



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A
LA RED DESTINADO AL SECTOR RESIDENCIAL
CON TARIFA 1C DEL SURESTE MEXICANO**

TESIS

Para obtener el grado de
Ingeniero en Sistemas de Energía

Presenta

Adrian Armando Jimenez Aleman

Director de Tesis

Dr. Inocente Bojórquez Báez

Asesores

I. S. E. Marlon Brando Alpuche Javier

M. en P. Set Jubal Castillo Avila

Dr. José Hernández Rodríguez

Dr. Glisario Romeli Barbosa Pool





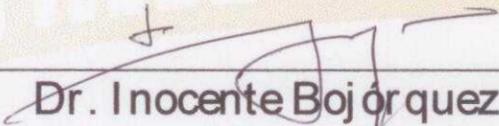
UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

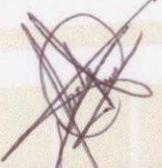
INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA

COMITÉ DE TESIS

Director:


Dr. Inocente Bojórquez Báez

Asesor:


I. S. E. Marlon Brando Alpuche Javier

Asesor:


M. en P. Set Jubal Castillo Avila



Chetumal, Quintana Roo, México, septiembre de 2017



ÍNDICE

RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
JUSTIFICACIÓN.....	15
METODOLOGÍA.....	18
APORTES.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
HIPOTESIS.....	24
OBJETIVOS.....	24
CAPÍTULO 1. NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACIÓN EN MATERIA DE LA VIVIENDA SUSTENTABLE EN MÉXICO.....	25
1.1 NORMAS OFICIALES RELACIONADAS AL AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA VIVIENDAS SUSTENTABLES.....	26
1.1.1 NOM-018-ENER-2011.....	26
1.1.2 NOM-020-ENER-2011.....	27
1.1.3 NOM-024-ENER-2012.....	27
1.1.4 NOM-023-ENER-2010.....	28
1.1.5 NOM-025-STPS-2008.....	28
1.1.6 NOM-028-ENER-2010.....	28
1.2 NORMAS MEXICANAS RELACIONADAS AL AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA VIVIENDAS SUSTENTABLES.....	29
1.2.1 NMX-AA-164-SCFI-2013 de Edificación Sustentable.....	29
1.2.2 NMX-AA-171-SCFI-2014 de Requisitos y Especificaciones de desempeño ambiental de establecimientos de Hospedaje.....	29
1.3 POLÍTICAS PÚBLICAS Y LEYES.....	30
1.3.1 ECOCASA.....	30
1.3.2 Hipoteca Verde (INFONAVIT).....	31
1.3.3 Programa de Mejoramiento Integral Sustentable.....	31
1.3.4 Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).....	31
1.3.5 FIDE.....	32
1.3.6 Tecnoligente.....	32
1.3.7 Nacional Financiera (NAFINSA).....	32
1.3.8 Código de edificación de vivienda 2007.....	32
1.3.9 NAMA mexicana de vivienda sustentable.....	33
1.3.10 Reforma energética: Legislación secundaria.....	33

1.3.11 Ley de equilibrio ecológico y la protección del ambiente del estado de Quintana Roo.	34
1.3.12 Ley de la Comisión Federal de Electricidad	34
1.4 CERTIFICACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES PARA VIVIENDAS SUSTENTABLES.	34
1.4.1 Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES) del Gobierno del Distrito Federal	34
1.4.2 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED).	35
1.4.3 BREEAM	35
CAPÍTULO 2. PROYECTO ELÉCTRICO DE LAS VILLAS UNIVERSITARIAS	37
2.1 UBICACIÓN DE LAS VILLAS UNIVERSITARIAS DE LA UQROO	37
2.2 DISEÑO DEL EDIFICIO.	39
2.3 TARIFA ELÉCTRICA.	41
2.4 DISEÑO ELÉCTRICO.	43
2.5 MEMORIA DE CÁLCULO.	44
2.5.1 Plano eléctrico de las villas universitarias	44
2.5.2 Diagrama unifilar	47
2.5.3 Cuadro de cargas	48
2.5.4 Alimentadores	50
2.5.5 Circuitos derivados	51
2.5.6 Conductores	53
2.5.7 Canalizaciones	56
2.5.8 Protecciones	57
2.6 AHORRO DE ENERGÍA Y CONFORT LUMÍNICO.	59
2.6.1 Ahorro de energía	59
2.6.2 Confort lumínico	61
CAPÍTULO 3. SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED	63
3.1 RECURSO SOLAR MÉXICO-QUINTANA ROO.	63
3.2 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO	65
3.3 METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO.	68
3.3.1 Inventario de cargas	69
3.3.2 Módulo Fotovoltaico	72
3.3.3 Sistema de montaje	73
3.3.4 Sombreado	75
3.3.5 Inversores	76

3.3.6 Arreglo Fotovoltaico	77
3.4 NORMATIVA PARA LA INTERCONEXIÓN	82
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS	84
4.1 COSTOS FACTURADOS EN LA TARIFA ELÉCTRICA 1C.....	85
4.2 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO Y GENERACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS VILLAS UNIVERSITARIAS.....	87
4.3. AHORRO ESTIMADO EN EL COSTO POR FACTURACIÓN DE LAS VILLAS UNIVERSITARIAS	89
4.4 COSTO DE LOS COMPONENTES Y MANO DE OBRA	91
4.5 ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN CON CAPITAL DISPONIBLE.....	94
4.6. ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN CON CRÉDITO BANCARIO.....	97
CONCLUSIONES.	101
REFERENCIAS.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	112

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Se definen como los gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero.

Energía: La energía se define como la capacidad de realizar trabajo, de producir movimiento, de generar cambio. Es inherente a todos los sistemas físicos, y la vida en todas sus formas, se basa en la conversión, uso, almacenamiento y transferencia de energía.

Eficiencia Energética: Es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Se puede mejorar mediante la implantación de diversas medidas e inversiones a nivel, tecnológico, de gestión y de hábitos de consumo en la sociedad.

Energías Renovables: Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Energía Solar: Se define energía solar a la energía contenida en la radiación solar que es transformada mediante los correspondientes dispositivos, en forma térmica o eléctrico, para su consumo posteriormente.

Sistema: Un sistema se define como un conjunto de partes que interactúan entre sí directa o indirectamente, de manera que un cambio en cualquier de dichas partes afecta a las demás. La interacción puede ser lógica, según el sistema sea material o conceptual.

Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (SFVI): Un sistema fotovoltaico interconectado a la red es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica para suministrarla a la red eléctrica.

Valor Presente Neto (VPN): Es el procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originarios por una inversión.

Punto de Equilibrio: Se entiende por punto de equilibrio aquel nivel de producción y ventas que una empresa o negocio alcanza para lograr cubrir los costos y gastos con sus ingresos obtenidos.

DEDICATORIA

A la Señora de mi corazón: Gracias madre, gracias por apoyarme e iluminarme no sólo durante la carrera sino durante todos mis años académicos. Eres la mejor mama que alguien puede tener, sea por el amor otorgado, la amistad, paciencia, confianza y sobre todo el apoyo moral de todos los días al decirme que todos mis sueños se cumplirían. ¡Te amo madre!

A mi familia, por apoyarme moral y económicamente, por encontrarse en los momentos en los que más los necesitaba y sobre todo por enseñarme el camino correcto.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Petete, quien si su ayuda no sería quien soy ahora y que gracias a él ahora escribo estas líneas. Gracias por enseñarme infinidad de cosas las cuales me ayudaron y ayudaran a ser una mejor persona y a la vez un excelente profesionista. Sinceramente no tengo palabras para expresar lo mucho que le agradezco estos siete de años de su vida que me ha brindado, desde el momento en que me notificaron que era mi tutor mi vida cambió y todo es gracias a usted. ¡GRACIAS!

Al M.E.S. Roberto Acosta Olea, por ser el segundo en creer en mí y enseñarme la confianza que debo tener. Gracias por permitirme demostrar mi talento en el IER y de igual manera por mostrarme que existe más allá de Chetumal.

¡De verdad, gracias a los dos! (Nunca olvidaré los viajes de prácticas, congresos o por trabajo que realizábamos)

A mis revisores por el tiempo y la dedicación de revisar mi trabajo de tesis.

A mis amigos:

Emilio y Karely. Les agradezco mucho por todos esos momentos que pasamos juntos cuando necesitaba. Nunca olvidaré las idas al cine, la hamburguesa, su tiempo que dedicaban al escucharme entre otras cosas.

¡Los quiero!

Dulce, Jonathan, Edith, Punx, Karol, Amílcar, Yariza, Sosa, Kimberly y Jesica por todos los momentos vividos antes y durante el transcurso de mi carrera. Todos y cada uno entro a mi vida en el momento indicado ayudándome a superar y aprender lo que era necesario en ese instante.

A las empresas Jaso Energy, Refacsol y Solar Depot México por proporcionarme las cotizaciones necesarias para elaborar el análisis económico en esta tesis.

Y por último, (¿adivina quién andaba aburrido?) pero no menos importante a ti Huesos, te agradezco por llegar a mi vida en *the right place and the right time*. Por hacer esta aventura tan especial, única, inolvidable y sobre todo llena de aprendizaje. ¡Gracias por todo! (Inmortal como el tiempo).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 0.1. Mapa Estructural de la Estrategia Nacional de Cambio Climático.	12
Figura 1.1. Ejemplo de distribución de la etiqueta de productos de vidrio.	27
Figura 1.2. Programa ECOCASA.....	30
Figura 1.3. Lugares de aplicación del sistema BREEAM.	36
Figura 1.4. Esquemas del sistema BREEAM.....	36
Figura 2.1. Macro localización de las Villas Universitarias.	38
Figura 2.2. Micro localización de las Villas Universitarias.	38
Figura 2.3. Plano arquitectónico de la planta baja.	39
Figura 2.4. Plano arquitectónico de la planta alta.	40
Figura 2.5. Conexión del medidor monofásico a tres hilos.	42
Figura 2.6. Simbología eléctrica.....	44
Figura 2.7. Plano eléctrico de la planta baja.	45
Figura 2.8. Plano eléctrico de la planta alta.	46
Figura 2.9. Diagrama unifilar.	47
Figura 2.10. Lámpara Philips modelo 20A21/2700 3WAY 6/1.....	59
Figura 2.11. Lámpara Tecno lite modelo Granada. (TLLED-006)	60
Figura 3.1. Cinturón solar.....	64
Figura 3.2. Trayectoria solar.	65
Figura 3.3. Localización de las Villas Universitarias.	66
Figura 3.4. NASA Surface Meteorology and Solar Energy- Location.	66
Figura 3.5. Módulo fotovoltaico modelo PV-01-260 marca IUSASOL.	72
Figura 3.6. Vista lateral de la estructura Sunrail.	73
Figura 3.7. Vista trasera de la estructura Sunrail.....	74
Figura 3.8. Distancia mínima entre módulos.....	75
Figura 3.9. Sistema de monitoreo del Fronius Galvo 3.1-1.	77
Figura 3.10. Sistema de monitoreo del Envoy Communications Gateway	77
Figura 3.11. Distribución del arreglo fotovoltaico en la azotea del edificio.	78
Figura 3.12. Diagrama de conexión del SFVI con Inversor Central.....	80
Figura 3.13. Diagrama unifilar del SFVI con Inversor Central.	80
Figura 3.14. Diagrama unifilar del SFVI con Microinversores.....	81
Figura 3.15. Diagrama de conexión del SFVI con Microinversores.....	81
Figura 3.16. Esquema de interconexión a la red de CFE.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Normas relacionadas a los métodos de prueba vigentes.....	26
Tabla 1.2. Nivel mínimo de Relación de Eficiencia Energética (REE) en aires acondicionados tipo mini Split y Multi Split.	27
Tabla 1.3. Valores mínimos de eficacia para lámparas incandescentes, incandescentes con halógenos y fluorescentes compactas autobalastadas..	28
Tabla 1.4. ¿Qué es la Hipoteca Verde?.	30
Tabla 2.1. Tarifas específicas domésticas.....	41
Tabla 2.2. Cuadro de cargas de la planta baja.....	48
Tabla 2.3. Cuadro de cargas de la planta alta.	49
Tabla 2.4. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C.	50
Tabla 2.5. Circuitos derivados de la planta baja.....	52
Tabla 2.6. Circuitos derivados de la planta alta.	52
Tabla 2.7. Cálculo de conductores planta baja.	55
Tabla 2.8. Cálculo de conductores planta alta.	55
Tabla 2.9. Cálculo de tubería.....	56
Tabla 2.10. Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit no metálico.....	56
Tabla 2.11. Protección de los circuitos derivados de la planta baja.	57
Tabla 2.12. Protección de los circuitos derivados de la planta alta.	58
Tabla 2.13. Especificaciones técnicas eléctricas y lumínicas de la lampara Philips.	59
Tabla 2.14. Especificaciones técnicas eléctricas y lumínicas de la lampara Tecno lite.	60
Tabla 2.15. Cargas de alumbrado general por tipo del inmueble.....	61
Tabla 2.16. Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA).	62
Tabla 3.1. Parámetros para módulos fotovoltaicos inclinados.	67
Tabla 3.2. Consumo mensual en contactos.	69
Tabla 3.3. Consumo mensual en luminarias	70
Tabla 3.4. Consumo mensual en luminarias tipo arbotantes.	70
Tabla 3.5. Consumo mensual en reflectores.....	70
Tabla 3.6. Consumo de las Villas Universitarias.	71
Tabla 3.7. Características eléctricas del módulo PV-01-255.	72
Tabla 3.8. Comparativa de inversores con respecto a sus datos de entrada.	76
Tabla 3.9. Comparativa de inversores con respecto a sus datos de salida.	76
Tabla 4.1. Cargos por energía en la tarifa 1C fuera de verano. Precio correspondiente al 2016.....	85
Tabla 4.2. Cargos por energía en la tarifa 1C dentro de varano. Precios correspondientes al 2016	85
Tabla 4.3. Costo facturado anual.	89
Tabla 4.4. Ahorro generado por la implementación de los SFVI.....	89
Tabla 4.5. Inversión de los SFVI.....	91
Tabla 4.6 Comparativa de los SFVI dependiendo del inversor.....	93

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 0.1. Producción de Energía Primaria Vs Consumo Nacional de Energía (2005-2015).	16
Gráfica 0.2. Consumo de electricidad en el sector residencial.	17
Gráfica 0.3. Precio facturado por tarifa del Sistema Eléctrico Nacional 2015 (MXN).....	64
Gráfica 0.4. Costos típicos de instalación de energías renovables (USD 2010/kWh).	64
Gráfica 0.5. Evolución de la capacidad instalada al 31 de diciembre del 2015.....	64
Gráfica 3.1. Insolación global diario mensual. Inclinación del colector: Latitud +15.....	64
Gráfica 4.1. Precio medio facturado (pesos/kW) a precios constantes de 2015.....	86
Gráfica 4.2. Comparativa del consumo eléctrico de las Villas Universitarias con SFVI (3kW).	87
Gráfica 4.3. Comparativa del consumo eléctrico de las Villas Universitarias con SFVI (1.5kW).	88
Gráfica 4.4. Costo anual por facturación eléctrica en los periodos dentro y fuera de verano.	889
Gráfica 4.5. Facturación anual acumulada con el SFVI (1.5kW).....	90
Gráfica 4.6. Facturación anual acumulada con el SFVI (3kW).....	90
Gráfica 4.7. Porcentaje equivalente a la instalación SFVI utilizando microinversores con una capacidad de 1.5 kW.	91
Gráfica 4.8. Porcentaje equivalente a la instalación SFVI utilizando microinversores con una capacidad de 3 kW.	92
Gráfica 4.9. Porcentaje equivalente a la instalación SFVI utilizando inversor central con una capacidad de 3 kW.	92
Gráfica 4.10. Recuperación del SFVI de 1.5 kW.	94
Gráfica 4.11. Punto de equilibrio del SFVI de 1.5kW con capital disponible.	95
Gráfica 4.12. Recuperación del SFVI de 3kW con Microinversores y capital disponible.	95
Gráfica 4.13. Recuperación del SFVI de 3kW con Inversor central y capital disponible.	96
Gráfica 4.14. Puntos de equilibrio de los SFVI de 3kW con capital disponible.	96
Gráfica 4.15. Recuperación del SFVI de 1.5 kW con crédito bancario.	98
Gráfica 4.16. Recuperación del SFVI de 3kW con crédito bancario utilizando Microinversores.	98
Gráfica 4.17. Recuperación del SFVI de 3kW con crédito bancario utilizando Inversor central.	99
Gráfica 4.18. Punto de equilibrio de los SFVI de 1.5kW con crédito bancario.....	99
Gráfica 4.19. Puntos de equilibrio de los SFVI de 3kW con crédito bancario.	100

RESUMEN.

El crecimiento demográfico ha propiciado un aumento en la demanda energética, y consecuentemente una elevación en la facturación eléctrica, por tal razón, se requiere de sistemas alternos de generación que compensen parte o en su totalidad el consumo generado en las distintas áreas. El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis técnico-económico para implementar un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (SFVI) destinado al sector residencial manteniendo una tarifa subsidiada, "Tarifa 1", cumpliendo con lo establecido en la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización). La metodología aplicada en esta tesis inició con la revisión bibliográfica sobre la temática, que incluyó políticas públicas, leyes y documentos normativos, así como tesis y trabajos de investigación. Se tomó como modelo de referencia el proyecto de un edificio enfocado a hospedaje para estudiantes; basado en el consumo eléctrico mensual se realizó el proyecto eléctrico convencional que sirvió de base para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red; posteriormente, se analizó la viabilidad financiera del mismo mediante el criterio de Valor Presente Neto. Los resultados condujeron a varios escenarios posibles donde el Punto de Equilibrio y el Tiempo de Recuperación del capital invertido son los dos elementos determinantes para la decisión final.

INTRODUCCIÓN.

Un tema relevante hoy en día, es la problemática del cambio climático, la cual ha forzado a gobiernos a actuar de manera consciente, elaborando leyes y políticas públicas con el objetivo de minimizar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas hacia la atmósfera. Es por ello que la Secretaría del Medio Ambiente y Recurso Naturales (SEMARNAT) elaboró el documento Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) en donde tiene como objetivo ser un instrumento rector de la política nacional a mediano y largo plazo con el fin de contraatacar los efectos del cambio climático y a su vez llegar a una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones para alcanzar el horizonte deseable para el país (SEMARNAT, 2013). En la figura 0.1 se muestra los pilares de dicha política.

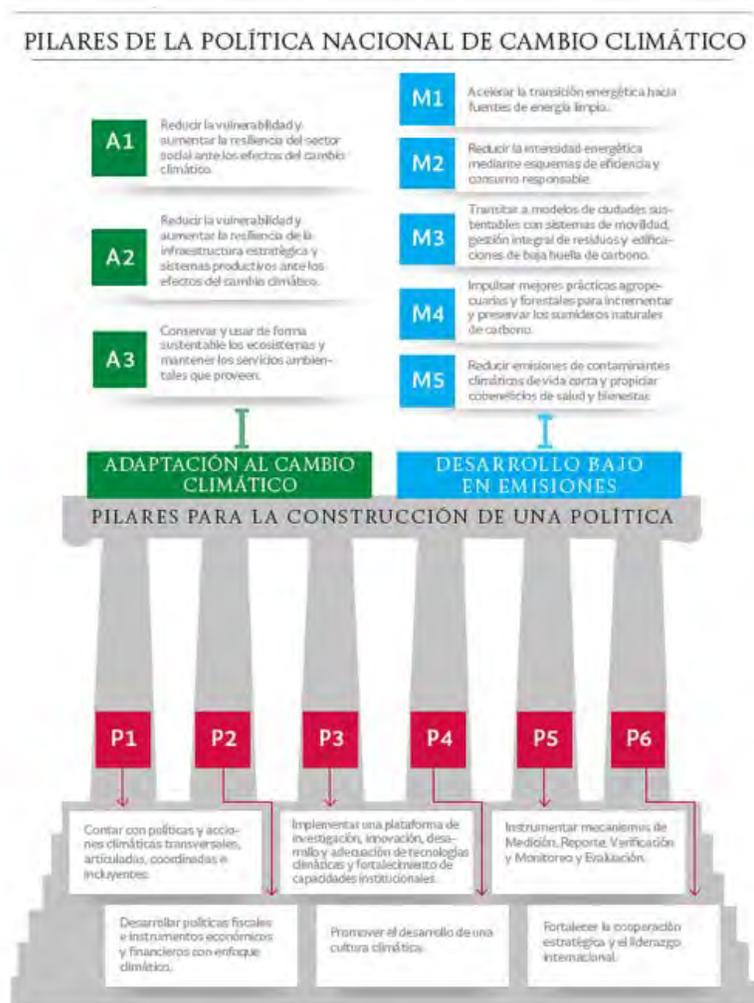


Figura 0.1. Mapa Estructural de la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

Fuente: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013.¹

¹ Toda Figura, Tabla o Gráfica que no tenga fuente fue elaboración propia.

En el 2015 el Balance Nacional de Energía presentó que el 18.7% del consumo nacional pertenece al sector residencial, comercial y público (CRE, 2016). Tomando como referencia a Tesillo (2016), el 81.9% de la fuente primaria de generación energética proviene de combustibles fósiles, la hidráulica el 12%, la nuclear 3.35% y el resto 2.75% de fuentes alternas.

En la actualidad ha incrementado la concientización sobre la contaminación que se produce al generar energía eléctrica por medio de combustibles fósiles, sin embargo, aún existen grietas en dicho tema. México por su ubicación geográfica tiene el potencial necesario para iniciar una explotación en el campo de la energía fotovoltaica, siendo esto confirmado por Cuter (2017) el cual comento: "*En los próximos años, esperamos que México se convierte en el mayor mercado solar de América Latina, por lo que tenemos planes de seguir invirtiendo fuertemente en el país, ampliando nuestros recursos y promoviendo nuestros productos y servicios*". Así mismo, la introducción de la Reforma Energética trajo nuevas ventajas para el sector permitiendo a los propietarios de SFVI vender excedentes de energía a un proveedor básico que es la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o un proveedor calificado.

Por otra parte, el tema del ahorro y uso eficiente de la energía va de la mano al momento de concientizar e implementar SFVI en el área residencial, siendo este una solución y aplicación de medidas factibles para los ciudadanos y a la vez al medio ambiente.

En este trabajo, se plantea como tema de estudio el análisis técnico económico de los sistemas fotovoltaicos implementados en una tarifa doméstica 1C, siendo esta la dominante en el sureste mexicano (Conermex, 2016). Tomando como caso de estudio un sistema de generación basado en módulos fotovoltaicos instalados en el tejado de las Villas Universitarias de la Universidad de Quintana Roo (UQROO).

El trabajo está estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se describe la situación actual de las normas, reglamentación, certificación y apoyos vigentes en torno a la edificación sustentable en México tomando esto como hincapié para el ahorro y uso eficiente de la energía en la vivienda.

En el capítulo 2 se elaboró el proyecto eléctrico para el edificio de las Villas Universitarias con tarifa "1C" siguiendo las especificaciones marcadas en la NOM-001-SEDE-2012 instalaciones eléctricas.

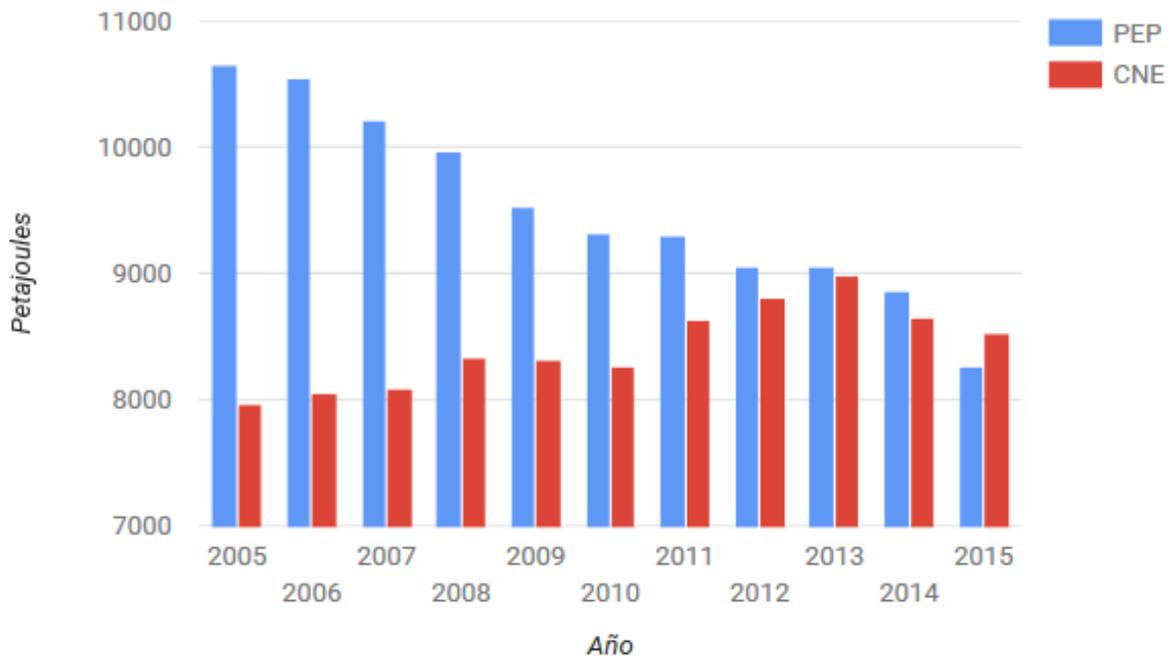
En el capítulo 3 se diseñó una metodología para el dimensionamiento de un SFVI tomando en cuenta la diferencia técnica entre inversor central y microinversores, cumpliendo con lo establecido en la normativa de la CFE para la interconexión.

En el capítulo 4 se realizó el análisis económico de la implementación del sistema fotovoltaico interconectado con base a la inversión y el tiempo de recuperación del mismo siendo este marcado por el costo por kWh señalado por la CFE.

JUSTIFICACIÓN.

El crecimiento demográfico y los avances tecnológicos han contribuido a una mayor dependencia en la energía eléctrica. En el 2014 la producción de energía primaria mundial totalizó en 13,800.90 millones de toneladas equivalentes de petróleo (MMtep) siendo ésta 1.5% mayor que en el 2013. Así mismo, el consumo mundial de energía creció 1.3% en el 2014.

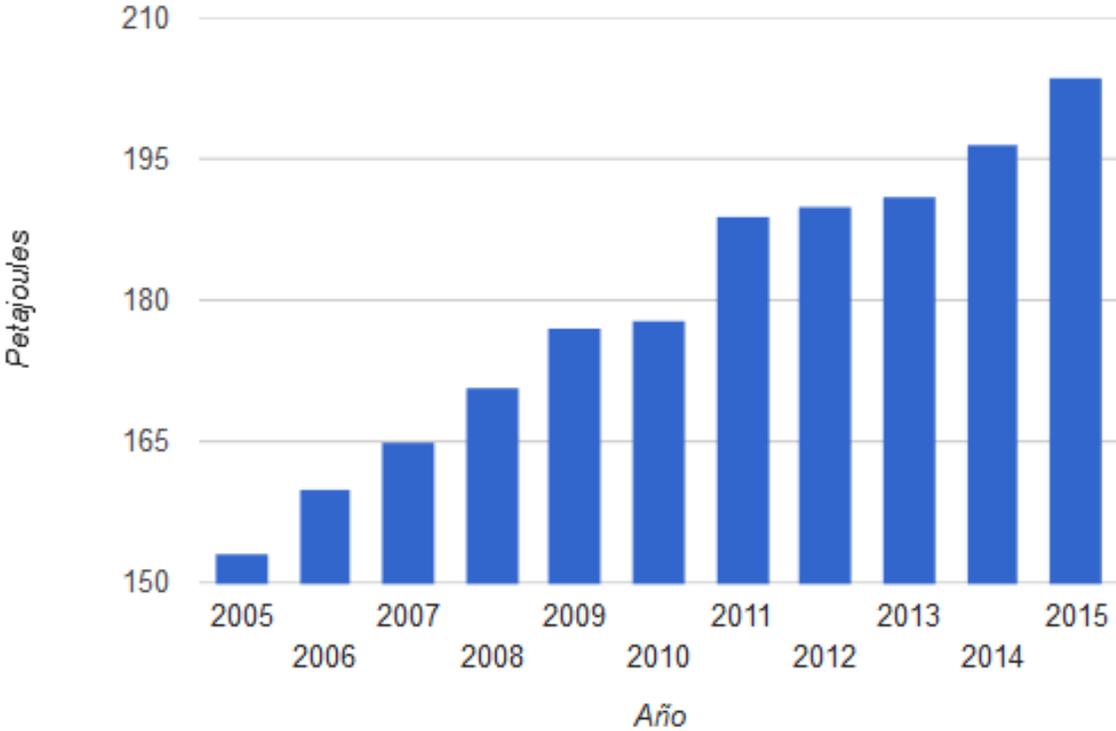
Por lo que se refiere a México, en el 2015 hubo un incremento de 3% con respecto al consumo final de energía, siendo este definido como la suma del consumo no energético total y el consumo energético total. Cabe mencionar que por primera vez en este mismo año se registró un consumo de energía mayor a la producción de energía primaria, teniendo una diferencia de 3.2%, como se muestra en la gráfica 0.1.



Gráfica 0.1. Producción de Energía Primaria Vs Consumo Nacional de Energía (2005-2015).

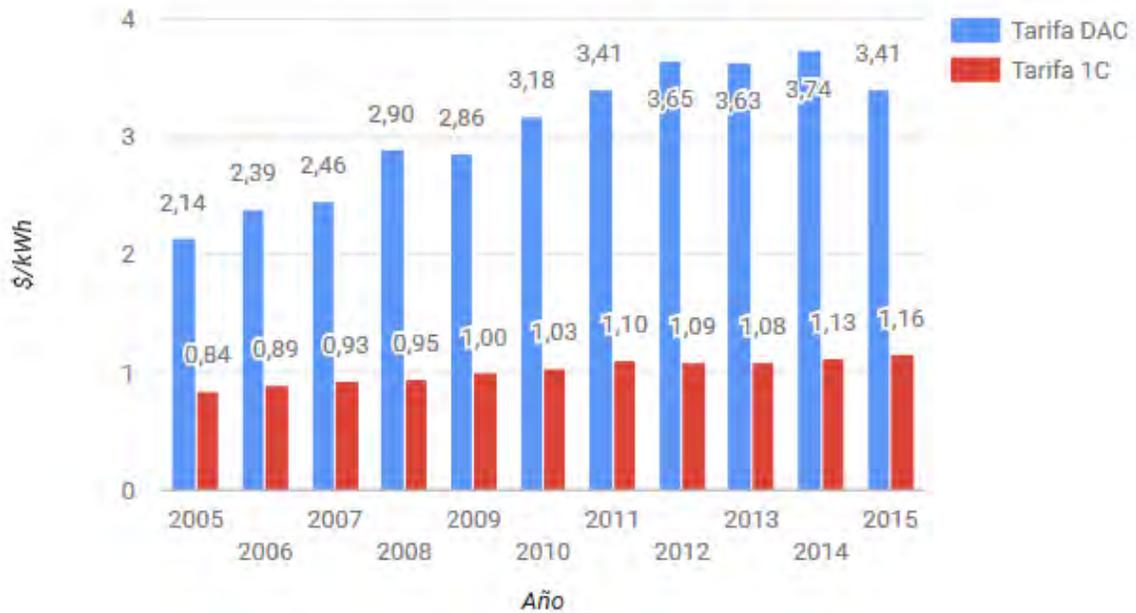
Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía del 2015.

En cuanto al sector residencial, existió un incremento mínimo de 0.2% con respecto al 2014. Sin embargo, este valor considera otros aspectos sean estos; Energía solar, Leña, Petrolíferos, Gas seco y Electricidad, siendo este último de suma importancia para este sector. A pesar de que no existe un incremento sustancial al sector en general, esto no se refleja en el consumo de electricidad ya que en este apartado hubo un incremento de 3.63% como se muestra en la gráfica 0.2.



Gráfica 0.2. Consumo de electricidad en el sector residencial.
Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía.

A medida en la que se tiene una mayor dependencia energética existe, un incremento en el proceso de generación, por lo tanto, los precios a las tarifas aumentan. En el caso de los usuarios de tarifa 1 existe un ligero incremento, pero podría darse en el futuro un recorte en el subsidio otorgado por el gobierno federal. Con respecto a la tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC), esta será la más afectada dado que no cuenta con un subsidio por parte del gobierno. En la gráfica 0.3, se muestra el incremento existente en el periodo del 2005 al 2015 en la tarifa 1C y la tarifa DAC.



Gráfica 0.3. Precio facturado por tarifa del Sistema Eléctrico Nacional 2015 (MXN)
Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía.

México se encuentra en un punto de inflexión por lo que es momento de actuar proponiendo el aprovechamiento óptimo de los recursos, la elaboración de políticas públicas para el desarrollo del país en materia de energía y la implementación de sistemas pasivos al medio ambiente para la generación de energía eléctrica. Para dar soluciones a los problemas energéticos del país.

Por todo lo anterior expuesto, se consideró realizar un estudio técnico económico en la utilización de un SFVI, siendo el caso de estudio un usuario con tarifa “1C”, el cual se encuentre excedido o cercano al rango de consumo límite otorgado a dicha tarifa y evitar la transferencia a una tarifa DAC, esto con el fin de aportar una metodología para la implementación de un SFVI en zonas similares y de esta manera amortiguar los costos de tarifas eléctricas futuras.

METODOLOGÍA.

La metodología aplicada a esta tesis se muestra a continuación:

1. Métodos empíricos.
 - Hipotético-deductivo

Mediante la investigación previamente realizada en el marco teórico, se concluyó que existen aspectos sin abordar en los SFVI y específicamente en el sector residencial con tarifas subsidiadas, por lo tanto, se consideró buscar una solución viable para la implementación de estos sistemas pasivos.

- Criterio de experto

Se consideró investigaciones previas ya demostradas para un completo análisis de la situación de estudio.

2. Teóricos
 - Inducción- deducción

Mediante los hechos particulares existentes en las Villas Universitarias, se analizó las diferentes configuraciones para un SFVI, y de esta manera visualizar el mejor diseño contemplando los aspectos de rentabilidad, eficiencia, fácil instalación y seguridad.

APORTES.

- Técnico

Un análisis comparativo entre inversor central y microinversores para definir el equipo adecuado el cual permita ser viable la implementación del SFVI en el sector residencial con tarifa 1C.

- Económico

La metodología del análisis de costo-beneficio considerando la utilización de un SFVI en tarifa 1C, el cual incluye el análisis de facturación por generación y consumos en el inmueble, las tarjetas de precios unitarios, el tiempo de recuperación y el punto de equilibrio contemplando con capital disponible o con crédito bancario.

- Social

Se encontró la clase social que tiene la posibilidad de implementar un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red. Este aporte conjuntamente con los dos anteriores ayudó a definir la visión sustentable de esta tesis.

MARCO TEÓRICO.

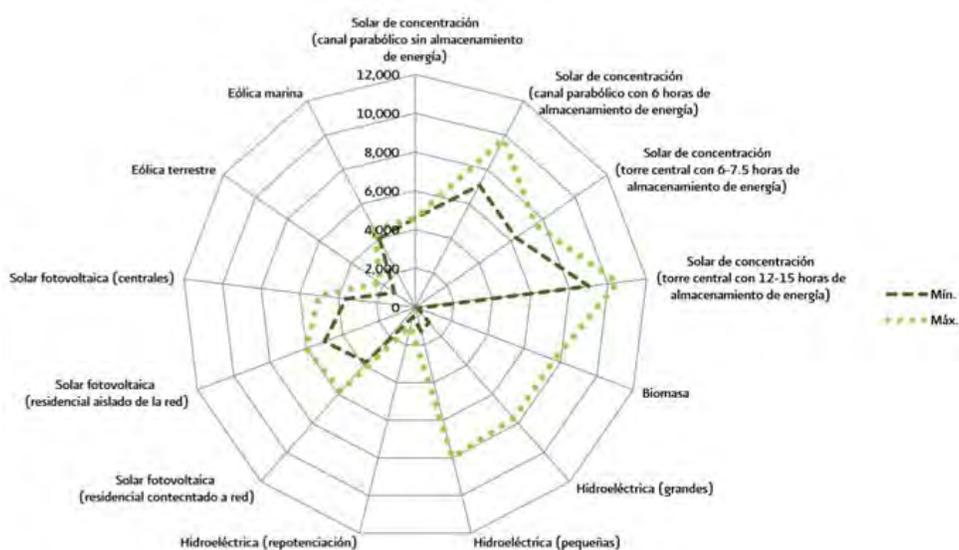
Para elaborar el análisis relacionado a los SFVI en el área residencial, se realizó la investigación apropiada en este ámbito. El estudio de la energía solar en México tiene una historia de más de 50 años, teniendo como punto inicial el sector rural. A principios de la década de 1990, surgió un gran auge en la electrificación rural mediante la tecnología fotovoltaica, esta fue financiada por el programa PRONASOL siendo este dado por el Gobierno Federal en turno (Huacuz, 2016). Acosta *et. al* (2006) realizaron la retrospectiva del proyecto de un Sistema Híbrido (Eólico-Solar-Diesel) de generación de energía eléctrica de Xcalak, Quintana Roo en el año de 1991. En donde concluyeron que este tipo de tecnologías son totalmente viables siempre y cuando se cuente con una capacitación a los operadores del sistema. Por otra parte, Angeles (2009) estudió el efecto y limitaciones de los Sistemas Fotovoltaicos (SFV) en el área rural siendo el caso de estudio en Tapanatepec en el estado de Oaxaca. Pudo concluir que existen deficiencias en este campo, sea por el mal dimensionamiento, la falta de capacitación a la comunidad, el poco o nulo seguimiento por parte de las autoridades, entre otras. Aclara firmemente que los SFV son sustentable energéticamente en el campo rural, no obstante, los costos y la cuestión social son obstáculos para la tecnología siendo está resuelta con políticas públicas que incentiven el uso de dichos sistemas.

Con base a los resultados obtenidos en el campo rural, diversos países se percataron del gran potencial que tenía la energía fotovoltaica, si esta fuera suministrada a la red siendo esta utilizada en el área residencial sino también comercial o industrial. La primera conexión a la red eléctrica en México fue hecha por el entonces Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en el año de 1997, en donde instalaron un sistema de 1.7 kW. Este fue utilizado para fines de investigación haciendo las primeras pruebas en este campo. En el 2005 los investigadores de la GER-IIE junto a la CFE implementaron la instalación de diversos SFVI en edificaciones domiciliarias y municipales de varias ciudades del norte y noreste del país. Los resultados dieron pauta a que el Gobierno de Baja California y la CFE tuviera la iniciativa de fundar el primer vecindario fotovoltaico en la ciudad de Mexicali, el cual consistía en 220 casas con un equipo fotovoltaico de 1kW cada una y conectada independientemente a la red eléctrica. Sin embargo, fue hasta el 2007 donde la CRE emitió la primera resolución para la interconexión a la red destinado a los usuarios domésticos en la que autorizaba la instalación de hasta 10 kW de capacidad y hasta 30 kW a los usuarios comerciales en baja tensión (Huacuz, 2016). Actualmente, la Comisión Reguladora de Energía CRE permite la generación colectiva de electricidad con instalaciones de energía renovable de hasta 30 kW de capacidad y 1 kV de tensión. Cabe mencionar que, en el caso del proyecto del vecindario fotovoltaico de Mexicali, la CFE implementó el esquema de medición neta.

Con respecto a la utilidad de un SFVI en el sector residencial, Pacheco (2010) en su trabajo sistema de energía solar fotovoltaica aplicados a viviendas residenciales

en entorno urbano, expone las ventajas existentes al implementar SFVI en las viviendas residenciales, tales como son: apoyo para cubrir las necesidades de consumo del propio edificio, aprovechamiento de la superficies no utilizadas, el amortiguamiento de la radiación en el tejado y por ello la reducción de temperatura en el edificio y, por último el ahorro de pérdidas adicionales de conducción y distribución de la energía eléctrica. Mientras que Alves *et. al* (2009) trabajando en un estudio técnico-económico de factibilidad de generación fotovoltaica encontraron las siguientes ventajas: no genera ruidos ni contaminantes, mantenimiento sencillo y de bajos costos, no produce GEI mientras que en promedio para producir 1 kWh de energía convencional se genera 0.5 kg, se instalan fácil y rápidamente sobre cualquier superficie o edificación (cuando no existan obstáculos que proyecten sombras), bajos costos de operación, en muchos casos el impacto paisajístico es mínimo y no requiere agua ni combustibles para su funcionamiento. Así mismo, Morillon (2012) realizó una investigación relacionada a la edificación sustentable, en donde plantea estrategias para la disminución de energía eléctrica en el sector residencial y da como solución la arquitectura bioclimática. Utilizando SFVI para que de esta manera haya un mayor efecto de confort térmico por el sombreado generado y de igual manera la generación de energía eléctrica.

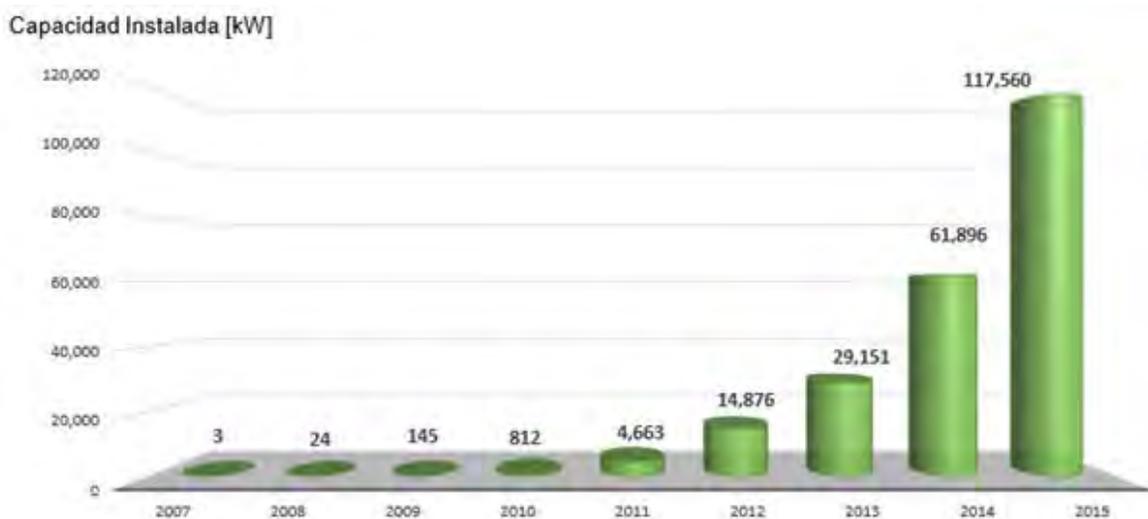
En cuanto a los costos de inversión, Alatorre (2014) señaló en el 2009 que México tiene un alto potencial en el mercado fotovoltaico, sin embargo, el alto costo de la inversión inicial es un gran impedimento para su difusión y competitividad con respecto al sistema convencional. En la gráfica 0.4 se muestra los costos típicos por instalación de las distintas energías renovables.



Gráfica 0.4. Costos típicos de instalación de energías renovables. (USD 2010/kWh).

Fuente: Prospectiva de Energía renovables 2012-2026.

Ortiz (2013) en su investigación de viabilidad técnica económica de un SFVI a pequeña escala en la ciudad de Bogotá, Colombia. Concluyó que no es viable la implementación de un SFVI sea por el alto costo de inversión inicial y porque la energía utilizada proviene de fuentes hidráulicas por lo que es de menor costos. Retomando el estudio de Alves *et. al* (2009) señalan que, desde el término económico, a mayor costo por kWh es más factible la implementación del sistema, sea el caso de países como Estados Unidos y España en donde el precio por kWh se encuentra por arriba de los \$0.85 (USD 2009). Sin embargo, comentan que la idea básica detrás de la producción fotovoltaica no debe ser únicamente la rentabilidad económica, sino la contribución de mejorar el medio ambiente y reducir la dependencia energética. Por lo que no se debe esperar obtener grandes beneficios, sino cubrir los gastos y contribuir a un mundo mejor. Un análisis similar fue realizado por Islas *et. al* (2011) donde estudiaron la evaluación económica y ambiental de la energía solar en el sector residencial de México para el año 2030, donde especifican que un nicho altamente factible para los SFVI recae en los usuarios DAC ya que los altos costos iniciales es impedimento para una tarifa uno convencional. Concluyen que un usuario promedio consume 478/kWh/mensuales por lo que pagaría en el 2010 un total de \$1430 (USD 2007), mientras que con un sistema fotovoltaico de 2 kWp se reduciría a \$392.5 (USD 2007) anuales. Marrero (2017) en la revista México Energy Review en su visión de Quality and reputation Trump cost, aclara que México superó su récord al bajar los precios de costos de energía a \$33.47/ MWh (US) en promedio. Por lo que durante el periodo del 2009 al 2015 los costos de módulos fotovoltaicos cayeron alrededor del 80%, según la Agencia Internacional de Energías Renovable (IRENA). Esto ha provocado que la energía fotovoltaica en el aspecto económico sea más atractiva. La gráfica 0.5 muestra la evolución de la capacidad instalada (kW) hasta el año 2015.



Gráfica 0.5 Evolución de la capacidad instalada al 31 de diciembre del 2015.

Fuente: Estadísticas. Contratos de interconexión en pequeña y mediana escala. (CRE).

Sánchez *et. al* (2013) en su libro relacionado al análisis de los sectores residenciales, público e industrial por entidad federativa. Comentan que el mayor reto para los SFVI existe por los subsidios otorgados por el gobierno mexicano en las tarifas domésticas, por lo que el nicho de los sistemas va dirigido solamente a tarifas DAC ya que estas no cuentan con subsidio. En su análisis de beneficio-costos (BC) demostraron que los usuarios que se encuentran al límite permitido de consumo de energía eléctrica alcanzan su máximo BC en capacidades de SFVI que van desde 0.25 hasta 3 kWp instalados siendo esto variable por la tarifa suministrada del lugar. Por lo que se sugiere que el operador debe proponer como mínimo la instalación de 1 kWp instalado. Almanza (2017) en la entrevista mostrada en México Energy Review nombrada "*Big potencial in small-scale solar*", presentaron que el nicho de mercado para la empresa "Industronic" son los usuarios con tarifa DAC, que representan el 85% de las ventas totales. En cuanto a financiamiento señalaron que existe un acuerdo con FIDE, donde se financian para proyectos de hasta 6kW el 100% del proyecto en donde incluye el 10% a fondos perdidos. De igual manera, contribuyen con el crédito INFONAVIT permitiendo de esta manera financiar proyectos de energía solar en el sector residencial.

La Reforma Energética incluye otro sistema en el campo fotovoltaico siendo esta la denominada generación distribuida (GD) que, a diferencia de un SFVI, este sistema es constituido por un proveedor básico (CFE) o alguna empresa privada calificada. Con el fin de proporcionar energía eléctrica al servicio residencial, comercial o industrial. Rodríguez *et. al* (2015) en su artículo de publicación relacionado al diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Colombia. Analizaron diversos SFVI los cuales suministraban la demanda energética de las viviendas en dicha zona. Determinaron que la viabilidad técnica depende directamente del área disponible para la instalación del sistema, por lo que recomiendan añadir el concepto de GD en el marco normativo de Colombia e introducir el esquema de medición neta. Reanudando al trabajo de investigación de Pacheco (2010) concluye que la solución para el ahorro energético y el desarrollo sostenible en la sociedad es la GD, permitiendo aportar energía al sector residencial sin la colocación de sistemas en el inmueble. La GD es prometedora para México, ya que permite situar el punto de generación cerca del consumo y de esta manera eliminar problemas de falta de infraestructura de transmisión y distribución en algunas partes del país. Sin embargo, el principal desafío para el desarrollo de la GD será concluir el marco regulador que determinará su funcionamiento. La llegada de las normas y disposiciones pertinentes a la GD impulsará el desarrollo de este sistema en la industria energética mexicana.

Por otra parte, Morales (2014) en su trabajo propuesta para promover la investigación y el desarrollo de sistemas fotovoltaicos y otras fuentes renovables de México publicado en el 2014 menciona que, sin una planeación apropiada al desarrollo de los sistemas fotovoltaicos, estos seguirán siendo en vanos. Morillon (2012) en su investigación previamente vista indicó que hace falta una coordinación entre dependencias para la elaboración de políticas públicas para la implementación de dichas estrategias y de igual manera falta programas de financiamiento. Así mismo, Escobar (2013) en su estudio técnico económico para la implementación

masiva de sistemas solares fotovoltaicos para la ciudad de Cali, Colombia. Señaló que la falta de un marco normativo en el país no hace posible que el SFVI opere en óptimas condiciones. Mientras que en Europa, USA, Japón y Jordania se implementó que los SFVI para uso domiciliario, van determinados por las políticas públicas e incentivos financieros existentes en dichos países. De esta misma manera señala Morales (2013) en su trabajo, cálculo de una tarifa de alimentación para instalaciones fotovoltaicas residenciales, que una gran medida de la integración de SFVI en el sector residencial sería incluirlos en el diseño de construcción, de esta manera los módulos sería parte del préstamo de la vivienda (Estas normas son implementadas en países como Alemania y España).

Las recopilaciones de estos trabajos han mostrado el panorama existente de los sistemas fotovoltaicos en México y el mundo, cabe mencionar que estos trabajos varían en su enfoque y por lo tanto tiene diferentes metodologías, sin embargo, convergen en teorías, por ejemplo: el marco normativo de la interconexión, los beneficios generados en la implementación, el análisis técnico económico, los nichos de mercado, la falta de políticas públicas para incentivar el uso de dichos sistemas. Teniendo en cuenta lo antes mencionado surgen las siguientes cuestiones:

- ¿Existe la normativa necesaria para incentivar el ahorro y uso eficiente de la energía contemplando fuentes renovables (Energía Fotovoltaica) en el sector residencial en México?
- ¿Existe una metodología para el análisis económico en la implementación de un SFVI destinado al área residencial en el sureste mexicano?
- ¿Verdaderamente es viable económicamente la implementación de un SFVI a un usuario de tarifa 1C ubicado en la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo?
- Si es así ¿Cuál es el tiempo de recuperación del SFVI?

HIPOTESIS.

Un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red puede ser viable económicamente y estar dentro de la tarifa “1C” con un periodo de recuperación igual o menor al tiempo de una tarifa DAC.

OBJETIVOS.

General.

Realizar un análisis técnico-económico para elaborar y proponer una metodología para implementar un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red destinado al sector residencial manteniendo una tarifa subsidiada, “Tarifa 1”, con base en lo establecido en la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas.

Específicos.

- Conocer el marco normativo y políticas públicas existentes en materia del ahorro y uso eficiente de la energía contemplando sistemas alternos de generación.
- Elaborar un proyecto de electrificación adecuada de un edificio destinado a residencias estudiantiles tipo dúplex.
- Elaborar una metodología para el dimensionamiento de un SFVI considerando los equipos existentes en el mercado nacional.
- Realizar un análisis de recuperación y ahorro económico del SFVI destinado a una tarifa 1C.

CAPÍTULO 1. NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACIÓN EN MATERIA DE LA VIVIENDA SUSTENTABLE EN MÉXICO.

La definición del término vivienda ha sido un tema debatido durante varios años, siendo esto una problemática para diversos ámbitos ya que dicho término rige aspectos políticos y sociales. A causa de esta problemática, el Programa Sectorial de Vivienda (2001-2006) delimitó el concepto de vivienda digna a: *“el límite inferior al que se pueden reducir las características de la vivienda sin sacrificar su eficacia como satisfactor de las necesidades básicas, no suntuarias, habitacionales de sus ocupantes”* (Moreno, 2006).

Por otra parte, en el artículo 4to de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos menciona: “Toda familia tiene derecho a disfrutar de una vivienda digna y decorosa” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2017). Sin embargo, el tener una vivienda no asegura la calidad de vida que uno deba tener. En la mayoría de los casos, las viviendas son diseñadas al gusto del propietario sin contratar o pedir opiniones de un especialista, por lo que se hace un mal diseño a la vivienda y esto genera grandes pérdidas en diferentes campos. En los últimos años México ha apostado por una política de vivienda sustentable, término mencionado por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, como aquella que cuenta con características de diseño y construcción encaminados al ahorro y uso eficiente de la energía, agua y otros medios (INFONAVIT, 2017); con el fin de obtener confort humano sin perder un desarrollo económico y social y a su vez contribuir con la disminución de GEI.

La política de vivienda sustentable ha generado un cambio transformador en México, promoviendo procesos productivos más eficientes y estableciendo bases cada vez más sólidas para el diseño e implementación de soluciones relacionadas con el concepto de sustentabilidad. Todo esto se ha llevado a cabo gracias a la normalización existente en el país. La normalización es el proceso mediante el cual se regulan las actividades desempeñadas por los sectores tanto privado como público, en materia de salud, medio ambiente, seguridad al usuario, prácticas del comercio, industrial y laboral a través del cual se establecen la terminología, la clasificación, las especificaciones, las características, los métodos de prueba o las prescripciones aplicables a un producto, proceso o servicio (Secretaría de economía, 2016).

En relación a lo antes mencionado, se realizó una investigación de las diferentes Normas Oficiales Mexicanas, Normas Mexicanas, Leyes, Políticas Públicas y Certificaciones a nivel nacional como internacional relacionadas al ahorro y uso eficiente de la energía en la vivienda, las cuales son presentadas a continuación:

1.1 NORMAS OFICIALES RELACIONADAS AL AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA VIVIENDAS SUSTENTABLES.

Con referencia a la publicación hecha en el portal único de trámites, información y participación ciudadana del Gobierno de México, en el apartado de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía en su sección de normalización publicada en marzo del 2013 (CONUEE, 2013). Las normas oficiales mexicanas vigentes relacionadas a la eficiencia energética en viviendas son las siguientes:

1.1.1 NOM-018-ENER-2011

La NOM-018-ENER-2011 hace referencia a las características y métodos de prueba que deben cumplir los productos, componentes y elementos termoaislantes, con el fin de mejorar la disminución de la ganancia de calor en techos, plafones y muros de las edificaciones por efecto de radiación solar. Todos los productos, componentes y elementos termoaislantes poseen propiedades como son: densidad aparente, conductividad térmica, permeabilidad al vapor de agua, adsorción de humedad y absorción de agua (CONUEE, 2011).

Las normas relacionadas a los métodos de prueba vigentes para la determinación de las características específicas se muestran en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Normas relacionadas a los métodos de prueba vigentes.

Fuente: CONUEE.

Propiedad	Método de prueba
Densidad aparente	NMX-C-125-ONNCCE-2010; NMX-C-126-ONNCCE-2010; NMX-C-213-ONNCCE-2010; NMX-C-258-ONNCCE-2010
Conductividad térmica	NMX-C-181-ONNCCE-2010; NMX-C-189-ONNCCE-2010
Permeabilidad al vapor de agua	NMX-C-210-ONNCCE-2010
Adsorción de humedad y absorción de agua	NMX-C-228-ONNCCE-2010

1.1.2 NOM-020-ENER-2011

El objetivo de la NOM-020-ENER-2011 es disminuir la ganancia de calor por medio de la envolvente en edificios para uso habitacional y así reducir el uso de la energía en sistemas de refrigeración. Su aplicación es para todos los edificios nuevos o existentes que sean para uso habitacional (CONUEE, 2011).

1.1.3 NOM-024-ENER-2012

Esta norma oficial mexicana establece la certificación obligatoria de las características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. De igual manera toma en cuenta los métodos de prueba para su verificación, con el fin de asegurar el comportamiento térmico de la envolvente de los edificios. En el campo de aplicación, contempla a los vidrios y sistemas vidriados homogéneos transparentes y translúcidos, de fabricación nacional o de importación (CONUEE, 2012).

La figura 1.1 muestra la distribución de información de la etiqueta de productos de vidrio:

Etiqueta de NOM-024-ENER-2011			
Vidrios Marte S.A. de C.V.			
Nombre del producto: Solarban 60 on clear			
Código de identificación del producto: BE_2160			
ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA VIDRIADO			
Transmitancia visible (%)		Coeficiente de sombreado (0-1)	
70		0.44	
Coeficiente de ganancia de calor solar (0-1) : 0.3828			
Coeficiente global de transferencia de calor (W/m ² K)		Coeficiente visible térmico	
1.65		1.85	
	Espesor (mm)	Tipo de vidrio	País de origen
Vidrio 1	6	Vidrio Low E Capa Suave	Francia
Vidrio 2	6	Vidrio Claro	México
Vidrio 3			
Cámara 1	12	Contenido: Aire	México
Cámara 2		Contenido:	

Figura 1.1. Ejemplo de distribución de la etiqueta de productos de vidrio.

Fuente: CONUEE

1.1.4 NOM-023-ENER-2010

La NOM-023-ENER-2010 establece la Relación de Eficiencia Energética (REE) mínima que deben cumplir los aires acondicionados (mini Split y multiSplit) sea esto de ciclo simple (sólo frío) o con ciclo reversible (bomba de calor). De igual manera menciona el método de prueba que debe aplicarse al producto y define los requisitos que se debe incluir en la etiqueta del mismo (CONUEE, 2010).

Los aparatos sujetos al cumplimiento de esta norma oficial mexicana deben tener un valor de REE mayor o igual que los valores especificados en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Nivel mínimo de Relación de Eficiencia Energética (REE) en aires acondicionados tipo mini Split y Multi Split.

Fuente: CONUEE.

Capacidad de Enfriamiento		Relación de eficiencias Energéticas	
Watts	BTU/h	Wt/We	BTU/Wh
Menor o igual a 19 050	De 3 413 hasta 65 001	2,72	9,3

Donde W_e = Watt Eléctrico y W_t = Watt térmico

1.1.5 NOM-025-STPS-2008

El objetivo principal de la NOM-025-STPS-2008 es tener una cantidad de iluminación adecuada para cualquier actividad laboral, a fin de abastecer un ambiente seguro y saludable para los trabajadores al momento de desarrollar sus actividades. Los niveles mínimos de iluminación se determinan por la actividad a realizar en las áreas de trabajo (STPS, 2008).

1.1.6 NOM-028-ENER-2010

La NOM-028-ENER-2010 establece los límites mínimos de eficacia para las lámparas de uso general, destinadas para la iluminación de los sectores residencial, comercial, servicios, industrial y alumbrado público (CONUEE, 2010). En el ámbito residencia hace mención que en diciembre del 2015 entrará en vigor la comercialización de las lámparas que cumplan con las eficacias dadas en la tabla 1.3:

Tabla 1.3. Valores mínimos de eficacia para lámparas incandescentes, incandescentes con halógenos y fluorescentes compactas autobalastradas.

Fuente: CONUEE

Intervalo de Potencia W	Minimum Efficacy lm/W	Entrance in vigor
Mayor que 22	60	Dic. 2015
Mayor que 18 y menor o igual que 22	57	
Mayor que 14 y menor o igual que 18	52	
Mayor que 10 y menor o igual que 14	50	
Mayor que 7 y menor o igual que 10	48	
Menor o igual que 7	45	

1.2 NORMAS MEXICANAS RELACIONADAS AL AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA VIVIENDAS SUSTENTABLES.

Las normas mexicanas no son de carácter obligatorio y no se consideran oficiales por el Diario Oficial de la Federación, sin embargo, son importantes ya que son consultadas para elaborar políticas públicas a favor de la seguridad de las personas y del medio ambiente.

1.2.1 NMX-AA-164-SCFI-2013 de Edificación Sustentable

La presente norma específica los criterios y requerimientos ambientales mínimos de una edificación sustentable para colaborar en la disminución del impacto ambiental y utilizar adecuadamente los recursos naturales; sin descuidar los aspectos relacionados a una vivienda sustentable. Dicha norma es aplicable para todos los inmuebles que se ubiquen dentro del territorio nacional, siendo estas individuales o en conjuntos de edificios, nuevas o existentes, arrendamiento o propias (Secretaría de Economía, 2013).

1.2.2 NMX-AA-171-SCFI-2014 de Requisitos y Especificaciones de desempeño ambiental de establecimientos de Hospedaje

Esta norma mexicana tiene como objetivo establecer los requerimientos y especificaciones de desempeño ambiental para la operación de establecimientos de hospedaje en toda la república. En el apartado de energía de dicha norma, se menciona que por lo menos 30% de la energía consumida debe provenir de fuentes alternas renovables, en caso de no tener disponibilidad de la red eléctrica dicho porcentaje aumentará a un 50%. Con la finalidad de motivar el incremento de servicios turísticos sustentables y promover entre viajeros el consumo de estos servicios (Secretaría de Economía, 2014).

1.3 POLÍTICAS PÚBLICAS Y LEYES.

El gobierno mexicano con ayuda de otros países ha implementado diferentes apoyos a los ciudadanos y trabajadores mexicanos para la obtención de una vivienda sustentable sea nueva o ya existente. Estas medidas se han aplicado por la preocupación generada en los últimos años por la propagación de gases de efecto invernadero. Por ello que se implementan programas orientados al uso eficiente de la energía eléctrica y el cuidado del medio ambiente por medio de sistemas de ahorro (agua, gas y energía) y ecotecnologías acoplados a la vivienda.

1.3.1 ECO CASA

El “Programa de Cooperación Financiera para la oferta de Vivienda Sustentable en México: ECO CASA” fue desarrollado por la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) conjuntamente con el Banco de Desarrollo Alemán (KfW) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual se implementa en SHF a partir del 2013. El objetivo del programa es otorgar un apoyo para la construcción de viviendas energéticamente eficiente y así disminuir por lo menos un 20% de emisiones de GEI. Cabe mencionar que el programa no se encuentra limitado a materiales y eco tecnologías ya que este lo definirá el desarrollador mediante al prototipo de la vivienda y a la zona bioclimática (SHF, 2016). En la figura 1.2 se muestra el esquema del programa ECO CASA.



Figura 1.2. Programa ECO CASA.

Fuente: <http://www.ecocasa.gob.mx/Paginas/Inicio.aspx>

1.3.2 Hipoteca Verde (INFONAVIT)

En el INFONAVIT todos los créditos cuentan con Hipoteca Verde, esto quiere decir que al usuario se le otorga un monto adicional con el fin de disminuir el consumo de agua, luz y gas. El cual será otorgado siempre y cuando la vivienda tenga instaladas ecotecnologías y cumpla con el ahorro mínimo esperado tabla 1.4 (INFONAVIT, 2017).

Tabla 1.4. ¿Qué es la Hipoteca Verde?

Fuente: INFONAVIT

Si tu ingreso mensual es:		Podrás tener un monto máximo de crédito adicional de:	Y un ahorro mínimo mensual de:
\$ 2,220.41	\$ 3,552.65	\$4,440.82	\$100.00
\$ 3,552.65	\$ 8,526.37	\$22,204.1	\$215.00
\$8,526.37	\$14,921.15	\$22,204.1	\$250.00
\$14,921.15	\$23,447.52	\$33,306.15	\$290.00
\$23,447.52	en adelante	\$44,408.2	\$400.00

1.3.3 Programa de Mejoramiento Integral Sustentable

El Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE) es un organismo mixto de participación pública y privada sin fines de lucro. Fundada en agosto de 1990 por la iniciativa de la CFE, en apoyo al Programa de Ahorro de Energía Eléctrica para contribuir en las acciones de ahorro y uso eficiente de la energía. El objetivo de FIDE es realizar acciones que permitan inducir y promover el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en industrias, comercios y servicios, MIPyMES, municipios, sector residencial y agrícola, es por ello por lo que cuenta con el programa Mejoramiento Integral Sustentable en Vivienda en cual dan apoyo técnico y financiero para el uso de ecotecnologías y así ayudar al ahorro de la energía eléctrica (FIDE, 2012).

1.3.4 Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)

La SEDATU junto a la Secretaría de Energía (SENER) implementaron el programa de optimización de consumo eléctrico sustentable en viviendas existentes con el fin de reducir la emisión de contaminantes en un futuro inmediato. El financiamiento será otorgado para que las familias mexicanas puedan adquirir aparatos que usen de forma eficiente la energía eléctrica y sistemas fotovoltaicos, los cuales la CFE será la responsable de la instalación de los módulos fotovoltaicos. Dicho financiamiento debe ser reembolsado en el transcurso de cinco años (González, 2016).

1.3.5 FIDE

El FIDE creó el Programa de Apoyo a la Generación Distribuida para financiar la adquisición e instalación de sistemas SFVI para la generación de energía eléctrica de hasta 10 kilowatts instalados de usuarios residenciales en tarifa DAC en todo el país (FIDE, 2011).

Dicho financiamiento puede ser otorgado hasta con el 100% del monto del proyecto. Cómo se otorgan los financiamientos:

1. Usuario otorga al FIDE: Solicitud de apoyo, carta de Buró de Crédito, último año de facturación de energía eléctrica y monto de la inversión.
2. El FIDE consulta Buró de Crédito.
3. La propuesta técnica-económica, es responsabilidad del consultor/proveedor cual elabora y entrega al FIDE, con autorización del usuario.
4. Fide analiza la propuesta técnica-económica.
5. De comprobarse la factibilidad técnico-económica, se aprueba el proyecto.
6. Firma del contrato con el usuario y el consultor/proveedor.
7. Se lleva a cabo la ejecución del proyecto
8. Proyecto concluye satisfactoriamente.
9. Fide da seguimiento hasta recuperar totalmente el financiamiento.

1.3.6 Tecnoligente

Tecnoligente es una empresa mexicana con la misión de impulsar el desarrollo de ciudades inteligentes a través de proyectos y decisiones estratégicas que permitan y faciliten la implementación de energías renovables en empresas y hogares, con el fin de la producir energía eléctrica y a su vez ayudar a la reducción de gases de efecto invernadero. Los financiamientos van desde créditos con tasas de interés muy atractivas, hasta fondos perdidos. El financiamiento es otorgado por instituciones gubernamentales como, por ejemplo: FIDE, FONACOT, INFONAVIT y FIRA (Tecnoligente, 2016).

1.3.7 Nacional Financiera (NAFINSA)

La NAFINSA conjunto al Programa de Mejoramiento Integral Sustentable de Vivienda otorgará crédito a las viviendas de México para poder adquirir módulos fotovoltaicos o calentadores de agua y equipos altamente eficientes. Esto se llevará a cabo para obtener un consumo eléctrico más eficiente y un ahorro de hasta cinco mil pesos al año en los recibos de luz de CFE. El subsidio podrá ser otorgado a todas las familias con ingresos de hasta cinco salarios mínimos y será cargado al recibo de CFE, este podrá ser pagado en un plazo de cinco años (Meana, 2016).

1.3.8 Código de edificación de vivienda 2007

En el 2007 (CONAVI) público el Código de edificación de Vivienda (CEV) el cual fue actualizado en el 2010 y es utilizado actualmente. El CEV es un modelo normativo de carácter técnico-administrativo que tiene como objetivo regular en sus aspectos esenciales el proceso de la edificación de la vivienda, respaldando por las normas y leyes vigentes para una vivienda sustentable. Esta tiene como fin asegurar la

calidad mediante el cumplimiento de los requisitos básicos de las viviendas y unidades habitacionales y la adecuada protección de los intereses de los usuarios. El contenido del Código de edificación de vivienda se encuentra estructurado por 10 partes incluyendo el anexo, sin embargo, para este proyecto solamente cuatro son necesarias, las cuales son (CONAVI, 2010):

- Diseño del edificio.
- Sustentabilidad.
- Instalaciones mecánicas.
- Instalaciones eléctricas.

1.3.9 NAMA mexicana de vivienda sustentable

En el 2012 se impulsó el programa Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA, por sus siglas en inglés) el cual fue desarrollado por La Comisión Nacional de Vivienda en México (CONAVI) y la SEMARNAT. La NAMA tiene como objetivo, promover modelos de edificación costo-efectivos, energéticamente eficientes a través de todo el sector de la vivienda, con un enfoque particular en la vivienda de interés social, donde se espera el mayor crecimiento. Por otra parte, el programa tiene enfoque en viviendas nuevas y las existentes, sea esto de suma importancia ya que las edificaciones tienen un ciclo de vida extremadamente largo por lo que a mayores construcciones eficientes será más significativo la reducción de emisiones de GEI en México (CONAVI, 2013).

1.3.10 Reforma energética: Legislación secundaria

La reforma energética se basa en cinco principios siendo importante para el trabajo de investigación los siguientes: la nueva estructura de la industria eléctrica, la protección al medio ambiente y el fomento de las energías limpias. Con respecto al primer tema se destaca la eliminación de barreras a la entrada de generación eléctrica por medio de una empresa ajena a la CFE, por lo que habrá acceso a la red y a su vez existirá comercialización de la energía que será sujeta a una tarifa asignada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). En segundo lugar, tenemos la protección al medio ambiente el cual fomentará protección, conservación y restauración de ecosistemas y recursos naturales con el fin de controlar emisiones contaminantes por medio de elementos técnicos para la elaboración de políticas ambientales y energéticas en el país. Por último, se tiene la certificación, aplicación y comercialización de sistemas limpios de modo que puedan interconectarse y transmitir energía al sistema de la red eléctrica sin demoras ni sobrecostos por el servicio. Los beneficios obtenidos por la reforma energética son: reducción de las facturas de la luz, 500,000 empleos adicionales en el 2018, 1% adicional de crecimiento del PIB en el 2018 (AS-COA, 2014).

1.3.11 Ley de equilibrio ecológico y la protección del ambiente del estado de Quintana Roo

La Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección del Medio Ambiente del estado de Quintana Roo en su sección VIII (Instrumentos Económicos), artículo 58, hace mención que a las personas físicas o morales y organismos públicos, privados y sociales que aporten investigación, incorporación o utilización de sistemas de ahorro de energía o fuentes de energías menos contaminantes, se les otorgará los incentivos económicos y los estímulos fiscales (SEMARNAT, 2001).

1.3.12 Ley de la Comisión Federal de Electricidad

Esta ley habla sobre quien es la CFE y las responsabilidades que tiene hacia el pueblo mexicano como empresa suministradora de energía eléctrica, que tiene como objetivo regular la organización, administración, funcionamiento, operación, control, evaluación, y rendición todo ello en materia de energía (CFE, 2014).

1.4 CERTIFICACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES PARA VIVIENDAS SUSTENTABLES.

Existen una gran variedad de certificaciones, todas ellas con un fin en común, una mayor rentabilidad para quien construye, reducción del impacto ambiental por su elaboración o mejoramiento, mayor confort y salud para quien vive, trabaja o utiliza el edificio. Es por ello que se realizó esta búsqueda de certificaciones nacionales e internacionales.

1.4.1 Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES) del Gobierno del Distrito Federal

El programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES) este es un programa impulsado por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal que tiene como objetivo principal promover el uso de sistemas y tecnología de uso eficiente de los recursos sean estos agua, energía eléctrica y gas. De igual manera contribuir con la reducción de emisiones contaminantes como, por ejemplo: gases de efecto invernadero y desechos sólidos. Cabe señalar que dicho programa toma en cuenta edificaciones ya existentes o nuevas y de ser aprobado y cumplir con los lineamientos del PCES se pueden obtener incentivos fiscales (SEDEMA, 2013).

1.4.2 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED).

La certificación Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) por sus siglas en inglés, desarrollada en el año 200 por el U.S Green Building Council (USGBC) es una de las más importante actualmente en todo el mundo, es otorgada por el Consejo de Edificios Verdes de Estados Unidos y USGBC. En ella se evalúa el comportamiento medioambiental que tendrá un edificio a lo largo de su ciclo de vida (USGBC, 2016). LEED otorga diversos rangos de certificación los cuales son asignados por la calificación obtenida por los puntos acumulados en la evaluación, siendo estos calificados por cinco categorías las cuales son:

1. Sitios Sustentables (SS).
2. Ahorro de Agua (WE).
3. Energía y Atmósfera (EA).
4. Materiales y Recursos (MR).
5. Calidad Ambiental de los Interiores (IEQ).

1.4.3 BREEAM

Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM) por sus siglas en inglés, es un método de evaluación para edificaciones sustentables del Reino Unido. Fundada en los años 1990, fue la primera organización orientada a la investigación en el sector de la edificación en el mundo. En el año 2008 dio su aparición el esquema de certificación (BREEAM Internacional) el cual es aplicable a edificios de todo el mundo (BREEAM, 2016). La certificación BREEAM es una de las más rigurosas ya que contemplan 10 categorías siendo estas:

1. Gestión.
2. Salud y Bienestar.
3. Energía.
4. Transporte.
5. Agua.
6. Materiales.
7. Residuos.
8. Uso ecológico del suelo.
9. Contaminación.
10. Innovación.

En la figura 1.3 se aprecia los países en donde es utilizado el sistema BREEAM, mientras que en la figura 1.4 se observa el esquema del sistema BREEAM.



Figura 1.3. Lugares de aplicación del sistema BREEAM.
Fuente: <http://www.breeam.es/index.php/conocenos/breeam-internacional>



Figura 1.4. Esquemas del sistema BREEAM.
Fuente: <http://www.breeam.es/index.php/certifica/esquemas-de-certificacion>

CAPÍTULO 2. PROYECTO ELÉCTRICO DE LAS VILLAS UNIVERSITARIAS

La Universidad de Quintana Roo como otras universidades del país y del extranjero, se destaca por la movilidad estudiantil que existe en ella. Los alumnos de diferentes carreras parten de su casa de estudio para representarla en diversos Estados de la República Mexicana y en aquellos países donde se tiene convenios de movilidad estudiantil. Por tal razón, se tomó la decisión de construir las Villas Universitarias para todos los alumnos que deseen terminar su carrera o realizar una estancia en nuestra universidad.

Actualmente, el reto que se tiene como egresado de la licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Energía, es la de diseñar un sistema eléctrico eficiente para optimizar el uso adecuado de la energía y a su vez mantener un estado de confort para el usuario. Todo esto tomando en cuenta las siguientes variables: ubicación, diseño del edificio, tarifa eléctrica, normativa eléctrica, materiales y equipos eficientes, entre otros.

En este capítulo se describe todo lo relacionado al edificio, tomando como tema relevante el uso adecuado de la energía, en los espacios interiores, mediante la adecuada selección de equipos y ubicación de los contactos. Esto se llevó a cabo mediante lo establecido en la NOM-001-SEDE-2012 instalaciones eléctricas y el libro de El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales.

2.1 UBICACIÓN DE LAS VILLAS UNIVERSITARIAS DE LA UQROO.

Las Villas Universitarias se encuentran ubicadas en la ciudad de Chetumal, capital del estado de Quintana Roo, situado en la Av. Universidad esquina con la calle Cedro, en la Colonia del Bosque. Como se muestran en las figuras 2.1 y 2.2



Figura 2.1. Macro localización de las Villas Universitarias.
Fuente: Google Maps



Figura 2.2. Micro localización de las Villas Universitarias.
Fuente: Google Maps.

2.2 DISEÑO DEL EDIFICIO.

El diseño del inmueble cuenta con las características de un edificio bioclimático, cuyo objetivo principal es aprovechar de la mejor manera los recursos naturales con los que cuenta esta construcción, mediante la orientación y la ubicación adecuada, el uso racional del agua y el aprovechamiento de la energía. Este proyecto lo diseñó el Dr. Ing. Inocente Bojórquez Báez para la Universidad de Quintana Roo dentro del programa de “Villas Universitarias”.

El inmueble contempla una superficie construida de 310.25 m² el cual está compuesto por dos plantas siendo estas distribuidas seis habitaciones dobles, una habitación de usos múltiples, dos baños de uso mixto, un comedor y una lavandería como se muestran en las figuras 2.3 y 2.4.

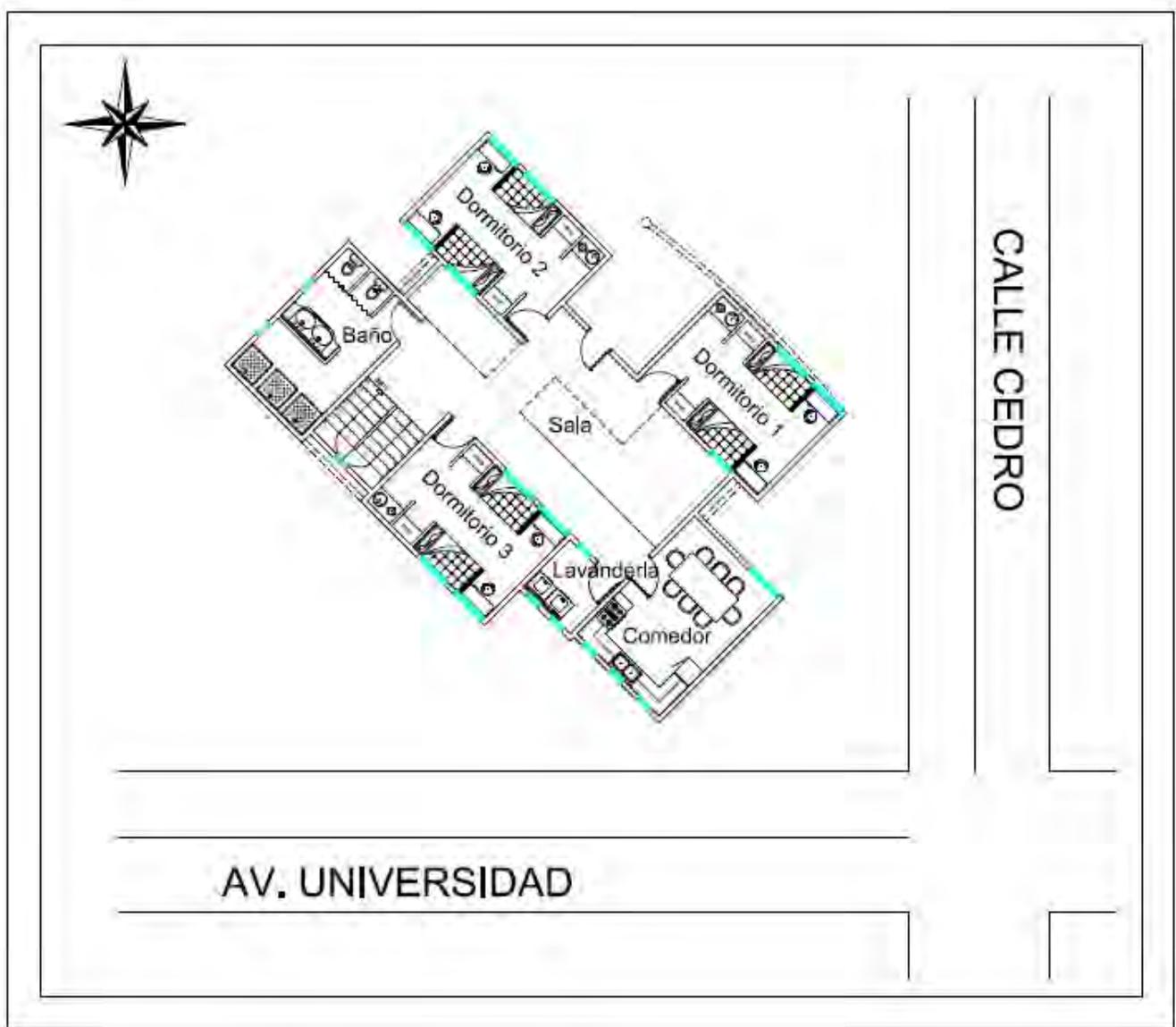


Figura 2.3. Croquis de la planta baja.

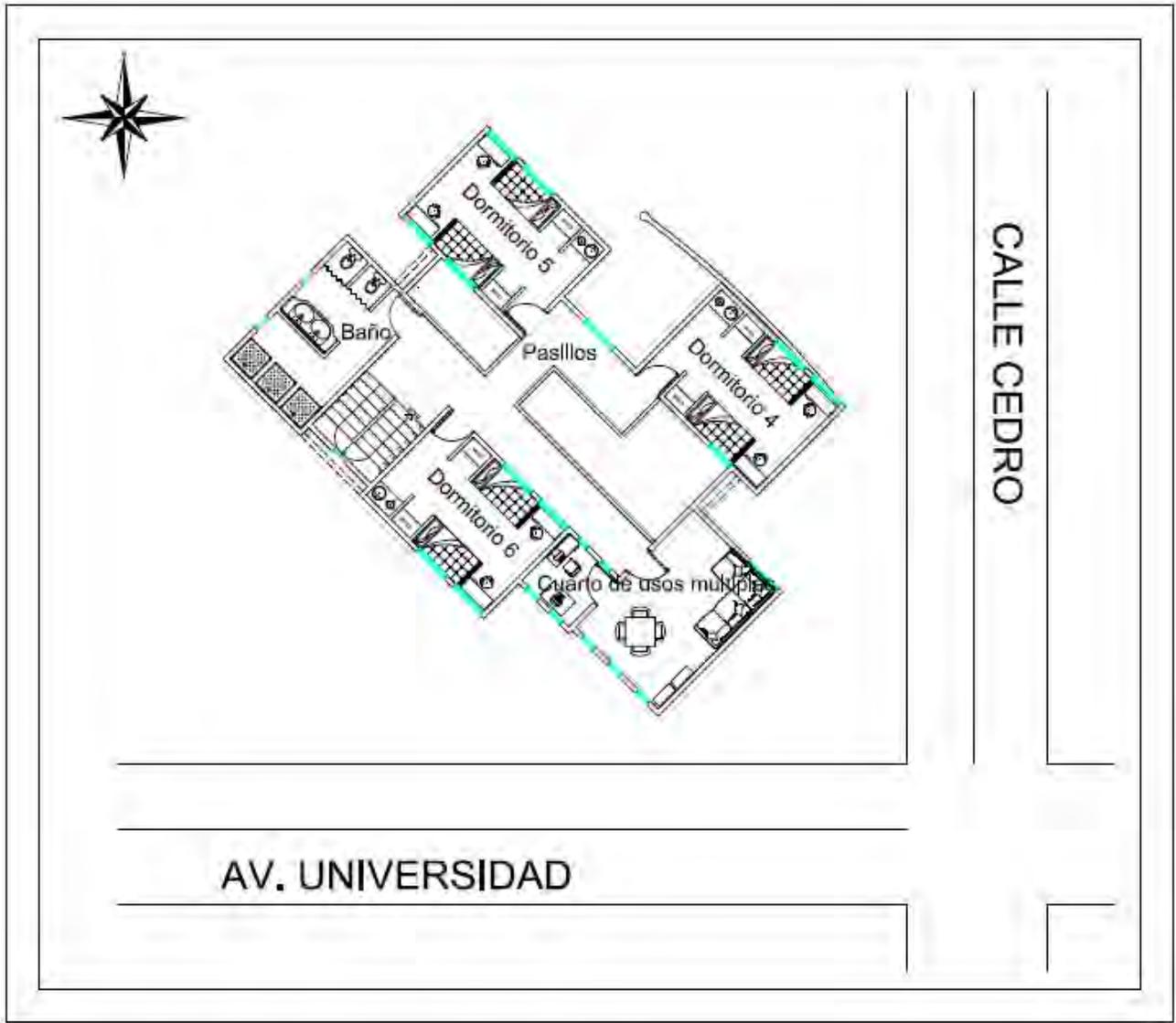


Figura 2.4. Croquis de la planta alta.

2.3 TARIFA ELÉCTRICA.

La CFE suministra el servicio de energía eléctrica a todo México y con ello proporciona una gran variedad de tarifas eléctricas de uso residencial, comercial o industrial, sin embargo, todas ellas mantienen un mismo patrón de facturación sobre el consumo de la electricidad, basándose en lo siguiente:

- Demanda máxima.
- Energía consumida.
- Factor de potencia.

La tarifa de energía eléctrica varía dependiendo de las características de cada zona, tomando en cuenta los siguientes aspectos: clima, región, horarios de demanda, voltajes de transmisión, distancia entre subestaciones y plantas de generación entre otros.

La ciudad de Chetumal pertenece a la tarifa de Región Peninsular en donde están contemplados los estados de Quintana Roo, Campeche y Yucatán, siendo esto porque la temperatura media mensual en verano es de 30°C, estas tarifas se subdividen en tarifas específicas las cuales aparecen en la tabla 2.1. (CFE, 2012)

Tabla 2.1. Tarifas específicas domésticas.

Fuente: CFE

Domésticas	1	1A	1B	1C	1D	1F
Domésticas de alto consumo				DAC		

La tarifa 1C se aplica a todos los servicios destinados al uso de la energía en el área residencial con un consumo máximo al mes de 850 kWh/mes. Por otra parte, si dicha tarifa sobrepasa el límite establecido durante un periodo de 12 meses, automáticamente el usuario entra a la tarifa DAC por lo que no es conveniente ya que dicha tarifa es sumamente costosa (CFE, 2012).

El proyecto se desarrolló bajo los esquemas de la tarifa 1C de la CFE siendo esta una conexión monofásica a tres hilos, es decir, dos fases y un neutro (2-F, 1-N) para abastecer la demanda energética requerida. En la figura 2.5, se muestra la conexión del medidor el cual será alimentada de manera aérea.

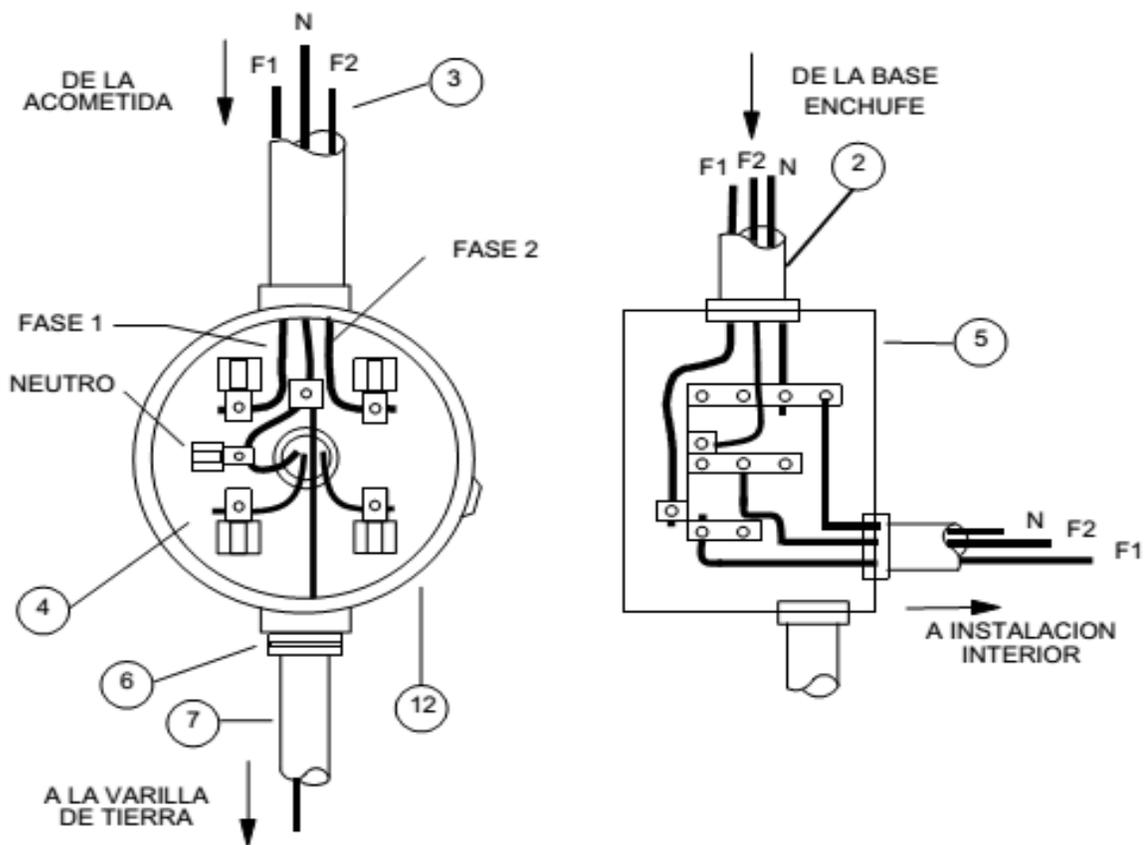


Figura 2.5. Conexión del medidor monofásico a tres hilos.

Fuente: CFE

2.4 DISEÑO ELÉCTRICO.

El producto final del diseño de una instalación eléctrica es un conjunto de planos, especificaciones y documentaciones que respaldan al proyecto, los cuales proporcionan la información elemental y necesaria para que los contratistas puedan presupuestar y posteriormente poner en marcha la construcción de acuerdo a las disposiciones reglamentarias.

Durante el proceso de diseño, numerosos factores tienen impacto sobre el sistema eléctrico, cada proyecto puede ser diferente y poseer características únicas. Sin embargo, hay factores de tipo universal que deben ser considerados, algunos de estos son los siguientes:

- Consideraciones arquitectónicas.
- Coordinación con las instalaciones mecánicas, de plomería y telefonía.
- Requerimiento del propietario.

Para el diseño de la instalación eléctrica de las Villas Universitarias se tomó en cuenta el criterio 4.2.1 de la NOM-001-SEDE-2012 que se menciona a continuación:

4.2.1 Generalidades

Para el diseño de la instalación eléctrica, deben tomarse en cuenta los siguientes factores para proporcionar:

- Protección de las personas, animales y los bienes contra los riesgos que puedan resultar de la utilización de las instalaciones eléctricas.
- Funcionamiento satisfactorio de las instalaciones eléctricas acorde a la utilización prevista.

De lo anterior se puede concluir que las instalaciones eléctricas se deben diseñar de una manera eficiente para brindar seguridad al usuario y a sus propiedades y a su vez cumplir un funcionamiento satisfactorio.

2.5 MEMORIA DE CÁLCULO.

Toda instalación eléctrica debe contar con un proyecto eléctrico (planos y memorias de cálculos). Existe una amplia variedad de planos eléctricos sea esto por el alcance, presentación y grado de detalle que se requiera en el proyecto eléctrico, sin embargo, el plano eléctrico más común es el diagrama unifilar que identifica y suministra información sobre las dimensiones de los componentes principales del sistema de alumbrado eléctrico y muestra cómo la potencia es distribuida desde la fuente, habitualmente la acometida, hasta el equipo de utilización. De igual manera se deben dibujar las acometidas, alimentadores y algunas canalizaciones de circuitos derivados. Por lo que a continuación se desglosa cada apartado de la memoria de cálculo.

2.5.1 Plano eléctrico de las villas universitarias

Para la colocación de la simbología en el plano es necesario ubicar las diferentes áreas de la casa (sala, comedor, cocina, baños, recámaras, etc.) y el uso que se harán en ella, con ello se puede ubicar en donde se encontrarán las luminarias, arbotantes, contactos y apagadores que sean necesarios en el inmueble. El diseño de la ubicación de cada simbología fue pensado para el confort de los alumnos de movilidad estudiantil al momento de hacer sus actividades diarias. En la figura 2.6 se muestra la simbología eléctrica utilizada en los planos eléctricos de las figuras 2.7 y 2.8.

SIMBOLOGÍA ELECTRICA	
	ACOMETIDA
	MEDIDOR
	CENTRO DE CARGA
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	LUMINARIA
	ARBOTANTE
	REFLECTOR
	APAGADOR
	APAGADOR TIPO ESCALERA
	CONTACTO DOBLE
	CONTACTO ESPECIAL
	VENTILADOR CON LUMINARIA
	VENTILADOR
	CONTROL DEL VENTILADOR
	BOMBA

Figura 2.6. Simbología eléctrica.

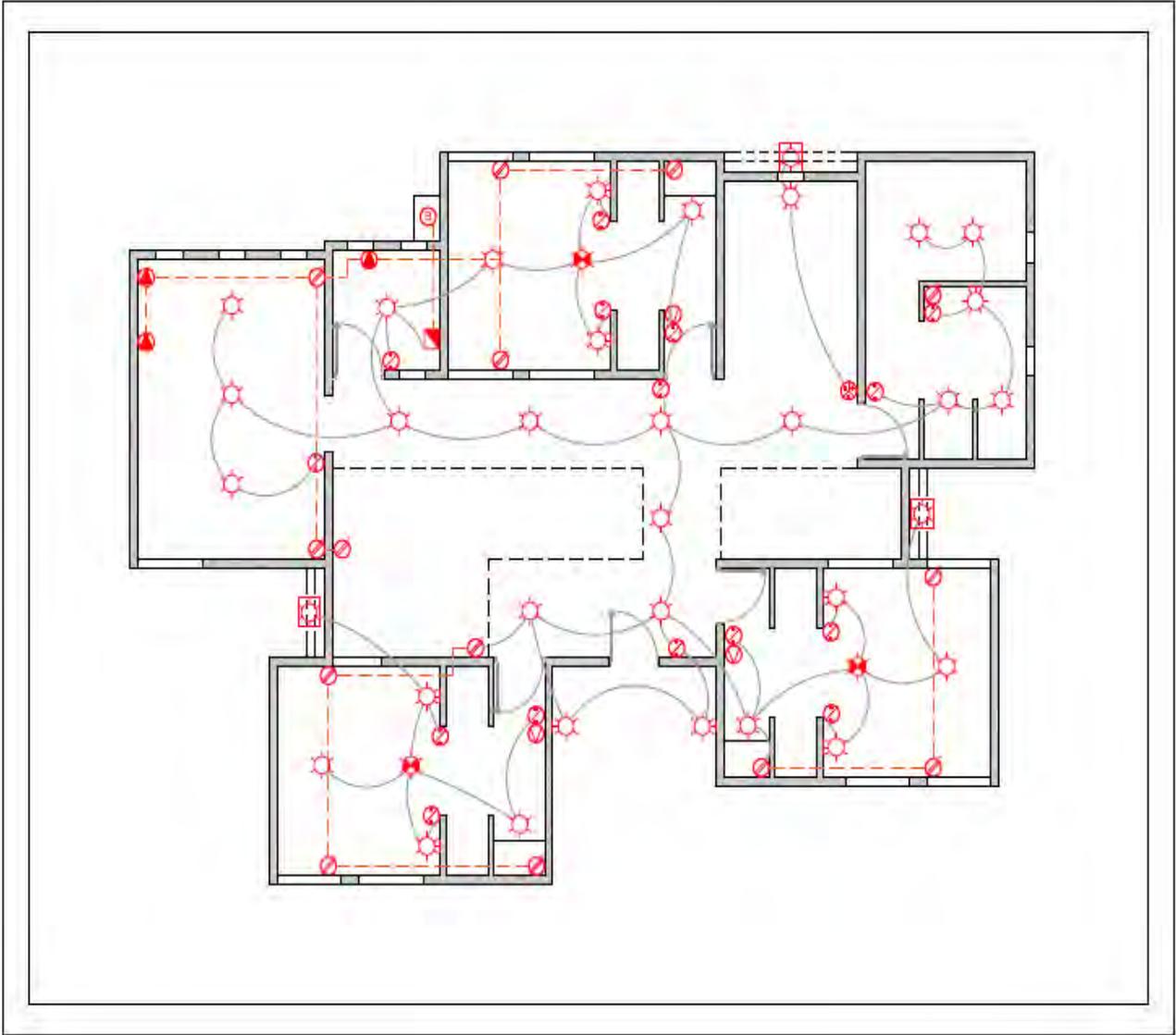


Figura 2.7. Plano eléctrico de la planta baja.

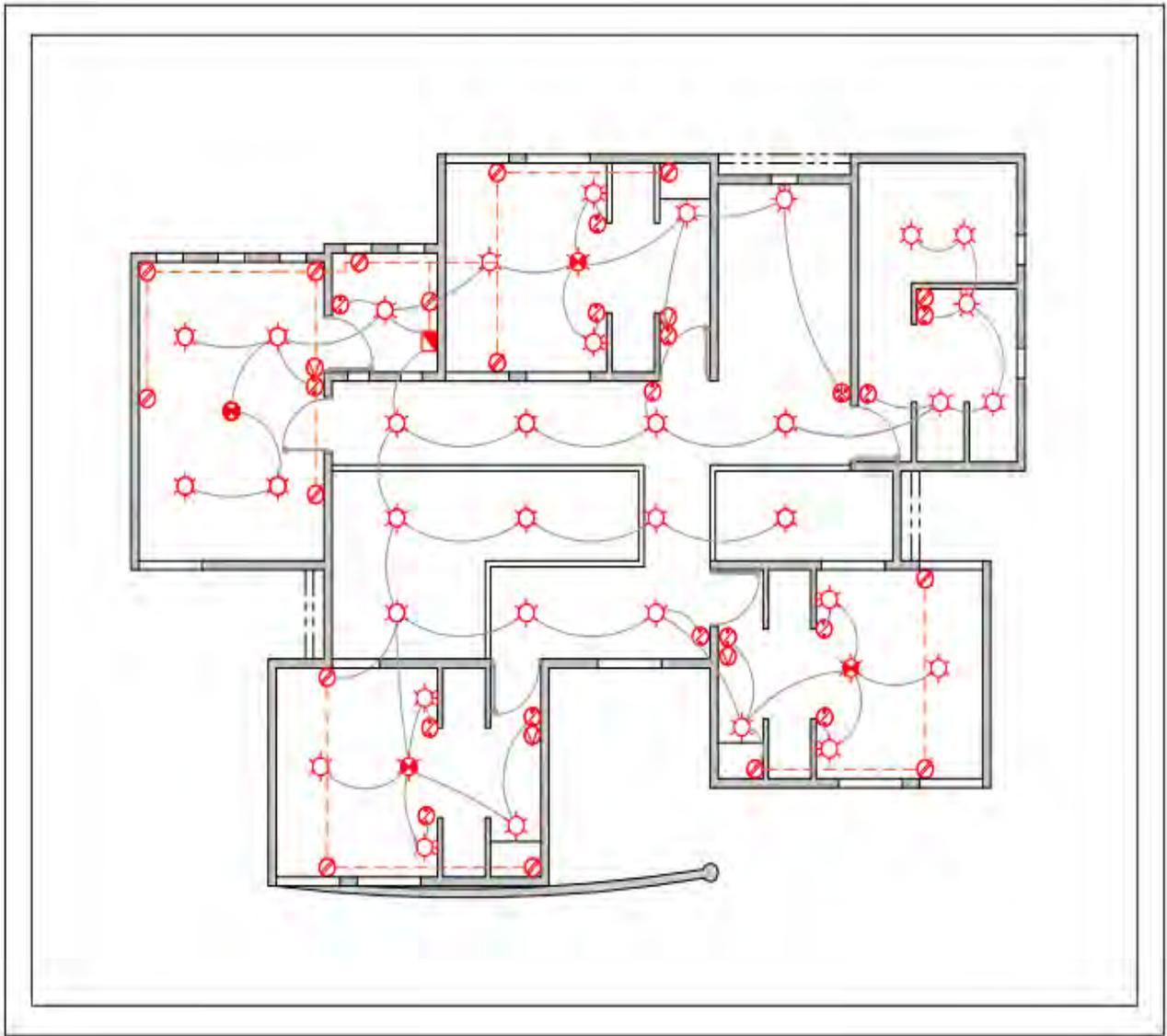


Figura 2.8. Plano eléctrico de la planta alta.

2.5.2 Diagrama unifilar

El diagrama unifilar normalmente indica el tipo de canalización o/y conductor y el tamaño a utilizar, el número de conductores, sus tamaños y cualquier otra información de importancia; además puede indicar el nivel de tensión, las capacidades nominales de interruptores, la puesta a tierra del sistema, medidores y cualquier otra información para ayudar a identificar el sistema eléctrico. Un diagrama unifilar completo mostrará la acometida, alimentadores, las cargas y equipos principales. El diagrama unifilar de las Villas Universitarias se observa en la figura 2.9.

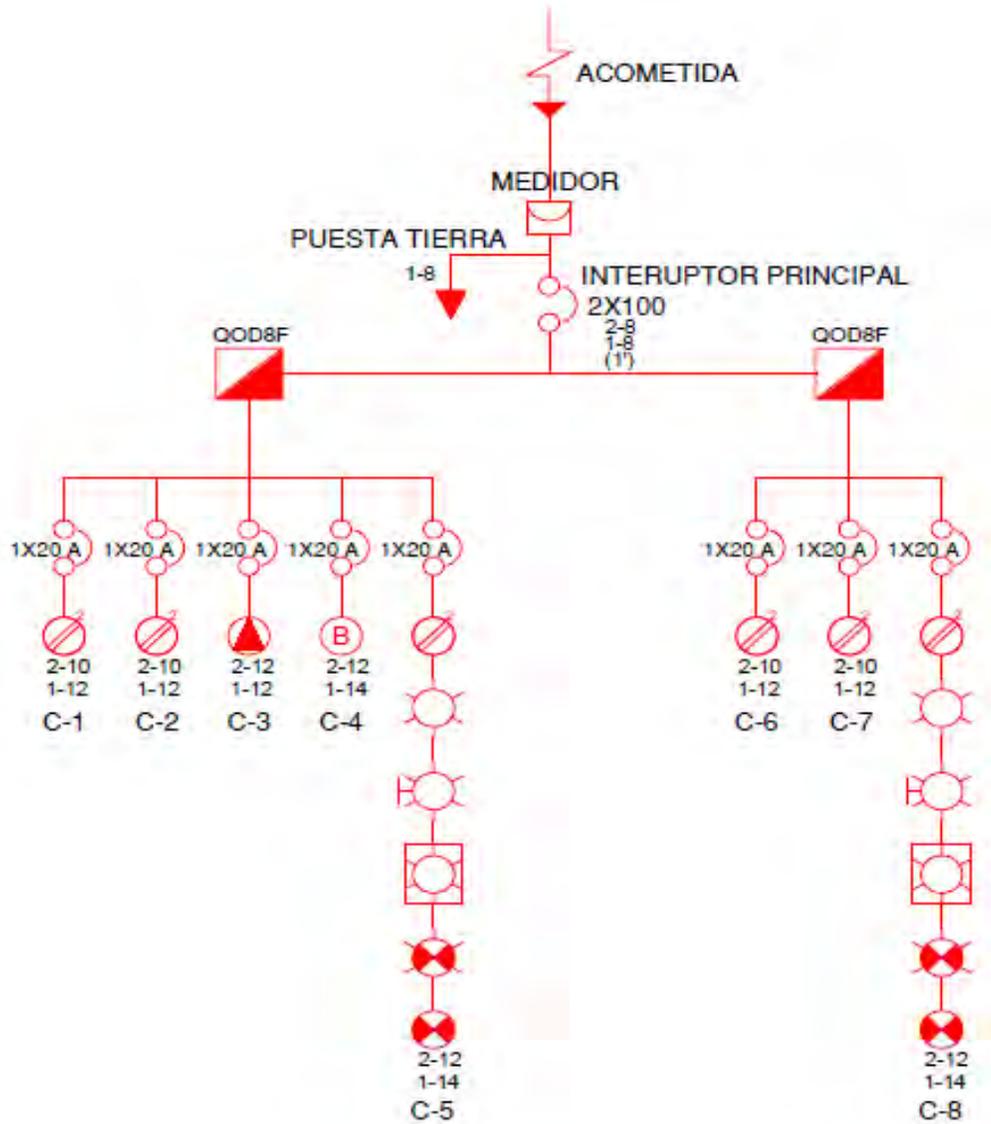


Figura 2.9. Diagrama unifilar.

2.5.3 Cuadro de cargas

El diseño de un sistema o instalación eléctrica se inicia con la localización e identificación de los equipos que se pueden conectar a la instalación, por lo que se localizan los tableros y se diseñan los circuitos para alimentar las distintas cargas, al término de esto se definen los interruptores a utilizar en los tableros de distribución. De acuerdo a la capacidad total se define los alimentadores y el tablero principal a utilizar.

Se debe considerar que algunos equipos no operan en forma continua. Aun cuando es posible diseñar un sistema que se acomode a la operación simultánea de los equipos, no sería realista desde un punto de vista económico. El objetivo del proceso de diseño es proporcionar la capacidad necesaria para satisfacer las necesidades de una instalación (comercial o de edificios habitacionales), operando bajo máxima demanda real. Las tablas 2.2 y 2.3 muestran los aparatos incluidos en cada circuito derivado.

Tabla 2.2. Cuadro de cargas de la planta baja.

Planta baja													
Cuadro de cargas (QOD8F) 2F/3H/127-220 V													
											Fase		
											A	B	
C-1	Contactos traseros				6					1080	1080		8.50
C-2	Contactos delanteros				7					1260	1260		9.92
C-3	Cocina y lavandería					3				1200		1200	9.45
C-4	Bomba								1	400	400		3.15
C-5	Iluminación planta baja	21	10	3	1		3			1055		1055	8.31
Totales		21	10	3	14	3	3	0	1	4995	2740	2255	39.33

Tabla 2.3. Cuadro de cargas de la planta alta.

Planta alta													
Cuadro de cargas (QOD8F) 2F/3H/127-220 V													
											Fase		
											A	B	
C-6	Contactos traseros				9					1620	1620		12.76
C-7	Contactos delanteros				6					1080		1080	8.50
C-8	Cocina y lavandería	26	7		1		3	1		1055		1055	8.31
Totales		26	7	0	16	0	3	1	0	3755	1620	2135	29.57

El desbalance permitido no debe exceder al 5%, lo que quiere decir que las cargas totales conectadas a cada fase de un sistema bifásico o trifásico no debe ser diferentes una de la otra en dicho porcentaje.

Para determinar el desbalance se utilizó la ecuación 2.1:

$$\%D = \frac{(Carga Mayor - Carga Menor) \times (100)}{(Carga Mayor)} = \frac{[(4390 - 4360) \times (100)]}{(4390)} = 0.68 \quad (2.1)$$

2.5.4 Alimentadores

El artículo 215 de la NOM-001-SEDE-2012, cubre los requisitos que deben tener los conductores alimentadores que darán paso a la corriente suministrada por la CFE a los circuitos derivados. Estos deben tener la capacidad de conducción y el tamaño nominal mínimo requerido para que haya un buen funcionamiento al momento que se conecte al centro de carga principal, en el cual se encuentran los circuitos derivados.

El cálculo de los conductores alimentadores se llevó a cabo con la ecuación 2.2:

$$Carga\ del\ alimentador = \frac{8750\ W}{2 \times (220\ V) \times (0.9)} = 22.09\ A \quad (2.2)$$

Para seleccionar el tipo de conductor se utilizó la tabla 2.4 la cual se obtuvo de la NOM-001-SEDE-2012 para la capacidad de conducción de corriente permisible en conductores. De acuerdo al cálculo se consideró el conductor calibre #10, sin embargo, siempre se debe considerar un incremento del inmueble, es por ello por lo que se seleccionará 2 conductores calibre #8 del tipo AWG THW (Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio). De igual manera se seleccionó 2 conductores calibre #8 siendo estos el neutro y la puesta tierra.

Tabla 2.4. Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C.

Fuente: NOM-001-SEDE-2012

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C		75 °C		90 °C	
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-L.S, THW, THW-L.S, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TB.S, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-L.S, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18"	—	—	14	—	—	—
1.31	16"	—	—	18	—	—	—
2.08	14**	15	20	25	—	—	—
3.31	12**	20	25	30	—	—	—
5.26	10**	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115

2.5.5 Circuitos derivados

En el artículo 210 de la NOM-001-SEDE-2012, se señala el alcance que debe tener un circuito derivado y su clasificación de los mismos. Se toma en cuenta como un circuito derivado siempre y cuando sean de alumbrado y salidas para contactos. Los circuitos derivados de fuerzas son considerados en el artículo 430 de esta norma.

La clasificación de los circuitos derivados varía con respecto a la capacidad máxima de amperes, manteniendo un rango de 15 a 50 amperes como máximo. El número mínimo de circuitos derivados debe ser proporcionada por la carga total calculada y la capacidad nominal de dichos circuitos, sin embargo, en este proyecto se optó por realizar los circuitos mediante experiencia profesional y para la comodidad de los inquilinos sin perder en cuenta las especificaciones que marca la norma. Es importante mencionar que existe una combinación de cargas en la demanda total, ya que habrá cargas continuas y no-continuas que se debe tomar en cuenta.

Los circuitos derivados se diseñaron con respecto a las necesidades de los habitantes y con base a la norma establecida en la cual se menciona como requisitos mínimos los siguientes circuitos:

- Circuitos derivados para aparatos pequeños con una capacidad de 20 A.
- Circuito derivado para lavadora con una capacidad de 20 A.
- Circuitos derivados para cuartos de baño con una capacidad de 20 A.
- Circuitos derivados con más de un contacto con una capacidad de 20 A.
- En caso de planificar tener estufas y aparatos de cocción es necesario tener un circuito derivado con una capacidad de 40 A.

El artículo 220 señala los requisitos para calcular las cargas de los circuitos derivados. El cálculo que se desarrolla será para un inmueble bifásico, en otras palabras, la empresa suministradora CFE nos proporcionará dos fases y un neutro. La ecuación 2.3 fue la utilizada para el cálculo de la corriente por circuito.

$$I = \frac{W}{V} \quad (2.3)$$

Donde:

I: Corriente (A)

W: Potencia (W)

V: Tensión del circuito (V)

Con base a lo antes mencionado, se pudo definir los circuitos derivados los cuales se muestran en las tablas 2.5 y 2.6.

Tabla 2.5. Circuitos derivados de la planta baja.

Circuito	Tipo	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)
C-1	Contactos	8.50	127	1080
C-2	Contactos	9.92	127	1260
C-3	Contactos especiales	9.45	127	1200
C-4	Bomba	3.15	127	400
C-5	Luminarias y ventiladores	8.31	127	1055

Tabla 2.6. Circuitos derivados de la planta alta.

Circuito	Tipo	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)
C-6	Contactos	12.76	127	1620
C-7	Contactos	8.50	127	1080
C-8	Luminarias y ventiladores	8.31	127	1055

2.5.6 Conductores

En una instalación eléctrica, se requiere que los elementos de conducción tengan una buena conductividad, resistencia mecánica y cumplan con los requisitos establecidos en la NOM-001-SEDE-2012, artículo 310. De igual manera se debe cumplir la reglamentación en el cálculo de dichos conductores.

La determinación reglamentaria de la sección de un conductor consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisfaga dos de las tres condiciones siguientes:

- a) Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.
La temperatura del conductor de cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no debe superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 70°C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

- b) Criterio de la caída de tensión.
La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportadora por el cable y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

- c) Criterio para la intensidad de cortocircuito.
La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

El cálculo de los conductores fue realizado con los criterios de intensidad admisible y caída de tensión. A continuación, se muestra la fórmula utilizada para el cálculo.

- Criterio de intensidad máxima admisible

El criterio de intensidad máxima admisible va relacionado directamente a la carga, siendo esto de suma importancia, porque al realizar una mala elección existiría sobrecalentamiento en el conductor y por ende un aumento de corriente, lo cual provocará un mayor consumo. La selección del conductor por este criterio es con base a la tabla 310-15 (b) (16) de la NOM-001-SEDE 2012.

- Criterio de la caída de tensión.

Sistema monofásico

$$e\% = \frac{4 LI_C}{E_n S} \quad (2.4)$$

Donde:

e%: Caída de voltaje en por ciento.

L: Longitud del conductor (m).

I_C: Corriente corregida (A).

E_n: Voltaje de línea a neutro (V).

S: Sección transversal del conductor (mm²).

Las tablas 2.7 y 2.8 muestran como se determinaron los conductores alimentadores para cada circuito derivado.

Tabla 2.7. Cálculo de conductores planta baja.

Planta baja										
Circuitos	Corriente (A)	125% Cargas no continua + continua (A)	Tensión (V)	Longitud (m)	Área mínima del conductor (mm ²)	Calibre del circuito (AWG)	Capacidad de corriente del conductor (A)	Caída de tensión (e%)	Conductor de tierra desnudo (AWG)	Capacidad de corriente del conductor
C-1	8.50	10.63	127	11.49	0.73	10	30	0.73	12	20
C-2	9.92	12.40	127	25.15	1.87	10	30	1.87	12	20
C-3	9.45	11.81	127	8.45	1.05	12	20	0.95	14	15
C-4	3.15	3.94	127	2.00	0.08	12	20	0.07	14	15
C-5	8.31	10.38	127	21.00	2.29	10	20	1.31	12	15

Tabla 2.8. Cálculo de conductores planta alta.

Planta alta										
Circuitos	Corriente (A)	125% Cargas no continua + continua (A)	Tensión (V)	Longitud (m)	Área mínima del conductor (mm ²)	Calibre del circuito (AWG)	Capacidad de corriente del conductor (A)	Caída de tensión (e%)	Conductor de tierra desnudo (AWG)	Capacidad de corriente del conductor
C-6	12.76	15.94	127	11.20	1.87	10	30	1.07	12	20
C-7	8.50	10.63	127	14.20	1.58	10	30	0.90	12	20
C-8	8.31	10.38	127	15.81	1.72	12	20	1.56	14	15

2.5.7 Canalizaciones

Para determinar el diámetro de la canalización a utilizar, se debe tener en consideración el calibre del conductor, el número de conductores y el área de los conductores (tamaño nominal).

A continuación, en la tabla 2.9 se muestra el cálculo de la tubería principal para el alambrado de los contactos, el cual fue considerado mediante el factor de relleno mostrado en la tabla 2.10.

Tabla 2.9. Cálculo de tubería.

Calibre (AWG)	Número de conductores	Área del conductor con aislamiento mm ²	Área total mm ²	Tubería seleccionada
10	5	15.70		
12	2	11.70		

Tabla 2.10. Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit no metálico.

Fuente: NOM-001-SEDE-2012.

Artículo 358 – Tubo conduit no metálico (EMT)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
16	½	15.8	196	118	104	61	78
21	¾	20.9	343	206	182	106	137
27	1	26.6	556	333	295	172	222
35	1 ¼	35.1	988	581	513	300	387
41	1 ½	40.9	1314	788	696	407	526
53	2	52.5	2165	1299	1147	671	866
63	2 ½	69.4	3783	2270	2005	1173	1513
78	3	85.2	5701	3421	3022	1767	2280
91	3 ½	97.4	7451	4471	3949	2310	2980
103	4	110.1	9521	5712	5046	2951	3808
Artículo 362 – Tubo conduit no metálico (ENT)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
16	½	14.2	158	95	84	49	63
21	¾	19.3	293	176	155	91	117
27	1	25.4	507	304	269	157	203
35	1 ¼	34	908	545	481	281	363
41	1 ½	39.9	1250	750	663	388	500
53	2	51.3	2087	1240	1095	641	827
63	2 ½	—	—	—	—	—	—
78	3	—	—	—	—	—	—
91	3 ½	—	—	—	—	—	—

2.5.8 Protecciones

Toda instalación eléctrica requiere de un sistema de protección en caso de una falla, es por ello que en cada conductor no conectado a tierra de un circuito derivado se debe proteger contra corrientes excesivas por medio de dispositivos de protección contra corriente. La capacidad de estos dispositivos cuando no sean ajustables, o su ajuste, cuando si lo sean, deberá ser como sigue (Harper, 2015):

- a) No deberá ser mayor que la corriente permitida para los conductores del circuito.
- b) Si el circuito abastece únicamente a un solo aparato con capacidad de 10 amperes o más, la capacidad o ajuste del dispositivo contra sobre corriente no deberá exceder del 150 por ciento de la capacidad del aparato.
- c) Los conductores para circuitos derivados pueden considerarse protegidos por el dispositivo de protección contra sobre corriente del circuito derivado.

Teniendo en cuenta estos parámetros, se calculó el dispositivo de protección para cada circuito como se muestra en las tablas 2.11 y 2.12.

Tabla 2.11. Protección de los circuitos derivados de la planta baja.

Circuitos	Corriente (A)	Dispositivo de protección
C-1	8.50	2X20 A
C-2	9.92	2X20 A
C-3	8.86	2X20 A
C-4	3.15	2X20 A
C-5	6.89	2X20 A
C-6	4.98	2X20 A

Tabla 2.12. Protección de los circuitos derivados de la planta alta.

Circuitos	Corriente (A)	Dispositivo de protección
C-6	12.76	2X20 A
C-7	8.50	2X20 A
C-8	6.89	2X20 A

2.6 AHORRO DE ENERGÍA Y CONFORT LUMÍNICO.

2.6.1 Ahorro de energía

Al hablar de ahorro de energía se debe considerar el menor consumo de energía necesario para el correcto funcionamiento de los elementos eléctricos o aparatos eléctricos. Por lo que es conveniente utilizar electrodomésticos altamente eficientes, sin embargo, adquirir dispositivos de ese tipo es sumamente costoso. Por ello, en lo que respecta a ahorro de energía en una vivienda, se enfocará al sistema de iluminación y refrigeración.

El sistema de iluminación de las villas universitarias fue pensado para la comodidad de los alumnos de intercambio. Las luminarias propuestas en todo el inmueble, con excepción de los arbotantes de cama, son lámparas LED de una forma A de Dimmable de Philips, las cuales son una alternativa elegante a los incandescentes (Philips, 2015). El diseño único de la lámpara proporciona luz omi-direccional con excelente rendimiento de regulación.

A continuación, en las figuras 2.10 y 2.11 se muestra el modelo de la luminaria, mientras que en las tablas 2.13 y 2.14 se observa las especificaciones eléctricas y lumínicas de las mismas.



Figura 2.10. Lámpara Philips modelo 20A21/2700 3WAY 6/1.

Tabla 2.13. Especificaciones técnicas eléctricas y lumínicas de la lampara Philips.

Producto	Lúmenes	Potencia	Voltaje	Temperatura de color	Tipo de lámpara
20A21/2700 3WAY 6/1	1620 lm	20 W	120 V	2700 K	Led



Figura 2.11. Lámpara Tecno lite modelo Granada. (TLLED-006)

Tabla 2.14. Especificaciones técnicas eléctricas y lumínicas de la lámpara Tecno lite.

Producto	Lúmenes	Potencia	Voltaje	Temperatura de color	Tipo de lámpara
TLLED-006/5W/30	270 lm	5 W	100-240V	3000 K	Led

2.6.2 Confort lumínico

La palabra confort es definida por el diccionario de la RAE como: Bienestar o comodidad material. Esto es definido de igual manera como: lugar o condición de estar confortable, a su vez, confortable es definido como algo que: “satisface, proporciona o propende a dar tranquilidad, placer y agrado”. El ser humano tiende a buscar el confort en todo momento, siendo esto porque mientras exista una sensación confortable no habrá un impedimento para realizar las actividades diarias.

La NOM-001-SEDE-2012, hace mención de la carga mínima de alumbrado por cada metro cuadrado de superficie necesaria en (VA/m²) siendo este para unidades de vivienda el valor igual o mayor de 33 como se muestra en la tabla 2.15. El área del piso de cada planta debe calcularse a partir de las dimensiones exteriores del edificio, unidad de vivienda u otras áreas involucradas. Para las unidades de vivienda, el área calculada del piso no debe incluir los patios abiertos, las cocheras ni los espacios no utilizados o sin terminar, que no sean adaptables para su uso futuro. NOTA: Los valores unitarios de estos cálculos se basan en condiciones de carga mínima y un factor de potencia del 100 por ciento y puede ser que no provean la capacidad suficiente para la instalación considerada.

Tabla 2.15. Cargas de alumbrado general por tipo del inmueble.

Fuente: NOM-001-SEDE-2012.

Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m ²)
Bancos	39 ^b
Casas de huéspedes	17
Clubes	22
Cuarteles y auditorios	11
Depósitos (almacenamiento)	3
Edificios de oficinas	39 ^b
Edificios industriales y comerciales (lugares de almacenamiento)	22
Escuelas	33
Estacionamientos comerciales	6
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocineta	22
Iglesias	11
Juzgados	22
Lugares de almacenamiento	3
Peluquerías y salones de belleza	33
Restaurantes	22
Tiendas	33
Unidades de vivienda ^a	
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	33
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Vestibulos, pasillos, closets, escaleras	6
Lugares de reunión y auditorios	11
Bodegas	3

Por otra parte, el CEV cita que los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los diversos espacios de las viviendas, no deben exceder los valores indicados en la tabla 2.16 (CONAVI, 2010).

Tabla 2.16. Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA).

Fuente: CEV

Espacio de la Vivienda	DPEA/W/m2)
Sala	14
Comedor	14
Sala-Comedor	16
Recámara	13
Estudio	16
Cocina	14
Pasillos	10
Escaleras	12
Patio interior	6
Alacena	12
Clóset	12
Estacionamientos cerrados	3
Áreas exteriores a la vivienda	1.8

Para obtener los valores de DPEA, se utiliza la ecuación 2.5, que a continuación se muestra:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alambrado}}{\text{Área total iluminada}} \quad (2.5)$$

CAPÍTULO 3. SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED.

La energía solar fotovoltaica representa una de las fuentes de energía renovables más utilizadas a nivel global, por lo que aumentará exponencialmente durante los próximos años. Sea por el dimensionamiento elemental que tiene al momento de ser diseñados e implementados. Los SFVI son una fuente importante de generación de energía por muchas razones, entre ellas se encuentran, el beneficio ambiental señalados por el titular de la SENER, al mencionar: *“la instalación de paneles solares en generación distribuida equivalente al 1 por ciento de la capacidad total de generación del país, el Estado podría obtener un ahorro de mil 500 millones de pesos al año. Así mismo, se evitaría el uso de 680 millones de litros de agua y la emisión de 1.3 millones de toneladas de dióxido de carbono”* (SENER, 2017).

La Reforma Energética ha facilitado la interconexión por medio de energía solar para pequeños y medianos consumidores, siendo posible instalar hasta 10 kW pico en el caso residencial (CFE, 2012), otro rasgo importante a mencionar es el recorte de trámites y de tiempo al plazo de respuesta para la conexión, lo cual fue reducido a un máximo de 18 días hábiles. De esta manera la explotación de esta tecnología arrebatará los precios de la energía y, por ende, los SFVI serán más rentables para los usuarios pertenecientes a tarifas subsidiadas.

3.1 RECURSO SOLAR MÉXICO-QUINTANA ROO.

Para fines prácticos el recurso solar es inagotable, sin embargo, existen países que reciben mucha más radiación solar que otros. Esto se debe a que se encuentran en el denominado cinturón solar, esta zona se encuentra ubicada entre los paralelos 35° Norte y 35° Sur, entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio. De acuerdo con la European Photovoltaic Industry Association (EPIA) por sus siglas en inglés, México pertenece a los cinco países con mayor potencial de energía solar, además es el país que ofrece el mayor atractivo de inversión en América Latina (Aura Solar, 2015).

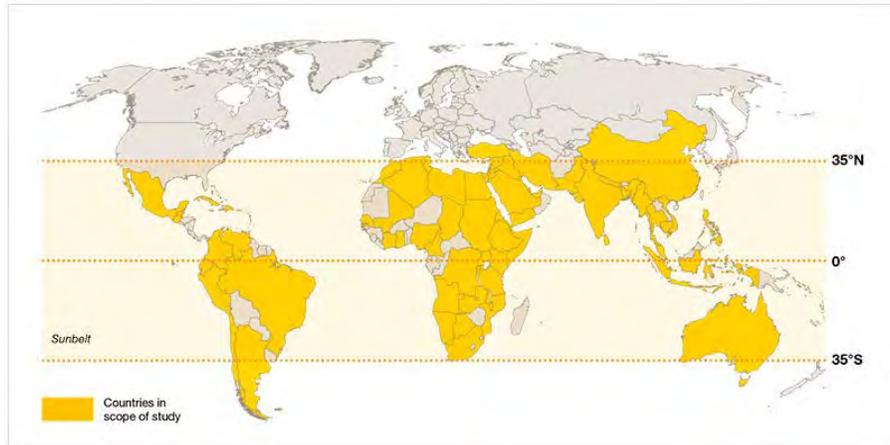
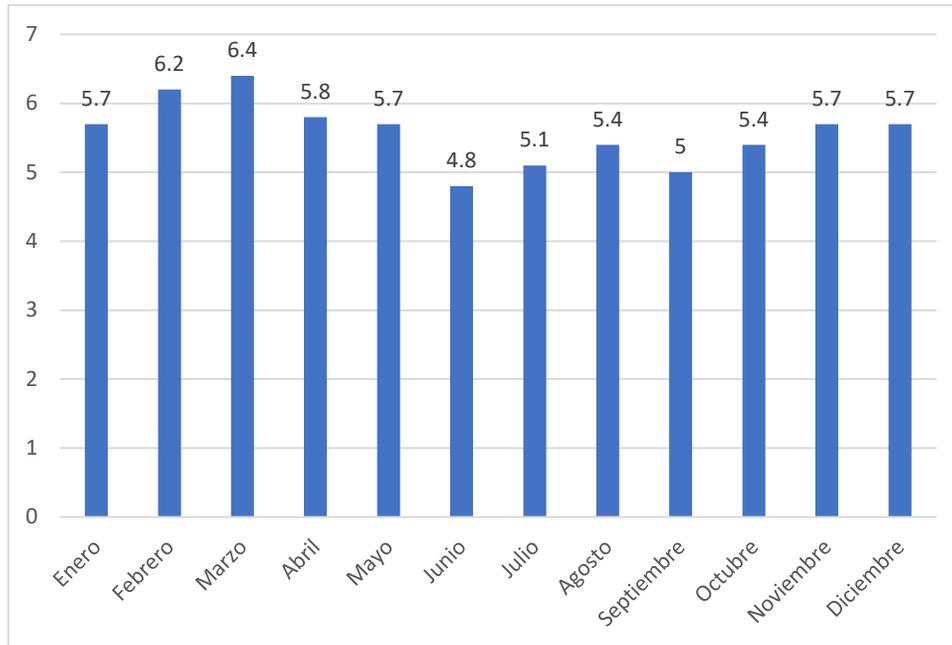


Figura 3.1. Cinturón solar.

Fuente: Aura Solar

Como se ha mencionado, México cuenta con excelente recurso solar, no obstante, no es el mismo recurso solar que se tiene al norte, centro o sur de la república mexicana. Haciendo referencia a los datos de insolación proporcionados por SAGARPA en el libro “Tecnología fotovoltaica aplicada al bombeo de agua”, Chetumal tiene un recurso solar de 5.7 horas solares pico (Juárez, 2013). En la gráfica 3.1 se aprecia la insolación global en el estado de Quintana Roo.



Gráfica 3.1. Insolación global promedio diario mensual. Inclinación del colector: Latitud +15

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA.

3.2 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

La orientación de los módulos fotovoltaicos está en función del hemisferio en el que se encuentre el lugar del proyecto. México se encuentra en el hemisferio norte, esto quiere decir que la trayectoria del sol durante el día es de Este a Oeste y durante un año es de Norte a Sur, como se muestra en la figura 3.2. Es por ello que los sistemas fotovoltaicos fijos son orientados hacia el sur, de esta manera es posible aprovechar al máximo la radiación solar otorgada durante todo el día.

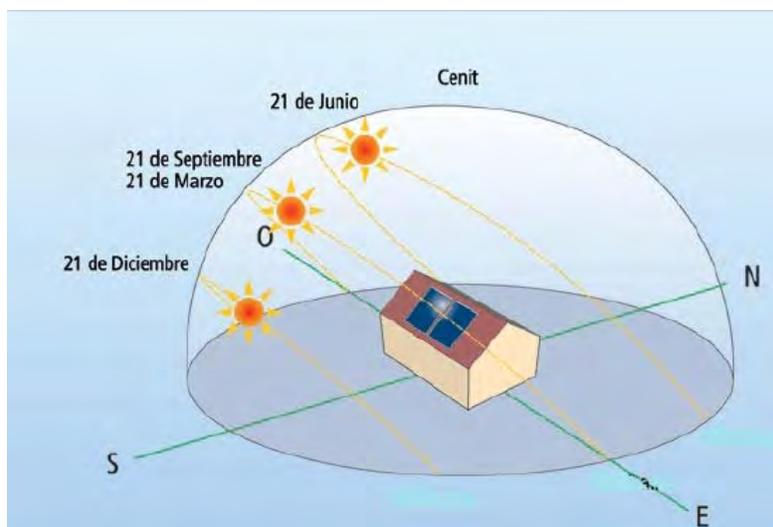


Figura 3.2. Trayectoria solar.

Fuente: http://www.scalofrios.es/Calor/Solartermica/imagenes/trayectoria_solar.jpg.

Con respecto a la inclinación, esta se define en función la latitud del lugar donde se instalarán. Con ayuda del Google Maps y NASA Surface meteorology and Solar Energy – Location se obtuvo la inclinación idónea para el sistema fotovoltaico de las Villas Universitarias ubicadas en Chetumal, Quintana Roo.

A continuación, se muestra dicho procedimiento:

Se localizó la ubicación de las Villas Universitarias en el software Google Maps, el cual nos otorgó la latitud y longitud correspondiente al lugar como se observa en la figura 3.3.

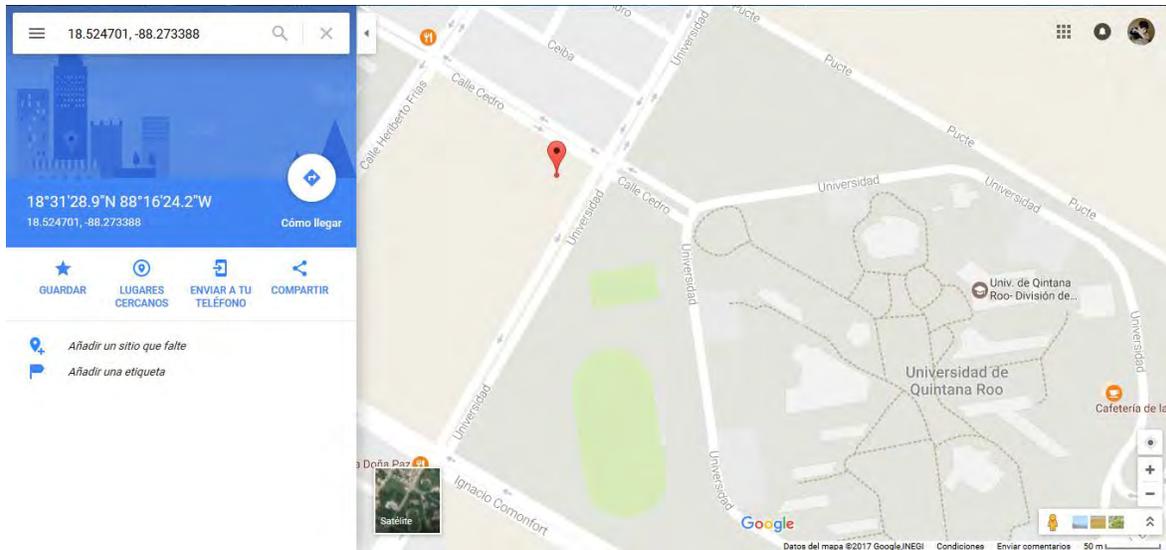


Figura 3.3. Localización de las Villas Universitarias.

Fuente: Google Maps.

Las coordenadas correspondientes al lugar son latitud: 18.524701, Longitud: -88.273388. Dichas coordenadas fueron colocadas en el software NASA Surface meteorology and Solar Energy – Location (NASA, 2016).

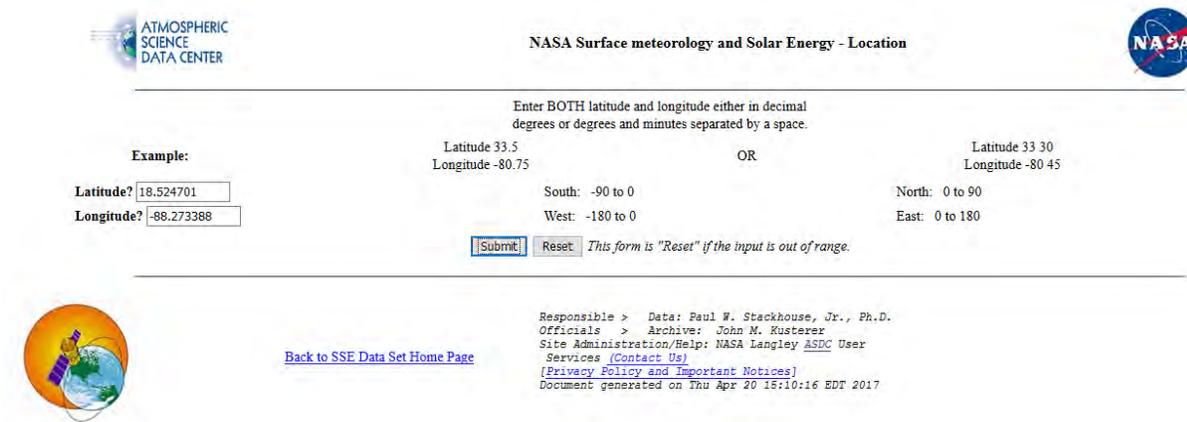


Figura 3.4. NASA Surface Meteorology and Solar Energy- Location.

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>.

Con respecto al datos obtenidos en la figura 3.4, la inclinación óptima para el sistema fotovoltaico en la ciudad de Chetumal debe ser 18°, sin embargo, se optó por una inclinación de 30° siendo está establecida por el sistema de montaje seleccionado. Cabe mencionar que, a pesar del incremento de la inclinación, no existen pérdidas significativas en la generación ya que la diferencia entre ellas es de 0.08 kWh/m²/día, por lo tanto, el porcentaje anual será de 5.08 kWh/m²/día tal como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Parámetros para módulos fotovoltaicos inclinados.

Geometry Information													
Northern boundary 19 Center Latitude 18.5 Longitude -88.5 Southern boundary 18													
Western boundary -89 Eastern boundary -88													
Elevation: 65 meters taken from the NASA GEOS-4 model elevation													
Parameters for Tilted Solar Panels:													
Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m ² /day)													
Lat 18.525 Lon -88.273	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	4.05	4.84	5.50	6.04	5.85	5.32	5.34	5.24	4.92	4.59	4.21	3.86	4.98
K	0.52	0.55	0.55	0.57	0.53	0.48	0.49	0.49	0.49	0.50	0.52	0.52	0.52
Diffuse	1.47	1.64	1.91	2.11	2.32	2.39	2.38	2.31	2.12	1.82	1.52	1.40	1.95
Direct	4.68	5.27	5.42	5.64	5.03	4.20	4.23	4.18	4.12	4.42	4.73	4.59	4.71
Tilt 0	4.03	4.81	5.43	5.93	5.71	5.29	5.31	5.13	4.85	4.56	4.18	3.83	4.92
Tilt 3	4.16	4.92	5.50	5.95	5.73	5.32	5.33	5.13	4.89	4.64	4.30	3.97	4.99
Tilt 18	4.69	5.34	5.68	5.84	5.63	5.32	5.30	4.97	4.92	4.91	4.80	4.53	5.16
Tilt 33	4.98	5.48	5.57	5.45	5.27	5.07	5.03	4.59	4.73	4.95	5.05	4.86	5.08
Tilt 90	3.74	3.58	2.90	2.08	2.08	2.37	2.27	1.78	2.30	3.03	3.66	3.79	2.79
OPT	5.03	5.48	5.68	5.95	5.73	5.35	5.35	5.13	4.94	4.96	5.07	4.94	5.30
OPT ANG	42.0	33.0	20.0	5.00	5.00	10.0	9.00	1.00	13.0	28.0	40.0	45.0	20.8
NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index (K) is below 0.3 or above 0.8.													

. Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>.

3.3 METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO.

Los SFVI se consideran modulares por la flexibilidad existente al momento de dimensionar o instalar. El proceso en el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos se basa en las necesidades energéticas del usuario por lo tanto se toman en consideración los siguientes pasos: en primer lugar se debe realizar una investigación del recurso solar contemplando la orientación y latitud correspondientes al lugar. En segunda instancia, los aspectos técnicos como: la determinación de la demanda, la determinación del número de módulos fotovoltaicos, de igual manera, la selección del tipo de estructura a utilizar y por último, la selección del inversor a emplear para la transformación de la energía siendo este de suma importancia ya que generalmente el número de módulos está ligado a la tensión requerida por el inversor. Otro aspecto a considerar son los requerimientos o especificaciones del cliente (tamaño de la instalación) y a su vez, el área disponible para la instalación del SFVI (sitio de la instalación y accesibilidad).

En los SFVI no existe el factor de sobredimensionamiento porque la energía no es desperdicia ya que existe una conexión continua con la red para el transporte de la energía, sin embargo, aún no existe la normatividad adecuada al cobro monetario de un excedente positivo al usuario, por lo que se sugiere que para una instalación fotovoltaica residenciales con tarifa subsidiada se debe instalar capacidades de 1 kW a 3 kW como máximo para sea redituable ya que en ese rango alcanzan su máximo punto de beneficio-costo (Sánchez, y otros, 2013).

El dimensionamiento del SFVI de las Villas Universitarias está definido principalmente por la restricción del área superficial existente en el tejado de dicho edificio, a causa de esta limitante, se consideró un sistema fotovoltaico de 3 kW instalados los cuales son divididos en dos subarreglos siendo estos de una capacidad de 1.5 kW cada uno.

3.3.1 Inventario de cargas

El levantamiento de cargas eléctricas es esencial para cualquier dimensionamiento fotovoltaico debido a la importancia de conocer el consumo energético, así como, el será asociado a la generación del sistema fotovoltaico.

La demanda energética de las Villas Universitarias está conformada principalmente por el sistema de iluminación, los equipos electrodomésticos y por los equipos electrónicos utilizados por los residentes, el levantamiento de cargas eléctricas se dividió en dos partes: el consumo generado en los contactos y luminarias. Luminarias se subdividió en tres categorías: luminarias de techo, luminarias tipo arbotantes y reflectores. Cabe mencionar, que mediante el proyecto eléctrico del capítulo dos, la selección de los equipos utilizados por los estudiantes y el tiempo de uso de los equipos, establecido con base a lo marcado en el libro “Cambio Climático. Ciencia, evidencia y acciones” (SEMARNAT, 2009), se obtuvo como resultado un consumo energético mensual, el cual se consideró constante. A continuación, en las tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 se muestra el consumo mensual de los equipos y de las luminarias.

Tabla 3.2. Consumo mensual en contactos.

Contactos									
Electrodomésticos	Dormitorio del 1 al 6	Cuarto de usos múltiples	Sala	Lavandería	cocina	Tiempo de uso (hrs/día)	Tiempo de uso al mes (hrs/mes)	Consumo (kWh)	Consumo al mes (kWh)
Refrigerador					1	8.00	244.00	600	146.40
Licuadaora				1	1	0.17	1.33	400	0.53
Lavadora						3.00	24.00	400	9.60
Laptop	12					5.00	152.50	150	274.50
Cafetera	6					0.50	15.25	700	64.05
Ventilador	6	1				4.00	122.00	70	59.78
Computadora		1	1			0.50	15.00	150	2.29
Televisión				1		3.00	91.50	150	13.73
Bomba					1	0.33	10.17	150	1.53

Tabla 3.3. Consumo mensual en luminarias

Luminarias			
Área	Luminaria	Tiempo de uso (horas/mes)	Consumo al mes (kWh)
Dormitorio 1	3	183	10.98
Dormitorio 2	3	183	10.98
Dormitorio 3	3	183	10.98
Dormitorio 4	3	183	10.98
Dormitorio 5	3	183	10.98
Dormitorio 6	3	183	10.98
Baño 1	4	183	14.64
Baño 2	4	183	14.64
C. de usos múltiples	5	183	18.30
Comedor	3	183	10.98
Lavandería	1	183	3.66
Sala	7	183	25.62
Pasillos	11	183	40.26

Tabla 3.4. Consumo mensual en luminarias tipo arbotantes.

Arbotantes			
Área	Luminaria	Tiempo de uso (horas/mes)	Consumo al mes (kW-h)
Dormitorio 1	2	91.50	0.92
Dormitorio 2	2	91.50	0.92
Dormitorio 3	2	91.50	0.92
Dormitorio 4	2	91.50	0.92
Dormitorio 5	2	91.50	0.92
Dormitorio 6	2	91.50	0.92
Baño 1	1	30.50	0.15
Baño 2	1	30.50	0.15
Pasillos	1	30.50	0.15
Exterior	2	152.50	1.53

Tabla 3.5. Consumo mensual en reflectores.

Reflectores			
Área	Reflector	Tiempo de uso (horas/mes)	Consumo al mes (kWh)
Exterior	3	152.5	22.88

Como resultado de la sumatoria de los consumos generados en los contactos y los distintos tipos de luminarias en el inmueble, se obtuvo que el consumo mensual es de 796.73 kWh como se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Consumo de las Villas Universitarias.

Consumo	Diario (kWh)	Mensual (kWh)
Contactos	18.76	572.40
Luminarias	6.36	193.98
Arbotantes	0.25	7.47
Reflectores	0.75	22.88
Totales	27.12	796.73

3.3.2 Módulo Fotovoltaico

Un módulo consta de celdas fotovoltaicas, actualmente existen módulos de 60 y 70 celdas las cuales se distinguen por la potencia que llega a suministrar, de entre 250 W hasta 370 W. La selección del módulo está en función del inversor sea esto por la tensión de arranque que debe ser suministrada.

El módulo propuesto en este estudio es un módulo policristalino marca IUSASOL, modelo PV-01-255 y con una capacidad de 255 W. A continuación, se muestran las características eléctricas en la tabla 3.7.



Figura 3.5. Módulo fotovoltaico modelo PV-01-260 marca IUSASOL.

Fuente: <http://www.iusasol.mx/Content/layout/images/Panel-Productos.JPG>.

Tabla 3.7. Características eléctricas del módulo PV-01-255.

Características eléctricas	
Comportamiento en STC: Irradiancia 1000 W/m ² , temperatura de célula 25°C, AM 1.5	
Potencia Nominal (P _{máx})	255 W
Tensión en circuito abierto (V _{oc})	37.9 V
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	8.86 A
Tensión en el punto de máxima potencia (V _{máx})	30.9 V
Corriente en el punto de máxima potencia (I _{máx})	8.27 A
Eficiencia	15.4%
Tolerancia de potencia (%P _{máx})	+3/-0%

3.3.3 Sistema de montaje

Las estructuras de soporte o sistemas de montaje son un componente que debe ser elegido con criterios de seguridad y de cumplimiento con la normativa existente. En el caso específico de la ciudad de Chetumal se debe considerar especialmente los parámetros de resistencia del soporte contra fuertes vientos por la climatología del lugar. Con base a lo anterior y a la limitación de espacio en el edificio, se seleccionó el Sistema Sunrail, de la marca PV accessories, el cual es un montaje multi-filar diseñado para facilitar la instalación de módulos fotovoltaicos sobre techados residenciales. El Sistema Sunrail está hecho con materiales de alta calidad sea este como el aluminio 6005-T5 con un anodizado de 5 micras, por lo que es un sistema duradero, funcional y de alta calidad. Es importante mencionar que dicho sistema puede ser instalado en zonas cercanas al mar.

Para la colocación de los módulos se propone utilizar un kit de montaje modelo SRIV-2x2-30 unido a otro kit modelo SRIV-2x1-30, teniendo como resultado un sistema de montaje de tres columnas de módulos por dos módulos en posición vertical con una inclinación de 30° . Quiero destacar que la selección del ángulo de inclinación se debe principalmente por el diseño del sistema Sunrail ya prefabricado a dicho ángulo y porque no existe pérdida significativa en la captación de energía fotovoltaica. En las figuras 3.6 y 3.7 se puede apreciar la vista lateral y trasera de la estructura Sunrail.

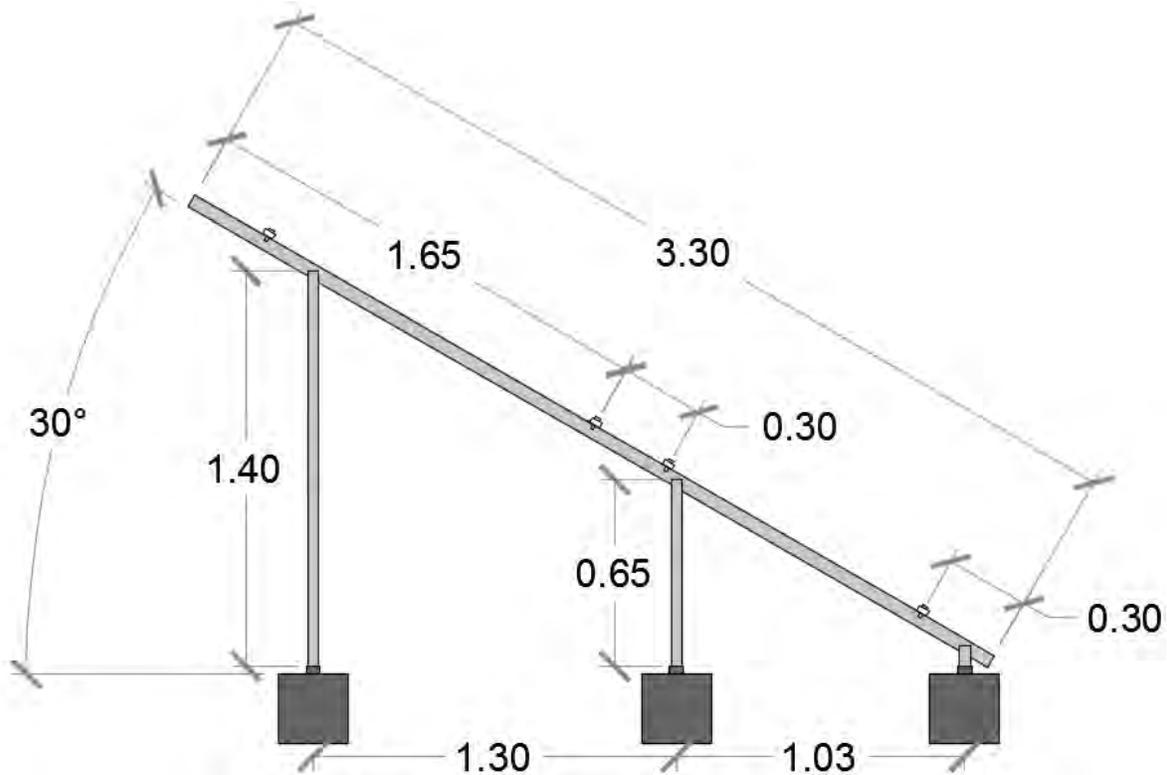


Figura 3.6. Vista lateral de la estructura Sunrail.

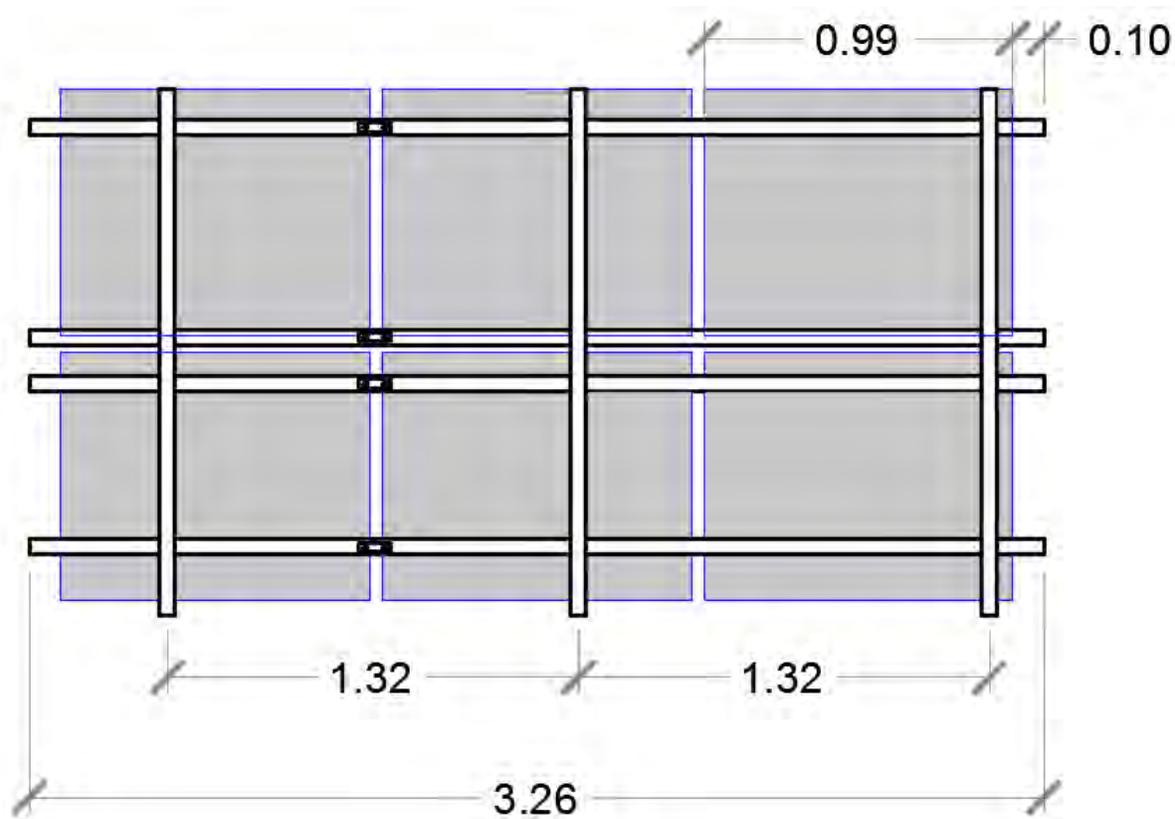


Figura 3.7. Vista trasera de la estructura Sunrail.

3.3.4 Sombreado

El sombreado es un tema fundamental en los sistemas fotovoltaicos, debido a que el inversor central se regula al módulo con menor eficiencia, por lo que el funcionamiento de todo el sistema recae. Por otra parte, los sombreados en módulos generan puntos calientes, ya que pasa de producir electricidad a consumirla. Por ello es de suma importancia contemplar los espacios entre filas de módulos y de esta manera evitar sombreados entre los módulos fotovoltaicos. Para prevenir dichos problemas se debe realizar un estudio de la geografía en el lugar de la instalación como se observa en la figura 3.8.

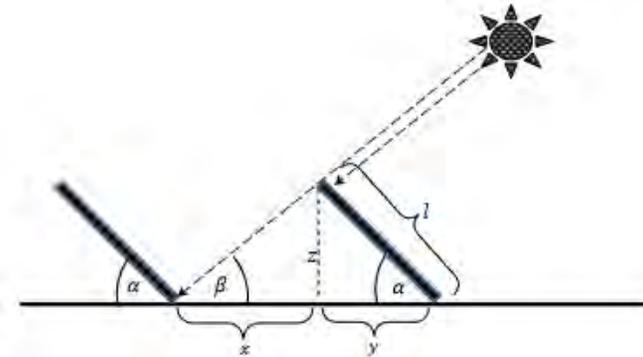


Figura 3.8. Distancia mínima entre módulos.

La distancia mínima entre filas está dada por las siguientes ecuaciones (Sánchez, SlidePlayer, 2011):

$$\beta = (90^\circ - \text{Latitud}) - 23.45^\circ \quad (3.1)$$

$$D = l \left(\frac{\text{Sen } \alpha}{\text{Tg } \beta} + \text{Cos } \alpha \right) \quad (3.2)$$

$$D = x + y \quad (3.3)$$

En donde:

β es la altura solar el 21 de diciembre.

α equivale al ángulo generado por la inclinación del módulo.

x la distancia entre las filas de los módulos.

y la distancia generada por la inclinación del módulo.

D la distancia total de modulo a modulo.

Aplicando las ecuaciones 3.1 y 3.2 para una latitud de 18° , una inclinación de 30° , una distancia "y" de 2.9 m y una longitud de 3.30 m (dos módulos), se determinó que la distancia mínima entre las filas de módulos debe de ser de 1.41 m.

3.3.5 Inversores

Un elemento indispensable en un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red es el inversor debido a que realiza la función de convertir la corriente directa (CD) a corriente alterna (CA) cumpliendo con determinados requisitos de tensión, frecuencia, eficiencia, rendimiento y al mismo tiempo de suministrarla al sistema eléctrico del edificio para su uso o en todo caso inyectarla a la red eléctrica. La selección del inversor está asociada a una aplicación en particular, en este caso de estudio el inversor debe cumplir con los requerimientos necesarios establecidos por la CFE para su conexión a la red.

Tabla 3.8. Comparativa de inversores con respecto a sus datos de entrada.

Modelo	Inversor Central	Microinversor
	Fronius Galvo 3.1-1	Enphase M250-60
Potencia recomendada (kWp)	2.5-4.5	0.21-0.35
Voltaje max de entrada	550 V	48 V
Voltaje de arranque	185 V	22 V
Rango de voltaje MPP	165-550 V	16 - 48 V
Máxima corriente de corto circuito	25 A	15 A

Tabla 3.9. Comparativa de inversores con respecto a sus datos de salida.

Modelo	Inversor Central	Microinversor
	Fronius Galvo 3.1-1	Enphase M250-60
Potencia max de salida	3100 W	250 W
Corriente max. de salida	14.1 A	1 A
Eficiencia	96%	96.5%
Frecuencia	59.3-60.5 Hz	57-61 Hz
Factor de potencia	0.85-1 ind/cap	>0.95
Garantía	5 años	10 años

Analizando las tablas 3.8 y 3.9, se puede concluir lo siguiente: en primer lugar, los microinversores en comparación con el inversor central, no requieren de un número definido de módulos fotovoltaicos para su operación, por lo que son más versátiles, de igual manera, la potencia generada se mantiene en un punto de máxima potencia (MPP) ya que trabajan de manera independiente. En segundo lugar, las eficiencias de los dos equipos no varían, sin embargo, el microinversor tiene mayor eficiencia que el inversor central. En tercer lugar, el factor de potencia del microinversor es mucho más cercano al uno, lo cual es lo adecuado para un uso eficiente de la energía, en cuarto lugar, la garantía de los microinversores contemplan el doble del tiempo que la garantía del inversor central, aunque en realidad es mucho mejor porque los microinversores son independientes en comparación al inversor central ya que es el único y, por último, y no menos importante, la seguridad. Es importante resaltar este punto ya que la propuesta va al sector residencial y siempre es mejor trabajar con microinversores debido a que no se trabaja con altas tensiones en CD para la tensión de arranque del mismo.

Un tema aun no tratado pero importante en los inversores previamente analizados, es el monitoreo, ya que proporciona una mayor confiabilidad al usuario, al proporcionarle información del funcionamiento de los equipos. El inversor central seleccionado contempla un sistema de monitoreo integrado, esto permite enviar los datos de generación mediante una conexión WLAN/LAN para que a su vez sean visibles desde la página de oficial de Fronius como se muestra en la figura 3.9. Por otro lado, los microinversores necesita un sistema inteligente llamado Envoy Communications Gateway, este va conectado en el contacto más cercano de la conexión de los micro inversores debido a que se comunica mediante el conductor neutro, al estar conectado de igual manera sube los datos obtenidos mediante conexión LAN a la página de Enphase en donde el usuario o el técnico puede visualizar el comportamiento de los microinversores como se observa en la figura 3.10. Analizando las dos situaciones anteriores, se puede concluir que en cuestiones de monitoreo es mejor el inversor central, porque no se requiere una inversión adicional, sin embargo, es importante destacar que el Envoy puede monitorear hasta 600 micro inversores, por lo tanto, si se desea monitorear varios sistemas a la vez es importante su adquisición.



Figura 3.9. Sistema de monitoreo del Fronius Galvo 3.1-1.
Fuente: Fronius

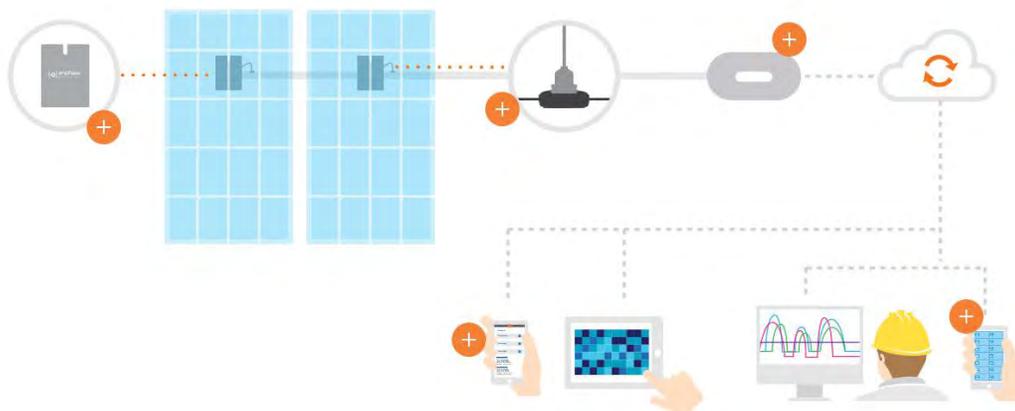


Figura 3.10. Sistema de monitoreo del Envoy Communications Gateway
Fuente: Enphase

3.3.6 Arreglo Fotovoltaico

Específicamente el dimensionamiento del SFVI de las Villas Universitarias, está definido principalmente por la restricción del área superficial existente en el tejado de dicho edificio, a causa de esta limitante se consideró un sistema fotovoltaico de 3 kW instalados, los cuales son divididos en dos subarreglos de 1.5 kW cada uno. La distribución de los subarreglos se muestra en la figura 3.11.

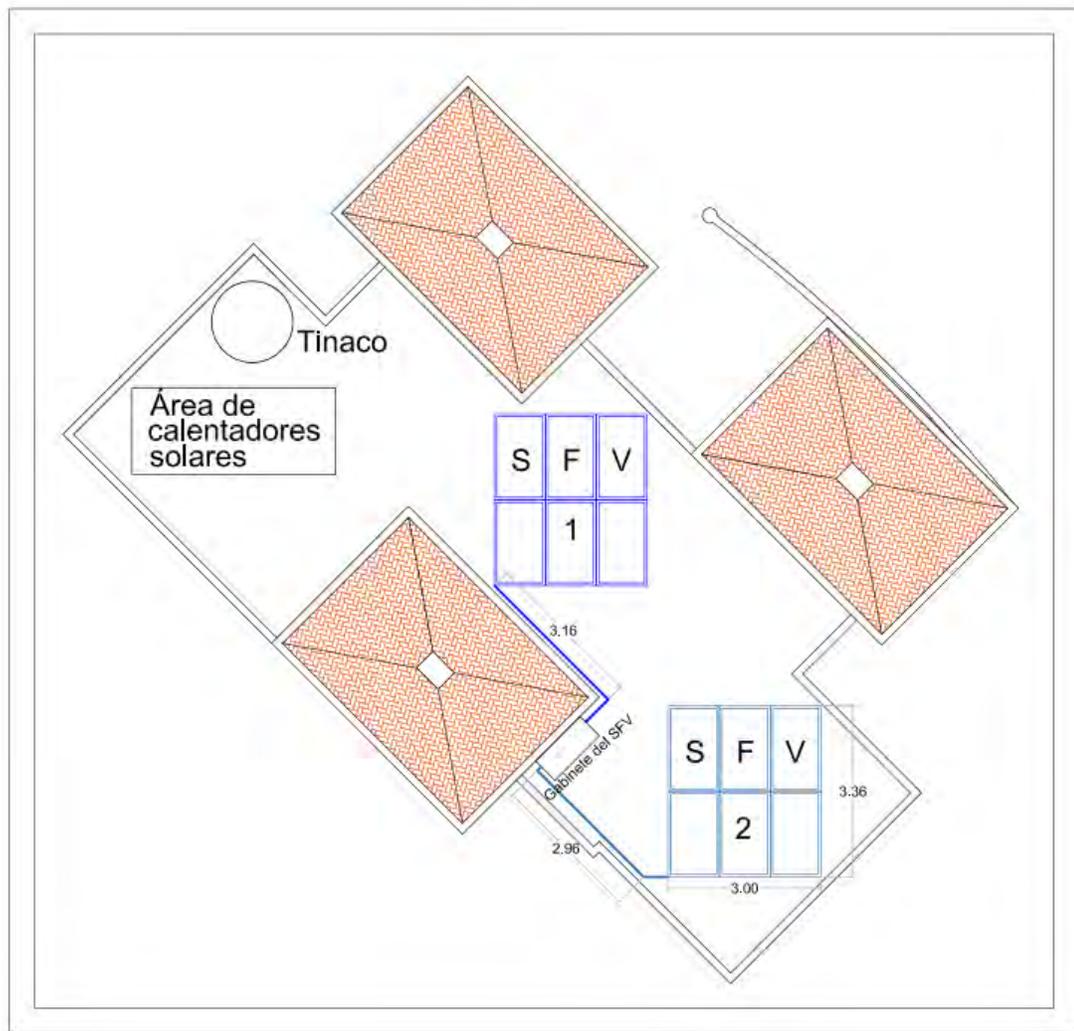


Figura 3.11. Distribución del arreglo fotovoltaico en la azotea del edificio.

Contemplando lo mencionado en el apartado de inversores, el diseño del arreglo fotovoltaico se proyectó con la finalidad de optimizar los aspectos de generación, instalación y económico. Es por ello que se planteó los siguientes diseños para los arreglos fotovoltaicos y se compararon tomando en cuenta las siguientes constantes: los doce de módulos fotovoltaicos instalados, las dos estructuras Sunrail, el gabinete de conexión y por ultimo las dos tuberías galvanizadas de pared gruesa. (Ver Anexo A)

3.3.6.1 Sistema Fotovoltaico con Inversor Central

Un sistema fotovoltaico con inversor central se debe dimensionar con base a las especificaciones del inversor, siendo esto, una limitante o condicionante en varios sentidos ya que se requiere un número de mínimo de módulos fotovoltaicos para su operación, por otra parte, una vez seleccionada la potencia instalada no puede ser aumentada por lo antes visto. Otra cuestión importante es la garantía de los inversores centrales debido a que en su gran mayoría solamente llegan a los 5 años lo que genera un punto débil a todo el sistema fotovoltaico por la importancia que tiene al ser el vínculo de generación y conexión a la red.

El diseño del sistema fotovoltaico con inversor central contempló dos subarreglos, los cuales son conectados en serie para generar una tensión óptima de 370 V, para que cumpla el rango de tensión de operación del inversor Galvo 3.1-1 el cual es de 165-550 V. Es necesario recalcar que un subarreglo genera 184 V a MPP, sin embargo, se debe considerar los efectos perjudiciales creados por las condiciones climatológicas, por tal razón, se pensó aumentar la tensión conectando en serie los subarreglos para una adecuada operación del inversor. A la salida de cada subarreglo se encuentra una caja de conexiones (String box) para una fácil desconexión y para la unión al gabinete en donde se encuentra la protección en CD, de igual manera, se encuentra el varistor marcado por la NOM-001-SEDE-2012, para su protección a descargas atmosféricas. Los conductores tipo solar que surgen del gabinete de CD se conectan al inversor Galvo y este se encuentra ubicado en el área de usos múltiples cerca del centro de carga de la planta alta, esto para su fácil acceso y conexión. Los conductores de salida del inversor generan una tensión y corriente de salida de 220 V y 14.1 A respectivamente en corriente alterna (CA) y estos son conectados al gabinete en donde se encuentra la protección contra sobre corrientes, así como los bloques de distribución y el supresor de picos de CA. Para finalizar la conexión, las salidas de los bloques de distribución van conectados al tablero de distribución para su conexión a la red. En la figura 3.12 se puede apreciar el diagrama de conexión del SFVI utilizando Inversor central.

La figura 3.13 muestra el diagrama unifilar correspondiente al diseño del sistema fotovoltaico con inversor central. Para mayor información con respecto al cálculo del dimensionamiento (Ver Anexo B).

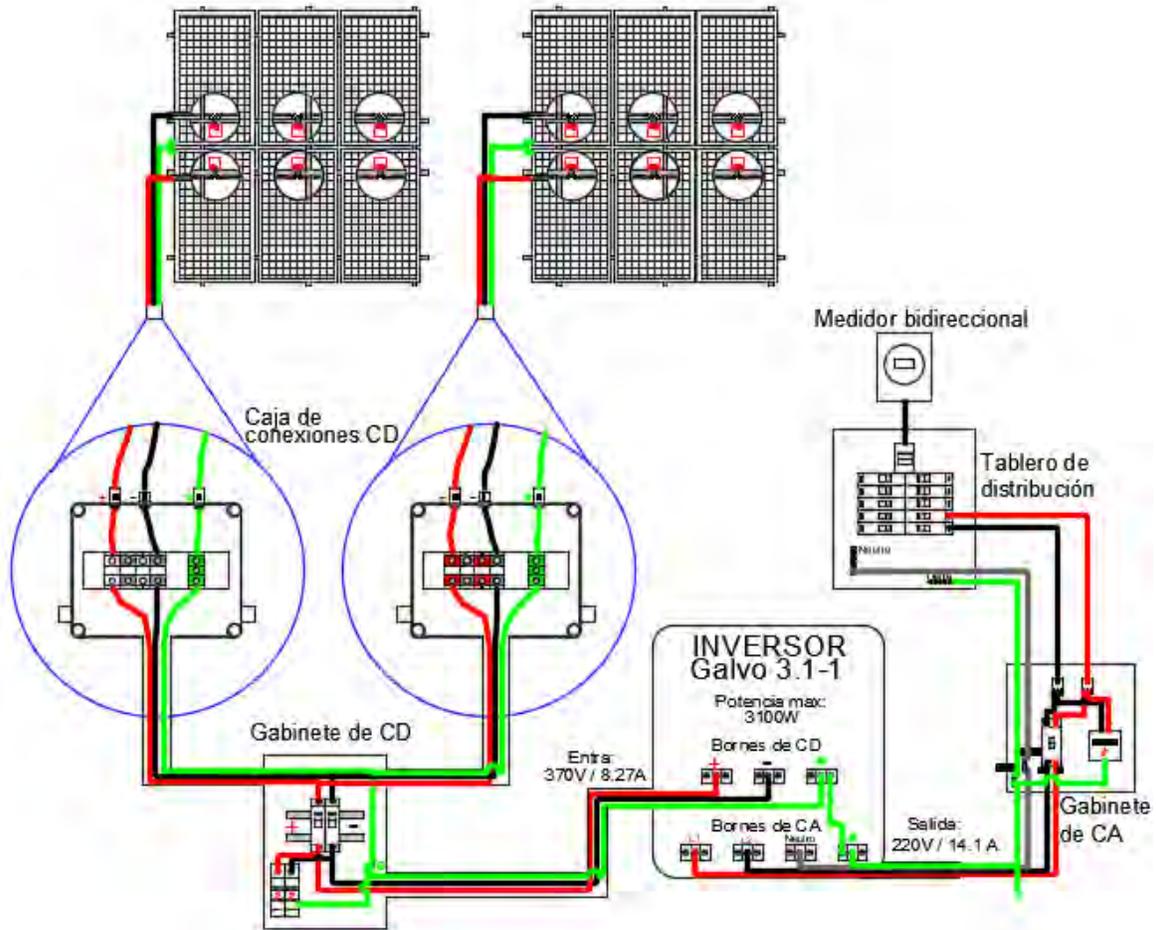


Figura 3.12. Diagrama de conexión del SFVI utilizando inversor central

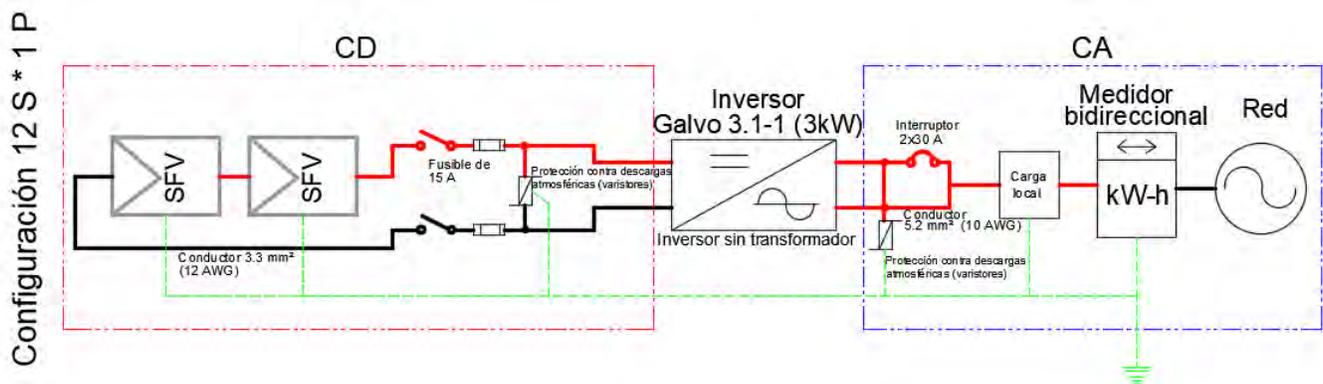


Figura 3.13. Diagrama unifilar del SFVI utilizando inversor central.

3.3.6.2 Sistema Fotovoltaico con Microinversor

El dimensionamiento del SFVI con microinversores es prácticamente nulo con respecto al inversor, debido a que son independientes, y por esta situación la potencia generada es más eficiente en comparación al sistema anterior, ya que el efecto de sombreado perjudica a un módulo fotovoltaico mientras que el resto mantiene su generación a máxima potencia.

El diseño del sistema fotovoltaico con microinversores consta de los dos subarreglos los cuales cada módulo fotovoltaico es conectado a un microinversor y este se encuentra fijado a la estructura, asimismo, el microinversor se conecta en serie mediante el cable engage para sumar la corriente generada y esta manera llega a la caja de conexión en donde es suministrado 240 V y 6 A en CA por cada subarreglo. A medida que no se requiere ningún equipo o material en CD simplemente se resume a un gabinete de CA en donde se encuentra el interruptor termomagnético, el supresor de picos de CA y de igual manera los bloques de distribución de donde surge el conductor convencional el cual va conectado al tablero de distribución como se muestra en la figura 3.14. La figura 3.15 muestra el diagrama unifilar para el SFVI utilizando Microinversores. (Ver Anexo B).

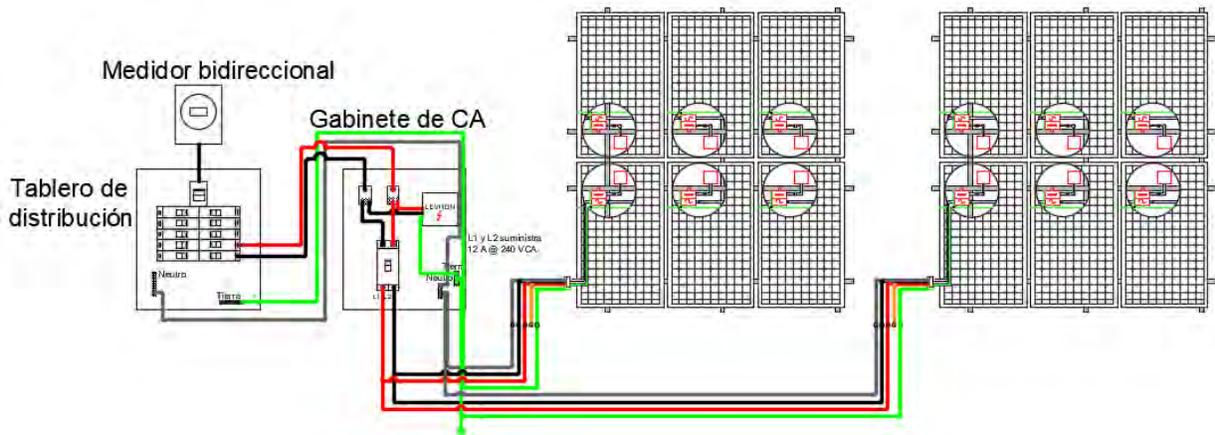


Figura 3.14. Diagrama de conexión del SFVI utilizando microinversores.

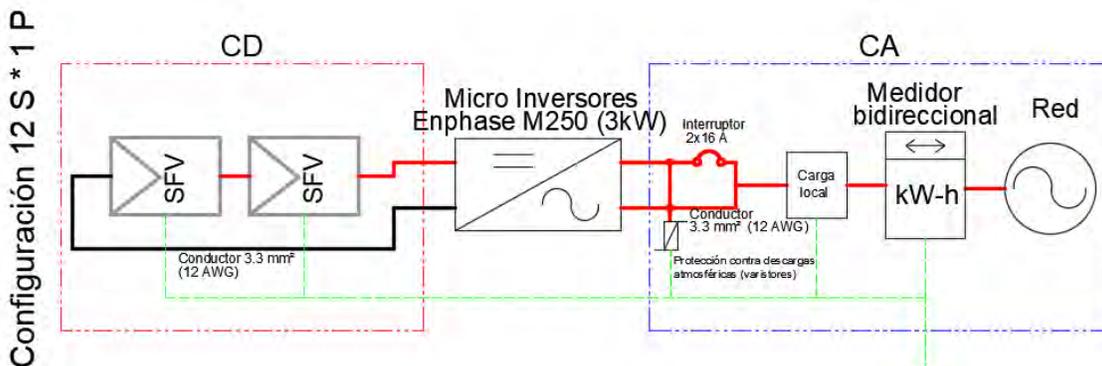


Figura 3.15. Diagrama unifilar del SFVI con microinversores.

3.4 NORMATIVA PARA LA INTERCONEXIÓN

Actualmente la posibilidad de interconexión a la red de CFE es por medio del “*Contrato de interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala*” el cual permite a usuarios con servicio doméstico o comercial que pertenezcan a la tarifa de baja tensión, instalar y conectar a la red un sistema de generación de energía eléctrica producida por medio de energías renovables (CFE, 2012).

La interconexión con la CFE permite generar energía mediante la fuente renovable (Energía solar) y este será medido bajo el esquema de medición neta. La medición neta es la manera de estimar el uso de la fuente renovable y de este modo el usuario puede cuantificar la energía que inyecta a la red siendo todo o en parte del consumo generado en el inmueble.

Algunos de los puntos más importantes a destacar dentro del contrato de interconexión para fuentes de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala, son los siguientes:

1. El contrato aplica a la persona física o moral que cuente con un equipo de generación eléctrica con Fuente de Energía Renovable o aquellas personas físicas o morales que cuenten con un Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala.
2. La potencia máxima a instalar dependerá del tipo de servicio.
 - Para usuarios con servicio doméstico es de 10 kW
 - Para usuarios con servicio comercial hasta de 30 kW
3. Los medidores y los equipos de medición exclusivamente serán instalados por la CFE. El usuario únicamente pagará la diferencia entre el costo del equipo para realizar la medición neta y el costo de un equipo convencional.
4. La facturación se realiza con respecto al consumo de energía el cual se determinará como la diferencia entre la energía eléctrica consumida y la energía eléctrica generada.

Es importante mencionar que, si la generación sobrepasa el consumo, este se considera como crédito a favor el cual puede ser compensando dentro del periodo de los 12 meses siguientes. En la figura 3.16 se muestra el esquema de interconexión a la red de CFE.

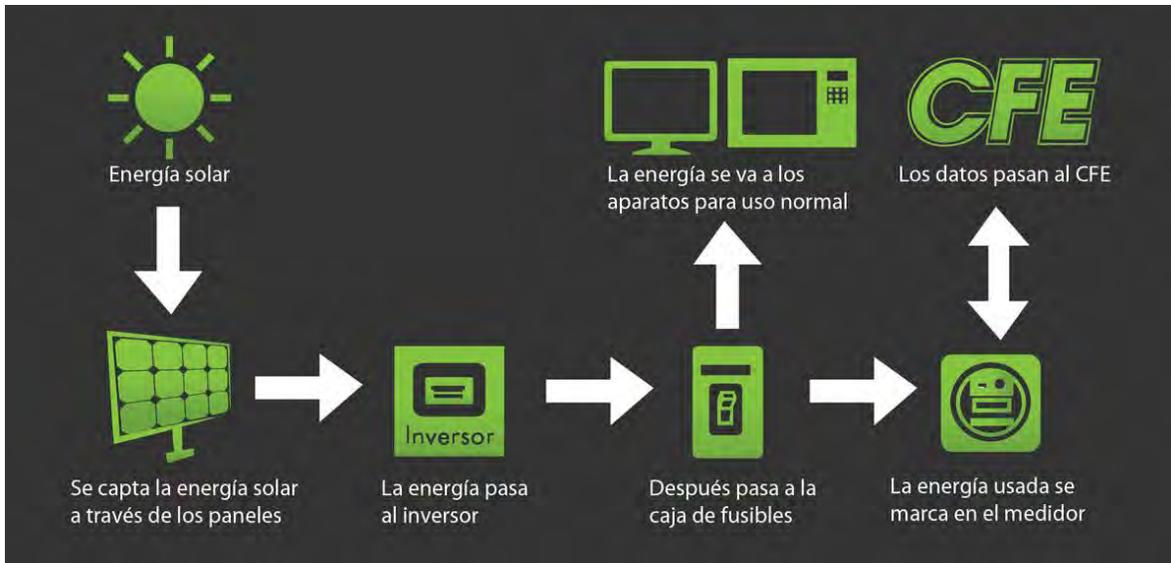


Figura 3.16. Esquema de interconexión a la red de CFE.

Fuente: CFE

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS SISTEMAS FOTVOLTAICOS INTERCONECTADOS

La inversión inicial de una instalación fotovoltaica está en función de la potencia instalada. Por lo general el precio del watt fotovoltaico en el sector residencial en Estados Unidos oscila entre los dos y cinco dólares por watt instalado (Fu, y otros, 2016), considerando el aumento exponencial en el mercado fotovoltaico en años pasados y las leyes que benefician la implementación de estos sistemas, se puede afirmar que los precios se reducirán al grado de ser económicamente atractiva al público en general (Marrero, 2017).

La finalidad del trabajo se centra en mostrar que, la implementación de un SFVI es una alternativa atractiva en el ámbito residencial con tarifa 1 y en específico la 1C. Teniendo como caso de estudio el inmueble de las Villas Universitarias en donde se estudiará los casos propuestos en el capítulo anterior, los cuales son:

- Sistema fotovoltaico con inversor central con una capacidad instalada de 3 kW.
- Sistema fotovoltaico con microinversores con una capacidad instalada de 3 kW.

Para ampliar las variables de estudio se analizó un tercer caso, el cual será la propuesta de un sistema fotovoltaico con microinversores con una potencia instalada de 1.5 kW, sea esto por el sistema modular que existente con este tipo de inversores. En cuanto a los sistemas de 3kW se homogenizaron los materiales en los dos primeros estudios al mantener constante la potencia instalada, la estructura, el sistema de canalización y, por último, mantener una similitud entre inversores por lo que en el costeo se contempló el sistema de monitoreo (Envoy) en la tarjeta de precios unitarios de los microinversores. Es importante destacar que el consumo generado por el edificio es constante en las tres variables a estudiar, no obstante, cada una de ellas contempla distintos equipos y materiales para su instalación y operación.

4.1 COSTOS FACTURADOS EN LA TARIFA ELÉCTRICA 1C

Las tarifas de energía eléctrica son las disposiciones específicas establecidas por la CFE, que contienen las condiciones y cuotas que rigen para los suministros de energía eléctrica en cada clase de servicio. De acuerdo con la CFE, la tarifa 1 se aplica a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo, conectas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda (CFE, 2017). Teniendo en cuenta esto, se puede aclarar que, aunque las Villas Universitarias pertenezcan a la UQROO el servicio será de uso doméstico.

En el sureste mexicano la tarifa predominante es la “1C” siendo establecida por la CFE porque la temperatura media mínima en verano es de 30°C. Las tarifas subsidiadas contemplan dos tipos de cobro al año, siendo estas las mostradas en la tabla 4.1 y 4.2. Cabe destacar que la tarifa se seleccionó considerando la temporada de verano es en el mes de abril (CFE, 2016).

Tabla 4.1. Cargos por energía en la tarifa 1C fuera de verano. Precio correspondiente al 2016.

Concepto	kWh	Enero	Febrero	Marzo	Octubre	Noviembre	Diciembre
Consumo básico	75	\$ 0.793	\$ 0.793	\$ 0.793	\$ 0.793	\$ 0.793	\$ 0.793
Consumo intermedio	100	\$ 0.956	\$ 0.956	\$ 0.956	\$ 0.956	\$ 0.956	\$ 0.956
Consumo excedente	Por cada kWh	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802

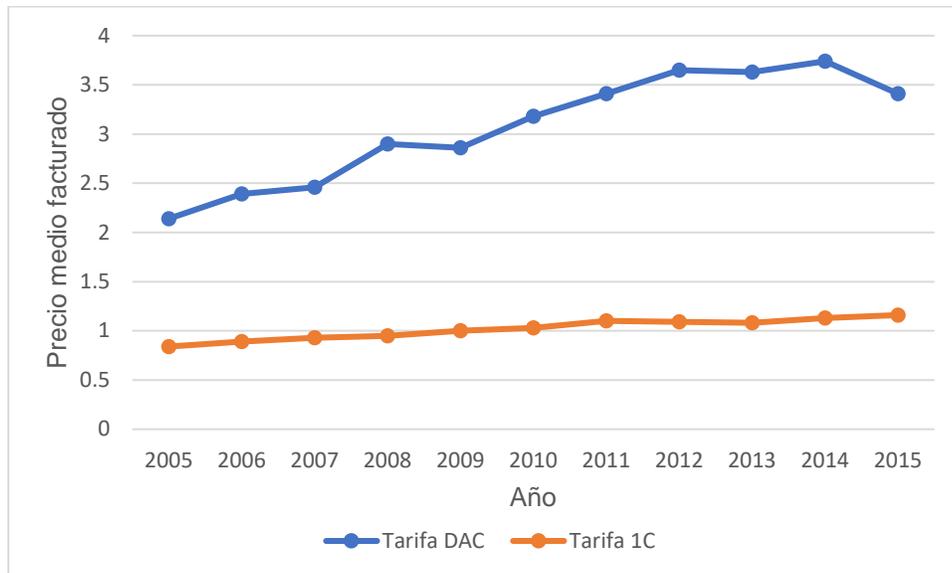
Fuente: CFE

Tabla 4.2. Cargos por energía en la tarifa 1C dentro de verano. Precios correspondientes al 2016

Concepto	kWh	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Consumo básico	150	\$ 0.697	\$ 0.697	\$ 0.697	\$ 0.697	\$ 0.697	\$ 0.697
Consumo intermedio bajo	150	\$ 0.822	\$ 0.822	\$ 0.822	\$ 0.822	\$ 0.822	\$ 0.822
Consumo intermedio alto	150	\$ 1.050	\$ 1.050	\$ 1.050	\$ 1.050	\$ 1.050	\$ 1.050
Consumo excedente	Por cada kWh	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802

Fuente: CFE

La gráfica 4.1 representa el aumento del precio facturado de la tarifa 1C y tarifa DAC durante el periodo del 2005 al 2015.

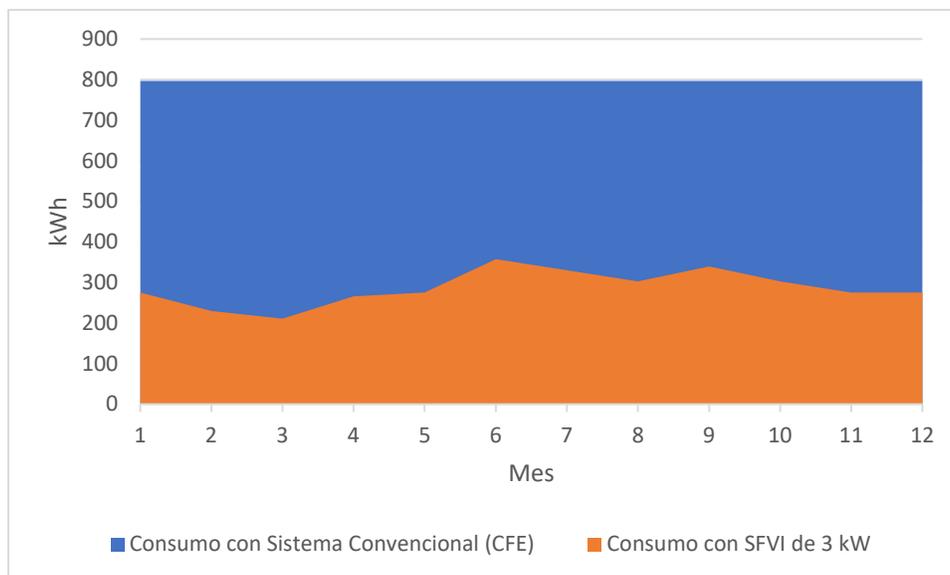


Gráfica 4.1. Precio medio facturado (pesos/kWh) a precios constantes de 2015.
Fuente: Elaboración propia con datos del balance nacional de energía 2015.

4.2 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO Y GENERACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS VILLAS UNIVERSITARIAS

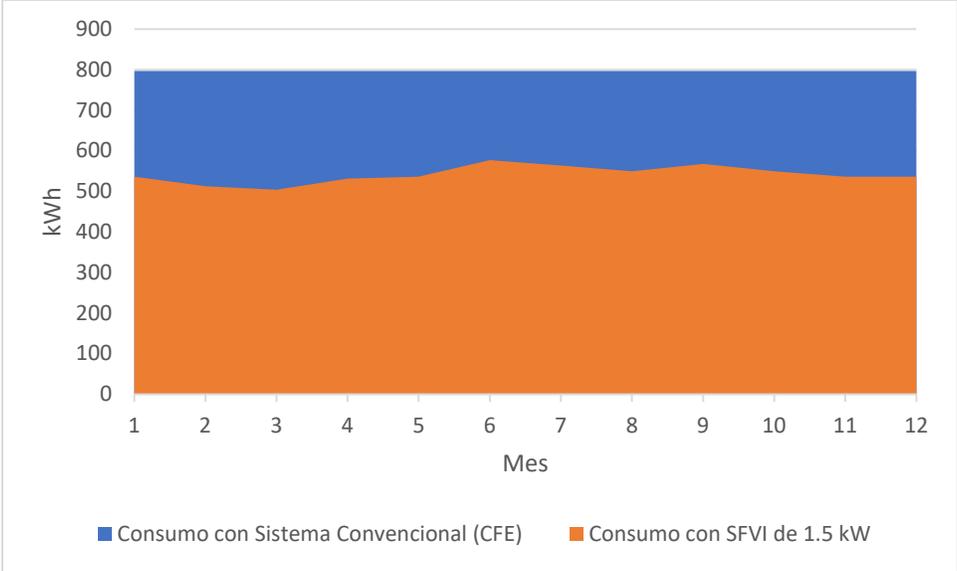
De acuerdo a lo realizado en el proyecto eléctrico del capítulo dos y la demanda propuesta en el capítulo tres, se concluyó que el consumo eléctrico en el edificio es de 796.73 kWh, y este será constante durante el periodo de un año para fines de estudio (Ver anexo D).

En la gráfica 4.2 se aprecia la disminución del consumo durante el transcurso de los doce meses siendo ocasionada por la fuente renovable propuesta de 3 kW, el cual se redujo un 64% anual. La potencia generada se contempló similar en ambos casos (Inversor central y Microinversores), sin embargo, no es así por lo ya demostrado en el capítulo anterior.



Gráfica 4.2. Comparativa del consumo eléctrico de las Villas Universitarias con SFVI (3kW).

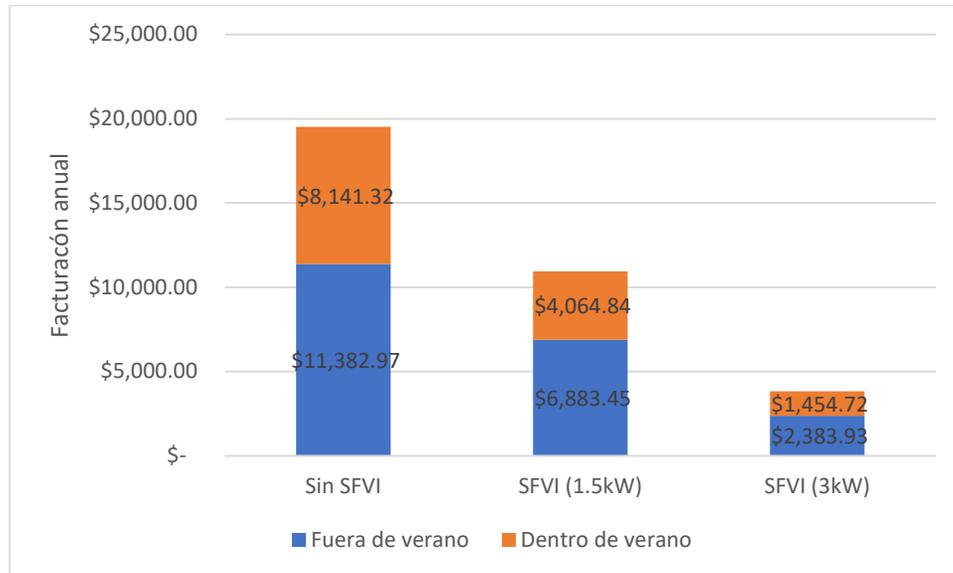
Por otra parte, en la gráfica 4.3 se observa el SFVI con una potencia instalada de 1.5 kW por lo que generó una reducción en el consumo del edificio de un 32% anual.



Gráfica 4.3. Comparativa del consumo eléctrico de las Villas Universitarias con SFVI (1.5kW).

4.3. AHORRO ESTIMADO EN EL COSTO POR FACTURACIÓN DE LAS VILLAS UNIVERSITARIAS

Para determinar los beneficios económicos obtenidos por la implementación de los sistemas fotovoltaicos en el edificio, se realizó un análisis económico con el plazo de un año, teniendo en cuenta los precios facturados en las dos temporadas de cobro (dentro y fuera de verano) y el consumo antes y después de la implementación de los sistemas. En la gráfica 4.4 se observa la disminución de la facturación en el plazo de un año a la CFE. (Ver Anexo E)



Gráfica 4.4. Costo anual por facturación eléctrica en los periodos dentro y fuera de verano.

La tabla 4.3 muestra el costo facturado anual en el inmueble tomando como referencia el costo anual sin SFVI, de igual manera, en la tabla 4.4 se observa el ahorro por facturación contemplando los diferentes sistemas de generación. Es importante destacar que el ahorro generado por el sistema de 1.5 kW es de 56.1%, mientras que del sistema propuesto originalmente de 3 kW es de 80.3% con respecto al costo facturado sin sistema alterno.

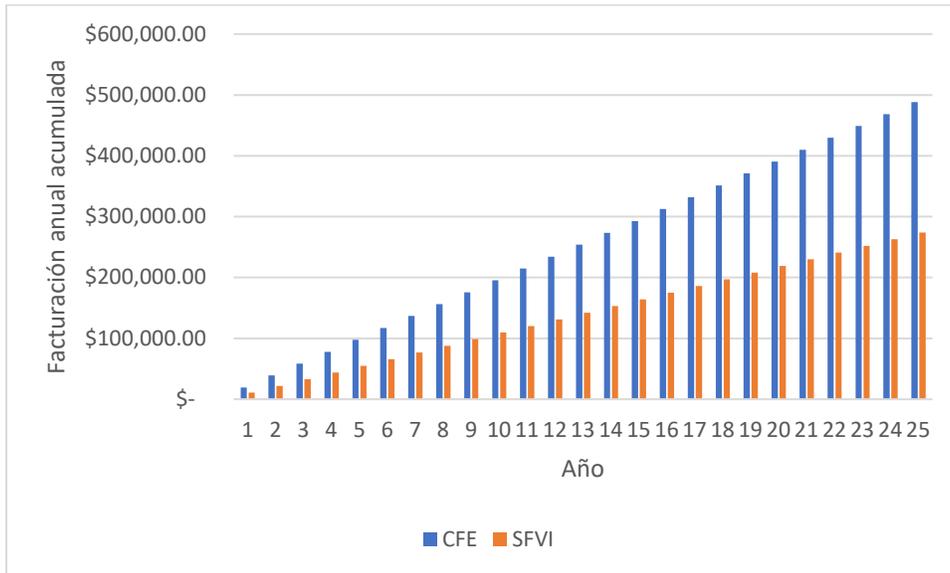
Tabla 4.3. Costo facturado anual.

Costo anual sin SFVI (\$/año)	Costo anual con SFVI de 1.5 kWp (\$/año)	Costo anual con SFVI de 3 kWp (\$/año)
\$19524.30	\$10948.29	\$3838.65

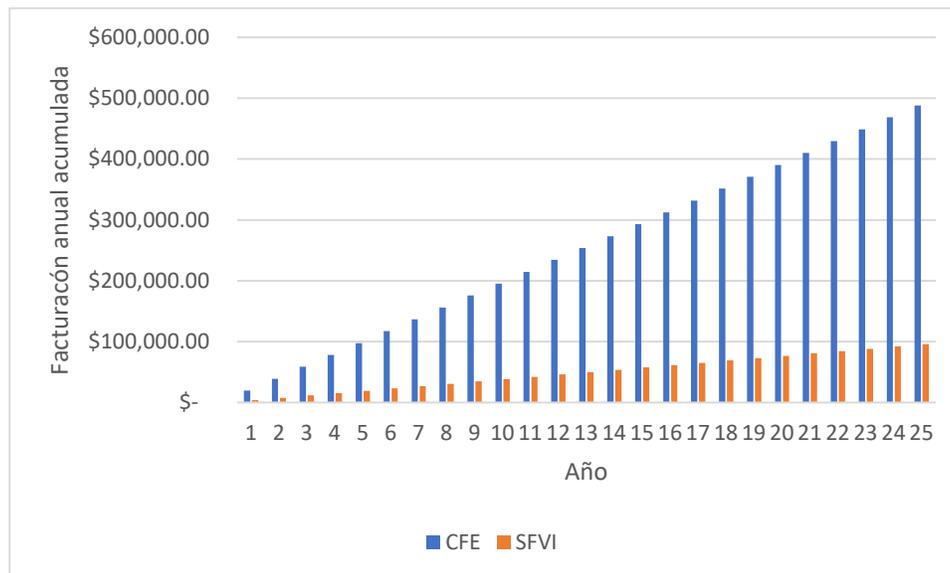
Tabla 4.4. Ahorro generado por la implementación de los SFVI.

Ahorro anual con SFVI (1.5 kWp)	Ahorro anual con SFVI (3 kWp)
\$8576.01	\$15685.65

Las gráficas 4.5 y 4.6 muestran la comparativa de la facturación acumulada durante los años de la vida útil del SFVI con respecto al sistema tradicional (CFE)



Gráfica 4.5. Facturación anual acumulada con el SFVI (1.5kW).



Gráfica 4.6. Facturación anual acumulada con el SFVI (3kW).

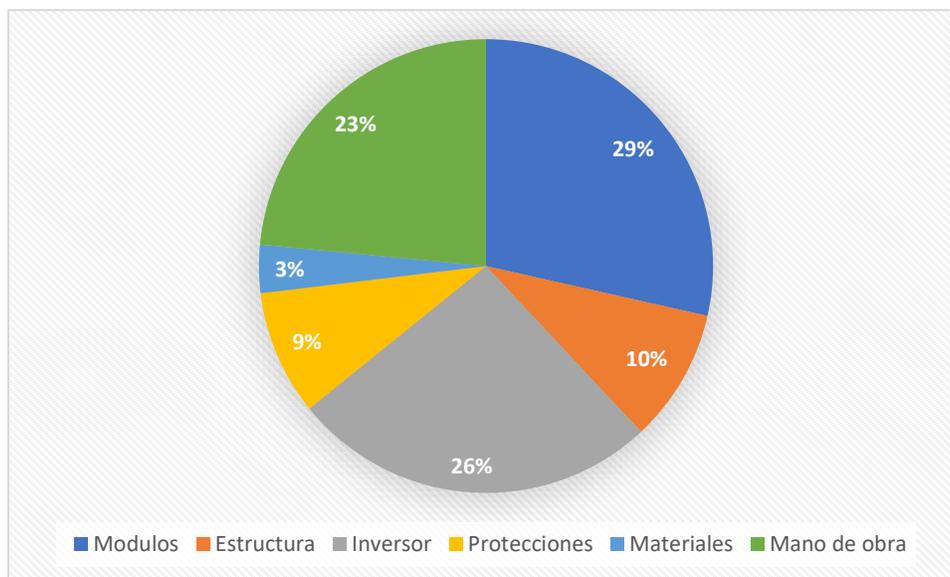
4.4 COSTO DE LOS COMPONENTES Y MANO DE OBRA

Se realizó el análisis de factibilidad para la implementación de un SFVI, para ello se efectuó un estudio de mercado, para seleccionar los componentes o equipos adecuados para la instalación sin que estos bajen la calidad de la misma. En segunda instancia, se debe ejecutar un análisis de precios unitarios para conocer el precio por la mano de obra que se cobra por dicha instalación. A continuación, en la tabla 4.5 se muestra la inversión en cada uno de los casos propuestos.

Tabla 4.5. Inversión de los SFVI

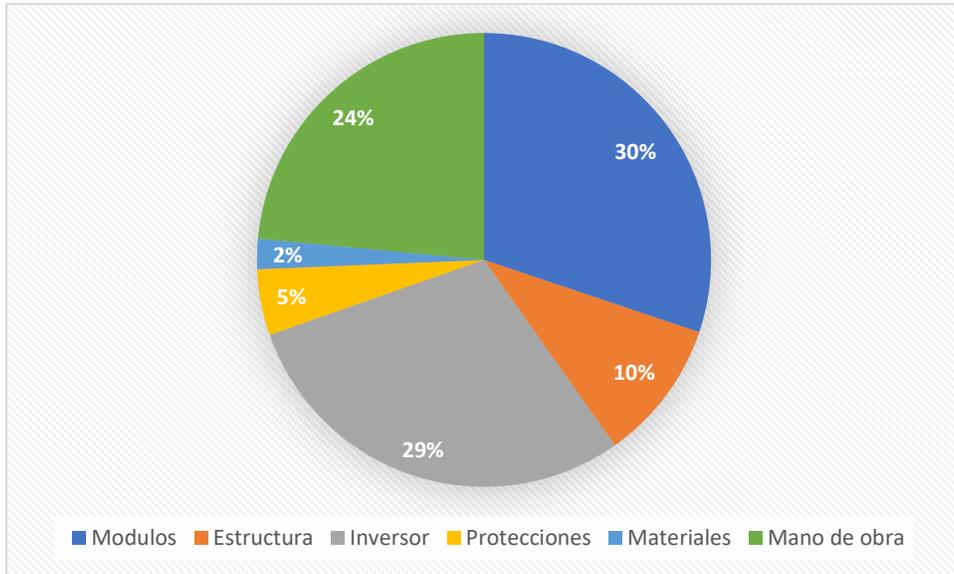
Tipo de sistema	SFVI con microinversor (1.5kW)	SFVI con microinversor (3kW)	SFVI con inversor central (3kW)
Inversión	\$105,163.03	\$198,894.86	\$190,381.03

Las gráficas 4.7, 4.8 y 4.9 muestran los porcentajes equivalentes que representan cada uno de los equipos, materiales y mano de obra con respecto a cada situación presentada en los apartados anteriores. (Ver Anexo F)

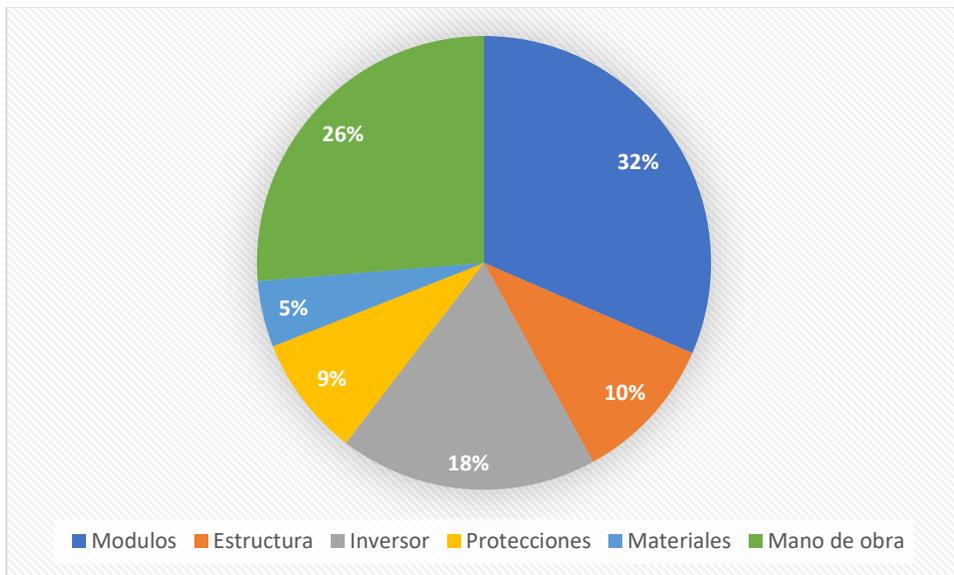


Gráfica 4.7. Porcentaje equivalente a la instalación SFVI utilizando microinversores con una capacidad de 1.5 kW.

La gráfica 4.7 contempla el porcentaje equivalente de los diferentes aspectos considerados dentro de ella, es importante mencionar que esta comparativa se llevó a cabo por el sistema modular que emplean los microinversores, ya que, para este caso específico, solamente se consideró la mitad de los equipos y materiales a utilizar en la instalación propuesta originalmente.



Gráfica 4.8. Porcentaje equivalente a la instalación SFVI utilizando microinversores con una capacidad de 3 kW.



Gráfica 4.9. Porcentaje equivalente a la instalación SFVI utilizando inversor central con una capacidad de 3 kW.

Examinando las gráficas 4.8 y 4.9, se puede comentar lo siguiente: en primer lugar, existe un aumento significativo del 11% en el costo de los microinversores vs inversor central, sin embargo, su implementación los microinversores son mejores por lo siguiente: tiene una garantía más prolongada, no hay una potencia mínima para su operación, operan en el punto MPP en cada módulo ya que son independientes, es de fácil instalación y por último tiene una protección NEMA 6. En segundo lugar, el SFVI con inversor central tiene un aumento del 7% en las áreas de protecciones y materiales, dado que opera en un rango de tensiones CD, las cuales son superiores los 200 V (CD). Por tal razón, se requiere de equipos y materiales marcados en la NOM-001-SEDE-2012 tales como: protecciones en CD, varistores, supresores de picos, cajas de conexiones (String Box), entre otros. Por lo que resulta más costoso que los microinversores, ya que va instalado debajo del mismo módulo fotovoltaico y su salida es corriente alterna, por consiguiente, se reduce equipo y materiales en CD. En último lugar, se encuentra la comparativa entre las manos de obra con una diferencia del 2%, ya que se necesita mayor tiempo de instalación y montaje por los equipos de CD y como consecuencia, es mayor el costoso de instalación. En conclusión, el SFVI utilizando microinversores es más costoso, no obstante, existe mayores beneficios como: mayor tiempo de la garantía, hay una generación de mayor versatilidad debido a que los módulos fotovoltaicos son independientes, existe la posibilidad de aumentar la potencia instalada, reduce el tiempo en la instalación, y, por último, es mucho más seguro para el usuario puesto que solamente se trabaja con corriente alterna (CA). En la tabla 4.6 se puede observar la comparativa de los SFVI dependiendo del tipo de inversor.

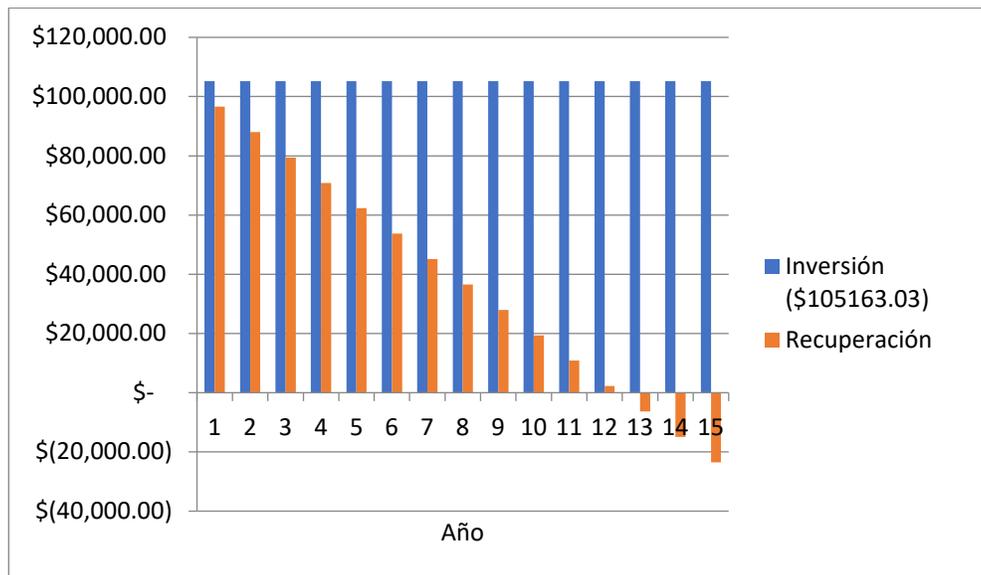
Tabla 4.6. Comparativa de los SFVI dependiendo del inversor.

SFVI	Inversor central	Microinversor
Dimensionamiento	Complejo	Sencillo
Potencia mínima instalada	1.5 kW (Fronius Galvo)	250W (Enphase M250)
Protección	CD / CA	CA
Instalación	Tardada	Rápida
Capital de inversión (3kW)	Menor	Mayor
Posibilidad de aumentar la potencia instalada	No	Si
Generación a MPP por módulo	No	Si
Seguridad	No	Si
Garantía	5 años	10. años (posibilidad de aumentar)

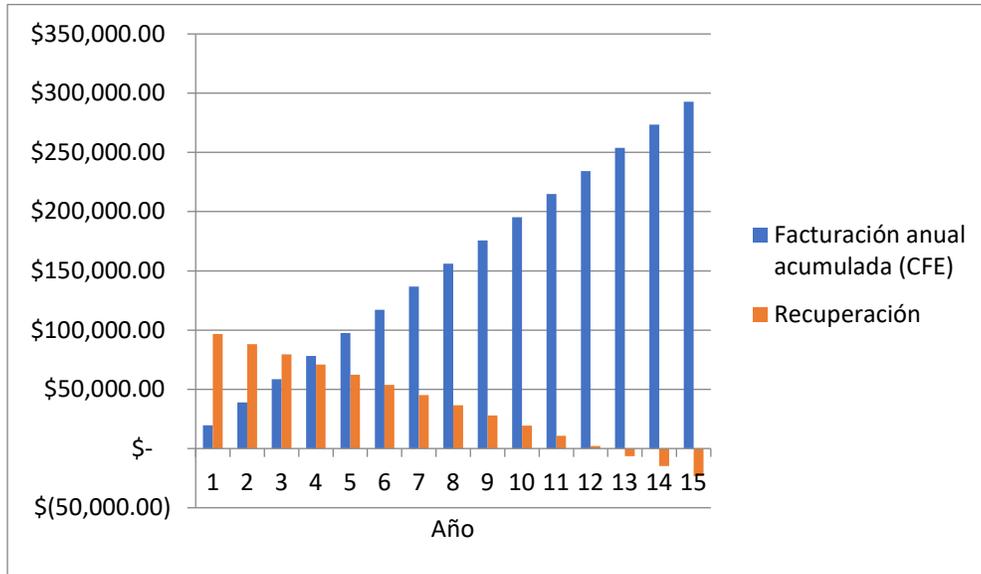
4.5 ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN CON CAPITAL DISPONIBLE

La recuperación de los SFVI varía con respecto a la disponibilidad del capital a invertir, puesto que, si se tiene acceso al él, solamente existe recuperación por la disminución en la facturación realizada por la CFE. La recuperación con capital disponible se obtuvo mediante la diferencia entre la inversión y el ahorro acumulado durante el transcurso de los años, el cual resulta ser la sustracción de la facturación con sistema tradicional (CFE) y con SFVI. De igual forma, se abordó el punto de equilibrio, este se define como, el punto en donde la inversión es cercana o igual al punto de facturación acumulada de manera que, los flujos de efectivos empiezan a ser positivos. En otras palabras, el costo por consumo tradicional es igual o cercano al de la recuperación de la inversión.

Las gráficas 4.10 y 4.11 muestran el punto de recuperación y de equilibrio del sistema de 1.5 kW, en donde la recuperación se encuentra cercana a los 12 años con una cantidad de \$2,250.00 pesos a favor de la inversión, mientras que, en el punto de equilibrio existe una diferencia entre la facturación y la recuperación de \$7,238 pesos en el cuarto año.

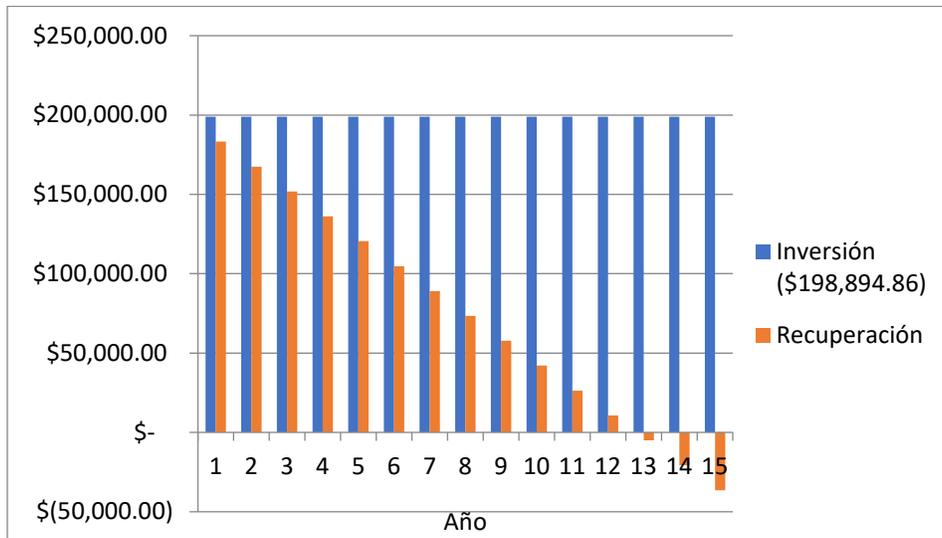


Gráfica 4.10. Recuperación del SFVI de 1.5 kW.

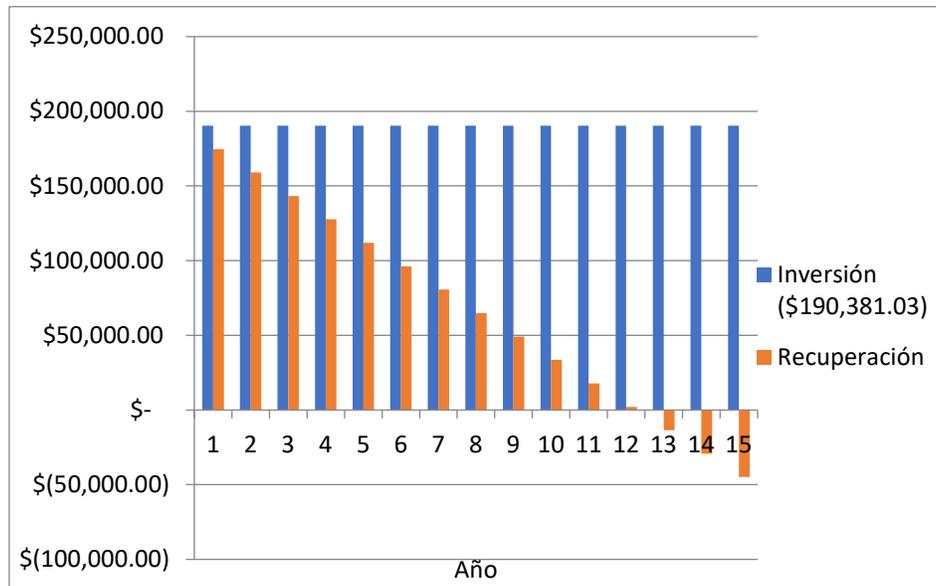


Gráfica 4.11. Punto de equilibrio del SFVI de 1.5kW con capital disponible.

La recuperación va ligada a la inversión, por lo tanto, la recuperación del SFVI con inversor central es más temprana a comparación del otro sistema de la misma capacidad. Es importante recalcar que a pesar de la diferencia de \$8,513.83 pesos entre las inversiones iniciales, los dos sistemas recaen en una recuperación a los 12 años como se muestra en la gráfica 4.12 y 4.13.

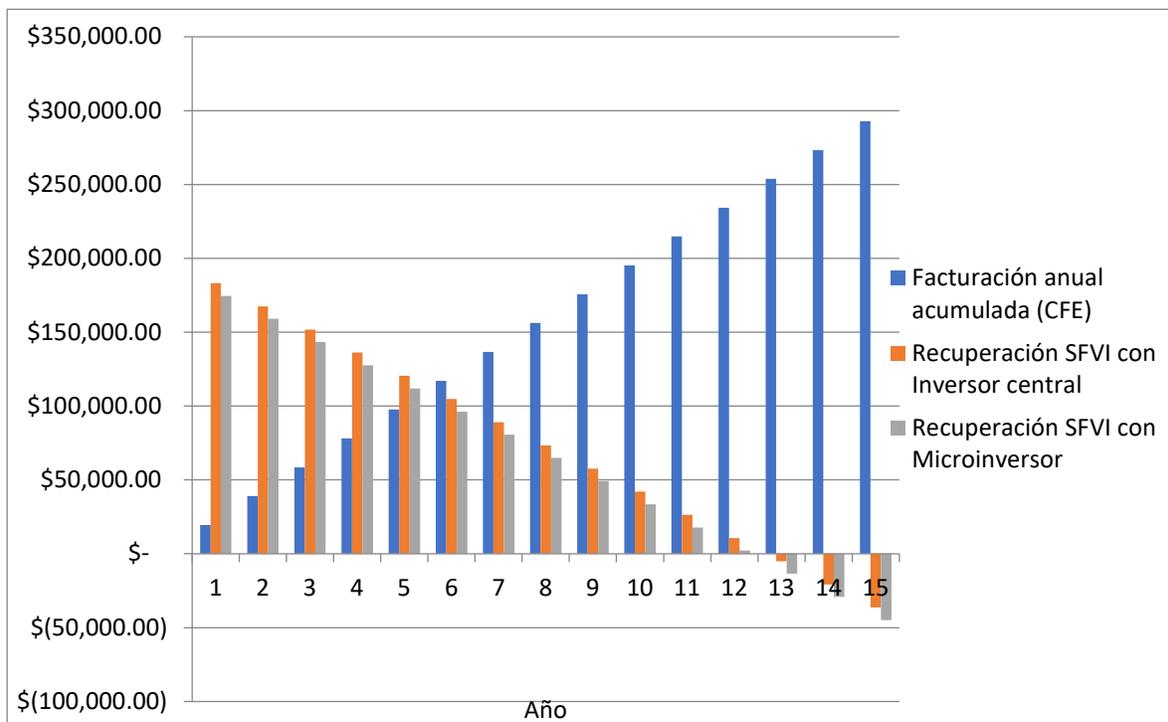


Gráfica 4.12. Recuperación del SFVI de 3kW con Microinversores y capital disponible.



Gráfica 4.13. Recuperación del SFVI de 3kW con Inversor central y capital disponible.

En la gráfica 4.14 se observa como los puntos de equilibrios coexisten entre el quinto y sexto año, teniendo la misma cantidad de diferencia, ya que los puntos de recuperación y equilibrio son dependientes a la inversión inicial.



Gráfica 4.14. Puntos de equilibrio de los SFVI de 3kW con capital disponible.

4.6. ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN CON CRÉDITO BANCARIO

Para el análisis de recuperación con crédito bancario, se recabó información con la institución bancaria CIBANCO. Dicho banco otorga crédito a personas físicas para la adquisición de módulos fotovoltaicos reduciendo con ello su consumo eléctrico. El modelo de préstamo consta de proporcionar un enganche por parte del solicitante para la compra de los equipos, el cual fue considerado de \$40,000 pesos para los tres casos propuestos; posteriormente a la instalación, CIBANCO corrobora el adecuado funcionamiento de la instalación y al término otorga el crédito solicitado.

El criterio utilizado por CIBANCO para otorgar el financiamiento en cada uno de los sistemas propuestos, es el Valor Presente Neto (VPN). Este método es empleado para evaluar proyectos de inversión a largo plazo el cual depende de la inversión inicial, las inversiones durante la operación, los flujos netos de efectivos, la tasa de rentabilidad y el número de periodos que dure el proyecto. El VPN consiste en trasladar los flujos netos de efectivo de los años futuros al presente mediante la tasa de interés elevada en el año que corresponda y a su vez, es restada la inversión inicial que se encuentra en tiempo presente.

$$VPN = -S_o + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \frac{S_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n} \quad (4.1)$$

En donde:

$VPN =$ Valor Presente Neto

$S_o =$ Inversión inicial

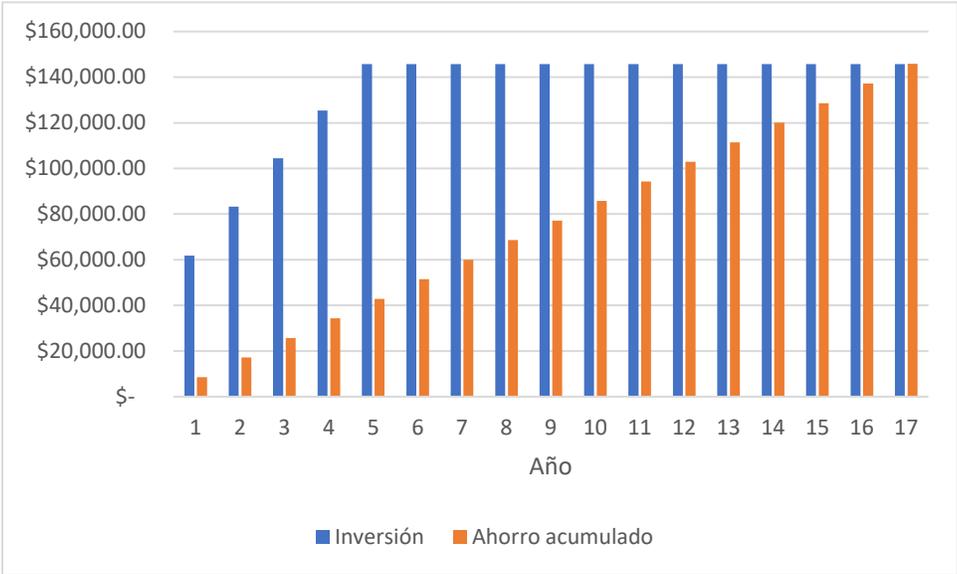
$S_1 =$ Flujo Neto de Efectivo del año 1

$S_n =$ Flujo Neto de Efectivo del año n

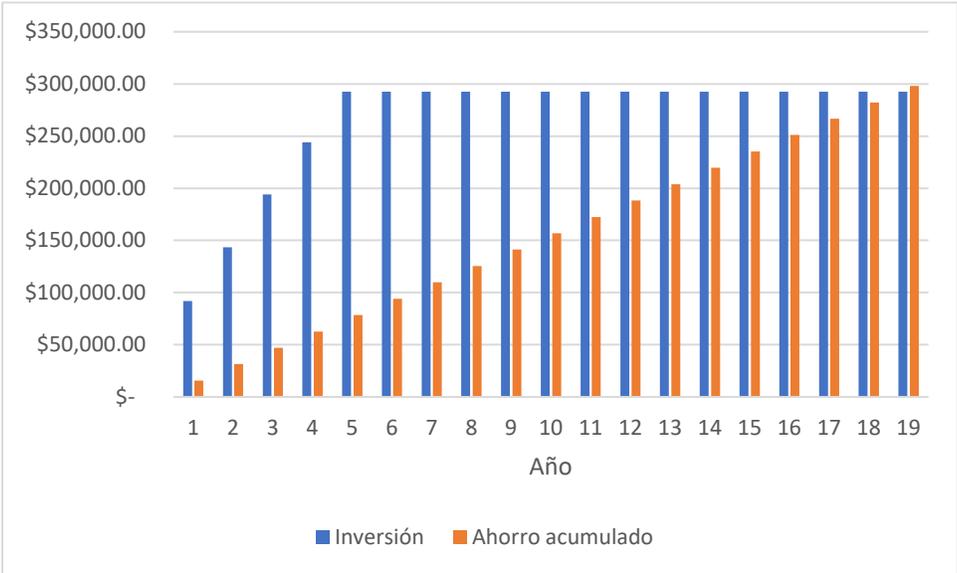
$i =$ tasa de interés

Considerando la tasa de interés dada por CIBANCO del 16% anual, se tomó que el plazo del crédito fuera de 5 años, tomando como referencia a las demás instituciones bancarias con el plazo similar en créditos personales.

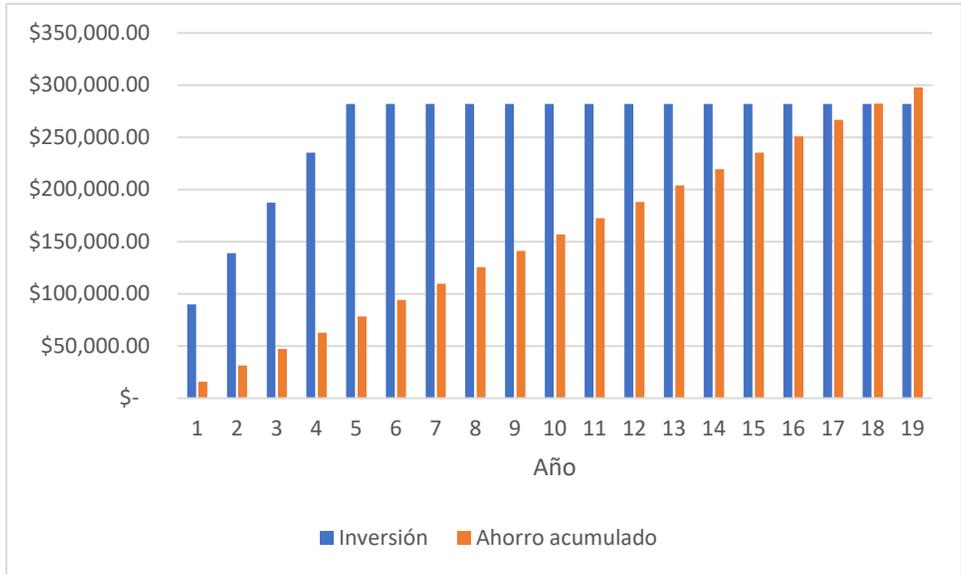
El realizar una inversión con fines de generación eléctrica por un medio no convencional, es una inversión costosa en su gran mayoría, pero los beneficios a mediodos y largos plazo son evidentes con respecto a la facturación futura. La recuperación de la inversión con crédito bancario es inexistente en los tres casos ya que durante el periodo del préstamo existirán consumos por facturación más los pagos correspondientes del crédito durante los 5 años, sin embargo, se consideró la recuperación del SFV mediante los ahorros generados en la facturación como se muestra en las gráficas 4.15, 4.16 y 4.17.



Gráfica 4.15. Recuperación del SFVI de 1.5 kW con crédito bancario.

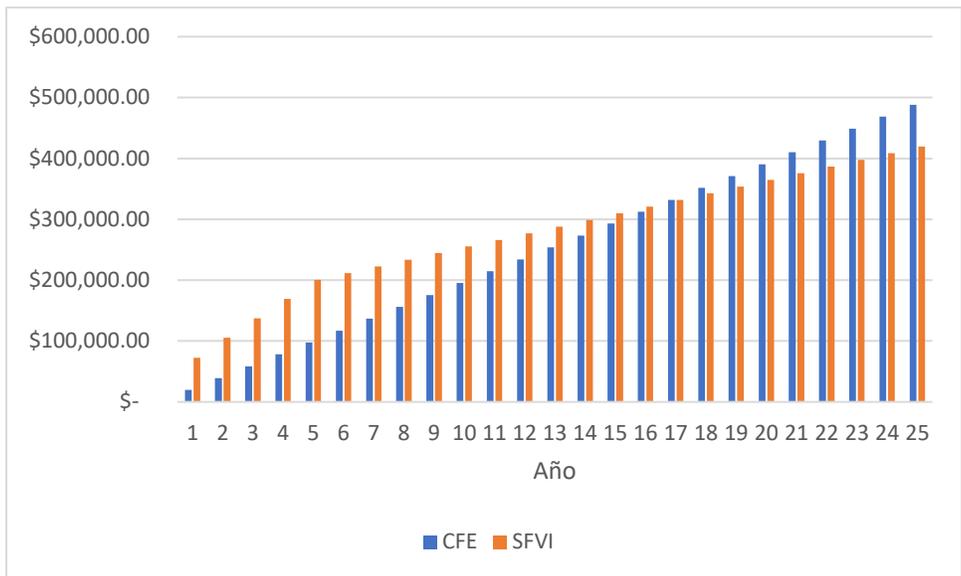


Gráfica 4.16. Recuperación del SFVI de 3kW con crédito bancario utilizando Microinversores.

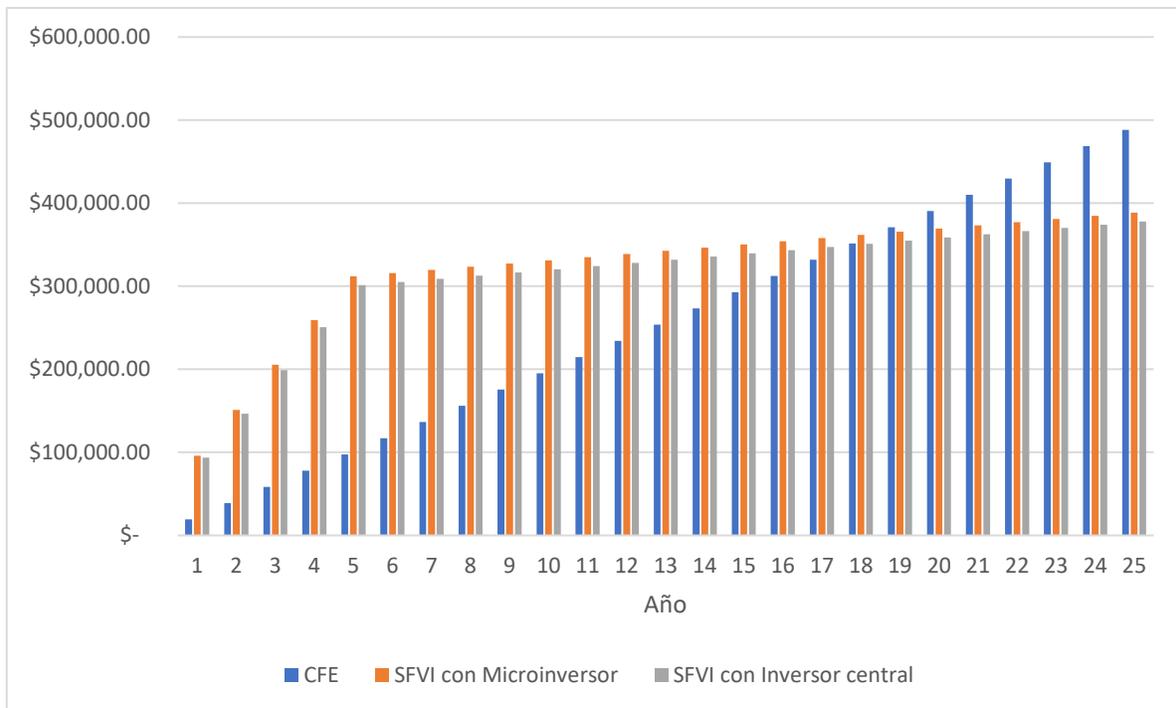


Gráfica 4.17. Recuperación del SFVI de 3kW con crédito bancario utilizando Inversor central.

Con respecto al punto de equilibrio, este es diferente al caso anterior con capital disponible, siendo determinado por el punto en donde los flujos de efectivos (inversión y consumo) son similares o cercanos al costo acumulado por la facturación eléctrica como se muestra en la gráfica 4.18.



Gráfica 4.18. Punto de equilibrio de los SFVI de 1.5kW con crédito bancario.



Gráfica 4.19. Puntos de equilibrio de los SFVI de 3kW con crédito bancario.

Analizando la tabla 4.19, se puede concluir que el comportamiento que los consumos durante el plazo de la vida útil del SFVI es progresivo hasta el término del préstamo bancario, a partir del quinto año, su comportamiento de los consumos es prácticamente constante en comparación de la facturación sin sistema alterno. El punto de equilibrio para el microinversor se encuentra en el año 19, mientras que para el inversor central se sitúa en el año 18. Dicha diferencia proviene por la inversión total y la facturación contemplando la disminución provocada por el SFVI, no obstante, en el campo laboral el comportamiento de generación por inversor central será menor en comparación de los microinversores, por lo tanto, podría alcanzar un punto de equilibrio mayor al de los microinversores.

CONCLUSIONES.

- Existe la normativa para una vivienda sustentable, que abarca desde el envolvente del edificio, los criterios y requerimientos mínimos para una edificación sustentable hasta la reglamentación de equipos altamente eficientes para un ahorro energético en la vivienda; sin embargo, los altos costos en equipos, materiales y la falta de conocimiento de la normatividad existente, son causantes de no desarrollar edificaciones sustentables.
- ECO CASA, FIDE, SEDATU y NAFINSA otorgan financiamiento para adquirir electrodomésticos con una alta eficiencia o en su caso equipos para generación de energía eléctrica con el fin de disminuir la dependencia energética a la CFE, no obstante, los requisitos solicitados para el financiamiento contemplan estándares bastante altos y en su mayoría gran parte de los usuarios no califican para el apoyo.
- Con base a lo investigado en la temática de políticas públicas, se puede concluir que hace falta elaborar políticas públicas o modelos de construcción de vivienda donde se contemple un SFVI y su costo sea incluido en el cobro de la hipoteca.
- A pesar de las restricciones de la reforma energética, esta se puede considerar benéfica al sector residencial ya que, mediante el contrato de interconexión y el sistema de medición neta, permite a cualquier usuario generar su propia energía eléctrica para abastecer cierto porcentaje de la demanda consumida en su periodo de facturación.
- Mediante la comparativa de los inversores, se pudo concluir que, para cuestiones de generación eléctrica en el ámbito residencial, es conveniente la utilización de microinversores ya que son versátiles, mantiene en el MPP en el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos, tienen la posibilidad de incrementar la potencia de generación, son de fácil de instalación, son seguros para los residentes del edificio y además tienen una garantía mayor.
- En cuanto al consumo en las Villas Universitarias, se logró visualizar que para usuarios cercanos al consumo límite establecido por la CFE en la tarifa 1C, basta con implementar un SFVI de 3 kW para reducir el consumo un 64% anual o en todo caso, un SFVI de 1.5 kW el cual reduce un 32% anual.
- Con respecto a la inversión por suministro e instalación del SFVI, resulta relativamente más económico el SFVI con inversor central, no obstante, esa diferencia con respecto al SFVI con microinversores garantiza un aumento en el ahorro por facturación, seguridad, confiabilidad al sistema y una mayor

garantía del sistema completo, por lo tanto, la garantía cubriría gran parte de la vida útil del SFVI.

- Se logro comprobar que el costo por Watt fotovoltaico en el sector residencial oscila entre los dos y cinco dólares, teniendo como resultados para los SFVI de 1.5 kW con Microinversores, 3 kW con Microinversores y 3 kW con Inversor Central el costo de \$3.90 dólares, \$3.68 dólares y \$3.53 dólares respectivamente.
- El SFVI con una capacidad de 1.5kW con capital disponible tiene un punto de equilibrio más corto en comparación con los sistemas de 3 kW, no obstante, su punto de recuperación es el segundo entre los tres casos propuesto. Esto quiere decir que con la modulación de los microinversores es posible empezar con una potencia mínima (un módulo) y posteriormente aumentarla con base a las necesidades del inmueble y de esta manera reducir el tiempo de recuperación por el ahorro generado.
- Por lo que se refiere a la implementación de un SFVI con crédito bancario con un plazo de 5 años, resulta ser muy costoso al grado de no ser redituable ya que tiende a tener un punto de equilibrio mayor a los 10 años, sin embargo, podría llegar a serlo con un plazo menor o un aumento en el enganche cedido.
- El costo por watt instalado en Estados Unidos oscila entre los dos y cinco dólares, como se cita en el apartado 4.1; el resultado promedio obtenido en este estudio fue de \$3.70 dólares por watt instalado, similar a la referencia de ese país, esto significa que es posible económicamente adquirir un SFVI aun estando en una tarifa 1C, siempre y cuando el estatus social sea de clase media alta como lo marca la Profeco², debido a la diferencias de ingresos medios entre los habitantes de ambos países.
- Los resultados obtenidos demuestran que la hipótesis es falsa, ya que el tiempo de recuperación de los SFVI implementados en tarifas subsidiadas es mucho mayor que en tarifas DAC. Sin embargo, el punto de equilibrio con capital disponible es similar al punto de recuperación de dichas tarifas, por tal razón, resultan ser redituables.
- Por lo que se refiere a la implementación de un SFVI con crédito bancario, no son viables ya que aumentan significativamente su costo y su punto de equilibrio, aunque con la modulación de los microinversores es posible

² Se puede consultar en el Programa de Protección al Consumidor 2013-2018, presentado por la Profeco y publicado por la Secretaría de Economía (SE) el 8 de mayo del 2014.

proponer un SFV con una potencia mínima limitada al capital disponible y con el plazo del tiempo aumentarla a la potencia requerida.

- La implementación de un SFVI mediante la utilización de microinversores resulta posible y atractivo en el sector residencial teniendo como beneficios los siguientes aspectos: el ahorro en la facturación eléctrica, los bajos costos de operación, el aprovechamiento de superficies no utilizadas, la reducción de radiación en el tejado por medio del sombreado generado por los módulos fotovoltaicos, consecuentemente, la disminución de la temperatura en el edificio, el aumento de la plusvalía de la propiedad por utilización de sistemas pasivos el cual puede ser de 3 a 4%.
- El uso de este tipo de tecnologías conlleva a la concientización por el cuidado al medio ambiente ya que mitiga en gran medida la generación de GEI.

REFERENCIAS

- ABB. (8 de Diciembre de 2015). *Ficha técnica bloques de distribución*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de ABB: http://new.abb.com/docs/librariesprovider62/zema-itampa/energijos-paskyrstymo-gnybtai_serija-dbl_en.pdf?sfvrsn=2
- ABB. (21 de Febrero de 2016). *OVR PV T2 40-600 P TS QS* . Recuperado el 24 de Julio de 2017, de ABB: <http://new.abb.com/products/2CTB804153R2900/ovr-pv-t2-40-600-p-ts-qs>
- Acosta, R., Gutiérrez, L., Morales, L., Díaz, H., Cuevas, J., & Medina, L. (2015). *RETROSPECTIVA DEL SISTEMA HÍBRIDO (EÓLICO-SOLAR-DIESEL) DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE XICALAK, QUINTANA ROO*. Recuperado el 7 de Mayo de 2017, de Universidad Autónoma del Estado de México: http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Resumen/CB/RO/CBO-40.pdf
- Alatorre. (2009). Energías renovables para el desarrollo sustentable en México. En J. Ortiz, O. Mesera, y A. Fuentes, *La ecotecnología en México* (pág. 46). Morelia: Imagia Comunicación.
- Almanza, A. (2017). Big potencial in small-scale solar. En Coldwell, P. Ochoa, C. Beltrán, L. y otros, *Mexico Energy Review 2017* (pág. 285). México: Toguna
- Alves , R., Chacón, F., & Toledo, H. (Junio de 2009). *ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE FACTIBILIDAD DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA EN VENEZUELA*. Documento presentado en el II Congreso Venezolano de Redes y Energía Eléctrica. Recuperado el 5 de Mayo de 2017 de: http://www.cnv-cigre.org.ve/congreso_2009/page2/page28/page33/files/D1-168.pdf
- Angeles, G. O. (2009). *CONSERVACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO RURAL AL APLICARSE TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA. ESTUDIO DE CASO EN TAPANATEPEC, OAXACA* (Tesis Maestría, Instituto Politecnico Nacional, Ciudad de México, México) . Recuperado el 30 de Abril de 2017 de: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4383/CONSERVACIONAMBIENT.pdf?sequence=1>
- Argos Electrica. (1 de Julio de 2016). *Gabinete Himel*. Recuperado el 2017 de Julio de 24, de Argos Electrica: <http://www.argoselectrica.com/precios/julio2016.pdf>
- AS-COA. (22 de Mayo de 2014). *Reforma energética: Legislación Secundaria*. Recuperado el 23 de Octubre de 2016, de Americas Society / Council of the Americas: http://www.as-coa.org/sites/default/files/presentacion_Lourdes.pdf
- Aura Solar. (27 de Mayo de 2015). *Energía Solar Fotovoltaica*. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de Aura Solar: <http://www.aurasolar.com.mx/energia-solar-fotovoltaica.html>
- BREEAM. (2 de Marzo de 2016). *Esquemas de Certificación*. Recuperado el 25 de Octubre de 2016, de BREEAM: <http://www.breeam.es/index.php/certifica/esquemas-de-certificacion>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 24 de Febrero de 2017.

- CCEEA. (12 de Octubre de 2016). *Los precios por kilowatt instalado de paneles solares en comercios y residencias continúan bajando*. Recuperado el 26 de Julio de 2017, de CCEEA: <https://ccea.mx/energia-solar/los-precios-por-kilowatt-instalado-de-paneles-solares-en-comercios-y-residencias-continuan-bajando/>
- CFE. (29 de 03 de 2012). *Contrato para interconexión a pequeña escala*. Obtenido de CFE: http://www.cfe.gob.mx/conocecfe/desarrollo_sustentable/paginas/energia-renovable.aspx
- CFE. (15 de Septiembre de 2012). *Disposiciones complementarias*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2016, de Comisión Nacional de Electricidad: http://www.cfe.gob.mx/negocio/2_Conocetutarifa/Paginas/Disposiciones-complementarias.aspx
- CFE. (29 de Marzo de 2012). *Energía renovable*. Recuperado el 15 de Julio de 2017, de CFE: http://www.cfe.gob.mx/conocecfe/desarrollo_sustentable/paginas/energia-renovable.aspx
- CFE. (6 de Diciembre de 2012). *Tarifa DAC*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2016, de Comisión Nacional de Electricidad: http://www.cfe.gob.mx/casa/4_informacionalcliente/paginas/tarifa-dac.aspx
- CFE. (11 de Agosto de 2014). *LEY DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD*. Recuperado el 29 de Octubre de 2016, de Comisión Federal de Electricidad: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/MarcoLegalNormativo/Lists/Leyes1/Attachments/24/Leydelacomisionfederaldeelectricidad.pdf
- CFE. (2 de Febrero de 2016). *Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30 grados centígrados*. Recuperado el 17 de Abril de 2017, de CFE: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1C&Temporada2=Verano&Anio=2016&imprime=&Periodo=4&mes2=a+septiembre.&mes=7
- CFE. (13 de Enero de 2017). *Tarifa 1*. Recuperado el 28 de Julio de 2017, de CFE: http://app.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2017
- CIBANCO. (Diciembre de 2016). *Simulador crédito panel solar*. Recuperado el 17 de Julio de 2017, de CIBANCO: <http://www.cibanco.com/es/cibanco/simulador-credito-panel-solar>
- CONAVI. (13 de Marzo de 2013). *NAMA Apoyada para la Vivienda Sustentable en México – Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros*. Recuperado el 24 de Octubre de 2016, de CONAVI: <http://www.conavi.gob.mx/viviendasustentable>
- CONAVI. (2010). *Código de Edificación de Vivienda*. En CONAVI, *Código de Edificación de Vivienda México*: CONAVI

- Conermex. (20 de julio de 2016). *Diseño Técnico-Comercial de SFVIR*. Recuperado el 7 de Marzo de 2017, de Conermex: <http://www.conermex.com.mx/webinar/Dia-2-aspectos-tecnico-economicos.pdf>
- CONUEE. (20 de Diciembre de 2010). NOM-023-ENER-2010, Eficiencia energetica en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Limites, metodo de prueba y etiquetado. México: Diario Oficial de la Federación
- CONUEE. (6 de Diciembre de 2010). NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energetica de lamparas para uso general. Limites y metodos de prueba. México: Diario Oficial de la Federación.
- CONUEE. (14 de Diciembre de 2011). NOM-018-ENER-2011, Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba. México: Diario Oficial de la Federación.
- CONUEE. (9 de Agosto de 2011). NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltante de edificios para uso habitacional. México: Diario Oficial de la Federación.
- CONUEE. (2012). NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización). México: Diario Oficial de la Federación.
- CONUEE. (18 de Octubre de 2012). NOM-024-ENER-2012, Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba. México: Diario Oficial de la Federación.
- CONUEE. (6 de Marzo de 2013). *Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética Vigentes*. Recuperado el 31 de Agosto de 2016, de Gob.mx: <http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-en-eficiencia-energetica-vigentes>
- Cooper Bussmann. (31 de Mayo de 2010). *Máxima protección en aplicaciones de energía solar*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Cooper Bussmann: <http://www1.cooperbussmann.com/pdf/ac081fe4-0e32-4885-a3ee-2642c41d1584.pdf>
- CRE. (30 de Diciembre de 2016). *Balance Nacional de Energía 2015*. Recuperado el 5 de Mayo de 2017, de Gob.mx: <http://www.gob.mx/sener/documentos/balance-nacional-de-energia>
- Cuter, A. (2017). Trail blazer ramps up as sector grows. En Coldwell, P. Ochoa, C. Beltrán, L. y otros, *Mexico Energy Review 2017* (pág. 262-263). México: Toguna
- DIAZ, A. (2010). Proyecto de instalaciones electricas residenciales. (Tesis de pregrado, Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, México). Recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de Scribd: <https://es.scribd.com/document/142003189/Ortiz-Diaz>
- Enphase. (6 de Junio de 2015). *Envoy Communications Gateway*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Enphase: https://enphase.com/sites/default/files/Envoy_DS_EN_60Hz.pdf
- Enphase. (6 de Junio de 2016). *Ficha técnica Microinversores de Enphase*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Enphase: <https://enphase.com/sites/default/files/downloads/support/M250-DS-ES.pdf>
- Escobar, D. (12 de Julio de 2013). ESTUDIO TÉCNICO - ECÓNOMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN MASIVA DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LOS ESTRATOS CINCO Y SEIS DE LA

- CIUDAD DE CALI (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia). Recuperado el 5 de Mayo de 2017, de Repositorio Educativo Digital de la Universidad Autónoma de Occidente: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5219/1/TME01603.pdf>
- Exelsolar. (25 de Marzo de 2016). *Kit SunRail vertical para +2 paneles (60) en 2 filas 30°*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Exelsolar: <http://www.exelsolar.com/Productos/Detalle/PASBUNAB185?url=http://www.exelsolar.com/Productos/Categoria/Bundles/Marca/PV%20accessories/Subdivision/4?pagina=1>
- Exelsolar. (25 de Marzo de 2016). *Kit SunRail Vertical para 4 paneles (60) en 2 filas 30°*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Exelsolar: <http://www.exelsolar.com/Productos/Detalle/PASBUNAB180?url=http://www.exelsolar.com/Productos/Detalle/PASBUNAB185?url=http://www.exelsolar.com/Productos/Categoria/Bundles/Marca/PV%20accessories/Subdivision/4?pagina=1?pagina=2>
- Exelsolar. (6 de Diciembre de 2016). *String Box (Cajas de Conexión)*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Exelsolar: <http://www.exelsolar.com.mx/Descargas/Catalogo-Exel-Solar.pdf>
- Exelsolar. (5 de Junio de 2017). *Manual de Instalación Sistema Sunrail*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Exelsolar: http://www.exelsolar.com/Documentos/ManualesUsuario/Productos/SRIV-2X2-20-60_ManualUsuario.pdf
- FIDE. (11 de Noviembre de 2011). *Financiamiento para la Generación de la Energía con Sistemas Fotovoltaicos*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias: https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/FOROFV_2011/FOROFV_MEXICO_2011/VIERNES_11_NOV_2011/06_Ing_Job_Garcia_FIDE-CFE.pdf
- FIDE. (7 de Marzo de 2012). *Programa de Mejoramiento Integral Sustentable*. Recuperado el 23 de Mayo de 2017, de Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica: http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=704&Itemid=308
- Fu, R., Chung, D., Lowder, T., Feldman, D., Ardani, K., & Margolis, R. (2016). *U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2016*. Obtenido de NREL: <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66532.pdf>
- Flores, H. (2 de Marzo de 2017). *Diseño y Dimensionamiento con Microinversores Enphase*. Recuperado el 13 de Junio de 2017, de Exelsolar: http://www.exelsolar.com/Documentos/ManualesUsuario/Productos/M215-60_ManualUsuario3.pdf
- Fronius. (4 de Agosto de 2015). *Fronius Galvo 3.1-1*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Fronius: https://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-9A1F342F-9EB547B7/fronius_mexico/hs.xsl/6884_10345.htm#.WXZ7Z5e6zIU

- Froniusnagyker. (13 de Mayo de 2014). *Fronius-Galvo*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Froniusnagyker: <http://www.froniusnagyker.hu/wp-content/uploads/2014/04/Fronius-Galvo-kezelési-útmutató.pdf>
- González, L. (22 de Agosto de 2016). Lanza programa de uso eléctrico sustentable. *EL ECONOMISTA*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de El economista: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2016/08/22/lanzan-programa-uso-electrico-sustentable>
- Harper, G. (2005). *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. D.F: Limusa
- Harper, G. (2015). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. México: Limosa.
- Huacuz, J. (2016). *Energías renovables en el IIE, punto de apoyo para la transmisión energética de México*. México, Cuernavaca: Instituto de Investigación Eléctricas.
- INFONAVIT. (9 de Mayo de 2017). *¿Qué es vivienda sustentable?* Recuperado el 5 de Agosto de 2017, de INFONAVIT: http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/Infonavit/Contactanos/Aclara%2btus%2bdudas/Trabajadores/Tips_para_elegir_casa/01_Que_es_vivienda_sustentable
- INFONAVIT. (4 de Abril de 2017). *Hipoteca Verde*. Recuperado el 27 de Mayo de 2017, de INFONAVIT: http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/trabajadores/saber+para+decidir/cuido_mi_casa/hipoteca+verde/hipoteca+verde
- Islas, J., Ríos, M., y Grande, G. (9 de Marzo de 2011). *Evaluación económica y ambiental de escenarios de la energía solar en el sector residencial de México 2030*. Documento presentado en el I Taller de innovación fotovoltaica y caracterización de celdas solares CIE-UNAM Recuperado el 5 de Mayo de 2017, de Instituto de Energías Renovables-UNAM: [http://www.cie.unam.mx/lifycs/ITaller2011/Sesiones/9Marzo-Characterizacion-y-Materiales/Sesion4-ModelacionSimulacion-y-Characterizacion-de-Celdas-y-Sistemas/An%C3%A1lisis%20economico%20de%20sistemas%20FV%20en%20sector%20residencial%20\(Jorge%20Islas\).pdf](http://www.cie.unam.mx/lifycs/ITaller2011/Sesiones/9Marzo-Characterizacion-y-Materiales/Sesion4-ModelacionSimulacion-y-Characterizacion-de-Celdas-y-Sistemas/An%C3%A1lisis%20economico%20de%20sistemas%20FV%20en%20sector%20residencial%20(Jorge%20Islas).pdf)
- IUSASOL. (28 de Septiembre de 2015). *Ficha técnica paneles IUSASOL*. Recuperado el 22 de Junio de 2017, de IUSASOL: <http://www.iusasol.mx/Content/layout/pdf/FichaTécnicaPaneles-IUSASOL.pdf>
- Josep, J. (Enero de 2010). *Proyecto de las instalaciones de un edificio destinado a viviendas*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2016, de Universidad Politécnica de Catalunya: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/8931>
- Juárez, A. S. (2013). *Tecnología fotovoltaica aplicada al bombeo de agua*. México, D.F: SAGARPA.
- Marrero, L. (2017). Quality and reputation trump cost. En Coldwell, P. Ochoa, C. Beltrán, L. y otros, *Mexico Energy Review 2017* (pág. 258). México: Toguna
- Masautomatizacion. (17 de Septiembre de 2015). *Ficha técnica supresor de picos bifásico residencial*. Recuperado el 24 de Junio de 2017, de Masautomatizacion:

http://www.masautomatizacion.com/tienda/51110-1?filter_name=SUPRESOR%20DE%20PICOS

- Meana, S. (22 de Agosto de 2016). Nafinsa dará créditos para comprar paneles solares. *EL FINANCIERO*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/otorgan-creditos-para-comprar-paneles-solares.html>
- Morales, A. (2014). Propuestas para promover la investigación y el desarrollo. En J. Ortiz, O. Maser, y A. Fuentes, *La ecotecnología en México* (pág. 44). Morelia: Imagia Comunicación.
- Morales, C. (22 de Octubre de 2013). *CÁLCULO DE UNA TARIFA DE ALIMENTACIÓN PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS RESIDENCIALES EN COLOMBIA*. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de REVISTAS CIENTÍFICAS DE LA UNIVERSIDAD DE MEDELLIN: <http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/viewFile/904/893>
- Moreno, S. (20 de Abril de 2006). *Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública Vivienda*. Recuperado el 30 de Agosto de 2016, de Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión: http://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Comisiones/d_vivienda.htm#_ftnref1
- Morillon, D. (Septiembre de 2012). *Edificación Sustentable*. Recuperado el 5 de Mayo de 2017, de INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM: http://www.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/MemoriasdeEventos/SemanaVerde2012/05_Viernes/DavidMorillonGalvez2.pdf
- NASA. (3 de Agosto de 2016). *NASA Surface meteorology and Solar Energy - Location*. Recuperado el 13 de Marzo de 2017, de Atmospheric Science Data Center: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>.
- Ortiz, J. (Febrero de 2013). *Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala*. Recuperado el 30 de Abril de 2017, de Fundación Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4888075.pdf>
- Pacheco, C. S. (2010). *SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA APLICADOS A VIVIENDAS RESIDENCIALES EN ENTORNO*. Recuperado el 30 de Abril de 2017, de Repositorio Abierto de la Universidad Internacional de Andalucía: http://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/503/0115_Sanchez%20.pdf?sequence=1
- Philips. (25 de Agosto de 2015). *A-Shape LED*. Recuperado el 22 de Julio de 2017, de Distributordatasolutions: https://media.distributordatasolutions.com/Philips/files/File_20A21_2700_3WAY_6_1_Leafllet.pdf
- PyMES FUTURO. (29 de Marzo de 2013). *El Valor Presente Neto (VPN)*. Recuperado el 5 de Agosto de 2017, de PyMES FUTURO: <http://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>

- Rodríguez, A., Cadena, A., y Aristizábal, A. (30 de Junio de 2015). *Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca*. Recuperado el 30 de Abril de 2017, de Catálogo de Revistas en línea:
revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/download/1019/1054
- Sánchez, A. (2011). *SlidePlayer*. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/4177720/>
- Sánchez, A., Islas, J., Manzini, F., Grande, G., Carrasco, F., & Zenón, E. (2013). *POTENCIAL DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN MÉXICO. ANÁLISIS DE LOS SECTORES RESIDENCIAL, PÚBLICO E INDUSTRIAL POR ENTIDAD FEDERATIVA*. Cuernavaca, México: Instituto de Energías Renovables de la UNAM.
- Secretaría de Economía. (2013). *NORMA MEXICANA NMX-AA-164-SCFI-2013 EDIFICACIÓN SUSTENTABLE - CRITERIOS Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES MÍNIMOS*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2016, de SEMARNAT:
- Secretaría de Economía. (2014). *NMX-AA-171-SCFI-2014 REQUISITOS Y ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO AMBIENTAL DE ESTABLECIMIENTOS DE HOSPEDAJE*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Secretaria de economia. (17 de marzo de 2016). *Competitividad y Normatividad / Normalización*. Recuperado el 31 de Agosto de 2016, de Gob.mx: <http://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion>
- SEDEMA. (15 de Septiembre de 2013). *Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables del Gobierno del Distrito Federal*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal: <http://martha.org.mx/una-politica-con-causa/wp-content/uploads/2013/09/15-Certificacion-Edificaciones-Sustentables.pdf>
- SEMARNAT. (29 de Junio de 2001). *Ley de equilibrio ecológico y la protección del medio ambiente del estado de Quintana Roo*. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de Poder Legislativo del estado de Quintana Roo:
<http://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/administrativo/ley023/L0920010629.pdf>
- SEMARNAT. (2009). *Cambio Climático. Ciencia, evidencia y acciones*. México: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (3 de Junio de 2013). *ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO*. Recuperado el 13 de Mayo de 2017, de Diario de la Federación:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013
- SENER. (10 de Enero de 2017). *La Reforma Energética facilita el uso de la energía solar para pequeños generadores*. Recuperado el 10 de Junio de 2017, de Gob.mx:
<https://www.gob.mx/sener/prensa/la-reforma-energetica-facilita-el-uso-de-la-energia-solar-para-pequenos-generadores>
- SHF. (4 de Julio de 2016). *Ecocasa*. Recuperado el 29 de Octubre de 2016, de Sociedad Hipotecaria Federal: <http://www.ecocasa.gob.mx/Paginas/Inicio.aspx>

STPS. (30 de Diciembre de 2008). NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACION EN LOS CENTROS DE TRABAJO. *Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACION EN LOS CENTROS DE TRABAJO*. México: Diario Oficial de la Federación.

Tecno Lite. (2017). *Catalogo 2017*. México: Tecno Lite.

Tecnoligente. (15 de Febrero de 2016). *Financiamiento*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de Tecnoligente: <http://www.tecnoligente.com/energia-renovable-en-mexico/financiamiento-para-paneles-solares-en-mexico/>

Telmex. (25 de Mayo de 2016). *Guia Energia Solar Microinversores*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de Telmex: http://downloads.telmex.com/pdf/Guia_EnergiaSolarMicroinversores.pdf

Tesillo, R. (2016). ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD COMO MEDIO DE OPTIMIZACIÓN EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS A LA RED (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México). Recuperado el 10 de Mayo de 2017, de Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería - UNAM: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/10034>

USGBC. (10 de Julio de 2016). *El sistema de certificación de construcciones sustentables LEED*. Recuperado el 25 de Octubre de 2016, de U.S. Green Building Council: <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs10716.pdf>

VIKON. (2014). *Manual del electricista*. Querétaro, México: VIKON.

ANEXOS

ANEXO A

MATERIALES DE LOS SISTEMA FOTOVOLTAICOS

Tabla A-1. Equipos y materiales utilizados en los SFV.

Material o dispositivo	Característica del material o dispositivo	Clave	Enlace de Ficha técnica
	<ul style="list-style-type: none"> - Modulo fotovoltaico policristalino - Potencia pico 255W - Voc 37.9 V - Isc 8.86 A - Vmax 30.9 V - Imax 8.27 A - Garantía de 25 años - Dimensiones 993 mm x 1668 mm x 46 mm 	<p style="text-align: center;">Microinversor FV-1</p> <p style="text-align: center;">Inversor central FV-1</p>	<p style="text-align: center;">(IUSASOL, 2015)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Múltiples configuraciones en 1 y 2 filas - Fácil y rápida instalación - Sistema de aterrizaje integrado - Ligero y resistente a la intemperie - Aluminio estructural 6005-T5 - Garantía de 20 años - Resistencia a vientos de 177 km/hr 	<p style="text-align: center;">Microinversor FV-2</p> <p style="text-align: center;">Inversor central FV-2</p>	<p style="text-align: center;">(Exelsolar, 2016)</p> <p style="text-align: center;">(Exelsolar, 2016)</p> <p style="text-align: center;">(Exelsolar, 2017)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible con módulos de potencia de 210-350 W - Potencia máxima de salida 250 W - Fácil instalación - Eficiencia > 0.95 - Dimensiones 171 mm x 173 mm x 30 mm - Protección NEMA 6 - Garantía 10 años 	<p style="text-align: center;">Microinversor FV-3</p>	<p style="text-align: center;">(Enphase, 2016)</p> <p style="text-align: center;">(Telmex, 2016)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Protección NEMA 1 - Detecta hasta 600 microinversores - Monitoreo vía LAN O Wifi - Comunicación con los micros por medio del conductor neutro 	<p>Microinversor FV-4</p>	<p>(Enphase, 2015)</p>
	<p>Entrada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rango de voltaje MPP 165-400A - VCD arranque 185 V - I_{max} 25A <p>Salida</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3.1 kW - 13.5 A - 208-240 V - Eficiencia 96.1 - Monitoreo vía LAN O Wifi - Dimensiones 628 mm x 428 mm x 205 mm - Protección IP&5 - Encapsulado NEMA 4X - Garantía 5 años 	<p>Inversor central FV-3</p>	<p>(Fronius, 2015) (Froniusnagyker, 2014)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Gabinete metálico marca Himel - Dimensiones 400 x 400 x 200 - Protección IP66 	<p>Microinversor FV-5 Inversor central FV-4</p>	<p>(Argos Electrica, 2016)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Monitor y contratuerca - Medida ½" 	<p>Microinversor FV-6 y 7 Inversor central FV-5 y 6</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Varistor - Protección de 2 polos - I_{max} 40 kA 	<p>Inversor central FV-7</p>	<p>(ABB, 2016)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - String Box (Cajas de Conexión) - 2 Strings - 15 A - Resistente a los rayos UV - Protección IP65 	<p>Inversor central FV-8</p>	<p>(Exelsolar, 2016)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Cable solar CU - 10 AWG Negro - 6mm² Secc - Trans 2kVCD - Tramo 100m 	<p>Inversor central FV-9</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Conectores MC4 - Hembras y Macho - Para Conductor #14-10 	<p>Inversor central FV-10</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Distribuidores de potencia. - Marca ABB. - DBL 80 bloque de distribución - 80 A - 1500 VDC - 1000 AC - Protección NEMA 1 	<p>Microinversores FV-8</p> <p>Inversor central FV-11</p>	<p>(ABB, 2015)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - 1000 VCD - 15 A 	<p>Inversor central FV-12 y 13</p>	<p>(Cooper Bussmann, 2010)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Supresor de picos residencial bifásico - Marca Leviton - Monofásico - 120/240 V - Protección NEMA 4x 	<p>Microinversores FV-9</p> <p>Inversor central FV-14</p>	<p>(Masautomatizacion, 2015)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - Interruptor termomagnético de riel 2x16 A - Marca bticino 	<p>Microinversores ELEC-1</p> <p>Inversor central ELEC-1</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Conductor THW 90° calibre #12 Color (B, N, R) - Conductor THW 90° calibre #10 Color (B, N, R) - Marca Argos 	<p>Microinversores ELEC-2, 3 y 4</p> <p>Inversor central ELEC-2, 3, 4, 5, 6 y 7</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> - Conductor desnudo calibre #12 - Conductor desnudo calibre #10 	<p>Microinversor ELEC-5 Inversor central ELEC-8</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Tubería conduit galvanizada de pared gruesa - Medida ½" - Marca Jupiter - Tramo 3m 	<p>Microinversor ELEC-6 Inversor central ELEC-9</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Cople galvanizado - Medida ½" 	<p>Microinversor ELEC-10 Inversor central ELEC-10</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Condulets tipos LB, LL, LR, T para intemperie - Medida ½" 	<p>Microinversor ELEC-8,9,10 y 11 Inversor central ELEC-11,12, 13 y 14</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Tubo liquidtight - Conector liquidtight recto - Medida ½" 	<p>Inversor central ELEC-15 y 16</p>	

ANEXO B

MEMORIAS DE CÁLCULO DE LOS SFV

Memoria de cálculo de Sistema Fotovoltaico con Inversor Central

La configuración de los módulos fotovoltaicos será de dos subarreglos de 6 S * 1P, para que posteriormente sean conectados en serie en una sola cadena, por lo que cada uno estará generando:

- $(12 S)(37.9V_{oc}) = 454.8 V$
- $(12 S)(30.9V_{max}) = 370.8 V$
- $(1)(8.86 I_{sc}) = 8.66 A$
- $(1)(8.27 I_{max}) = 8.27 A$

La elección de las extensiones de cables para cada subarreglo será cable 5.26 mm² (10 AWG) con doble recubrimiento protección UV.

- **Cálculo de protecciones**

Portafusibles con fusible por cadena (PCR)

$$I_{amp} = 1.56 * I_{sc}(\text{módulo})$$

$$I_{amp} = 1.56 * 8.86 \text{ Amp}$$

$$I_{amp} = 13.80 \approx \mathbf{15 \text{ Amp.}}$$

Supresor de picos (PDA).

Se selecciona de acuerdo al voltaje que opera el SFV y se multiplica por 1.25

$$\text{Supresor de picos} = V_{\text{máximo SFV}} * 1.25$$

$$\text{Supresor de picos} = 454.8 * 1.25 = 568.5 \approx \mathbf{600 - 1000 V}$$

Block de potencia (BUS).

$$I_{sc} = \# \text{cadenas} * I_{sc}(\text{módulo})$$

$$I_{sc} = 1 * 8.86 \text{ Amp.}$$

$$I_{sc} = 8.86 \text{ Amp.}$$

$$I_{amp} = 1.56 * I_{sc}$$

$$I_{amp} = 1.56 * 8.86 \text{ Amp.}$$

$$I_{amp} = 13.82 \approx \mathbf{15 \text{ Amp}}$$

Inversor a utilizar Galvo 3.1-1 3.1 kW.

- *Potencia nominal del inversor 3000 W.*
- *Sistema monofásico 220 V.*
- *Corriente de salida = 14.1 A*

- Corriente nominal = 13.9 A
- $I_{amp} = 13.9 A (1.25) = 17.375 A$
- $I_{amp} = \frac{17.375 A}{\text{Factor de corrección por temperatura}} = \frac{17.375 A}{0.94} = \mathbf{18.48 A}$

Corriente máxima de salida del inversor es de 18.48 A, por lo tanto, el interruptor termomagnético será de 30 A

$$I_{amp} = 18.48 \approx \mathbf{30 Amp.}$$

- Caída de tensión

$$e\% = \frac{2LIR}{10 * V_N}$$

EN DONDE:

$L = \text{Longitud (m)}$

$I = \text{Corriente (A)}$

$R = \text{Resistencia } (\Omega/\text{km})$

$V_N = \text{Tensión nominal (V)}$

Por lo tanto,

$$e\% = \frac{2(10)(8.27)(4.226)}{10 * 370.8} = 0.1885\%$$

Memoria de cálculo del Sistema Fotovoltaico con Microinversores

- Cálculo del conductor

Se utilizará el sistema de cableado llamado engage para la unión entre inversores hasta el punto de conexión de las cajas de conexión.

Tabla B-1. Especificaciones del cable Engage.

Especificaciones del cable Engage	
Especificación	Valor
Intervalo de temperaturas del sistema (ambiente)	De -40 a +65 °C (de -40 a +149 °F)
Clasificación de temperatura del cable	90 °C seco/90 °C húmedo
Tipo de cable	TC-ER
Clasificación de aislamiento del conductor del cable	THWN-2
Clasificación de protección ambiental	IEC 60529 IP67
Clasificación de exposición a UV: Terminador, acoplador de cable y cuerpo del conector de bajada	UL 746 C, F1
Resistencia a la luz solar (cable)	UL 1277
Cumplimiento	UL486A/B, UL 514C, UL6703, UL 9703, IEC 60529 IP67, CAN/CSA 22.2 n.º 21, 182.3
Tamaño del conductor	12 AWG

- Cálculo de protección

En cuestión de la protección contra sobre corriente, solamente se debe considerar tener como máximo 16 micro inversores en un mismo circuito derivado y, por lo tanto, este tendrá un interruptor termomagnético de 20 A.

Tabla B-2. Número máximo de microinversores en un mismo circuito.

Tipo de servicio	Máx. M250 por circuito derivado	Máx. M215 por circuito derivado
Monofásico de 240 VCA	16	17
Trifásico de 208 VCA	24	25

- Caída de tensión

$$V_{rise} = (I_{inv} \times \#_{inv}) \times (R_{\Omega/ft}) \times 2 L$$

EN DONDE:

V_{rise} = Caída de tensión (V)

I_{inv} = Corriente del inversor

$\#_{inv}$ = Numero de microinversores

$R_{\Omega/ft}$ = Resistencia del conductor (NEC)

L = Longitud

$$V_{rise} = (1 \times 12) \times (0.00124) \times 2 (8.5) = 0.2529 V$$

$$\%V_{rise} = \left(\frac{V_{rise}}{V_{inv}} \right) \times 100 = \left(\frac{0.2529}{240} \right) \times 100 = 0.1054\%$$

Tabla B-3. Caída de tensión entre microinversores.

Internal VRise for 240 VAC, 4 Wire, 1.0m Portrait Engage Cables and M250s, End-Fed																
Microinverters per Branch in Portrait																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VRise	0.010	0.04	0.08	0.14	0.21	0.30	0.40	0.51	0.64	0.78	0.93	1.10	1.29	1.48	1.69	1.92
%	0.01	0.02	0.04	0.06	0.09	0.12	0.16	0.21	0.26	0.32	0.39	0.46	0.54	0.62	0.71	0.80
Current	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00

Por lo tanto, el porcentaje caída de la tensión es la sumatoria de la caída de tensión al gabinete más la caída entre microinversores el cual es 0.5654%

ANEXO C

GENERACIÓN DE LOS SFV

Tabla C-1. Generación del SFV (1.5kW).

Mes	Potencia instalada (kW)	Horas Pico	Gen. Diaria (kWh)	Gen. Mensual (kWh)
Enero	1.5	5.7	8.55	260.78
Febrero	1.5	6.2	9.30	283.65
Marzo	1.5	6.4	9.60	292.80
Abril	1.5	5.8	8.70	265.35
Mayo	1.5	5.7	8.55	260.78
Junio	1.5	4.8	7.20	219.60
Julio	1.5	5.1	7.65	233.33
Agosto	1.5	5.4	8.10	247.05
Septiembre	1.5	5.0	7.50	228.75
Octubre	1.5	5.4	8.10	247.05
Noviembre	1.5	5.7	8.55	260.78
Diciembre	1.5	5.7	8.55	260.78

Tabla C-2. Generación del SFV (3kW).

Mes	Potencia instalada (kW)	Horas Pico	Gen. Diaria (kWh)	Gen. Mensual (kWh)
Enero	3	5.7	17.10	521.55
Febrero	3	6.2	18.60	567.30
Marzo	3	6.4	19.20	585.60
Abril	3	5.8	17.40	530.70
Mayo	3	5.7	17.10	521.55
Junio	3	4.8	14.40	439.20
Julio	3	5.1	15.30	466.65
Agosto	3	5.4	16.20	494.10
Septiembre	3	5.0	15.00	457.50
Octubre	3	5.4	16.20	494.10
Noviembre	3	5.7	17.10	521.55
Diciembre	3	5.7	17.10	521.55

Tabla C-3. Comparativa del consumo de las Villas Universitarias.

Comparativa del consumo de las Villas Universitarias					
	Diario (kWh)		Mensual (kWh)		
Mes	Sin SFV	Con SFV	Sin SFV	Con SFV (1.5kW)	Con SFV (3kW)
Enero	26.12	9.02	796.73	535.96	275.18
Febrero	26.12	7.52	796.73	513.08	229.43
Marzo	26.12	6.92	796.73	503.93	211.13
Abril	26.12	8.72	796.73	531.38	266.03
Mayo	26.12	9.02	796.73	535.96	275.18
Junio	26.12	11.72	796.73	577.13	357.53
Julio	26.12	10.82	796.73	563.41	330.08
Agosto	26.12	9.92	796.73	549.68	302.63
Septiembre	26.12	11.12	796.73	567.98	339.23
Octubre	26.12	9.92	796.73	549.68	302.63
Noviembre	26.12	9.02	796.73	535.96	275.18
Diciembre	26.12	9.02	796.73	535.96	275.18

ANEXO D

CONSUMO CON SISTEMA CONVENCIONAL (CFE)

Tabla D-1. Facturación fuera de verano con sistema convencional (CFE).

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	621.73	\$2.802	\$1,742.09	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	621.73	\$2.802	\$1,742.09	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	621.73	\$2.802	\$1,742.09	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	621.73	\$2.802	\$1,742.09	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	621.73	\$2.802	\$1,742.09	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	621.73	\$2.802	\$1,742.09	

Tabla D-2. Facturación dentro de verano con sistema convencional (CFE).

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	346.73	\$2.802	\$971.54	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	346.73	\$2.802	\$971.54	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	346.73	\$2.802	\$971.54	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	346.73	\$2.802	\$971.54	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	346.73	\$2.802	\$971.54	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	346.73	\$2.802	\$971.54	

Tabla D-3. Facturación fuera de verano con SFV (1.5kW).

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	360.96	\$2.802	\$1,011.40	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	338.08	\$2.802	\$947.30	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	328.93	\$2.802	\$921.66	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	374.68	\$2.802	\$1,049.85	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	360.96	\$2.802	\$1,011.40	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	360.96	\$2.802	\$1,011.40	

Tabla D-4. Facturación dentro de verano con SFV (1.5kW).

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	81.38	\$2.802	\$228.03	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	85.95	\$2.802	\$240.85	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	127.13	\$2.802	\$356.22	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	113.41	\$2.802	\$317.76	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	99.68	\$2.802	\$279.30	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	150	\$1.050	\$157.50	
	Consumo excedente	117.98	\$2.802	\$330.58	

Tabla D-5. Facturación fuera de verano con SFV (3kW).

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	100.18	\$2.802	\$280.70	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	54.43	\$2.802	\$152.51	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	36.13	\$2.802	\$101.24	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	127.63	\$2.802	\$357.62	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	100.18	\$2.802	\$280.70	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Básico	75	\$0.793	\$59.48	
	Intermedio	100	\$0.956	\$95.60	
	Excedente	100.18	\$2.802	\$280.70	

Tabla D-6. Facturación dentro de verano con SFV (3kW).

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	116.03	\$0.822	\$95.38	
	Consumo intermedio alto	0	\$1.050	\$0.00	
	Consumo excedente	0	\$2.802	\$0.00	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	125.18	\$0.822	\$102.90	
	Consumo intermedio alto	0	\$1.050	\$0.00	
	Consumo excedente	0	\$2.802	\$0.00	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	57.53	\$1.050	\$60.41	
	Consumo excedente	0	\$2.802	\$0.00	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	30.08	\$1.050	\$31.58	
	Consumo excedente	0	\$2.802	\$0.00	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	2.63	\$1.050	\$2.76	
	Consumo excedente	0	\$2.802	\$0.00	

	Concepto	kWh	Precio	Monto	Pago Total
	Consumo básico	150	\$0.697	\$104.55	
	Consumo intermedio bajo	150	\$0.822	\$123.30	
	Consumo intermedio alto	39.23	\$1.050	\$41.19	
	Consumo excedente	0	\$2.802	\$0.00	

ANEXO E

TARJETAS DE PRECIOS UNITARIOS

Tabla E-1. Tarjeta de precios unitarios del SFVI (1.5kW).

CLAVE	CONCEPTO: Suministro e instalación del SFVI de 1.5 kW con microinversores				
	UNIDAD: Lote				
	UBICACIÓN: Cedro y la Ave. Universidad en la Colonia del Bosque. Chetumal, Q. Roo				
	FECHA: 22 de junio				
MATERIALES					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
FV-1	Módulos policristalinos IUSASOL 255 W	P	6	\$5,000.00	\$30,000.00
FV-2	Estructura Estándar de 2 filas en vertical para sistema SunRail (SR) (SRI-2x2-30°) y 2 kits de +2* (SRIV-2x1-30°). MFV/60	P	1	\$10,000.00	\$10,000.00
FV-3	Micro-inversores de la marca Enphase modelo M250-60 con kit de accesorios	P	6	\$4,583.33	\$27,500.00
FV-4	Gabinete Himel vacío de 400X400X200MM C/Platina IP66	P	1	\$2,602.00	\$2,602.00
FV-5	Monitor ½"	P	1	\$3.60	\$3.60
FV-6	Contratuerca ½"	P	1	\$1.26	\$1.26
FV-7	DBL 80 bloque de distribución 80 A, 1500 VDC, 1000 AC	P	2	\$900.00	\$1,800.00
FV-8	Leviton supresor de picos residencial bifásicos 48KA Blanco	P	1	\$7,443.00	\$7,443.00
ELEC-1	Interruptor termo magnético 16 A bipolar	P	1	\$112.35	\$112.35
ELEC-2	Conductor THW 90° cal 12 c/100 M BLANCO CJA	m	6.5	\$577.80	\$37.56
ELEC-3	Conductor THW 90° cal 12 c/100 M NEGRO CJA	m	6.5	\$577.80	\$37.56
ELEC-4	Conductor THW 90° cal 12 c/100 M ROJO CJA	m	6.5	\$577.80	\$37.56
ELEC-5	Conductor desnudo cal 12	Kg	0.25	\$209.75	\$52.44
ELEC-6	Tubo conduit galv. P/Gruesa (3m) ½"	P	2	\$86.95	\$173.90
ELEC-7	Condulet oval LB de ½"	P	1	\$215.11	\$215.11
ELEC-8	Condulet oval LR de ½"	P	1	\$217.35	\$217.35
ELEC-9	Condulet oval T de ½"	P	1	\$231.30	\$231.30
SUMAS				\$80,464.98	
MANO DE OBRA					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
B-1	Brigada 1	Jornada	1	\$ 1,719.97	\$ 1,719.97
SUMAS				\$ 1,719.97	
HERRAMIENTA					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
H-1	Herramienta menor	%	3%	\$ 1,719.97	\$ 51.60
H-2	Herramienta mayor	%	5%	\$ 1,719.97	\$ 86.00

EQUIPO						
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	
E-1	Vehículo	Hora	1.5	\$ 540.19	\$ 810.29	
SUMAS					\$ 810.29	
COSTOS DIRECTOS					\$ 83,313.28	
INDIRECTOS					10%	\$ 8,313.28
SUMAS					\$ 91,446.11	
UTILIDAD					15%	\$ 13,716.92
PRECIO UNITARIO					\$105,163.03	

Tabla E-2. Tarjeta de precios unitarios del SFVI con microinversores (3kW).

CLAVE	CONCEPTO: Suministro e instalación del SFVI de 3 kWp con microinversores				
	UNIDAD: Lote				
	UBICACIÓN: Cedro y la Ave. Universidad en la Colonia del Bosque. Chetumal, Q. Roo				
	FECHA: 22 de junio				
CLAVE	MATERIALES	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
FV-1	Módulos policristalinos IUSASOL 255 W	P	12	\$5,000.00	\$60,000.00
FV-2	Estructura Estándar de 2 filas en vertical para sistema SunRail (SR) (SRI-2x2-30°) y 2 kits de +2* (SRIV-2x1-30°). MFV/60	P	2	\$10,000.00	\$20,000.00
FV-3	Micro-inversores de la marca Enphase modelo M250-60 con kit de accesorios	P	12	\$4,583.33	\$55,000.00
FV-4	Enphase Envoy Solar Gateway de comunicaciones ENV-120 con puente Ethernet	p	0	\$3,506.28	\$3,506.28
FV-5	Gabinete Himel vacío de 400X400X200MM C/Platina IP66	P	1	\$2,602.00	\$2,602.00
FV-6	Monitor ½"	P	1	\$3.60	\$3.60
FV-7	Contratuerca ½"	P	1	\$1.26	\$1.26
FV-8	DBL 80 bloque de distribución 80 A, 1500 VDC, 1000 AC	P	2	\$900.00	\$1,800.00
FV-9	Leviton supresor de picos residencial bifásicos 48KA Blanco	P	1	\$7,443.00	\$7,443.00
ELEC-1	Interruptor termo magnético 16 A bipolar	P	1	\$112.35	\$112.35
ELEC-2	Conductor THW 90° cal 12 c/100 M BLANCO CJA	m	13	\$577.80	\$75.11
ELEC-3	Conductor THW 90° cal 12 c/100 M NEGRO CJA	m	13	\$577.80	\$75.11
ELEC-4	Conductor THW 90° cal 12 c/100 M ROJO CJA	m	13	\$577.80	\$75.11
ELEC-5	Conductor desnudo cal 12	Kg	0.5	\$209.75	\$104.88

ELEC-6	Tubo conduit galv. P/Gruesa (3m) ½"	P	3	\$86.95	\$260.85
ELEC-7	Cople Conduit ½"	P	1	\$7.76	\$7.76
ELEC-8	Condulet oval LB de ½"	P	2	\$215.11	\$430.22
ELEC-9	Condulet oval LL de ½"	P	1	\$217.35	\$217.35
ELEC-10	Condulet oval LR de ½"	P	1	\$217.35	\$217.35
ELEC-11	Condulet oval T de ½"	P	1	\$231.30	\$231.30
				SUMAS	\$152,163.53
MANO DE OBRA					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
B-1	Brigada 1	Jornada	2	\$ 1,719.97	\$ 3,439.94
				SUMAS	\$ 3,439.94
HERRAMIENTA					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
H-1	Herramienta menor	%	3%	\$ 3,439.94	\$ 103.20
H-2	Herramienta mayor	%	5%	\$ 3,439.94	\$ 172.00
				SUMAS	\$ 275.20
EQUIPO					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
E-1	Vehículo	Hora	2.5	\$ 540.19	\$ 1,350.48
				SUMAS	\$1,350.48
				COSTOS DIRECTOS	\$ 157,229.14
				INDIRECTOS	10%
					\$ 15,722.91
				SUMAS	\$ 172,952.06
				UTILIDAD	15%
					\$ 25,942.81
				PRECIO UNITARIO	\$198,894.86

Tabla E-3. Tarjeta de precios unitarios del SFVI con inversor central (3kW).

CLAVE	CONCEPTO: Suministro e instalación del SFVI de 3 kW con inversor central				
	UNIDAD: Lote				
	UBICACIÓN: Cedro y la Ave. Universidad en la Colonia del Bosque. Chetumal, Q. Roo				
	FECHA: 22 de junio				
MATERIALES					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
FV-1	Módulos policristalinos IUSASOL 255 W	P	12	\$5,000.00	\$60,000.00
FV-2	Estructura Estándar de 2 filas en vertical para sistema SunRail (SR) (SRI-2x2-30°) y 2 kits de +2* (SRlv-2x1-30°). MFV/60	P	2	\$10,000.00	\$20,000.00
FV-3	Inversor Galvo 3.1-1	P	1	\$35,000.00	\$35,000.00
FV-4	Gabinete Himel vacío de 400X400X200MM C/Platina IP66	P	1	\$2,602.00	\$2,602.00
FV-5	Monitor ½"	P	1	\$3.60	\$3.60
FV-6	Contratuerca ½"	P	1	\$1.26	\$1.26
FV-7	OVR PV T2 40-600 P TS QS (VARISTOR)	P	1	\$600.00	\$600.00
FV-8	String Box (Cajas de Conexión) 2 Strings 15A, para Inversor TL	P	2	\$2,648.12	\$5,296.24
FV-9	Cable solar CU 10 AWG Negro 6mm2 Secc Trans 2kVCD tramo 100m	m	40	\$2,937.00	\$1,174.80
FV-10	Bolsa con 10 Conectores MC4, 5 Hembras y 5 Macho cable 14-10 AWG	P	1	\$434.90	\$434.90
FV-11	DBL 80 bloque de distribución 80 A, 1500 VDC, 1000 AC	P	2	\$900.00	\$1,800.00
FV-12	Porta fusible Bussmann P/Sist fotovoltaicos 1000 VDC 15 A 10X38mm >	P	2	\$350.00	\$700.00
FV-13	Fusible Bussmann C/Indi P/Sist fotovoltaico 1000VDC 15 A 10X38mm >	P	2	\$140.00	\$280.00
FV-14	Leviton supresor de picos residencial bifásicos 48KA Blanco	P	1	\$7,443.00	\$7,443.00
ELEC-1	Interruptor termo magnético 30 A bipolar	P	1	\$242.50	\$242.50
ELEC-2	Conductor THW cal 12 c/100 M BLANCO CJA	m	2	\$577.80	\$11.56
ELEC-3	Conductor THW cal 12 c/100 M NEGRO CJA	m	2	\$577.80	\$11.56
ELEC-4	Conductor THW cal 12 c/100 M ROJO CJA	m	2	\$577.80	\$11.56
ELEC-5	Conductor THW 90° cal 10 c/100 M BLANCO CJA	m	2	\$894.60	\$17.89
ELEC-6	Conductor THW 90° cal 10 c/100 M NEGRO CJA	m	2	\$894.60	\$17.89
ELEC-7	Conductor THW 90° cal 10 c/100 M ROJO CJA	m	2	\$894.60	\$17.89
ELEC-8	Conductor desnudo cal 10	Kg	2	\$233.06	\$466.12
ELEC-9	Tubo conduit galv. P/Gruesa (3m) ½"	P	3	\$86.95	\$260.85
ELEC-10	Cople Conduit ½" pared gruesa	P	1	\$7.76	\$7.76
ELEC-11	Condulet oval LB de ½"	P	2	\$215.11	\$430.22
ELEC-12	Condulet oval LL de ½"	P	1	\$217.35	\$217.35

ELEC-13	Condulet oval LR de ½"	P	2	\$217.35	\$434.70
ELEC-14	Condulet oval T de ½"	P	1	\$231.30	\$231.30
ELEC-15	Tubo liquidtight 1/2"	m	1	\$28.62	\$28.62
ELEC-16	Conector liquidtight recto 1/2"	P	2	\$11.03	\$22.06
				SUMAS	\$140,367.62
MANO DE OBRA					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
B-1	Brigada 1	Jornada	4	\$ 1,719.97	\$6,879.88
				SUMAS	\$6,879.88
HERRAMIENTA					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
H-1	Herramienta menor	%	3%	\$6,879.88	\$206.40
H-2	Herramienta mayor	%	5%	\$6,879.88	\$343.99
				SUMAS	\$550.39
EQUIPO					
CLAVE	CONCEPTO	U	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
E-1	Vehículo	Hora	5	\$ 540.19	\$2,700.95
				SUMAS	\$2,700.95
				COSTOS DIRECTOS	\$ 150,498.84
				INDIRECTOS	10%
				SUMAS	\$ 15,049.84
				SUMAS	\$ 165,548.72
				UTILIDAD	15%
				SUMAS	\$ 24,832.31
				PRECIO UNITARIO	\$190,381.03

ANEXO F

COTIZACIONES DEL CRÉDITO BANCARIO



PLAN CIPANEL TRADICIONAL
COTIZACION

Fecha Cotización: 13/09/2017

Nombre del cliente: ADRIAN ARMANDO JIMENEZ ALEMAN

Tipo de Persona: Física

Descripción del Crédito:

Descripción: Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (1.5kW)
Tasa de interés Anual: 16.00 %
Tipo de Seguro: Financiado
Comisión por Apertura (2.0%): 1,610.38

Nombre del Plan: CIPanel Tradicional

Plazo: 60 meses
Aseguradora: Mapfre
Costo seguro anual Daños: 3,049.73

Detalle de Cotización:

+ Valor del Panel: 105,163.03
+ Accesorios: 0.00
+ Garantía Extendida: 0.00
- Valor del Enganche: 40,000.00 (38.04 %)
Subtotal a Financiar: 65,163.03
+ Seguro Daños: 3,049.73
+ Seguro VyD: 1,200.00
Total a Financiar: 69,412.76

Pago No.	Fecha de Pago	Pago Mensual a Capital (a)	Pago Mensual Interés (b)	Pago Mensual IVA Interés (c)	Pago Total Mensual (a+b+c)	Saldo
1	01/09/2017	1,123.80	555.30	88.85	1,767.95	68,288.96
2	01/10/2017	768.58	910.52	145.68	1,824.78	67,520.38
3	01/11/2017	778.83	900.27	144.04	1,823.14	66,741.55
4	01/12/2017	789.21	889.89	142.38	1,821.48	65,952.34
5	01/01/2018	799.73	879.36	140.70	1,819.80	65,152.61
6	01/02/2018	810.40	868.70	138.99	1,818.09	64,342.21
7	01/03/2018	821.20	857.90	137.26	1,816.36	63,521.01
8	01/04/2018	832.15	846.95	135.51	1,814.61	62,688.85
9	01/05/2018	843.25	835.85	133.74	1,812.84	61,845.61
10	01/06/2018	854.49	824.61	131.94	1,811.04	60,991.11
11	01/07/2018	865.88	813.21	130.11	1,809.21	60,125.23
12	01/08/2018	877.43	801.67	128.27	1,807.37	59,247.80
13	01/09/2018	889.13	789.97	126.40	1,805.49	58,358.67
14	01/10/2018	900.98	778.12	124.50	1,803.60	57,457.69
15	01/11/2018	913.00	766.10	122.58	1,801.68	56,544.69
16	01/12/2018	925.17	753.93	120.63	1,799.73	55,619.52
17	01/01/2019	937.51	741.59	118.65	1,797.75	54,682.02
18	01/02/2019	950.01	729.09	116.65	1,795.75	53,732.01
19	01/03/2019	962.67	716.43	114.63	1,793.73	52,769.34
20	01/04/2019	975.51	703.59	112.57	1,791.67	51,793.83
21	01/05/2019	988.51	690.58	110.49	1,789.59	50,805.31
22	01/06/2019	1,001.70	677.40	108.38	1,787.48	49,803.62
23	01/07/2019	1,015.05	664.05	106.25	1,785.35	48,788.57
24	01/08/2019	1,028.59	650.51	104.08	1,783.18	47,759.98
25	01/09/2019	1,042.30	636.80	101.89	1,780.99	46,717.68
26	01/10/2019	1,056.20	622.90	99.66	1,778.76	45,661.49
27	01/11/2019	1,070.28	608.82	97.41	1,776.51	44,591.21
28	01/12/2019	1,084.55	594.55	95.13	1,774.23	43,506.66
29	01/01/2020	1,099.01	580.09	92.81	1,771.91	42,407.65
30	01/02/2020	1,113.66	565.44	90.47	1,769.57	41,293.98
31	01/03/2020	1,128.51	550.59	88.09	1,767.19	40,165.47
32	01/04/2020	1,143.56	535.54	85.69	1,764.79	39,021.91
33	01/05/2020	1,158.81	520.29	83.25	1,762.35	37,863.10
34	01/06/2020	1,174.26	504.84	80.77	1,759.87	36,688.84
35	01/07/2020	1,189.91	489.18	78.27	1,757.37	35,498.93
36	01/08/2020	1,205.78	473.32	75.73	1,754.83	34,293.15
37	01/09/2020	1,221.86	457.24	73.16	1,752.26	33,071.29
38	01/10/2020	1,238.15	440.95	70.55	1,749.65	31,833.14
39	01/11/2020	1,254.66	424.44	67.91	1,747.01	30,578.49
40	01/12/2020	1,271.39	407.71	65.23	1,744.33	29,307.10
41	01/01/2021	1,288.34	390.76	62.52	1,741.62	28,018.76
42	01/02/2021	1,305.52	373.58	59.77	1,738.87	26,713.25
43	01/03/2021	1,322.92	356.18	56.99	1,736.09	25,390.32
44	01/04/2021	1,340.56	338.54	54.17	1,733.27	24,049.76
45	01/05/2021	1,358.44	320.66	51.31	1,730.41	22,691.33
46	01/06/2021	1,376.55	302.55	48.41	1,727.51	21,314.78

47	01/07/2021	1,394.90	284.20	45.47	1,724.57	19,919.88
48	01/08/2021	1,413.50	265.60	42.50	1,721.60	18,506.38
49	01/09/2021	1,432.35	246.75	39.48	1,718.58	17,074.03
50	01/10/2021	1,451.45	227.65	36.42	1,715.52	15,622.58
51	01/11/2021	1,470.80	208.30	33.33	1,712.43	14,151.78
52	01/12/2021	1,490.41	188.69	30.19	1,709.29	12,661.37
53	01/01/2022	1,510.28	168.82	27.01	1,706.11	11,151.09
54	01/02/2022	1,530.42	148.68	23.79	1,702.89	9,620.68
55	01/03/2022	1,550.82	128.28	20.52	1,699.62	8,069.85
56	01/04/2022	1,571.50	107.60	17.22	1,696.31	6,498.35
57	01/05/2022	1,592.45	86.64	13.86	1,692.96	4,905.90
58	01/06/2022	1,613.69	65.41	10.47	1,689.57	3,292.21
59	01/07/2022	1,635.20	43.90	7.02	1,686.12	1,657.01
60	01/08/2022	1,657.01	22.09	3.53	1,682.63	0.00
		69,412.76	31,333.20	5,013.31	105,759.27	

CAT PROMEDIO ANUAL es del 35.8 % SIN IVA. Para fines informativos y de comparación.

La presente tabla es de carácter informativo ya que esta cotización no implica obligación o compromiso legal o comercial, por parte de CIBanco, S.A.

La fecha de pago que se muestra es informativa, ya que dependerá del día que se otorgue el crédito.

Este documento no tiene validez oficial y esta sujeta a autorización de crédito. Se aplican restricciones.

Figura F-1. Cotización del SFV con microinversores (1.5kW)



PLAN CIPANEL TRADICIONAL
COTIZACION

Fecha Cotización: 13/08/2017

Nombre del cliente: ADRIAN ARMANDO JIMENEZ ALEMAN Tipo de Persona: Física

Descripción del Crédito: Descripción: Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (3kW) Nombre del Plan: CIPanel Tradicional
Tasa de interés Anual: 16.00 % Plazo: 60 meses
Tipo de Seguro: Financiado Aseguradora: Mapfre
Comisión por Apertura (2.0%): 3,848.02 Costo seguro anual Daños: 5,767.95

Detalle de Cotización:
+ Valor del Panel: 198,894.86
+ Accesorios: 0.00
+ Garantía Extendida: 0.00
- Valor del Enganche: 40,000.00 (20.11 %)
Subtotal a Financiar: 158,894.86
+ Seguro Daños: 5,767.95
+ Seguro VyD: 1,200.00
Total a Financiar: 165,862.81

Pago No.	Fecha de Pago	Pago Mensual a Capital (a)	Pago Mensual Interés (b)	Pago Mensual IVA Interés (c)	Pago Total Mensual (a+b+c)	Saldo
1	01/09/2017	2,685.33	1,326.90	212.30	4,224.54	163,177.48
2	01/10/2017	1,836.53	2,175.70	348.11	4,360.34	161,340.95
3	01/11/2017	1,861.02	2,151.21	344.19	4,356.43	159,479.93
4	01/12/2017	1,885.83	2,126.40	340.22	4,352.46	157,594.09
5	01/01/2018	1,910.98	2,101.25	336.20	4,348.43	155,683.12
6	01/02/2018	1,936.46	2,075.77	332.12	4,344.36	153,746.66
7	01/03/2018	1,962.28	2,049.96	327.99	4,340.23	151,784.38
8	01/04/2018	1,988.44	2,023.79	323.81	4,336.04	149,795.94
9	01/05/2018	2,014.95	1,997.28	319.56	4,331.80	147,780.99
10	01/06/2018	2,041.82	1,970.41	315.27	4,327.50	145,739.17
11	01/07/2018	2,069.04	1,943.19	310.91	4,323.14	143,670.12
12	01/08/2018	2,096.63	1,915.60	306.50	4,318.73	141,573.49
13	01/09/2018	2,124.59	1,887.65	302.02	4,314.26	139,448.91
14	01/10/2018	2,152.91	1,859.32	297.49	4,309.72	137,295.99
15	01/11/2018	2,181.62	1,830.61	292.90	4,305.13	135,114.37
16	01/12/2018	2,210.71	1,801.52	288.24	4,300.48	132,903.67
17	01/01/2019	2,240.18	1,772.05	283.53	4,295.76	130,663.48
18	01/02/2019	2,270.05	1,742.18	278.75	4,290.98	128,393.43
19	01/03/2019	2,300.32	1,711.91	273.91	4,286.14	126,093.11
20	01/04/2019	2,330.99	1,681.24	269.00	4,281.23	123,762.12
21	01/05/2019	2,362.07	1,650.16	264.03	4,276.26	121,400.05
22	01/06/2019	2,393.57	1,618.67	258.99	4,271.22	119,006.48
23	01/07/2019	2,425.48	1,586.75	253.88	4,266.11	116,581.00
24	01/08/2019	2,457.82	1,554.41	248.71	4,260.94	114,123.18
25	01/09/2019	2,490.59	1,521.64	243.46	4,255.70	111,632.59
26	01/10/2019	2,523.80	1,488.43	238.15	4,250.38	109,108.80
27	01/11/2019	2,557.45	1,454.78	232.77	4,245.00	106,551.35
28	01/12/2019	2,591.55	1,420.68	227.31	4,239.54	103,959.80
29	01/01/2020	2,626.10	1,386.13	221.78	4,234.01	101,333.70
30	01/02/2020	2,661.12	1,351.12	216.18	4,228.41	98,672.58
31	01/03/2020	2,696.60	1,315.63	210.50	4,222.73	95,975.98
32	01/04/2020	2,732.55	1,279.68	204.75	4,216.98	93,243.43
33	01/05/2020	2,768.99	1,243.25	198.92	4,211.15	90,474.44
34	01/06/2020	2,805.91	1,206.33	193.01	4,205.24	87,668.54
35	01/07/2020	2,843.32	1,168.91	187.03	4,199.26	84,825.22
36	01/08/2020	2,881.23	1,131.00	180.96	4,193.19	81,943.99
37	01/09/2020	2,919.65	1,092.59	174.81	4,187.05	79,024.34
38	01/10/2020	2,958.57	1,053.66	168.59	4,180.82	76,065.77
39	01/11/2020	2,998.02	1,014.21	162.27	4,174.51	73,067.75
40	01/12/2020	3,038.00	974.24	155.88	4,168.11	70,029.75
41	01/01/2021	3,078.50	933.73	149.40	4,161.63	66,951.25
42	01/02/2021	3,119.55	892.68	142.83	4,155.06	63,831.70
43	01/03/2021	3,161.14	851.09	136.17	4,148.41	60,670.55
44	01/04/2021	3,203.29	808.94	129.43	4,141.66	57,467.26
45	01/05/2021	3,246.00	766.23	122.60	4,134.83	54,221.26
46	01/06/2021	3,289.28	722.95	115.67	4,127.90	50,931.98

47	01/07/2021	3,333.14	679.09	108.65	4,120.89	47,598.84
48	01/08/2021	3,377.58	634.65	101.54	4,113.78	44,221.26
49	01/09/2021	3,422.62	589.62	94.34	4,106.57	40,798.64
50	01/10/2021	3,468.25	543.98	87.04	4,099.27	37,330.39
51	01/11/2021	3,514.49	497.74	79.64	4,091.87	33,815.90
52	01/12/2021	3,561.35	450.88	72.14	4,084.37	30,254.54
53	01/01/2022	3,608.84	403.39	64.54	4,076.78	26,645.70
54	01/02/2022	3,656.96	355.28	56.84	4,069.08	22,988.75
55	01/03/2022	3,705.72	306.52	49.04	4,061.28	19,283.03
56	01/04/2022	3,755.13	257.11	41.14	4,053.37	15,527.91
57	01/05/2022	3,805.19	207.04	33.13	4,045.36	11,722.71
58	01/06/2022	3,855.93	156.30	25.01	4,037.24	7,866.78
59	01/07/2022	3,907.34	104.89	16.78	4,029.02	3,959.44
60	01/08/2022	3,959.44	52.79	8.45	4,020.68	0.00
		165,862.81	74,871.14	11,979.38	252,713.34	

CAT PROMEDIO ANUAL es del 30.1 % SIN IVA. Para fines informativos y de comparación.

La presente tabla es de carácter informativo ya que esta cotización no implica obligación o compromiso legal o comercial, por parte de CIBanco, S.A.

La fecha de pago que se muestra es informativa, ya que dependerá del día que se otorgue el crédito.

Este documento no tiene validez oficial y esta sujeta a autorización de crédito. Se aplican restricciones.

Figura F-2. Cotización del SFV con microinversores (3kW)



PLAN CIPANEL TRADICIONAL
COTIZACION

Fecha Cotización: 13/08/2017

Nombre del cliente: ADRIAN ARMANDO JIMENEZ ALEMAN

Tipo de Persona: Física

Descripción del Crédito:

Descripción: Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (3kW)
Tasa de interés Anual: 16.00 %
Tipo de Seguro: Financiado
Comisión por Apertura (2.0%): 3,684.54

Nombre del Plan: CIPanel Tradicional

Plazo: 60 meses
Aseguradora: Mapfre
Costo seguro anual Daños: 5,521.05

Detalle de Cotización:

+ Valor del Panel: 190,381.03
+ Accesorios: 0.00
+ Garantía Extendida: 0.00
- Valor del Enganche: 38,285.63 (20.11 %)
Subtotal a Financiar: 152,095.40
+ Seguro Daños: 5,521.05
+ Seguro VyD: 1,200.00
Total a Financiar: 158,816.45

Pago No.	Fecha de Pago	Pago Mensual a Capital (a)	Pago Mensual Interés (b)	Pago Mensual IVA Interés (c)	Pago Total Mensual (a+b+c)	Saldo
1	01/09/2017	2,571.25	1,270.53	203.29	4,045.07	156,245.20
2	01/10/2017	1,758.51	2,083.27	333.32	4,175.10	154,486.69
3	01/11/2017	1,781.96	2,059.82	329.57	4,171.35	152,704.73
4	01/12/2017	1,805.72	2,036.06	325.77	4,167.55	150,899.01
5	01/01/2018	1,829.79	2,011.99	321.92	4,163.70	149,069.22
6	01/02/2018	1,854.19	1,987.59	318.01	4,159.79	147,215.03
7	01/03/2018	1,878.91	1,962.87	314.06	4,155.84	145,336.12
8	01/04/2018	1,903.97	1,937.81	310.05	4,151.83	143,432.15
9	01/05/2018	1,929.35	1,912.43	305.99	4,147.77	141,502.80
10	01/06/2018	1,955.08	1,886.70	301.87	4,143.65	139,547.72
11	01/07/2018	1,981.14	1,860.64	297.70	4,139.48	137,566.58
12	01/08/2018	2,007.56	1,834.22	293.48	4,135.26	135,559.02
13	01/09/2018	2,034.33	1,807.45	289.19	4,130.97	133,524.69
14	01/10/2018	2,061.45	1,780.33	284.85	4,126.63	131,463.24
15	01/11/2018	2,088.84	1,752.84	280.45	4,122.24	129,374.30
16	01/12/2018	2,116.79	1,724.99	276.00	4,117.78	127,257.51
17	01/01/2019	2,145.01	1,696.77	271.48	4,113.26	125,112.50
18	01/02/2019	2,173.61	1,668.17	266.91	4,108.69	122,938.88
19	01/03/2019	2,202.80	1,639.19	262.27	4,104.05	120,736.29
20	01/04/2019	2,231.96	1,609.82	257.57	4,099.35	118,504.32
21	01/05/2019	2,261.72	1,580.06	252.81	4,094.59	116,242.60
22	01/06/2019	2,291.88	1,549.90	247.98	4,089.76	113,950.72
23	01/07/2019	2,322.44	1,519.34	243.09	4,084.88	111,628.29
24	01/08/2019	2,353.40	1,488.38	238.14	4,079.92	109,274.88
25	01/09/2019	2,384.78	1,457.00	233.12	4,074.90	106,890.10
26	01/10/2019	2,416.58	1,425.20	228.03	4,069.81	104,473.52
27	01/11/2019	2,448.80	1,392.98	222.88	4,064.66	102,024.72
28	01/12/2019	2,481.45	1,360.33	217.65	4,059.43	99,543.27
29	01/01/2020	2,514.54	1,327.24	212.36	4,054.14	97,028.73
30	01/02/2020	2,548.06	1,293.72	206.99	4,048.78	94,480.67
31	01/03/2020	2,582.04	1,259.74	201.56	4,043.34	91,898.63
32	01/04/2020	2,616.47	1,225.32	196.05	4,037.83	89,282.16
33	01/05/2020	2,651.35	1,190.43	190.47	4,032.25	86,630.81
34	01/06/2020	2,686.70	1,155.08	184.81	4,026.59	83,944.11
35	01/07/2020	2,722.53	1,119.25	179.08	4,020.86	81,221.58
36	01/08/2020	2,758.83	1,082.95	173.27	4,015.05	78,462.76
37	01/09/2020	2,795.61	1,046.17	167.39	4,009.17	75,667.15
38	01/10/2020	2,832.89	1,008.90	161.42	4,003.20	72,834.26
39	01/11/2020	2,870.66	971.12	155.38	3,997.16	69,963.60
40	01/12/2020	2,908.93	932.85	149.26	3,991.04	67,054.67
41	01/01/2021	2,947.72	894.06	143.05	3,984.83	64,106.95
42	01/02/2021	2,987.02	854.76	136.76	3,978.54	61,119.93
43	01/03/2021	3,026.85	814.93	130.39	3,972.17	58,093.08
44	01/04/2021	3,067.21	774.57	123.93	3,965.71	55,025.88
45	01/05/2021	3,108.10	733.68	117.39	3,959.17	51,917.77
46	01/06/2021	3,149.54	692.24	110.76	3,952.54	48,768.23

47	01/07/2021	3,191.54	650.24	104.04	3,945.82	45,576.69
48	01/08/2021	3,234.09	607.69	97.23	3,939.01	42,342.60
49	01/09/2021	3,277.21	564.57	90.33	3,932.11	39,065.39
50	01/10/2021	3,320.91	520.87	83.34	3,925.12	35,744.48
51	01/11/2021	3,365.19	476.59	76.25	3,918.04	32,379.29
52	01/12/2021	3,410.06	431.72	69.08	3,910.86	28,969.24
53	01/01/2022	3,455.52	386.26	61.80	3,903.58	25,513.71
54	01/02/2022	3,501.60	340.18	54.43	3,896.21	22,012.11
55	01/03/2022	3,548.29	293.49	46.96	3,888.74	18,463.83
56	01/04/2022	3,595.60	246.18	39.39	3,881.17	14,868.23
57	01/05/2022	3,643.54	198.24	31.72	3,873.50	11,224.70
58	01/06/2022	3,692.12	149.66	23.95	3,865.73	7,532.58
59	01/07/2022	3,741.35	100.43	16.07	3,857.85	3,791.23
60	01/08/2022	3,791.23	50.55	8.09	3,849.87	0.00
		158,816.45	71,690.39	11,470.46	241,977.30	

CAT PROMEDIO ANUAL es del 30.2 % SIN IVA. Para fines informativos y de comparación.

La presente tabla es de carácter informativo ya que esta cotización no implica obligación o compromiso legal o comercial, por parte de CIBanco, S.A.

La fecha de pago que se muestra es informativa, ya que dependerá del día que se otorgue el crédito.

Este documento no tiene validez oficial y esta sujeta a autorización de crédito. Se aplican restricciones.

Figura F-3. Cotización del SFV con inversor central (3kW)

ANEXO G

COTIZACIÓN DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES PARA EL SFV.

Tabla G-1. Precios de la compañía Refacsol

MARCA	MODELO	PRECIO REFACSOL (USD+IVA)
MICROINVERSORES		
	Microinversor Enphase M250	\$87.89
	Cable con conector Enphase portrait ET-10240 Cable con conector Enphase portrait ET-10208	
	Conector terminador Enphase ET-TERM10	\$14.00
	Envoy ENV-120M	\$198.00
	Engage Coupler SPLK	\$18.00
	Protector contra agua	\$2.60
	Clip para cables Enphase	\$0.60
INVERSORES CENTRALES		
	Fronius Galvo 2.5-1 208/240 LAB Mty	\$1,236.08
	Fronius Galvo 3.1-1 208/240 LAB Mty	\$1,318.52
MEDIDORES BIDIRECCIONALES		
	Medidor IUSA monofásico. Precio en MXN	MXN 2,955.76
	Medidor IUSA bifásico. Precio en MXN	MXN 4,506.88
	Medidor IUSA trifásico. Precio en MXN	MXN 5,665.00
ACCESORIOS DE INSTALACIÓN		
	Conector MC4 hembra	MXN 32.30
	Conector MC4 macho	MXN 27.50
	Conector Y MC4 macho PV-AZB4	\$9.00
	Conector Y MC4 macho PV-AZS4	\$9.00
	Pastilla Bussman con indicador LED	\$4.25
	Fusible ATM15 MIDGET 600V	\$5.75
	Cable ÖLFLEX SOLAR XLS-R 1X4 (12 AWG) precio por metro	\$1.45
	Cable ÖLFLEX SOLAR XLS-R 1X6 (10 AWG) precio por metro	\$1.70
	Cable ÖLFLEX SOLAR XLS-R 1X10 (8 AWG) precio por metro	\$2.74
CAJAS CONBINADORAS		
	Caja combinadora para 1 String 600VCD / 12A	\$147.63
	Caja combinadora para 2 Strings 600VCD / 12A	\$221.84
	Caja combinadora para 2 MPPT (1 y 2 string)	\$345.27
	Caja combinadora para 2 MPPT (2 y 3 string)	\$392.89
	Caja combinadora para 2 MPPT (1 y 1 string)	\$292.57

GABINETES		
	Gabinete Metálico 1000 x 800 x 300 mm	MXN \$3744.87
	Gabinete Metálico 1200 x 800 x 300 mm	MXN \$4426.37
	Gabinete Metálico 250 x 200 x 150 mm	MXN \$349.30
	Gabinete Metálico 300 x 250 x 150 mm	MXN \$570.6
	Gabinete Metálico 300 x 300 x 150 mm	MXN \$598.10
	Gabinete Metálico 400 x 300 x 200 mm	MXN \$750.69
	Gabinete Metálico 400 x 400 x 200 mm	MXN \$932.65
ESTRUCTURAS		
	Estructura sencilla vertical c/patas 60 celdas (1 módulo)	\$78.38
	Estructura sencilla vertical c/patas 60 celdas (2 módulos)	\$45.14
	Estructura sencilla vertical c/patas 60 celdas (3 módulos +)	\$35.14
	Estructura sencilla vertical c/patas 72 celdas (1 módulo)	\$89.46
	Estructura sencilla vertical c/patas 72 celdas (2 módulos)	\$53.95
	Estructura sencilla vertical c/patas 72 celdas (3 módulos)	\$50.81
	Estructura sencilla vertical c/patas 72 celdas (4 módulos +)	\$42.43
	Estructura doble vertical c/patas 60 celdas (1x2 módulos)	\$88.92
	Estructura doble vertical c/patas 60 celdas (2x2 módulos)	\$52.97
	Estructura doble vertical c/patas 60 celdas (3x2 módulos)	\$42.43
	Estructura doble vertical c/patas 60 celdas (4x2 módulos +)	\$41.62
	Estructura doble vertical c/patas 72 celdas (1x2 módulos)	\$105.14
	Estructura doble vertical c/patas 72 celdas (2x2 módulos +)	72 celdas
	Estructura doble vertical c/patas 72 celdas (3x2 módulos +)	\$47.30
ACCESORIOS DE ESTRUCTURA		
	Clip para aterrizar módulos V (weeb)	\$1.40
	EndClamp para fijación 35mm	\$2.10
	EndClamp para fijación 40mm	\$2.10
	EndClamp para fijación 46mm	\$2.10
	MidClamp para fijación de 40mm	\$1.90
	MidClamp para fijación de 50mm	\$1.90
	Clip para aterrizar estructuras (lay in lug)	\$4.00
	Angulo de aluminio de 1 1/2 "X 3.16"	MXN \$499.00
RIELES		
	POWER RAIL P4 4.24mts	\$16.00
	POWER RAIL P4 6.10mts	\$23.00
	POWER RAIL P6 1.64mts	\$11.55
	POWER RAIL P6 3.29mts	\$22.50
	POWER RAIL P6 4.24mts	\$29.00
	POWER RAIL P6 6.10mts	\$42.00

JASO ENERGY

Energía sustentable



PARA: ADRIAN ARMANDO JIMENEZ
ALEMAN

RESPONSABLE: JASO ENERGY
Tlacotalpan # 13 Int. 2,
Roma Sur,
Cuahutemoc, CDMX, CP:
06760

Cot: [005]

06-06-2017

En respuesta a su solicitud le hacemos llegar la presente cotización, agradecemos su preferencia y esperamos poder brindarle nuestros servicios.

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE	
1	Módulos policristalinos IUSASOL 255 W	12	Piezas	60,000	
2	ESTRUCTURA Estándar de 2 filas en vertical para sistema SunRail (SR) (SRI-2x2-30°) y 2 kits de +2* (SRIV-2x1-30°). MFV/60	2	Piezas	20,000	
3	micro-inversores de la marca Enphase modelo M250-60 con kit de accesorios	12	Piezas	55,000	
4	GABINETE HIMEL VACIO DE 400X300X250MM C/PLATINA IP66	2	Piezas	10,000	
5	Interruptor termo magnético 30 A bipolar	2	Piezas	485.00	
6	DBL 80 BLOQUE DISTRIBUCIÓN 80 A, 1500 VDC,1000 AC	2	Piezas	1,800.00	
7	OVR PV T2 40-600 P TS QS (VARISTOR)	2	Piezas	1,200.00	
8	FUSIBLE BUSSMANN P/SIST FOTOVOLTAICOS 1000VCD 15A 10X38MM >	2	piezas	280.00	
9	PORTA FUSIBLE BUSSMANN C/INDI P/SIST FOTOV 1000VCD 10X38MM	2	piezas	700.00	
10	Inversor Galvo 3.1-1	1	Piezas	35,000.00	
11	CABLE SOLAR CU 10AWG NEGRO 6MM2 SECC TRANS 2KVCD TRAMO 100 m.	1	Piezas	2,937.00	
(CIENTO OCHENTA Y SIETE MIL TRECIENTOS NOVENTA Y SIETE PESOS 00/100 M.N.)				Subtotal	187,397.00
				Envío y administración	

Figura G-1. Cotización de la empresa Jaso Energy

JASO ENERGY

Energía sustentable



- La propuesta económica tiene una vigencia de 20 días, se requiere orden de compra y anticipo por el cliente para formalizar y procesar el pedido. El tiempo estimado de entrega del sistema operando es de 8 a 10 semanas.
- Se requiere de un 50 % de anticipo a la entrega de la orden de compra, 20% al inicio de obras y saldo final a la entrega del SFV.
- La propuesta económica no incluye IVA.
- El SFV no incluye sistema de monitoreo.

Otros	
TOTAL	

Elaboró: M.I. Juan Carlos Percino

Aprobó: M.I. Samuel Rojas

COTIZACIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO



Figura G-2. Cotización de la empresa Jaso Energy.