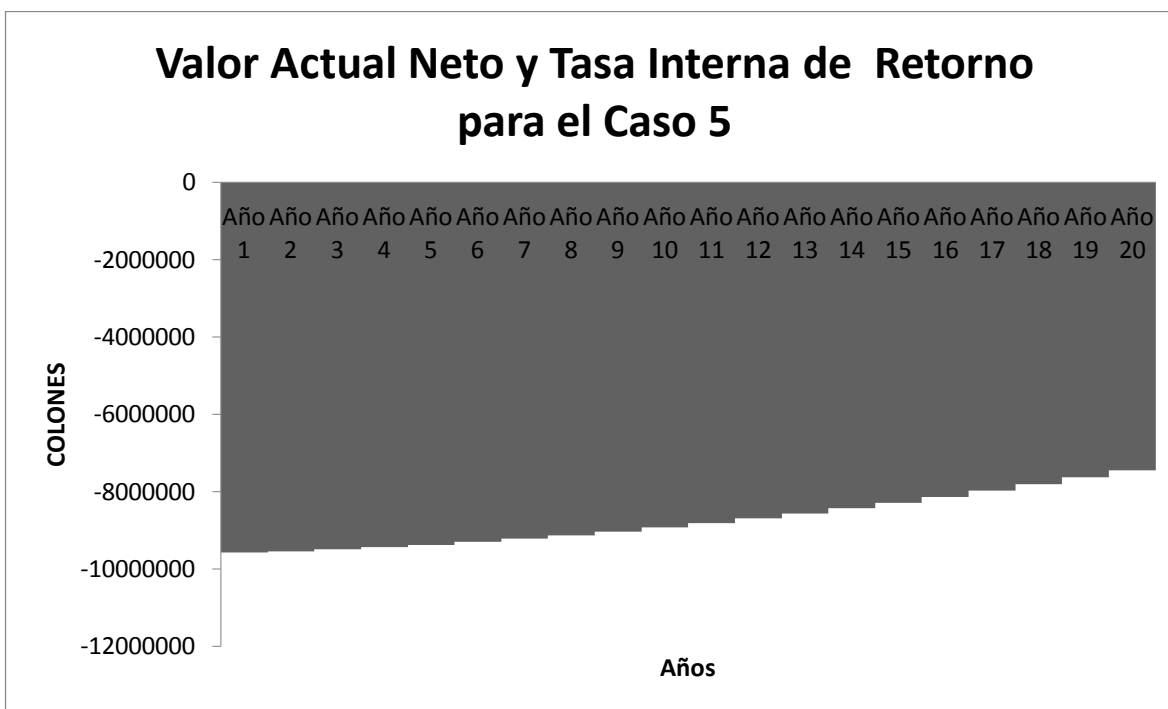


Figura 17. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 5.

Fuente: elaboración propia

Este caso en particular, el valor actual neto y la tasa interna de retorno no es rentable, ya que en el lapso de 20 años que se propuso para el retorno de inversión, no se ha dejado de pagar la deuda.

Se ha realizado un estudio fuera del lapso que se dio para conocer en qué año se retornará la inversión y los datos son los siguientes:

Año 21	₡ 1.425.081,95	₡ 70.000,00	₡ 1.355.081,95	₡2.550.975,64	(₡7.055.299,36)
Año 22	₡ 1.626.018,51	₡ 70.000,00	₡ 1.556.018,51	₡2.996.441,81	(₡6.609.833,19)
Año 23	₡ 1.855.287,11	₡ 70.000,00	₡ 1.785.287,11	₡3.504.718,71	(₡6.101.556,29)
Año 24	₡ 2.116.882,60	₡ 70.000,00	₡ 2.046.882,60	₡4.084.662,66	(₡5.521.612,34)
Año 25	₡ 2.415.363,04	₡ 70.000,00	₡ 2.345.363,04	₡4.746.378,70	(₡4.859.896,30)
Año 26	₡ 2.755.929,23	₡ 70.000,00	₡ 2.685.929,23	₡5.501.396,71	(₡4.104.878,29)
Año 27	₡ 3.144.515,26	₡ 70.000,00	₡ 3.074.515,26	₡6.362.872,25	(₡3.243.402,75)
Año 28	₡ 3.587.891,91	₡ 70.000,00	₡ 3.517.891,91	₡7.345.815,84	(₡2.260.459,16)
Año 29	₡ 4.093.784,67	₡ 70.000,00	₡ 4.023.784,67	₡8.467.354,49	(₡1.138.920,51)
Año 30	₡ 4.671.008,30	₡ 70.000,00	₡ 4.601.008,30	₡9.747.030,08	₡140.755,08
Año 31	₡ 5.329.620,47	₡ 70.000,00	₡ 5.259.620,47	₡11.207.139,92	₡1.600.864,92
Año 32	₡ 6.081.096,96	₡ 70.000,00	₡ 6.011.096,96	₡12.873.125,26	₡3.266.850,26
Año 33	₡ 6.938.531,63	₡ 70.000,00	₡ 6.868.531,63	₡14.774.014,53	₡5.167.739,53
Año 34	₡ 7.916.864,59	₡ 70.000,00	₡ 7.846.864,59	₡16.942.929,19	₡7.336.654,19
Año 35	₡ 9.033.142,50	₡ 70.000,00	₡ 8.963.142,50	₡19.417.660,81	₡9.811.385,81
				TIR	-1%

Tabla 30. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles fotovoltaicos del caso 5 fuera del lapso estipulado.

Fuente: elaboración propia

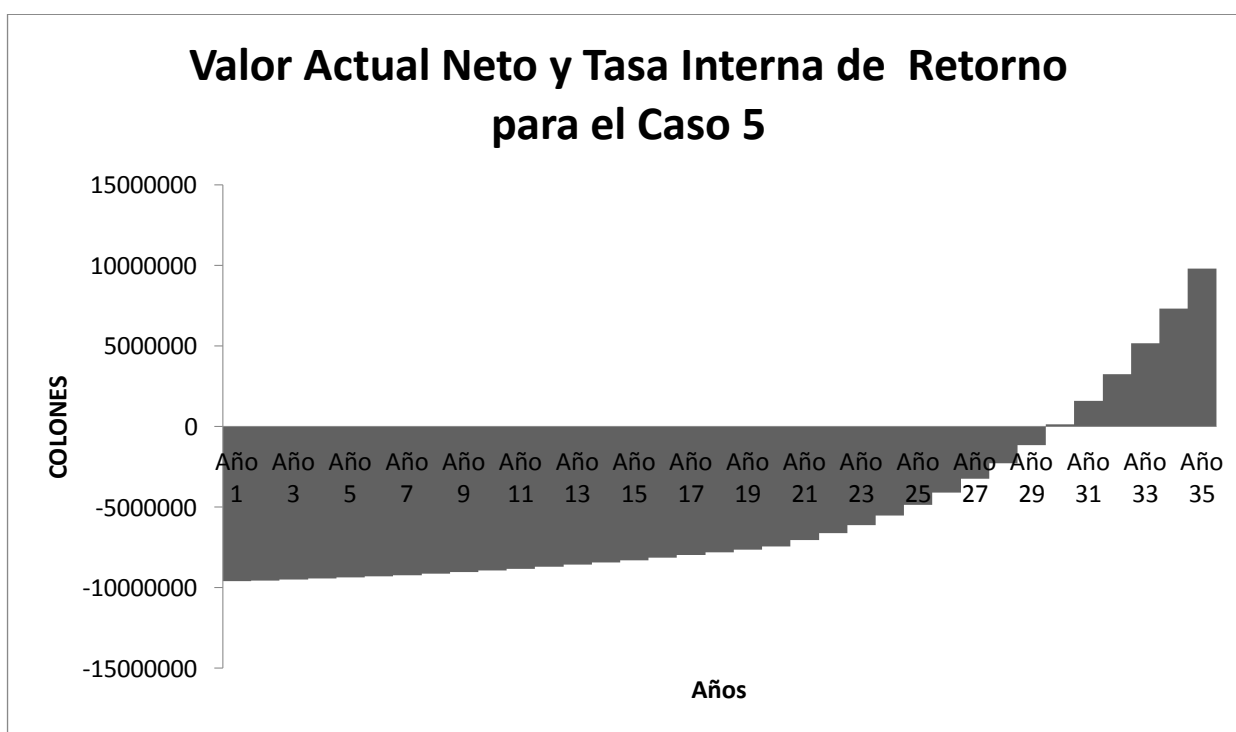


Figura 18. Valor actual neto y la tasa interna de retorno del sistema de paneles solares del caso 5 fuera del lapso estipulado.

Fuente: elaboración propia

Con los datos anteriormente obtenidos se puede analizar que la inversión es a largo plazo con un inicio de recuperación de la misma en el año 31, se llegará a cubrir la inversión inicial en el año 35. Por ello, se propone realizar este proyecto también por la larga durabilidad de la vida útil de las luminarias LED.

Diagrama unifilar del caso seleccionado

Para la realización de este diagrama unifilar es imperante mencionar el caso que se escogió y la configuración del mismo. En este estudio se escogió el Caso 1: Paneles Solares Canadian Solar (Apéndice P y Q) y con configuración de inversor central (Apéndice S y T).

La conexión que se dará en los paneles será una conexión en serie, por tanto se dice que la corriente es la misma en cada panel pero el voltaje varía. De acuerdo con el panel elegido (apéndice I), este posee un máximo voltaje por sistema equivalente a 1000 V y por cada panel se tiene un voltaje máximo de 32,5 V. Por esto, se multiplica el número de paneles por 32,5 V y esto nos da 325 V, este dato ayuda a comprobar que ya que esos 325 V no exceden los 1000 V y se pueden conectar en serie.

Según el Código Eléctrico Nacional NEC 2008, lo que corresponde a sistemas fotovoltaicos es el artículo 690. Asimismo, con esto ya mencionado en el Art. 690.8 (B) la corriente máxima de cada panel se debe sobredimensionar al 125%. La corriente de los paneles seleccionados es de 9,57 A, multiplicado por 125% y esto da como resultado 11,96 A. Con esto debidamente calculado, gracias al artículo 310.16, que habla sobre conductores para instalaciones en general se puede deducir el calibre del cable. Con las normas ya antes estipuladas, se determina que el calibre es 12 AWG THHN a 60 °C, este soporta una corriente máxima de 25 A y esto es más de los 11,96 A que dan los paneles.

Para el inversor central se debe colocar una protección o disyuntor para proteger los equipos en caso de un fallo o sobrecarga del sistema. Para esto, volvemos al artículo 690, específicamente el artículo 690.10 (B) del Código Eléctrico Nacional, el cual indica que se debe tomar el valor nominal de la salida del inversor para dimensionar la protección que se coloca.

El inversor central (apéndice J y K) deberá tener una protección debido a alguna corriente pico que dañe el aparato, para esto según el artículo 240.6 (A) se utilizará un disyuntor de 30 A en la salida del inversor central, ya que el inversor tiene de corriente pico 24,3 A a 230 V.

Luego de la salida del Inverso en AC se debe calcular la corriente y el calibre del cable en esa salida, para ello se debe sobredimensionar de nuevo a 125% la corriente pico del inversor que es de 24,3 A dando como resultado 30,375 A.

Ya con este dato calculado se puede conocer el calibre del cable que se necesita para la instalación al tablero principal del gimnasio. Dando como resultado el calibre es de 6 AWG THNN a 60°C el cual soporta 55 A máximo.

La caída de voltaje total de todo el sistema que tiene como longitud 136 metros hasta el tablero principal, y con una potencia de 3000 W totales entre los 10 paneles da como resultado una caída de 2,93%.

La canalización a utilizar para este sistema según datos del NEC, se puede utilizar una canalización de EMT de 1/2" de diámetro.

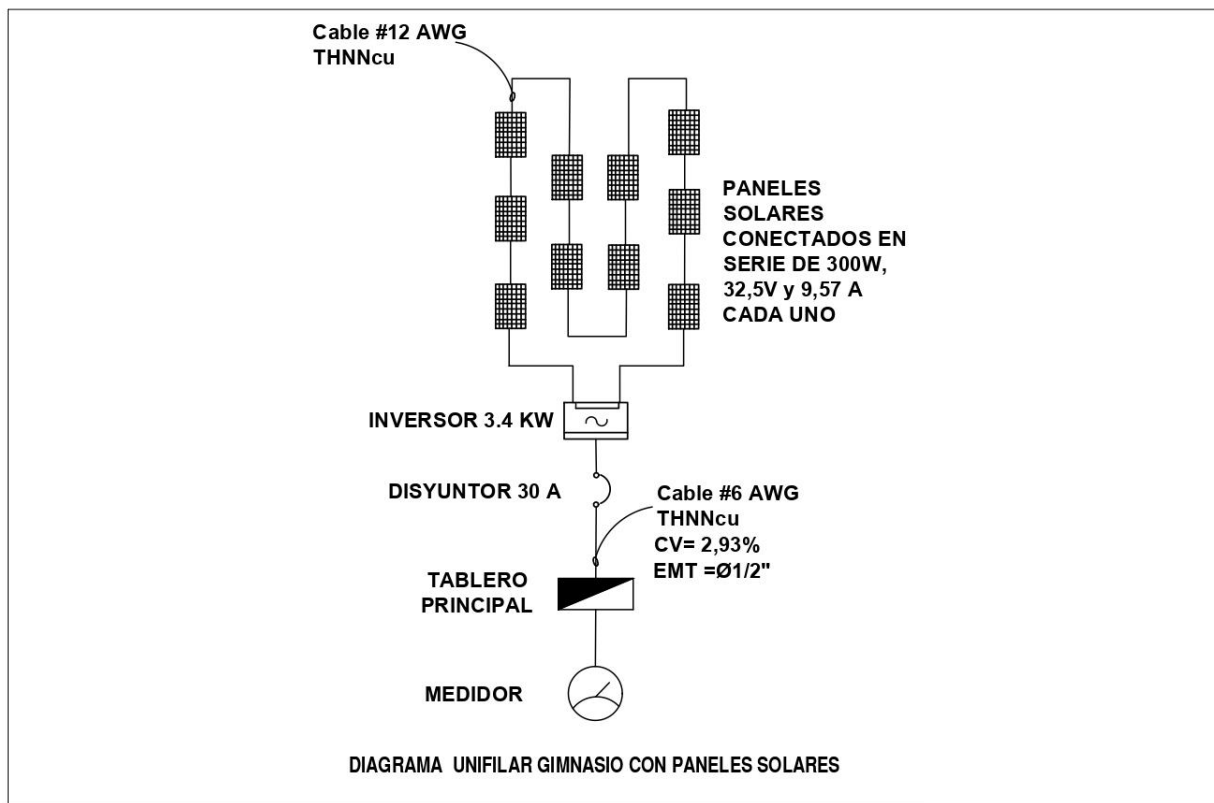


Figura 19. Diagrama unifilar del caso seleccionado.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el proyecto se logró obtener diferentes datos de gran interés para el mismo contemplado al iniciar el estudio.

Se obtuvo de manera indirecta y de manera aproximada la factura eléctrica del gimnasio, con ese promedio se pudo deducir el porcentaje que representa el gimnasio en la facturación total que es de 3,19%. Hubo impedimentos que propiciaron que no se pudiera obtener de manera desglosada la facturación; se consultó al Coordinador de mantenimiento e infraestructura de Cedes Don Bosco sobre el consumo del mismo, además se obtuvo igualmente, de manera indirecta, los gastos fijos de alumbrado público y tributo a los bomberos, importante para el análisis financiero posterior.

En lo que se refiere a la captación de datos de radiación para el estudio del lugar, se logró gracias a la aplicación POWER llegar a conocer los datos de Horas Solares Pico (HSP) del aposento y por tanto conocer cuál es el mes de más radiación solar y cuál el de menos. Esto ayudó al cálculo total de los paneles y de la potencia generada por los mismos.

Recomendamos tomar en cuenta que desde el criterio del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), los datos pueden sufrir variaciones a menor, que afectarían de tal forma el número de paneles a utilizar en el diseño y los cálculos realizado como se muestra en la siguiente figura:



Figura 20. Curva de irradiación solar.

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

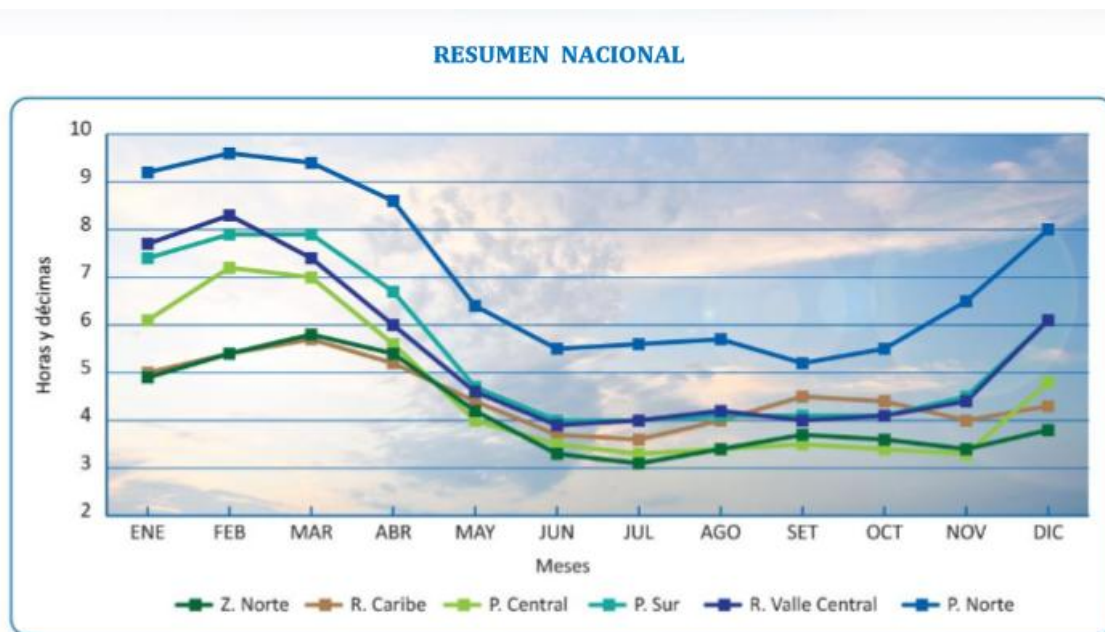


Figura 21. Brillo solar en resumen nacional.

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

En tanto, lo que respecta al cálculo de número de paneles, se pudo conocer que al principio por una ambigüedad en la fórmula se dio como resultado una sobregeneración de energía por parte de los paneles, la generación era casi dos veces mayor a lo requerido por el lugar, luego haciendo un recálculo con las horas solares pico y la potencia de consumo del lugar se concretó el número ideal de 10 paneles para una potencia generada en los mismos de 2,7KWh.

Posterior a eso, se hace un estudio gracias a las horas solares, el excedente o faltante de energía durante los doce meses del año, dando como resultado un solo mes con faltante, siendo este el mes de febrero, donde el estudio indica que al tener menos días que los demás meses pudo afectar en la generación. Pero, al haber tanta sobre generación de la energía con el 49% que se puede bajar de la red se cubre ese faltante en dicho mes.

Luego de esto, se da la cotización de las marcas de paneles, el inversor y el microinversor para conocer la inversión que se deberá hacer para optar por el caso propuesto.

Se realizaron cuatro casos en los cuales cambian las configuraciones y la marca de paneles, y esto hace que se pueda ver una variante en lo económico entre ambas marcas utilizadas. En la propuesta se decidirá el caso a elegir.

Acerca de cada caso, en el caso 1 se utilizó la configuración de inversores, con la marca de paneles Canadian Solar. En el caso 2 se usó la configuración de micro inversores con la misma marca de paneles solares. En el caso 3 se implementó de nuevo la tecnología de inversores con la marca de paneles solares SolarWorld. Y para el último caso de energía fotovoltaica, el caso 4, se utilizó la misma marca del caso anterior pero con micro inversores.

En lo que se refiere a la colocación de los paneles y la estructura a utilizar, se decidió usar la estructura coplanar, la cual es ajustable para utilizarla en el ángulo que requiera. En este caso en particular, al tener una situación favorable de energía solar por la ubicación sureste a noroeste del gimnasio, se decide utilizar los paneles a un ángulo de 15° , ya que de esa manera no se generan sombra entre ellos y captan la energía necesaria.

Cabe mencionar, que en el último estudio por motivos de faltantes de energía, la utilización de paneles solares con iluminación LED no es factible, ya que la inversión se dispara y además, el ahorro anual también podría disminuir.

Por lo anteriormente mencionado, se realizó un caso únicamente enfocado a la iluminación LED, donde se cotizó con la marca Sylvania, por un convenio entre la empresa eléctrica y el Cedes Don Bosco para realizar el proyecto en el gimnasio, ya que antes fue cotizado con ellos mismos. Cabe mencionar que debido a que se solicitó por parte del cliente, se realizó esta cotización. Lo anterior es porque la institución quiere rentar el aposento a equipos semiprofesionales y para transmisiones televisivas. Por ello se justifica el cambio a luminarias de más duración y menos consumo.

Por tanto, en este caso se utilizaron luminarias LED en todos sus modelos. Para cambiar las luminarias fluorescentes se utilizó una tecnología LED híbrida (402 LUXEM LED, Apéndice X) que puede ser usada en balastos de luminarias de fluorescentes. En el caso del cambio de las luminarias METALARC, se cambiaron y se aumentaron 4 luminarias más por unas de la misma tecnología LED (SYLVEO LED 300W, Apéndice Y) que pudieron suministrar los 500 lux pedidos por la institución, ya que el gimnasio es alquilado para eventos deportivos, donde es necesario tener a 400 lux y por ende, se sobredimensionó para poder ser usado en eventos televisados. En el caso de las luces exteriores se implementaron unas de más flujo luminoso (WALLPACK HB LED, Apéndice Z) que son capaces de iluminar por tres luminarias que tiene en este momento el gimnasio.

Para concluir el análisis de resultados se realizó el análisis financiero correspondiente para cada uno de los casos propuestos. Se tomó como tasa de interés de la inversión, la tasa del Banco de Costa Rica a través de su propuesta BCR MIPYMES (Apéndice V y W), la tasa es de 9,7%, una tasa considerablemente baja para el mercado. También se da la tasa de interés anual del CNFL la cual es del 14,1%, lo cual aumenta el recibo en ese monto.

Asimismo, en lo que se refiere a la interconexión se utilizó el monto propuesto de ¢235.000 y el costo de mantenimiento de ¢150.000 para los casos de paneles y ¢70.000 para el caso de la iluminación.

Cabe mencionar que cuatro de los cinco casos propuestos fueron rentables a 20 años para realizarlos, pero el objetivo es seleccionar sólo el más factible. Se recomienda según el estudio realizado utilizar inversores para una propuesta de una cantidad baja de paneles solares. Mientras tanto, se recomienda utilizar microinversores para proyectos en los cuales el número de paneles es alto, ya que así es más rentable el proyecto.

Las tasas internas de retorno de los primeros cuatro casos son muy altas, propiciando una rentabilidad enorme para la institución. Con esto se puede mencionar que la recuperación de la inversión inicial en la mayoría de los casos se da entre el año 6 y el año 7.

Por último, en lo que respecta al análisis financiero de la iluminación LED, se puede indicar que no es rentable realizar el proyecto al lapso estipulado de 20 años, ya que con las condiciones actuales del gimnasio y el ajuste que se hace sobre el consumo de la iluminación de la estructura, el ahorro es bajo y por ello el retorno de la inversión es nulo en 20 años, debido a que ni siquiera se pudo recuperar la inversión inicial de ¢9.606.275, por lo que el proyecto se vuelve irrecuperable.

La vida útil de las luminarias con un promedio de uso de 6 horas pueden llegar a durar 22 años las LUXEM LED, las WALLPACK HB LED y las SYLVEO LED pueden estimarse en 19 años, lo que aumenta la vida útil, pero a nivel financiero es rechazable.

Debido a lo anterior, es importante decir que la inversión se retornará a largo plazo (en el año 35), pero es una inversión que se puede realizar debido a la tecnología que representa la iluminación LED hoy en día y su larga duración. También es una opción que se puede volver rentable, ya que las instalaciones se podrían rentar a equipos semiprofesionales de básquetbol y fútbol sala. Además, se estima un mantenimiento recomendable anualmente, que a su vez, por razones institucionales, pueden no llevarlo a cabo como se estipula. Por ende esto generaría un ingreso que reduciría el plazo del retorno de inversión y por ello esto volvería más rentable el aposento.

Por lo mencionado anteriormente, se recomienda instalar la iluminación LED para un lugar que se puede generar muchas ganancias luego de la instalación de la misma.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Diseño con paneles solares en el gimnasio del Cedes Don Bosco

El diseño fotovoltaico a utilizar debe cubrir el 100% de la demanda energética de la infraestructura, para ello se utilizaron diferentes herramientas para llegar al resultado de elegir el caso que se adecue más a los requerimientos técnicos que tenga el lugar donde se hará.

Para alcanzar dicho 100% que se desea implementar en el diseño, es importante señalar que se requerirán paneles solares de 300 W, que permitan llegar a cubrir la demanda energética que tenga el gimnasio con las condiciones actuales. Con esto, debidamente señalado, se indica que la potencia del sistema es de 2,7 KWh y que es necesario conocer los excesos o faltantes del sistema en un año calendario:

Potencia generada por un sistema de paneles fotovoltaicos que suministra 2,7KWh				
Mes	Consumo (KWh)	Potencia Generada (KWh/mes)	Excedente o faltante (KWh)	Porcentaje de excedente (%)
Enero 2018	560,85	1024,023	463,173	45,23
Febrero 2018	897,36	874,104	-23,256	-2,66
Marzo 2018	897,36	983,103	85,743	8,72
Abril 2018	897,36	1016,73	119,37	11,74
Mayo 2018	897,36	1066,989	169,629	15,9
Junio 2018	897,36	1036,53	139,17	13,43
Julio 2018	897,36	1066,989	169,629	15,9
Agosto 2018	897,36	1058,805	161,445	15,25
Setiembre 2018	897,36	1031,58	134,22	13,01
Octubre 2018	897,36	1060,851	163,491	15,41
Noviembre 2018	897,36	1016,73	119,37	11,74
Diciembre 2018	560,85	991,287	430,437	43,42

Como se puede notar, la cantidad de paneles a utilizar cubren el 100% de la demanda y por ello es factible hacer el diseño estipulado.

Por esto, ya anteriormente mencionado, se utilizará la propuesta del Caso 1 para este proyecto, gracias a que en este caso, según especificaciones entre las dos marcas de paneles a utilizar: Canadian Solar y SolarWorld, la primera de ella tiene un nivel de eficiencia más alto con respecto a la segunda en cuestión, además, al ser más baratos en el precio se contiene más ganancia y por ello mejores condiciones para la institución.

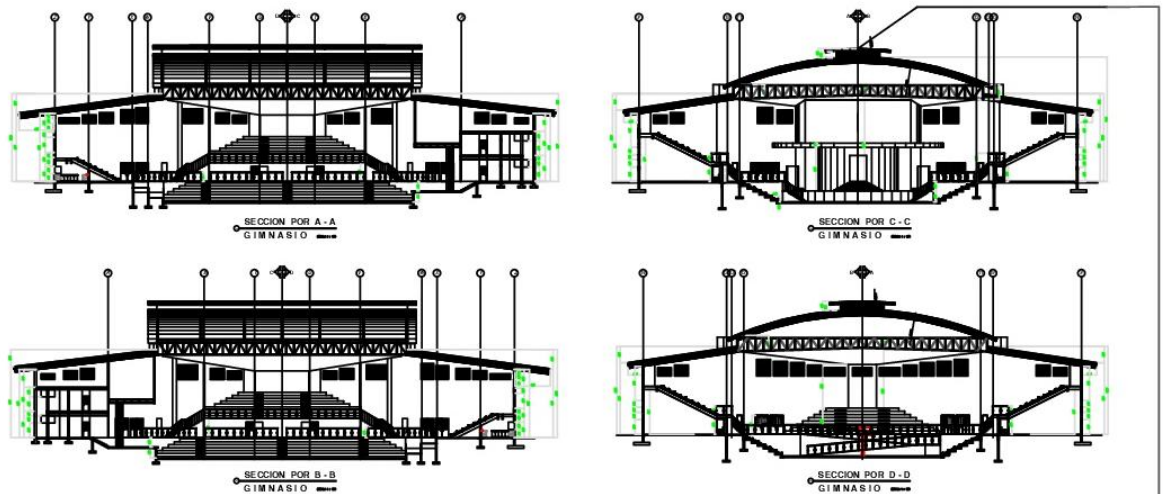
También es de recalcar que al utilizar los inversores se aminoran los gastos de mantenimiento, con respecto a microinversores, ya que el mantenimiento y cambio de inversor se hace cada 7 años y en el caso de los microinversores se hace cada 5 años.

Asimismo es importante decir que, aunque habrá un faltante de energía en el mes de febrero, con la energía proporcionada por el sistema se puede cubrir al poder bajar el 49% del excedente que llega a la red. Y además, al no haber una ley que no deje en este país vender ese excedente al año, es mejor no generar mucho más, ya que genera pérdidas para el sistema y para la institución al no haber retribución

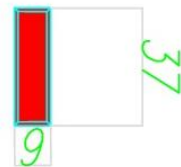
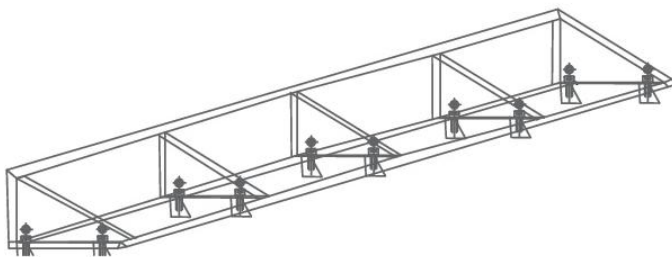
Zona de colocación de los paneles

En lo que se refiere a la colocación de los paneles, se decidirá poner todos los anteriormente mencionados en el mismo tipo de estructura en el área expresada en las imágenes de los anexos. El área de la colocación de 37 metros de largo y 9 metros de ancho (Apéndice AD) sirve para los paneles que tienen una ubicación de sureste a noroeste, con esto se puede indicar que se utilizará una estructura coplanar que con ello se puede adaptar a la inclinación más favorable para la absorción de la energía solar. En este caso se utilizarán a 15° para que de esta manera no se genere sombra entre los paneles entre ellos.

Por tanto, la estructura a solicitar es triangular, adaptable, soporta la colocación de 4 paneles. Asimismo, por lo anteriormente dicho, se puede decir que se necesitarán de 3 estructuras para los 10 paneles a utilizar.



Zona de colocación de paneles



Escogencia de inversor o microinversor

El sistema del proyecto está conformado por diez paneles solares, motivo por el cual, para este caso se seleccionó un inversor central.

La potencia generada por todos los paneles que es de 2,7 KWh, hace que sea necesario un inversor de al menos 3,4 KWh, con esto también deja un espacio en caso de que sea necesario utilizar más potencia en el gimnasio por dispositivos nuevos que se puedan conectar a este sistema. El inversor es un Schneider Conext SW 3,4 KW SW 4024 E.

Análisis financiero para los paneles solares del caso seleccionado

Al conocer la propuesta a utilizar, se puede analizar los datos financieros del Caso 1 para obtener la información de rentabilidad. Por ello es importante ver las siguientes tablas de cotización e inversión:

CASO 1

Componentes	Cantidad	Precio	Costo Total
<i>Canadian Solar 300W 60 Cell Mono 1000V Solar Panel, CS6K-300MS</i>	10	€ 166.050,00	€ 1.660.500,00
<i>Schneider Conext SW 3.5 kW 120/240VAC 24VDC Inverter/Charger RNW8652524</i>	1	€ 861.000,00	€ 861.000,00
<i>Racking Kit 4 Solar Panel Flat Cover</i>	3	€ 218.325,00	€ 654.975,00
Costo Total del Proyecto		€	3.176.475,00

Tabla Resumen de datos Caso 1	
Cambio Dólar 11/02/19¹	₡ 615,00
Cargos Fijos	₡ 38.145,59
Interconexión Total	₡ 235.000,00
Tasa BCR MIPYMES²	9,70%
Tasa Aumento Anual Aprox.	14,10%
Costo de Mantenimiento Aprox.	₡ 150.000,00
Inversión Inicial	
Paneles Solares	₡ 1.660.500,00
Inversor Central (7años)	₡ 861.000,00
Estructura coplanar	₡ 654.975,00
Total de Inversión Inicial	₡ 3.176.475,00
Ahorro Anual sin cargos Fijos	₡ 1.175.856,45
Ahorro Anual	₡ 1.137.710,86
<p>Notas: 1. El valor del cambio de dólar se toma al día 11/02/19. 2. El valor de Tb BCCRR es igual a 6.20 para la fecha del 15/02/19.</p>	

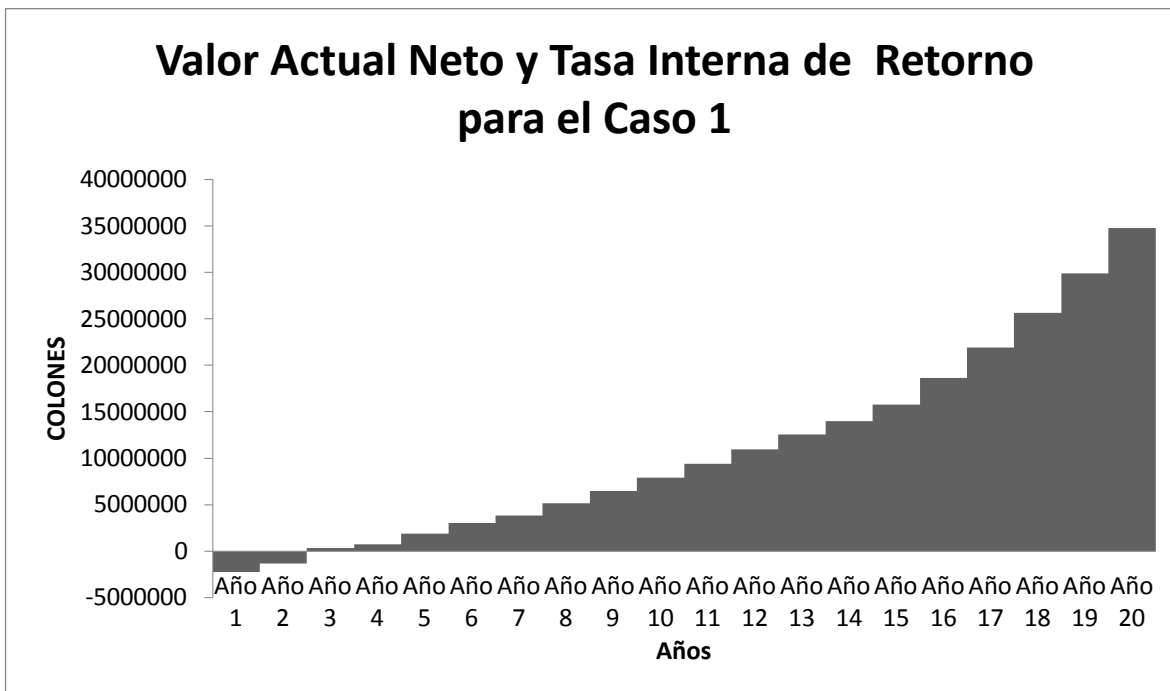
Como se puede observar, el ahorro anual de la propuesta es de ¢1.137.710,86 con cargos fijos, esto es muy considerable conociendo el monto que se facturaba durante el año, como se puede ver en la siguiente tabla:

Total de Facturación sin paneles	₡	1.305.019,43
Total de Facturación con paneles	₡	126.755,51
Ahorro Anual sin cargos Fijos	₡	1.175.856,59
Ahorro Anual sin cargos Fijos	₡	1.137.71,86

Con los siguientes datos ya calculados se puede realizar el estudio financiero del valor actual neto y la tasa interna de retorno, ya que se poseen algunos datos complementarios como el mantenimiento y la interconexión a la red, la tasa de interés del Banco de Costa Rica que será de 9,7%, ya con la tasa básica pasiva incluida y la tasa del CNFL del 14,1%. Esto se puede ver en la siguiente tabla y el siguiente gráfico:

		Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno del sistema de Paneles Fotovoltaicos Caso 1				
		Ahorro anual	Mantenimiento	Flujos Netos	Sumatoria	VAN
Inversion Inicial	₡ 3.176.475,00					
Tasa aumento Anual Aprox.	14,10%					
Tasa BCR MIPYMES	9,70%					
Interconexión	₡ 235.000,00					
Mantenimiento	₡ 150.000,00					
Ahorro anual	₡ 1.137.710,86					
Año 1	₡ 1.137.710,86	₡ 150.000,00	₡ 987.710,86	₡ 900.374,53	₡ (2.276.100,47)	
Año 2	₡ 1.298.128,10	₡ 150.000,00	₡ 1.148.128,10	₡ 1.854.437,61	₡ (1.322.037,39)	
Año 3	₡ 1.481.164,16	₡ 150.000,00	₡ 1.331.164,16	₡ 2.862.788,61	₡ (313.686,39)	
Año 4	₡ 1.690.008,30	₡ 150.000,00	₡ 1.540.008,30	₡ 3.926.188,36	₡ 749.713,36	
Año 5	₡ 1.928.299,47	₡ 150.000,00	₡ 1.778.299,47	₡ 5.045.553,46	₡ 1.869.078,46	
Año 6	₡ 2.200.189,70	₡ 150.000,00	₡ 2.050.189,70	₡ 6.221.951,47	₡ 3.045.476,47	
Año 7	₡ 2.510.416,45	₡ 1.011.000,00	₡ 1.499.416,45	₡ 7.006.240,02	₡ 3.829.765,02	
Año 8	₡ 2.864.385,17	₡ 150.000,00	₡ 2.714.385,17	₡ 8.300.490,86	₡ 5.124.015,86	
Año 9	₡ 3.268.263,48	₡ 150.000,00	₡ 3.118.263,48	₡ 9.655.846,16	₡ 6.479.371,16	
Año 10	₡ 3.729.088,63	₡ 150.000,00	₡ 3.579.088,63	₡ 11.073.943,94	₡ 7.897.468,94	
Año 11	₡ 4.254.890,12	₡ 150.000,00	₡ 4.104.890,12	₡ 12.556.559,77	₡ 9.380.084,77	
Año 12	₡ 4.854.829,63	₡ 150.000,00	₡ 4.704.829,63	₡ 14.105.605,97	₡ 10.929.130,97	
Año 13	₡ 5.539.360,61	₡ 150.000,00	₡ 5.389.360,61	₡ 15.723.131,28	₡ 12.546.656,28	
Año 14	₡ 6.320.410,45	₡ 1.011.000,00	₡ 5.309.410,45	₡ 17.175.756,28	₡ 13.999.281,28	
Año 15	₡ 7.211.588,33	₡ 150.000,00	₡ 7.061.588,33	₡ 18.936.933,19	₡ 15.760.458,19	
Año 16	₡ 8.228.422,28	₡ 150.000,00	₡ 8.078.422,28	₡ 21.800.882,55	₡ 18.624.407,55	
Año 17	₡ 9.388.629,82	₡ 150.000,00	₡ 9.238.629,82	₡ 25.071.576,29	₡ 21.895.101,29	
Año 18	₡ 10.712.426,63	₡ 150.000,00	₡ 10.562.426,63	₡ 28.806.649,33	₡ 25.630.174,33	
Año 19	₡ 12.222.878,78	₡ 150.000,00	₡ 12.072.878,78	₡ 33.071.890,66	₡ 29.895.415,66	
Año 20	₡ 13.946.304,69	₡ 150.000,00	₡ 13.796.304,69	₡ 37.942.395,75	₡ 34.765.920,75	
					TIR	46%

*Cifras en color rojo son negativas



Gracias a la tabla y figura anterior se puede ver con facilidad que el ahorro se recupera a partir del séptimo año, con un monto de $\text{¢}34.765.922,75$ y una tasa interna de retorno del 46%.

Los datos reflejaron que la mejor opción a utilizar es propiamente el caso 1, por ello se realizará el diagrama unifilar de este caso, recalcando que al ser tecnología con inversores se utilizará la conexión en serie de los paneles para que tengan la misma corriente y el voltaje se multiplica por el número de paneles que en este caso son diez.

Diagrama unifilar del caso seleccionado

Para la realización de este diagrama unifilar es imperante mencionar el caso que se escogió y la configuración del mismo. En este caso se escogió el Caso 1: Paneles Solares Canadian Solar y con configuración de Inversor Central.

De acuerdo con el panel elegido (apéndice I), este posee un máximo voltaje por sistema equivalente a 1000 V y por cada panel se tiene un voltaje máximo de 32,5 V. Por

esto, se multiplica el número de paneles por 32,5 V y esto nos da 325 V, este dato ayuda a comprobar que ya que esos 325 V no exceden los 1000 V se pueden conectar en serie.

Según el Código Eléctrico Nacional NEC 2008, lo que corresponde a sistemas fotovoltaicos es el artículo 690. Asimismo, con esto ya mencionado en el Art. 690.8 (B) la corriente máxima de cada panel se debe sobredimensionar al 125%. La corriente de los paneles seleccionados es de 9,57 A multiplicado por 125% y esto da como resultado 11,96 A.

Con esto debidamente calculado, gracias al artículo 310.16 que habla sobre conductores para instalaciones en general se puede deducir el calibre del cable. Con las normas ya antes estipuladas se puede mencionar que el calibre es 12 AWG THNN a 60 °C, este soporta una corriente máxima de 25 A y esto es más de los 11,96 A que dan los paneles.

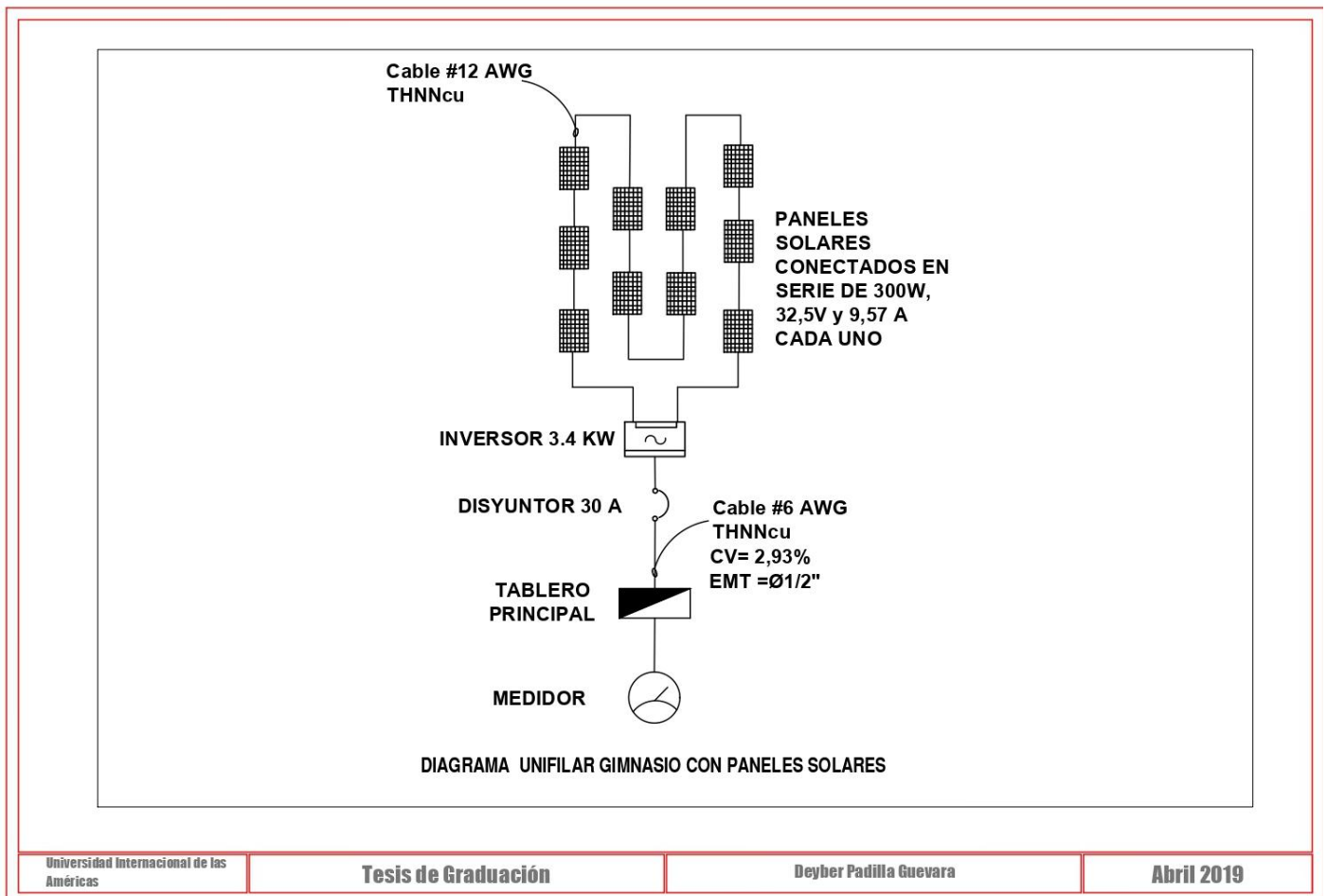
Para el inversor central se debe colocar una protección o disyuntor para proteger los equipos, en caso de un fallo o sobrecarga del sistema. Para esto, se retoma el artículo 690, específicamente el artículo 690.10 (B) del Código Eléctrico Nacional, el cual indica que se debe tomar el valor nominal de la salida del inversor para dimensionar la protección que se coloca.

El inversor central (apéndice J y K) deberá tener una protección debido a alguna corriente pico que dañe el aparato, para esto según el artículo 240.6 (A) se utilizará un disyuntor de 30 A en la salida del inversor central, ya que el inversor tiene de corriente pico 24,3 A a 230 V. Luego de la salida del Inversor en AC se debe calcular la corriente y el calibre del cable en esa salida, para ello se debe sobredimensionar de nuevo a 125% la corriente pico del inversor que es de 24,3 A dando como resultado 30,375 A.

Ya con este dato calculado se puede conocer el calibre del cable que se necesita para la instalación al tablero principal del gimnasio. Dando como resultado el calibre es de 6 AWG THNN a 60°C el cual soporta 55 A máximo.

La caída de voltaje total de todo el sistema que tiene como longitud 136 metros hasta el tablero principal, y con una potencia de 3000 W totales entre los 10 paneles da como resultado una caída de 2,93%.

La canalización a utilizar para este sistema según datos del NEC, se puede utilizar una canalización de EMT de 1/2" de diámetro.



Diseño de iluminación en el gimnasio del Cedes Don Bosco

El diseño de iluminación que se estipuló desde el principio para el desarrollo de este proyecto era cambiar la iluminación actual por una iluminación con más vida útil y menor consumo, lo cual se canalizó en la propuesta con luminarias LED.

Se optó por una propuesta de iluminación con la marca Sylvania, en la cual se realizó un cambio total en las luminarias de todo el aposento, para ello se utilizó diferente tecnología LED para llevar a cabo el cambio del mismo.

Al realizar los análisis se necesitó de más luminarias para alcanzar el umbral que deseaban los entes de la institución para la utilización del mismo en eventos televisivos y deportivos semiprofesionales.

Según datos que se pudieron calcular en el análisis de resultados en el caso 5, se puede mostrar cómo el consumo no varía demasiado, como se puede observar en la siguiente tabla:

Relación de consumo entre iluminación actual e iluminación LED		
Consumo Actual (Colones)	Consumo con LED (Colones)	Porcentaje de relación (%)
₡ 1.305.019,43	₡ 1.168.688,70	89,55335651

Como se puede observar la disminución es de un 11,45% con respecto a la facturación actual del gimnasio, por tanto este dato vuelve a este caso como no rentable.

Esto se puede respaldar con los datos obtenidos por el análisis financiero del caso, ya que aquí se puede observar la cotización del proyecto y la rentabilidad del mismo, como se puede ver en las siguientes tablas:

Iluminación LED

Componentes	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
<i>Sylvania 402 LUXEM LED 82W</i>	169	₡10.715,00	₡ 1.810.835,00
<i>Sylvania SYLVEO LED 300W</i>	16	₡ 407.215,00	₡ 6.515.440,00
<i>Sylvania WALLPACK HB LED 80W</i>	16	₡ 80.000,00	₡ 1.280.000,00
Costo Total del Proyecto	₡		9.606.275,00

Caso 5: Iluminación LED

Tabla Resumen de datos para Caso 5			
Cargos Fijos	₡ 34.441,81	Total de Facturación sin iluminación	₡ 1.305.019,43
Interconexión Total	₡ 235.000,00		
Tasa BCR MIPYMES2	9,70%	Total de Facturación con iluminación	₡ 1.168.688,70
Tasa Aumento Anual Aprox.	14,10%		
Costo de Mantenimiento Aprox.	₡ 70.000,00	Ahorro Anual sin cargos Fijos	₡ 136.330,73
Inversión Inicial			
Iluminación LED	₡ 9.606.275,00		
Total de Inversión Inicial	₡ 9.606.275,00		
Ahorro Anual sin cargos Fijos	₡ 136.330,73		
Ahorro Anual	₡ 101.888,92		
<p>Notas: 1. El valor del cambio de dólar se toma al día 11/02/19. 2. El valor de Tb BCCRR es igual a 6.20 para la fecha del 15/02/19</p>			

		Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno del sistema de Paneles Fotovoltaicos Caso 5				
		Ahorro anual	Mantenimiento	Flujos Netos	Sumatoria	VAN
Inversión Inicial	€ 9.606.275,00					
Tasa aumento Anual Aprox.	14,10%					
Tasa BCR MIPYMES	9,70%					
Interconexión	€ 235.000,00					
Mantenimiento	€ 70.000,00					
Ahorro anual	€ 101.888,92					
Año 1	€ 101.888,92	€ 70.000,00	€ 31.888,92	€29.069,21	(€9.577.205,79)	
Año 2	€ 116.255,26	€ 70.000,00	€ 46.255,26	€67.506,06	(€9.538.768,94)	
Año 3	€ 132.647,25	€ 70.000,00	€ 62.647,25	€114.961,07	(€9.491.313,93)	
Año 4	€ 151.350,51	€ 70.000,00	€ 81.350,51	€171.134,87	(€9.435.140,13)	
Año 5	€ 172.690,93	€ 70.000,00	€ 102.690,93	€235.774,51	(€9.370.500,49)	
Año 6	€ 197.040,35	€ 70.000,00	€ 127.040,35	€308.670,21	(€9.297.604,79)	
Año 7	€ 224.823,04	€ 70.000,00	€ 154.823,04	€389.652,34	(€9.216.622,66)	
Año 8	€ 256.523,09	€ 70.000,00	€ 186.523,09	€478.588,75	(€9.127.686,25)	
Año 9	€ 292.692,85	€ 70.000,00	€ 222.692,85	€575.382,34	(€9.030.892,66)	
Año 10	€ 333.962,54	€ 70.000,00	€ 263.962,54	€679.968,94	(€8.926.306,06)	
Año 11	€ 381.051,25	€ 70.000,00	€ 311.051,25	€792.315,31	(€8.813.959,69)	
Año 12	€ 434.779,48	€ 70.000,00	€ 364.779,48	€912.417,48	(€8.693.857,52)	
Año 13	€ 496.083,39	€ 70.000,00	€ 426.083,39	€1.040.299,20	(€8.565.975,80)	
Año 14	€ 566.031,15	€ 70.000,00	€ 496.031,15	€1.176.010,54	(€8.430.264,46)	
Año 15	€ 645.841,54	€ 70.000,00	€ 575.841,54	€1.319.626,79	(€8.286.648,21)	
Año 16	€ 736.905,19	€ 70.000,00	€ 666.905,19	€1.471.247,34	(€8.135.027,66)	
Año 17	€ 840.808,83	€ 70.000,00	€ 770.808,83	€1.630.994,82	(€7.975.280,18)	
Año 18	€ 959.362,87	€ 70.000,00	€ 889.362,87	€1.799.014,32	(€7.807.260,68)	
Año 19	€ 1.094.633,04	€ 70.000,00	€ 1.024.633,04	€1.975.472,76	(€7.630.802,24)	
Año 20	€ 1.248.976,29	€ 70.000,00	€ 1.178.976,29	€2.160.558,31	(€7.445.716,69)	

Al analizar la tabla anterior se puede concluir que el proyecto de iluminación LED a 20 años no es rentable, ya que, al no tener una ganancia durante el período comprendido, hace que la inversión tenga una tasa de retorno negativa y por tanto, también se puede ver cómo, el ahorro anual a 20 años, es sumamente bajo con respecto al caso seleccionado con paneles fotovoltaicos.

Año 21	€ 1.425.081,95	€ 70.000,00	€ 1.355.081,95	€2.550.975,64	(€7.055.299,36)
Año 22	€ 1.626.018,51	€ 70.000,00	€ 1.556.018,51	€2.996.441,81	(€6.609.833,19)
Año 23	€ 1.855.287,11	€ 70.000,00	€ 1.785.287,11	€3.504.718,71	(€6.101.556,29)
Año 24	€ 2.116.882,60	€ 70.000,00	€ 2.046.882,60	€4.084.662,66	(€5.521.612,34)
Año 25	€ 2.415.363,04	€ 70.000,00	€ 2.345.363,04	€4.746.378,70	(€4.859.896,30)
Año 26	€ 2.755.929,23	€ 70.000,00	€ 2.685.929,23	€5.501.396,71	(€4.104.878,29)
Año 27	€ 3.144.515,26	€ 70.000,00	€ 3.074.515,26	€6.362.872,25	(€3.243.402,75)
Año 28	€ 3.587.891,91	€ 70.000,00	€ 3.517.891,91	€7.345.815,84	(€2.260.459,16)
Año 29	€ 4.093.784,67	€ 70.000,00	€ 4.023.784,67	€8.467.354,49	(€1.138.920,51)
Año 30	€ 4.671.008,30	€ 70.000,00	€ 4.601.008,30	€9.747.030,08	€140.755,08
Año 31	€ 5.329.620,47	€ 70.000,00	€ 5.259.620,47	€11.207.139,92	€1.600.864,92
Año 32	€ 6.081.096,96	€ 70.000,00	€ 6.011.096,96	€12.873.125,26	€3.266.850,26
Año 33	€ 6.938.531,63	€ 70.000,00	€ 6.868.531,63	€14.774.014,53	€5.167.739,53
Año 34	€ 7.916.864,59	€ 70.000,00	€ 7.846.864,59	€16.942.929,19	€7.336.654,19
Año 35	€ 9.033.142,50	€ 70.000,00	€ 8.963.142,50	€19.417.660,81	€9.811.385,81
				TIR	-1%

Como se puede observar a partir del año 35 se empieza a recuperar la inversión. Pero esta inversión a largo plazo se puede proponer, ya que la vida útil de estas luminarias es apta para el aposento del estudio y por ello, aunque la inversión retorne en el año 35 se puede realizar por su extensa duración con respecto a la iluminación actual.

REFERENCIAS

- Abakahome (s.f). Iluminación y energía. Recuperado de: <https://www.abakahome.com/iluminacion-y-energia/que-es-la-iluminacion-led-especial-iluminacion-led>
- Abella, M. A. (2005). *Sistemas fotovoltaicos: introducción al diseño y dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: CIEMAT.
- Arciniega, Eber. (2014). Inclinación óptima de placas fotovoltaicas. Recuperado de: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/09/inclinacion-optima-de-placas-fotovoltaicas/>.(s.f.).
- Asociación Costarricense de Energía Solar (ACESOLAR). (s.f.). ¿Qué es generación distribuida? Recuperado de <http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>
- Carrasco-Hernández, Miguel Ángel. (2012). *Instalaciones eléctricas básicas*. España: Editorial Paraninfo.
- Castilla Cabanes, N., Blanca Giménez, V., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. M. (s.f.). *Luminotecnia: Cálculo según el método de los lúmenes*. E.T.S. Arquitectura.
- Damia Solar. (2015). ¿Cuál debe ser la orientación y la inclinación de las placas solares? Blog Damia Solar. Recuperado de: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/orientacion-e-inclinacion-de-las-placas-solares_1
- Delta Volt SAC. (s.f.). Instalar un Sistema Solar Fotovoltaico. Recuperado de Delta Volt SAC: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/instalar-sistema-solar>
- Díaz-Martínez, José Vicente (2017). Radiación solar en la superficie de la tierra. Universo Blog. Recuperado de: <https://josevicentediaz.com/teledeteccion/radiacion-solar-en-la-superficie-de-la-tierra/>
- Gómez, L. (30 de setiembre 2017). Cómo dimensionar y calcular paneles solares fotovoltaicos necesarios. *Sun Fields*. Recuperado de: <https://www.sfesolar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaicocalculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>.

- Kopper, Eduardo (25 de enero de 2019). Una nueva disrupción energética. *El Financiero*. Recuperado de: <https://www.elfinancierocr.com/opinion/una-nueva-disrupcion-energetica/JPKIXUJLOVBZ3I46YHTEJ7ZRCI/story/>
- Mateo, V. M. (2016). *Gestión del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2015). [Decreto N° 39220] *Reglamento generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables modelo de contratación medición neta sencilla*. Costa Rica.
- Navarro, J. (11 de Octubre de 2010). Tecnología energía solar. *Definición ABC*. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-solar.php>
- Saclima Solar Fotovoltaica. (2016). Estructuras solares. *Saclima Solar Fotovoltaica S.L.* Recuperado de: <http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/estructuras-para-paneles-solares-tipos-y-caracteristicas/>
- SunFields EuropeSFE Solar Logistic SL. (2015). Calcular paneles solares necesarios para un sistema fotovoltaico. Recuperado de: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/calcular-paneles-solares-necesarios/>
- SunFields EuropeSFE Solar Logistic SL. (2017). Clasificación de los tipos de placas solares por su tecnología. Recuperado de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-paneles-solares-fotovoltaicos>
- Tecnología Solar e Hidráulica S.L. (2016). Características eléctricas de los paneles solares. *Tecnosol*. Recuperado de Tecnosol S.C.L.: <https://tecnosolab.com/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>
- Valverde, Gustavo. (2015). *Análisis Técnico-Financiero de la Generación Distribuida en la CNFL*. Costa Rica: Dirección Sectorial de Energía. Ministerio de Ambiente y Energía.
- Volt Ingenieria. (8 de Abril de 2016). Diferencia entre Inversores y Microinversores. Recuperado de Grupo Volt de RL de CV: <http://www.voltingenieria.com.mx/single-post/2016/04/08/Diferencia-entre-los-Inversores-Centrales-y-los-Microinversores>

APÉNDICES

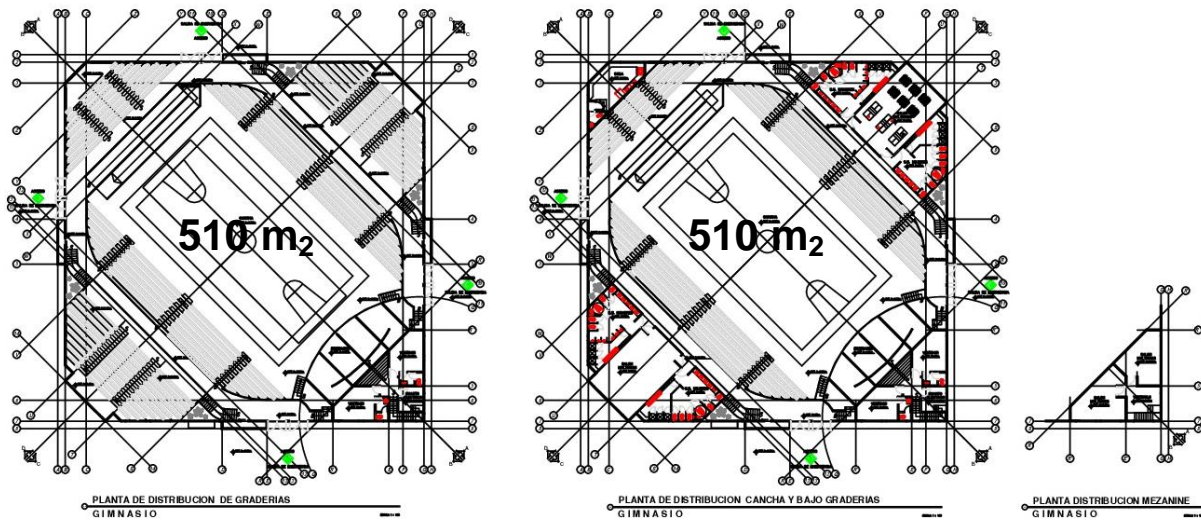
Apéndice A. Imagen aérea de la ubicación del gimnasio de Cedes Don Bosco.



Apéndice B. Foto de pantalla de los datos recopilados de la aplicación POWER de NASA.



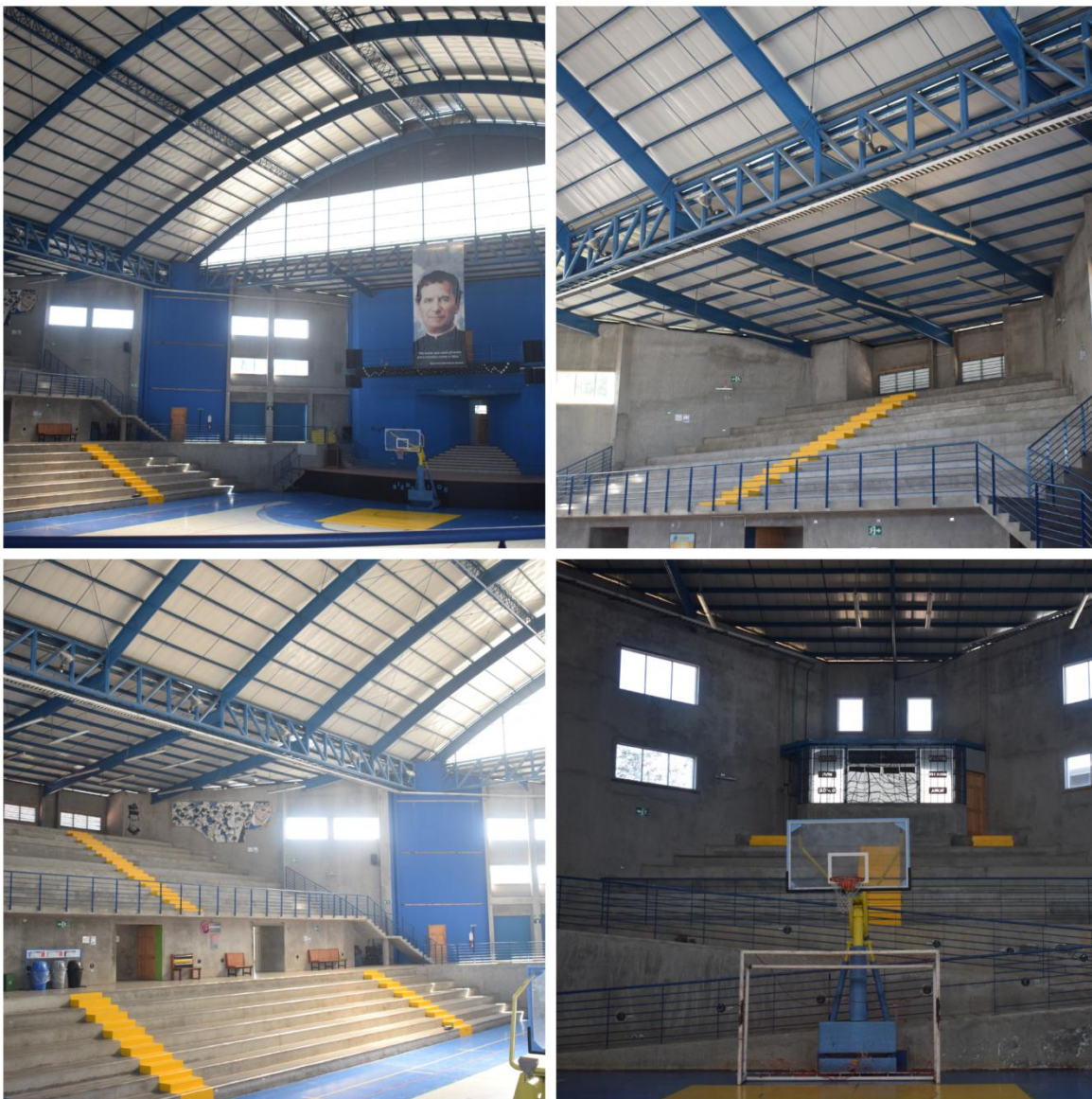
Apéndice C. Planta de distribución arquitectónica del Gimnasio de Cedes Don Bosco



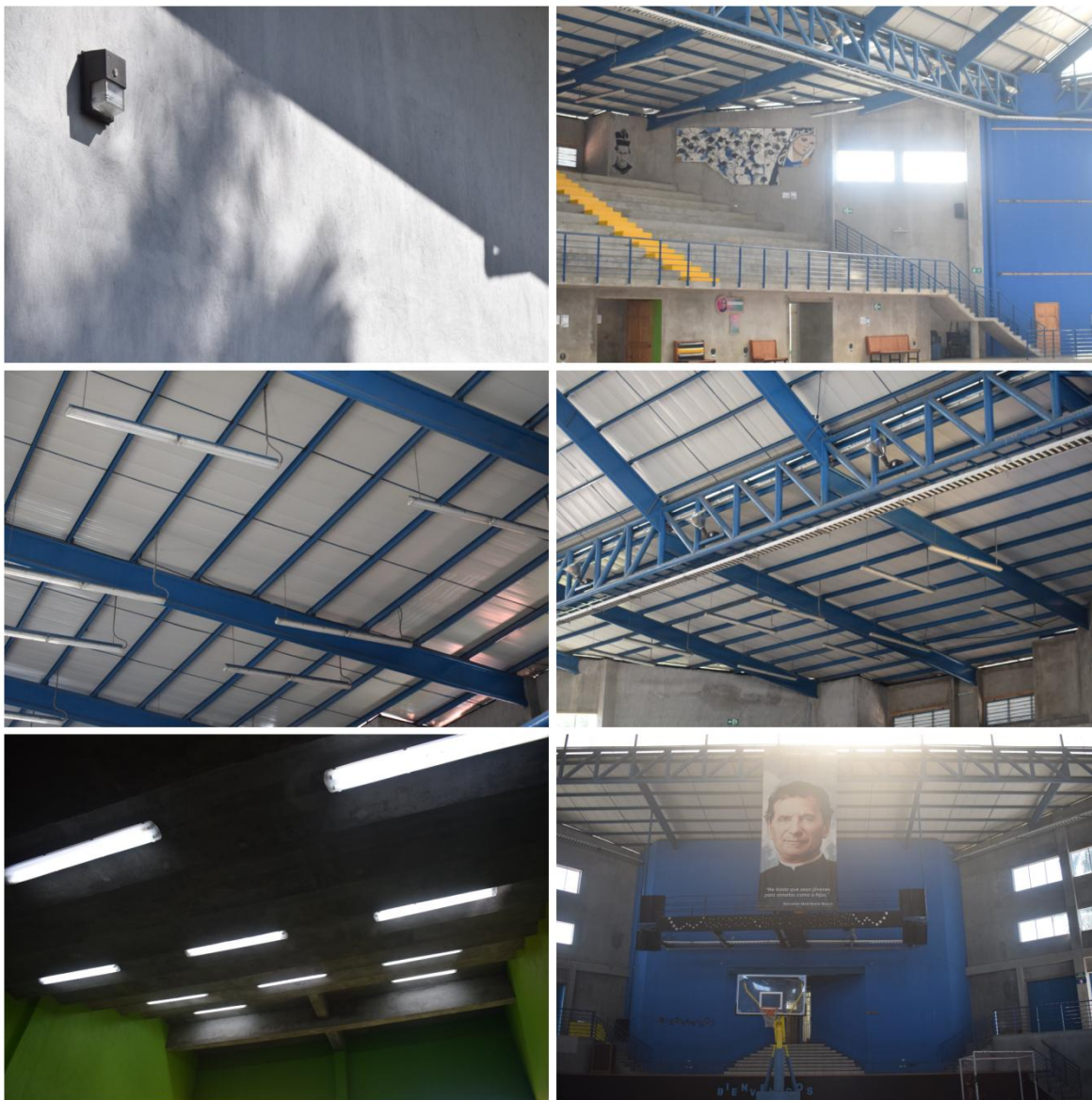
Apéndice D. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (1)



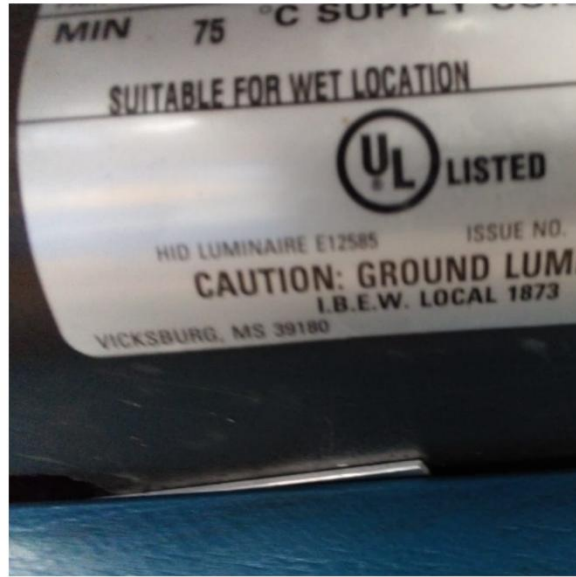
Apéndice E. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (2)



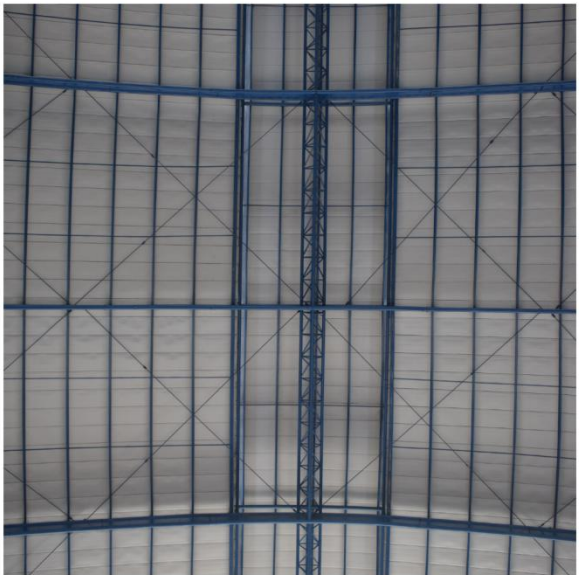
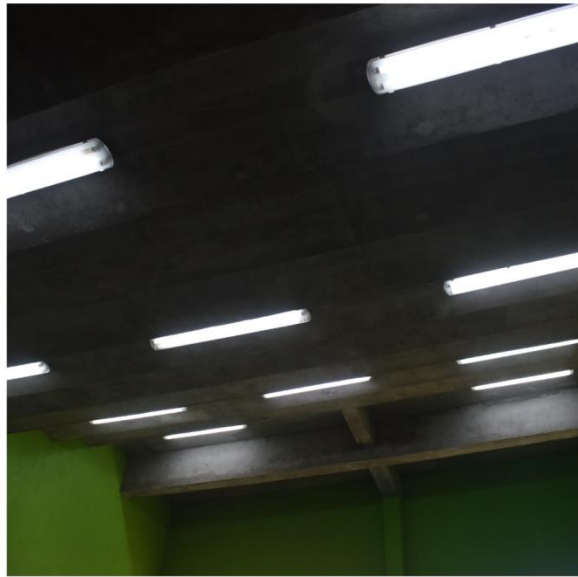
Apéndice F. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (3)



Apéndice G. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (4)



Apéndice H. Fotos del gimnasio de Cedes Don Bosco (5)



Apéndice I. Entrevista a Bryan Hernández, coordinador de mantenimiento e infraestructura de Cedes Don Bosco.

12 de noviembre del 2018

Entrevista a Bryan Hernández Coordinador de Mantenimiento e Infraestructura de Cedes Don Bosco.

1. ¿Cómo está localizada la acometida del gimnasio de la Institución?, ¿Es independiente de todas las demás infraestructuras que tiene el gimnasio?

- La institución paga un solo recibo de electricidad, por tanto el consumo de sólo el gimnasio no se conoce, además no hay acometida independiente para sólo el gimnasio, la acometida más cercana es compartida por tres estructuras, que serían: el gimnasio, la escuela y el oratorio.

2. Entonces debido a esto, ¿cómo podríamos conocer el consumo energético del gimnasio?

- Bueno una manera sencilla de hacerla es calculando el número de horas que se utiliza el gimnasio. Pero puedo mencionarle que el gimnasio entre febrero y noviembre es utilizado en un promedio de ocho horas, mientras que en enero y diciembre se utiliza aproximadamente durante cinco horas ya que el gimnasio es menos utilizado al no tener horas lectivas.

3. ¿La institución tiene algún tipo de convenio con alguna empresa de iluminación?

-Sí en este caso se tiene un convenio con la empresa Sylvania en lo que respecta al gimnasio, ya que hace aproximadamente un año se cotizó con ellos cambiar a iluminación

LED la estructura del gimnasio, por tanto la institución sí tiene un convenio para realizar ese proyecto aquí.

4. ¿La institución accedería a realizar el proyecto si la propuesta de diseño es rentable para ustedes?

-Claro es una opción muy viable que esto se pueda realizar, esto se llevará a un estudio comprendido por la administración de la institución, el plazo sí sería algo a largo plazo pero que se puede realizar para disminuir consumos, se puede hacer.

Apéndice J. Entrevista a Christian Montano, Arquitecto de Cedes Don Bosco.

8 de febrero del 2019

Entrevista a Christian Montano, Arquitecto de Cedes Don Bosco.

1. ¿Cuánto sería la exigencia de luxes a utilizar para los cálculos de iluminación del gimnasio?

-Bueno en este caso ya que el gimnasio es alquilado para eventos deportivos de basquetbol y fútbol sala, lo mejor es rondar los 500 luxes, ya que con esto se puede dar transmisiones televisivas en el recinto.

2. ¿Dónde sería un lugar óptimo para la colocación de los paneles?

-En mi opinión los paneles puede ir en la cúspide del gimnasio, en el difusor o cenicero ahí podrían ir los paneles ya que es lugar indicado para la captación de la energía solar.

Apéndice K. Desglose de tarifas de la CNFL (1)

Miércoles 19 de Diciembre del 2018 se publicó en el Alcance N°217 de la Gaceta
La Modificación Tarifaria que aplica a partir del día Martes 01 de Enero del 2019

(Tarifa Incluye CVC)

Bloques de consumo

Consumo menor o Igual a 3.000 kWh cada kW

Mínimo 30 kWh	C 71,84
---------------	---------

Clientes con consumo de energía y potencia

Consumo de Energía kWh

Bloque de 0-3000 kWh	C 124.110,00
----------------------	--------------

Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	C 41,37
-----------------------------------	---------

Por consumos de potencia kW

Bloque de 0-8 kW Cargo Fijo	C 53.579,84
-----------------------------	-------------

Bloque mayor a 8 kW	C 6.697,48
---------------------	------------

*Los precios anteriores no incluyen cargos tarifarios por alumbrado público, impuesto de ventas, ni importe de bomberos.

Apéndice L. Desglose de tarifas de la CNFL (2)

Tributo a Bomberos

Cálculo para Clientes con Tarifa Residencial

Monto Energía (en colones) x 1,75%

Cálculo para Clientes no residenciales con consumos superiores a los 1.750 kWh

(Monto de Energía en colones ÷ consumo de energía total) x 1.750 x 1,75%

$TRB = (((C/kWh)/kWh) * 1.750 kWh) * 1.75\%$

Si desea más información al respecto, escribanos al correo 800energia@cntl.go.cr o visítenos en la Sucursal más cercana.

Apéndice M. Desglose de tarifas de la CNFL (3)

T-AP Alumbrado Público

Esta tarifa se debe aplicar a los consumidores directos de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A. en los lugares, donde por contrato con las municipalidades, se haga cargo del alumbrado público.

Miércoles 19 de Diciembre del 2018 se publicó en el Alcance N°217 de la Gaceta

La Modificación Tarifaria que aplica a partir del día Martes 01 de Enero del 2019

(Tarifa Incluye CVC)

Por cada kWh consumido

c3,51

Apéndice N. Tarifas de acceso (TA).

Empresa	Tarifa de acceso (TA) c/kWh
ICE	28,3
CNFL	18,0
JASEC	14,6
ESPH	11,6
COOPELESCA	29,4
COOPEGUANACASTE	21,3
COOPESANTOS	29,7
COOPEALFARO	28,6

Apéndice Ñ. Tabla resumen de la facturación total de la institución.

Tabla 2 Facturación Eléctrica Mensual Aproximada

Facturación Eléctrica Mensual Aprox			
Energía			
Mes	(KWh)	IMPORTE FACTURADO	
Enero	22050	₡	1,968,065.00
Febrero	35331	₡	3,537,740.00
Marzo	40511	₡	4,052,255.00
Abril	39977	₡	3,842,720.00
Mayo	42526	₡	4,165,050.00
Junio	42640	₡	4,115,285.00
Julio	33250	₡	3,515,015.00
Agosto	44361	₡	4,242,790.00
Septiembre	43203	₡	3,618,170.00
Octubre	42233	₡	3,993,845.00
Noviembre	39628	₡	3,740,170.00
Diciembre	18000	₡	1,585,095.00
TOTAL,			
ANUAL	443710	₡	42,376,200.00
PROMEDIO	36976		₡3,531,350.00

Apéndice O. Costo de interconexión por medidor

- COSTO DE INTERCONEXIÓN

Son los costos asociados al proceso de interconexión del sistema de generación distribuido de autoconsumo (contempla las diferentes etapas del proceso, inspecciones, estudios, más el costo de los medidores).

Sistema de Medición Monofásico

Costo (no incluye medidores)	€125 .000 mil
Visitas adicionales/Re inspección	€30 000 mil
Calibración	€80 000 mil

Sistema de Medición Monofásico con demanda- Trifásico en baja tensión

Costo (no incluye medidores)	€250 000 mil
Visitas adicionales/Re inspección	€60 000 mil
Calibración	€80 000 mil

Sistema de Medición Trifásico con Calidad de Energía

Costo (no incluye medidores)	€400 000 mil
Visitas adicionales/Re inspección	€100 000 mil
Calibración	€80 000 mil

Apéndice P. Ficha técnica de panel solar Canadian Solar 300W Mono 300MS (1)



SUPERPOWER CS6K-290 | 295 | 300MS

Canadian Solar's new SuperPower modules with Mono-PERC cells significantly improve efficiency and reliability. The innovative technology offers superior low irradiance performance in the morning, in the evening and on cloudy days, increasing the energy output of the module and the overall yield of the solar system.

KEY FEATURES

-  11 % more power than conventional modules
-  Excellent performance at low irradiance: 97.5 %
-  High PTC rating of up to 91.87 %
-  Improved energy production due to low temperature coefficients
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa



25 years linear power output warranty

10 years product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system
 ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730; VDE / CE / MCS / CEC AU
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / Take-e-way
 UNE 9177 Reaction to Fire: Class 1



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

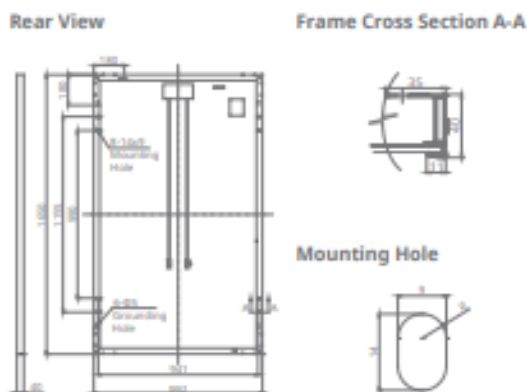
CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 15 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

CANADIAN SOLAR (USA) INC.

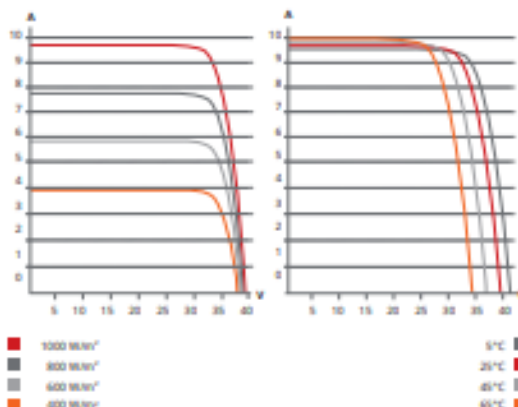
2430 Camino Ramon, Suite 240 San Ramon, CA, USA 94583-4385 | www.canadiansolar.com/na | sales.us@canadiansolar.com

Apéndice Q. Ficha técnica de panel solar Canadian Solar 300W Mono 300MS (2)

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6K-295MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6K	290MS	295MS	300MS
Nominal Max. Power (Pmax)	290 W	295 W	300 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	32.1 V	32.3 V	32.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.05 A	9.14 A	9.24 A
Open Circuit Voltage (Voc)	39.3 V	39.5 V	39.7 V
Short Circuit Current (Isc)	9.67 A	9.75 A	9.83 A
Module Efficiency	17.72 %	18.02 %	18.33 %
Operating Temperature	-40°C – +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 – + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6x10)
Dimensions	1650x992x40 mm (65.0x39.1x1.57 in)
Weight	18.2 kg (40.1 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12 AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in)
Connector	T4 (IEC/UL)
Per Pallet	26 pieces, 520 kg (1146.4 lbs)
Per container (40' HQ)	728 pieces

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6K	290MS	295MS	300MS
Nominal Max. Power (Pmax)	210 W	213 W	216 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	29.0 V	29.2 V	29.4 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.25 A	7.30 A	7.35 A
Open Circuit Voltage (Voc)	36.2 V	36.4 V	36.6 V
Short Circuit Current (Isc)	7.74 A	7.83 A	7.92 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.39 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.30 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Excellent performance at low irradiance, average relative efficiency of 97.5 % from an irradiance of 1000 W/m² to 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).


The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

PARTNER SECTION



Apéndice R. Ficha técnica de panel solar Solar World 300W Mono

Description	SPECIFICATIONS
<ul style="list-style-type: none"> • SolarWorld Sunmodule 300 watt SolarWorld Sunmodule Plus SW 300 Mono • STC DC Watts Maximum Power Pmax: 300 W • PTC DC Watts Maximum Power Pmax: 272.2 W • NOCT DC Watts Nominal Power: 224.1 W • Module Efficiency: 17.89% • Maximum Power Voltage Vmp (V): 31.6V • Maximum Power Current Imp (A): 9.57A • Open Circuit Voltage Voc (V): 40.1V • Short Circuit Current Isc (A): 10.23A • Maximum system voltage: 1000V UL, 1000V IEC • Maximum reverse current: 25A • Power Tolerance 0 +5 watts • Cells per module: 60 • Cell Technology Type: Monocrystalline, 5 bus bar • Frame: Anodized Aluminum Alloy, Silver frame • Glass: Low iron tempered with Anti-Reflective Coating • Dimensions: 65.95 x 39.4 x 1.29 inches (33mm) • Weight: 39.7 lbs • Junction Box: IP65 Class • Connector Type: PV wire per UL4703 with H4 connectors • Output cables: 36.61 inches • Product Warranty: 20 years material and workmanship • Performance Guarantee: 30 years power output • Fire Safety Classification: Class C • Certifications: UL 1703, California CEC, IEC 61215, IEC/EN 61730 • Operating Temperature Range: -40F to 185F • Nominal Operating Cell Temperature NOCT: 113 degrees F +/- 2 degrees • Front Load (snow) Test: 113 PSF • Rear static load (wind) test: 5400Pa • Design Loads - Two rail system: 113 psf downward, 64 psf upward • Design Loads - Three rail system: 178 psf downward, 64 psf upward • Design Loads - Edge mounting: 178 psf downward, 41 psf upward • Hailstone impact test: 1 inch hail at 23M/s from 1m distance 	

Apéndice S. Ficha técnica de inversor Schneider Conext SW 3,4 kW SW 4048 E (1)

Conext SW hybrid inverter/charger

New value in off-grid solar and backup power

Conext™ SW delivers new value and a new price point to installers and system owners globally. Perfect for off-grid, backup power and self-consumption applications, it is a pure sine wave, inverter/charger system with switchable 50/60 Hz frequencies, providing power for every need.

For expanded off-grid capacity, the Conext SW is integrated with fuel-based generators as required to support loads larger than the generator's output. It's also self-consumption ready, able to prioritize solar consumption over the grid, while maintaining zero grid export. The Conext SW works with the grid to avoid peak utility charges and support the grid when utility supply is limited. Accessories include pre-wired universal DC distribution panel and AC distribution panels. Stacking two Conext SW units will double the system's total output power and available solar charge controllers allow for the integration of solar capacity as required.

Why choose Conext SW?



Higher return on investment

- Cost effective
- Excellent load start capabilities with high 30-minute and 5-second surge power
- Harness the continuously declining production cost of solar power



Designed for reliability

- Robust design through rigorous reliability testing (HALT)



Flexible

- Available in 24VDC and 48VDC models. All models support both 50Hz and 60Hz output
- Stack two units to double output power up to 8 kW
- Supports AC coupled and DC coupled off-grid and grid-tie architectures
- Intelligent functionality enables self-consumption with solar prioritization, peak shaving and, assisting small generators with heavy loads



Easy to service

- Monitor, troubleshoot or upgrade firmware with the Conext ComBox
- Global support and training
- Replaceable boards and spare parts



Easy to install

- Configures quickly into compact wall-mounted system
- Companion breaker panels integrate inverter with battery bank and solar charge controllers
- Mounting bracket design makes hanging inverter on the wall easy

Product applications



Residential backup power



Off-grid solar



Apéndice T. Ficha técnica de inversor Schneider Conext SW 3,4 kW SW 4048 E (2)

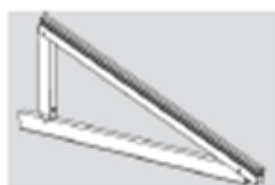
Conext SW inverter/charger

Device short name	SW 2524 E	SW 4024 E	SW 4048 E
Electrical specifications - inverter			
Output power (continuous) at 25°C	2500 W	3400 W	3400 W
Output power (30 min) at 25°C	2800 W	4000 W	4000 W
Output power (5 sec) at 25°C	5000 W	7000 W	7000 W
Peak current	24.3 A	42 A	42 A
Output frequency	50 / 60 Hz selectable	50 / 60 Hz selectable	50 / 60 Hz selectable
Output voltage	230 Vac	230 Vac	230 Vac
Output wave form	True sine wave	True sine wave	True sine wave
Optimal efficiency	91.5%	92%	92%
Idle consumption search mode	<11 W	<11 W	<11 W
Input DC voltage range	20 - 34 Vdc	20 - 34 Vdc	40 - 68 Vdc
AC connections	Single phase	Single phase	Single phase
Electrical specifications - charger			
Output current	65 A	90 A	45 A
Nominal output voltage	24 Vdc	24 Vdc	48 Vdc
Output voltage range	12 - 32 Vdc	12 - 32 Vdc	24 - 64 Vdc
Charge control	3 stage	3 stage	3 stage
Charge temperature compensation	Yes - BTS included	Yes - BTS included	Yes - BTS included
Optimal efficiency	90%	90%	90%
AC input power factor	> 0.98	> 0.98	> 0.98
Input current	10.6 A	14.0 A	14.0 A
Input AC voltage	230 Vac	230 Vac	230 Vac
Input AC voltage range line to neutral	170 - 270 Vac	170 - 270 Vac	170 - 270 Vac
Dead battery charge	Yes	Yes	Yes
General specifications			
Compatible battery types	FLA, Gel, AGM, Custom	FLA, Gel, AGM, Custom	FLA, Gel, AGM, Custom
Transfer rilly rating	30 A	30 A	30 A
Transfer time (AC to inverter and inverter to AC)	<1 cycle (20 ms)	<1 cycle (20 ms)	<1 cycle (20 ms)
Optimal operating temperature range	-20°C to 60°C (-4°F to 140°F)	-20°C to 60°C (-4°F to 140°F)	-20°C to 60°C (-4°F to 140°F)
Storage ambient temperature range	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)
Humidity Operation / storage	<=95% RH, non condensing	<=95% RH, non condensing	<=95% RH, non condensing
Ingress protection rating	Indoor only, IP20	Indoor only, IP20	Indoor only, IP20
Altitude (operating)	2000 m (6562 ft)	2000 m (6562 ft)	2000 m (6562 ft)
Product weight	22.3 kg (49.0 lb)	28.1 kg (62.0 lb)	28.1 kg (62.0 lb)
Shipping weight	27.2 kg (60.0 lb)	35.0 kg (77.1 lb)	35.0 kg (77.1 lb)
Product dimensions (H x W x D)	41.8 x 34.1 x 19.7 cm (16.5 x 13.4 x 7.6 in)	41.8 x 34.1 x 19.7 cm (16.5 x 13.4 x 7.6 in)	41.8 x 34.1 x 19.7 cm (16.5 x 13.4 x 7.6 in)
Shipping dimensions (H x W x D)	56.0 x 44.0 x 32.0 cm (22.0 x 17.3 x 12.6 in)	56.0 x 44.0 x 32.0 cm (22.0 x 17.3 x 12.6 in)	56.0 x 44.0 x 32.0 cm (22.0 x 17.3 x 12.6 in)
System network and remote monitoring	Available	Available	Available
Warranty (Depending on the country of installation)	2 or 5 years	2 or 5 years	2 or 5 years
Part number	865-2524-61	865-4024-61	865-4048-61
Regulatory approvals			
Safety	CE mark , RCM mark IEC/EN62109-1, IEC/EN62109-2	CE mark , RCM mark IEC/EN62109-1, IEC/EN62109-2	CE mark , RCM mark IEC/EN62109-1, IEC/EN62109-2
Compatible products			
Universal DC distribution panel	865-1016		
AC distribution panel (120/240 V)	865-1017		
AC distribution panel (230 V)	865-1017-61		
Conext System Control Panel	865-1050		
Conext Automatic Generator Start	865-1060		
Conext ComBox	865-1058		
Conext MPPT 60 150 solar charge controller	865-1030-1		
Conext SW On/Off Remote Switch	865-1052		
Conext SW Stacking Kit	865-1019-61 for 230 Vac, 865-1019 for 120/240 Vac		
Conext Portable Installation and Configuration Tool	Product no. 865-1155-01		

Specifications are subject to change without notice.

Apéndice U. Ejemplo de estructura coplanar para los paneles.

La estructura de fijación para 3 paneles está compuesta por:



TRIANGULOS X 2



CARRILES X 2
(3,2m)



CONECTOR CARRIL
EN CRUZ X 8




FUADOR LATERAL X 4




FUADOR INTERMEDIO X 4



Apéndice V. BCR MIPYMES (1)

 CREDITO MIPYMES ACELERACION DE EMPRESAS MICRO, PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA	
Documentos a presentar:	
1.	Si alguno de los participantes físicos es asalariado debe presentar fotocopia de la orden patronal vigente y el original de la constancia de salario, cuya fecha de emisión no exceda un mes. Dicha constancia debe indicar el salario bruto y neto, tiempo de laborar, puesto que desempeña e indicar si está libre de embargos.
2.	Recibo de servicio público u otro documento con el que se pueda verificar el domicilio del solicitante.
3.	Personería jurídica actualizada (cuando corresponda).
4.	Certificación notarial de la distribución del capital social, cuando corresponda.
5.	Copia del acta de constitución de la sociedad (cuando corresponda).
6.	Información financiera para el análisis de capacidad de pago::
6.1	CLIENTES SIN CONTABILIDAD FORMAL:
A.	Certificación de ingresos: -Certificación de ingresos emitida por un contador público autorizado o contador privado incorporado (la certificación de contador privado incorporado aplica sólo para solicitantes con un ingreso bruto mensual inferior a los \$1.000.00 o su equivalente en colones). El estudio debe abarcar un periodo mínimo de un año y la certificación no debe tener más de un mes de emitidas al momento de presentar la solicitud y menos de tres meses al momento de la resolución del crédito.
B.	Flujo de caja: -Flujo de caja proyectado a tres años, con el primer año desglosado mensualmente y los dos años restantes en forma anual. Adjuntar los supuestos técnicos en los cuales se basó el pronóstico. Nota: En ambos casos el solicitante debe aportar los comprobantes respectivos, que permiten respaldar la certificación de ingresos o el flujo de caja, como por ejemplo: Declaración de impuesto de renta (régimen tradicional o régimen de tributación simplificada), contratos, permisos, concesiones, patentes, facturas, bancarización, entre otros. Además, presentar el detalle de las obligaciones que se atienden con los recursos generados por la actividad comercial.
6.2	CLIENTES CON CONTABILIDAD FORMAL:
-	Estados financieros de los últimos tres periodos fiscales (internos, certificados o auditados, según sea el monto del crédito y acumulado de deudas en el BCR del solicitante).
-	Corte interno de los estados financieros, cuya fecha de emisión no supere los tres meses al momento de su entrega al Banco y los cuatro meses al momento de la resolución.
-	Flujo de caja proyectado a tres años, con el primer año desglosado mensualmente y los dos años restantes en forma anual. Adjuntar los supuestos técnicos en los cuales se basó el pronóstico.
-	Detalle de las obligaciones que se atienden con los recursos generados por la actividad comercial.
7.	La oficina técnica que estudia el caso, podrá recomendar la inclusión de los propietarios del negocio o de las sociedades relacionadas, como fiadores o codeudores, cuando así lo considere conveniente.
8.	Factura proforma u opción de compra-venta cuando el plan de inversión sea compra de propiedades, maquinaria o equipo.
9.	Si alguno de los participantes es extranjero, debe tener una condición legítima de residencia en el país o un estatus migratorio equivalente (el cual deberán demostrar a través de los documentos que expida la Dirección General de Migración y Extranjería).
10.	En función de cada solicitud de crédito, pueden requerirse documentos adicionales, lo cual se determina en la negociación.
11.	Cuando una operación de crédito involucre la compraventa, traspaso o gravamen de un bien mueble o inmueble cuyo titular sea una persona jurídica, acto en el que, figure como parte el Gerente General, un miembro de la Junta Directiva o personas físicas o jurídicas relacionadas con éste último, se requiera el acta debidamente protocolizada que demuestre que el acto fue hecho de conocimiento de Junta Directiva u órgano equivalente, y que dicho órgano conoció y no objetó la transacción.
12.	Cuando la operación involucre la compraventa, traspaso o gravamen de un bien mueble o inmueble bajo titularidad de una persona jurídica y éste represente un valor igual o superior al 10% de los activos de la persona jurídica, se solicite un acuerdo de aprobación de la Junta Directiva u órgano equivalente.
Si la garantía es prendaria adicionar:	
1.	Un fiador solidario
2.	Informe registral del bien en garantía extendido por el Registro Nacional. El proceso podrá sufrir atrasos, ante cualquier modificación que deba realizarse en el Registro Público.
3.	Documentación con el detalle actualizado de las características del bien que quedará gravado.
4.	Pago de avalúo cuando corresponda.
Si la garantía es hipotecaria adicionar:	
1.	Pago del avalúo.
2.	Dos copias certificadas del plano catastrado, extendidas por la Oficina de Catastro del Registro Público. <i>El proceso podrá sufrir atrasos, ante cualquier modificación que deba realizarse en el Registro Público.</i>
3.	Constancia municipal de impuestos al día.
4.	Informe registral del bien en garantía extendido por el Registro Público. <i>El proceso podrá sufrir atrasos, ante cualquier modificación que deba realizarse en el Registro Público.</i>
5.	Acta de asamblea de socios debidamente protocolizada, donde se autorice a constituir el crédito. Este requisito aplica en los siguientes casos: A. Por indicación expresa en los estatutos de constitución de la sociedad ó B. Si existe un único apoderado de la empresa.
6.	Cuando el plan de inversión sea construcción, debe presentar los planos de construcción aprobados por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, con sus respectivos sellos, el permiso municipal y el presupuesto de la construcción.
Documentación que debe completar el cliente	
1.	Formulario de solicitud con la información completa y debidamente firmado por el solicitante.
2.	Formulario de solicitud de información a SUGEF debidamente firmado.
3.	Formulario Conozca a su cliente BCR con la información completa y debidamente firmado por el solicitante (aplica solamente para personas que actualmente no sean clientes del Banco).
4.	El solicitante deberá llenar y firmar el Anexo 11-A Declaración jurada Grupos de interés económico, Personas Jurídicas o 11-B la Declaración Jurada Grupos de Interés Económico Personas Físicas según corresponda
5.	Formulario de póliza colectiva de vida. Se debe verificar el tipo de formulario requerido según edad del participante y monto en el módulo de Vida en la dirección SOMOS/CATALOGO DE PRODUCTOS / BCR SEGUROS / MODULO DE VIDA
6.	Declaración Jurada de deudas no reguladas por Sugef, formulario 28-SD

Apéndice W. BCR MIPYMES, tasa de interés de 3,50% + TBP a 60 cuotas (2)

 CREDITO MIPYMES ACELERACION DE EMPRESAS MICRO, PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA		
CARACTERÍSTICAS DEL CREDITO		
Dirigido a	a. Personas Jurídicas o Físicas costarricenses o extranjeras con una condición legítima de residente. b. Empresas medianas deben contar con tres años de operación, personas físicas con actividades empresariales, micro empresas y pequeñas empresas deben contar con al menos dos años de operación. c. Con un comportamiento de pago histórico nivel 1 según SUGEF ACUERDO 1-05. d. Una categoría de riesgo entre A1 y B1 según SUGEF ACUERDO 1-05. e. Con un comportamiento de pago histórico en el Sistema de Banca para el Desarrollo (CPH-SBD) nivel 1 y 2 según SUGEF Acuerdo 15-16	
Modalidad	Aplica para líneas de crédito revolutivas para capital de trabajo y créditos directos.	
Plan de inversión	Capital de trabajo, inversión en activo productivo, inversión en activo fijo, consolidación de deudas, recuperación de capital invertido, otros planes de inversión aceptados por el BCR.	
Monto mínimo y máximo de financiamiento	Mínimo: para micro y pequeñas empresas \$1.000 o su equivalente en colones y para medianas empresas \$5.000 o su equivalente en colones Máximo: \$1.000.000 o su equivalente en colones	
Moneda	Colones Dólares: En dólares aplica solo para micros, pequeñas y medianas empresas generadoras de divisas	
Tasa de interés	COLONES	
	De 1 a 12 cuotas:	TBP + 3,00%
	De 1 a 60 cuotas:	TBP + 3,50%
	De 1 a 84 cuotas:	TBP + 4,00%
	De 1 a 180 cuotas:	TBP + 4,45%
	DOLARES	
	De 1 a 12 cuotas:	Prime rate + 3,25%
	De 1 a 60 cuotas:	Prime rate + 3,75%
	De 1 a 84 cuotas:	Prime rate + 4,00%
	De 1 a 180 cuotas:	Prime rate + 4,50%
	Para montos hasta ₡250 millones aplican las tasas indicadas y para montos mayores a ₡250 millones aplican las tasas vigentes en el Modelo de Riesgo Empresarial.	
Plazo	El plazo se establece según plan de inversión.	
Garantía	Hipoteca, Prenda, Fianza, también se aceptan títulos valores	
Forma de pago	Preferiblemente cuotas mensuales a capital e intereses, no obstante, cuando en el estudio técnico se determine que conviene una forma de pago diferente, se puede establecer de conformidad con la normativa aplicable.	
Comisiones	Formalización	2,00%
	Por pago anticipado:	3,00%
Periodo de gracia	El necesario de conformidad con el estudio técnico	
Otras condiciones	El postulante para este crédito debe ser calificado de previo como Micro, Pequeña o Mediana Empresa Cumplimentar los formularios del BCR. Todo estudio de crédito debe ir acompañado de un estudio para verificar la información de la MIPYME, capacidad de pago y del plan de inversión.	

Apéndice X. Ficha técnica Sylvania 402 LUXEM LED 14W por bulbo



- Luminaria LED con salida luminosa dirigida por medio de su reflector facetado, para aplicaciones comerciales e industriales.
- Recomendada para aplicaciones en alturas diversas según la necesidad y configuración, de 8 a 12 metros según se requiera.
- Puede utilizar difusor transparente o prismático.
- LED Fixture with light output directed by the faceted reflector, for commercial and industrial applications.
- Recommended for applications with different heights according to the needs and configurations, of 8 to 12 meters as required.
- It can use transparent or prismatic diffuser.

- Industrias / Industry
- Bodegas / Warehouse
- Comercios / Commercial

Configuraciones disponibles

Available configurations

ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS				OPCIONES DE SELECCIÓN ÚNICA / SINGLE CHOICE OPTIONS				MÁS INFORMACIÓN / MORE INFO			
Modelo / Model	Tipo LED / LED type	Cant. Módulos / LED Modules Qty.	Potencia (W) / Power	Flujo Lum. Total / Difusor #1	Flujo Lum. Total / Difusor #5	Batería Emerg. / Battery	Instalación / Colgante / Pendant	Datos Técnicos / Technical data	Dirección de luz / Light direction 100% hacia Abajo / % Ariba	Eficiencia lm/W / Efficiency	Dimensión / Dimension
402 LED	SMD	4	158	15790	17070	*	*	TP	*	>100	48"
		6	82	8290	9500	*	*	TL	*	>100	48"
		6	108	10850	12550	*	*	TL	*	>100	48"
		6	180	20560	23630	*	*	TP	*	>110	48"
		8	236	24100	28720	*	*	TP	*	>100	48"
		8	82	8290	9500	*	*	TL	*	>100	96"
		8	110	11500	12700	*	*	TL	*	>100	96"
		8	158	16591	17070	*	*	TP	*	>100	96"

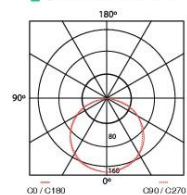
Resumen de rendimiento

Performance summary

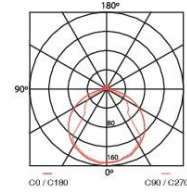
Datos técnicos / Technical Data	TP	TL
Índice de reproducción color / Color rendering index	80	80
Capacidad de atenuación / Dimming capability	0-10 V	0-10 V
Tensión de operación / Input voltage	120-277 V~	120-277 V~
Frecuencia de operación / Operating frequency	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Factor de potencia / Power factor	>0.95	>0.9
DAT en corriente / THD in current	<10% (120V) / <15% (277V)	<20%
Rango de Temp. de Operación / Operation Temp. Range	-40°C - +40°C	-20°C - +40°C
Vida útil / Lifespan	L70 = 72 000 h (85°C)	L70 = 72 000 h (85°C)
CCT Disponible / CCT Available	5000 K	4000 K, 5000 K y 6500K

Curva fotométrica

photometric curve



UL402 SMD 48 19000 lm (100% Abajo)

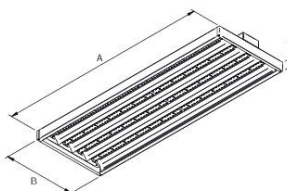


UL402 SMD 48 19000 lm (4% Ariba y 96% Abajo)

Dimensiones

Dimensions

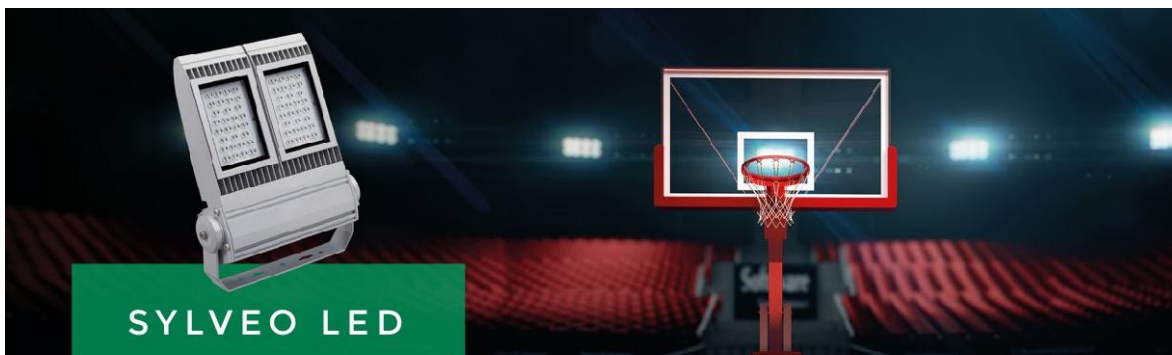
Dimensión Nominal	A (mm)	B (mm)	C (mm)
24" (6 módulos)	615	226	49
48" (4 módulos)	1182	226	49
48" (8 módulos)	1182	408	49
48" (6 módulos)	1182	320	49



Sylvania se reserva el derecho de modificar y/o cambiar este producto o sus especificaciones técnicas sin notificación previa. Sylvania reserves the right to modify and/or change this product or its technical specifications without previous notification.



Apéndice Y. Ficha técnica Sylvania SYLVEO LED 300W



- Proyector Sylveo LED de alta especificación para aplicaciones en interior y exterior, perfecto para iluminaciones en áreas abiertas de hasta 8 metros de altura
- Su diseño robusto le permite contar con altas especificaciones de impermeabilidad y resistencia mecánica a impactos
- Posee una eficiencia superior a los 100 lm/W, por lo que es posible iluminar amplios espacios a un bajo consumo, con relación a otras marcas disponibles en el mercado
- High specification Sylveo LED floodlight for indoor and outdoor applications, perfect to illuminate open areas up to 8 meters height
- Its robust design allows it to have high specifications of impermeability and mechanical resistance to impacts
- It has an efficiency superior to 100 lm/W, reason why it is possible to light up wide spaces to a low consumption, in relation to other brands available in the market

- Industrias / Industries
- Gimnasios / Gyms
- Canchas deportivas / Sport fields
- Áreas recreativas / Recreative areas

Configuraciones disponibles

available configurations

Código Code	Descripción Description	Potencia (W) Power	Flujo luminoso (lm) Luminous flux	Eficacia (lm/W) Efficacy	Temp. Color (K) Color temp.	Peso (kg) Weight
P154689	Sylveo LED Wide	300	30 000	≥100	4 000	15,6
P154686	Sylveo LED Wide	200	20 000	≥100	4 000	12,5
P154683	Sylveo LED Wide	120	12 000	≥100	4 000	8,9

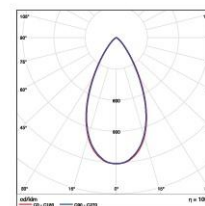
Resumen de rendimiento

Performance summary

Ángulo de apertura / Beam angle	52°
Índice de reproducción color / Color rendering index	70
Capacidad de atenuación / Dimming capability	No
Tensión de operación / Input voltage	120-277 V~
Frecuencia de operación / Operating frequency	50 / 60 Hz
Factor de potencia / Power factor	>0,9
DAT en corriente / THD in current	≤20%
Rango de Temp. de Operación / Operation Temp. Range	-40°C a +50°C
Vida útil / Lifespan	L70 = 50 000 horas (85°C)

Curva fotométrica

photometric curve

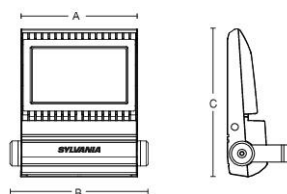


SYLVEO LED 300W

Dimensiones

dimensions

Código Code	A (mm)	B (mm)	C (mm)
P154689	299	344	392
P154686	451	496	392
P154683	603	648	392



Sylvania se reserva el derecho de modificar y/o cambiar este producto o sus especificaciones técnicas sin notificación previa. Sylvania reserves the right to modify and/or change this product or its technical specifications without previous notification.



SYLVANIA

Apéndice Z. Ficha técnica Sylvania WALLPACK HB LED 80W



WALLPACK HB LED

- Es una excelente opción para proyectos de reconversión de luminarias tradicionales tipo HID de hasta 250W
- Incluye supresor de sobretensiones de 10kA
- Posee la capacidad de atenuación por medio de control 0-10V
- Fácil instalación de sobreponer. Incluye todos los accesorios
- It is an excellent option for reconversion projects of traditional HID fixtures up to 250W
- Includes 10kA surge suppressor
- It has the attenuation capacity through control 0-10V
- Easy installation for superimpose mounting. Includes all accessories

- Industrias / Industries
- Bodegas / Warehouses
- Fábricas / Factories
- Comercios / Commercial

Configuraciones disponibles

available configurations

Código Code	Descripción Description	Potencia (W) Power	Flujo luminoso (lm) Luminous flux	Eficacia (lm/W) Efficacy	Temp. Color (K) Color temp.	Peso (kg) Weight
P27413	Wallpack LED HB	45	5260	≥115	5 700	6
P27414	Wallpack LED HB	80	9710	≥120	5 700	6

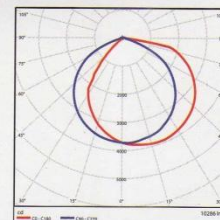
Resumen de rendimiento

performance summary

Ángulo de apertura / Beam angle	60° x 90°
Índice de reproducción color / Color rendering index	≥70
Capacidad de atenuación / Dimming capability	0-10V
Tensión de operación / Input voltage	120-277 V~
Frecuencia de operación / Operating frequency	50 / 60 Hz
Factor de potencia / Power factor	>0,95
DAT en corriente / THD in current	≤20%
Rango de Temp. de Operación / Operation Temp. Range	-40°C a +50°C
Vida útil / Lifespan	L70= 50 000 horas (85° C)

Curva fotométrica

photometric curve

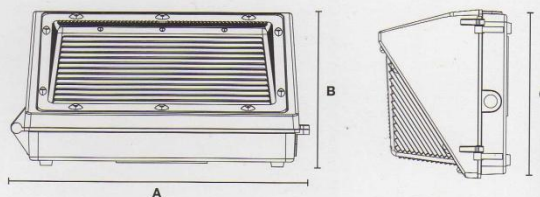


WALLPACK HB LED 80W 9710 lm

Dimensiones

dimensions

Código Code	A (mm)	B (mm)	C (mm)
P27413	360	235	186
P27414	360	235	186



Sylvania se reserva el derecho de modificar y/o cambiar este producto o sus especificaciones técnicas sin notificación previa. Sylvania reserves the right to modify and/or change this product or its technical specifications without previous notification.



SYLVANIA

Apéndice AA. Ficha técnica microinversor Enphase 290W 240/208VAC (1)

Enphase IQ 6 and IQ 6+ Microinverters

The high-powered smart grid-ready **Enphase IQ 6 Micro™** and **Enphase IQ 6+ Micro™** dramatically simplify the installation process while achieving the highest efficiency for module-level power electronics.

Part of the Enphase IQ System, the IQ 6 and IQ 6+ Micro integrate seamlessly with the Enphase IQ Envoy™, Enphase Q Aggregator™, Enphase IQ Battery™, and the Enphase Enlighten™ monitoring and analysis software.

The IQ 6 and IQ 6+ Micro extend the reliability standards set forth by previous generations and undergo over a million hours of power-on testing, enabling Enphase to provide an industry-leading warranty of up to 25 years.



To learn more about Enphase offerings, visit enphase.com

Easy to Install

- Lightweight and simple
- Faster installation with improved two-wire cabling
- Built-in rapid shutdown compliant (NEC 2014 & 2017)

Productive and Reliable

- Optimized for high-powered 60-cell and 72-cell* modules
- More than a million hours of testing
- Class II double-insulated enclosure
- UL listed

Smart Grid Ready

- Complies with fixed power factor, voltage and frequency ride-through requirements
- Remotely updates to respond to changing grid requirements
- Configurable for varying grid profiles
- Meets CA Rule 21 (SIL 1741-SA)

* The IQ 6+ Micro is required to support 72-cell modules



Apéndice AB. Ficha técnica microinversor Enphase 290W 240/208VAC (2)

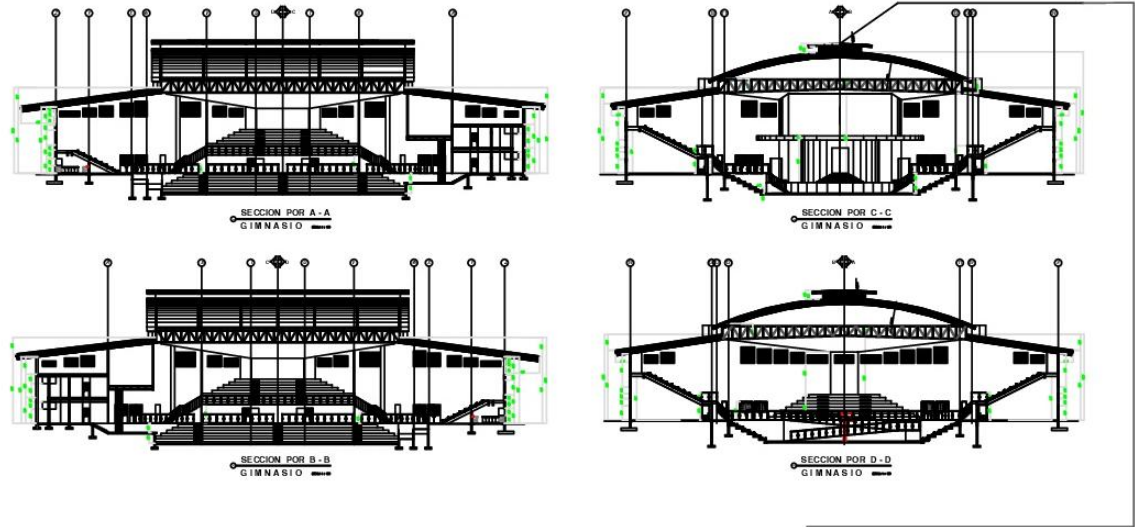
Microinversores Enphase IQ 6 y IQ 6+

DATOS DE ENTRADA (CC)	IQ6-60-2-US Y IQ6-60-5-US		IQ6PLUS-72-2-US Y IQ6PLUS-72-5-US	
Combinaciones de módulos recomendadas ¹	195 W - 330 W +		235 W - 400 W +	
Compatibilidad del módulo	Solo módulos fotovoltaicos de 60 celdas		Módulos fotovoltaicos de 60 y 72 celdas	
Tensión máxima de CC de entrada	48 V		62 V	
Tensión máxima de registro de corriente	27 V - 37 V		27 V - 48 V	
Intervalo de funcionamiento	16 V - 48 V		16 V - 62 V	
Tensión de arranque mínima/máxima	22 V/48 V		22 V/62 V	
Corriente de cortocircuito de CC máxima (módulo Isc)	15 A		15 A	
Puerto de CC de clase sobretensión	II		II	
Retroalimentación de puerto de CC ante falla única	0 A		0 A	
Configuración de panel fotovoltaico	Panel sin tierra de 1 x 1; No se necesita protección adicional de la CC lateral; La protección de CA lateral requiere un máximo de 20 A por circuito de ramal			
DATOS DE SALIDA (CA)	IQ6-60-2-US Y IQ6-60-5-US		IQ6PLUS-72-2-US E IQ6PLUS-72-5-US	
Potencia máxima de salida	240 VA		290 VA	
Potencia de salida (continua) nominal	230 VA		280 VA	
Tensión nominal/intervalo ²	240 V/211-264 V	208 V (1Φ)/183-229 V	240 V/211-264 V	208 V (1Φ)/183-229 V
Corriente de salida nominal	0,96 A	1,11 A	1,17 A	1,35 A
Frecuencia nominal	60 Hz		60 Hz	
Intervalo de frecuencia extendido	47 - 68 Hz		47 - 68 Hz	
Factor de potencia a potencia nominal	1,0		1,0	
Unidades máximas por circuito derivado de 20 A	16 (240 VAC)		13 (240 VAC)	
	14 (208 VAC monofásico)		11 (208 VAC monofásico)	
Puerto de CA de clase sobretensión	III		III	
Retroalimentación de puerto de CA ante falla única	0 A		0 A	
Factor de potencia (ajustable)	0,7 adelantado ... 0,7 retrasado		0,7 adelantado ... 0,7 retrasado	

Apéndice AC. Norma INTECO, INTE2031-08-06-00iluminacion

Escuelas	
Aulas comunes	500
Aulas especiales	750
Bibliotecas	400
Circulaciones	200
Gimnasios	300
Oficinas	500
Piscinas: Iluminación general	300 ²
Sobre pizarrón: Iluminación suplementaria	1000
Vestuarios y baños: Iluminación general Iluminación localizada	100 200 ³

Apéndice AD. Zona de colocación de los paneles



Zona de colocación de paneles

