



REPORTE FINAL DE ESTADÍA

Andrés Martínez Salcedo

Elaboración de una propuesta de un sistema fotovoltaico
interconectado a la red de CFE



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



SEV
Secretaría
de Educación



DET
Dirección de Educación
Tecnológica del Estado
de Veracruz

SEMSyS
Subsecretaría de Educación
Media Superior y Superior

Ingeniería en Energías Renovables, Ahorro y Calidad de Energía

Nombre completo del proyecto

Elaboración de una propuesta de un Sistema
Fotovoltaico Interconectado a la Red de CFE

REPORTE FINAL DE ESTADÍA

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

INGENIERO EN ENERGIAS RENOVABLES, AHORRO Y CALIDAD
DE ENERGIA

Nombre completo del alumno

Andrés Martínez Salcedo

Asesores:

Ing. ÁNGEL FARID GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Dr. JUAN MANUEL PADILLA FLORES

AGRADECIMIENTOS

A mis padres; Florentino Martínez Carbajal y Victoria Salcedo Cruz por siempre darme su apoyo y amor en todo este transcurso de mi carrera universitaria, gracias a ello he podido alcanzar una de mis mayores metas en la vida y poder apoyarlos a ellos como muestra que los amo.

A mis hermanos, por sus grandes consejos y motivaciones que me daban para seguir adelante cada vez que había problemas, por su apoyo económico cada vez que hacía falta y por ser un ejemplo a seguir para mí.

A mis amigos por estar ahí cuando los necesite, siempre alegrando mis días y ayudándome a desestresarme en cada momento.

A mi novia Esmeralda Gómez González por siempre apoyarme en todos mis objetivos y metas, por ayudarme cuando tenía mucho trabajo, siempre se ha quedado conmigo sin importar la hora y ayudarme a tomar mejores decisiones.

A los profesores por guiarme desde el inicio de mi carrera universitaria, además por brindarme su confianza, y todo lo aprendido al pasar de estos años, por su apoyo en momentos difíciles y comprensión en cada momento, por formarme profesionalmente.

A mis compañeros de universidad por apoyarme y cada momento que tuvimos como salidas, eventos deportivos y las horas libres que tomábamos para convivir y apoyarnos en las tareas difíciles.

RESUMEN

El propósito del siguiente trabajo es la elaboración de una propuesta de un sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica provisto por CFE.

Este trabajo se divide en cuatro capítulos, de los cuales el primer capítulo se basa en el marco teórico donde se concentran los conceptos más importantes de este trabajo para una mayor comprensión; en este capítulo también se describe el planteamiento del problema el cual describe el problema que se abordará, los objetivos que se quieren lograr, la hipótesis donde se plantea una respuesta tentativa al problema de investigación, la justificación donde se presentan las razones que motivaron a realizar este trabajo, de igual forma se menciona información de la empresa, desde su historia, antecedentes, visión, valores, hasta sus políticas de calidad.

En el segundo capítulo se encuentra la metodología donde se explica el conjunto de procedimientos lógicos que se utilizaron para poder alcanzar los objetivos planteados para la elaboración de la propuesta.

El tercer capítulo menciona las metodologías utilizadas en la propuesta donde, también se presenta la organización que se necesita para alcanzar las metas propuestas, explicando cómo se realizó detalladamente cada una de las partes de la metodología de la propuesta.

Por último, en el cuarto capítulo se muestran los resultados y conclusiones que podrían obtenerse si se lleva a cabo las propuestas.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I	7
1.1 Marco teórico	7
1.1.1. Las energías renovables y el ahorro energético	7
1.1.2. ¿Qué son las energías renovables?	8
1.1.3. Tipos de energías Renovables	8
1.1.3.1. Energía Hidráulica.	9
1.1.3.2. Energía Eólica	9
1.1.3.3. Energía Geotérmica.	10
1.1.3.4. Energía Marina.	10
1.1.3.5. Biomasa	11
1.1.3.6. Energía Solar	12
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivos específicos	13
1.4 Hipótesis	13
1.5 Justificación de proyecto	13
1.7 Alcances y limitaciones	14
1.8 La empresa Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado (OROPA)	14
1.8.1 Antecedentes	14
• OBJETIVOS GENERALES	15
• OBJETIVOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y DE SERVICIO	15
• ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN	16
• Misión:	16
• Visión:	16
CAPÍTULO II.	16
2.1 METODOLOGÍA	16
2.1.1. Tipos de instalación Fotovoltaica	17
2.1.2 Materiales.	18
Definición de cable fotovoltaico (PV/ FV)	19

Normas requeridas para cableado	20
CAPÍTULO III DESARROLLO DEL PROYECTO	21
4.2 Conclusiones	28
4.3 Trabajos futuros	29
Bibliografía	29
ANEXOS 1	30

Índice de figuras

Figura 1. Energía Hidráulica.....	9
Figura 2. Energía Eólica.....	9
Figura 3. Energía Geotérmica.....	10
Figura 4. Energía Marina.....	11
Figura 5. Biomasa.....	11
Figura 6. Energía Solar.....	12
Figura 7. Sistema de instalación fotovoltaica autónoma.....	17
Figura 8. Sistema de instalación fotovoltaica interconectado a la red.....	17
Figura 9. Gráficos del costo energético solar y de la CFE.....	22
Figura 10. <i>Ubicación, coordenadas: Longitud 18.451579, Latitud -96.375472</i>	24
Figura 11. Comportamiento del consumo de energía eléctrica provista por CFE..	26
Figura 12. Evolución de las tarifas de CFE reguladas en medio de tensión.....	28
Figura 13. Cotización de la propuesta del sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE.....	29

Índice de tablas

Tabla 1. Destalle de Ahorros y Flujos Financieros, Inversión de Contado. Se contempla solo impacto por la energía desplazada.....	24
Tabla 2. Porcentajes de ahorro en el gasto energético.....	27

INTRODUCCIÓN

Se propone abastecer el consumo de energía eléctrica y con ello reducir los costos económicos de la empresa Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado (OROAPA), con un sistema fotovoltaico interconectado a la red. El proyecto considera abastecer los diferentes puntos de consumo energético, como lo son los diferentes pozos, bombas de 75 Hp, 60 Hp, 40 Hp, 30 Hp, entre otras, incluyendo el sistema de iluminación y aparatos electrónicos en las oficinas.

El proyecto incluye el análisis de cargas, el cálculo del tamaño del panel, así como el cálculo del número de los mismos, y de la eficiencia arrojada por él, la orientación de los paneles, el estudio de sombras y las horas pico efectivas. El Diseño del sistema (inversor, batería y regulador) y la infraestructura del Sistema Fotovoltaico (Material, Forma de la estructura, Puesta a tierra (SELSIA 2022).

El proyecto comienza con un análisis de la situación actual que incluya el estudio de cargas, el estudio de sombras y la localización de la zona (latitud y longitud). Se mostrará el desarrollo de la propuesta (Calculo del tamaño del panel, cálculo del número de paneles, cálculo de eficiencia del panel y el diseño del sistema (inversor, batería y regulador). También se diseñará la Infraestructura del Sistema Fotovoltaico considerando el material, la forma de la estructura, la puesta a tierra, incluso el mantenimiento.

CAPÍTULO I

1.1 Marco teórico

1.1.1. Las energías renovables y el ahorro energético

La energía es vital en nuestra sociedad y por ello el ser humano ha explotado los recursos que le rodeaban para producirla desde tiempos inmemoriales. Ante el inminente final de la era de los combustibles fósiles y debidos a los graves problemas ambientales generados, la sociedad ha comenzado a buscar otras alternativas energéticas: las energías renovables.

El uso de las energías fósiles presenta dos grandes problemas: su carácter finito, no renovable, y la contaminación que se produce de su uso. Por el contrario, las energías renovables, al basarse en el flujo continuo, virtualmente ilimitado, de la energía solar, no se agotará mientras este continúe (aunque ello no significa que podamos seguir incrementando el consumo indefinidamente). Las que se emplean principalmente son la biomasa, la energía hidráulica y, más recientemente, las energías eólica y solar. Esta última se emplea tanto para producir agua caliente

(energía solar térmica y energía termoeléctrica) como para producir energía eléctrica (energía solar fotovoltaica) (SENER 2017).

1.1.2. ¿Qué son las energías renovables?

Las energías renovables son aquellas que están disponibles de forma inagotable en la naturaleza y que además generan menos problemas ambientales. Hay muchas y muy diferentes, pero un futuro energéticamente sostenible no pasa por fomentar una sola de ellas, sino que se tienen que compatibilizar los usos de todas para que unas suplan las carencias de otras.

Las energías renovables se caracterizan, por el contrario: los ciclos de consumo y reposición están en la misma escala de tiempo. La energía solar y la eólica se consumen mientras el sol brilla y el viento sopla, sin menoscabo significativo de su energía. En el caso de la hidráulica, el llenado y vaciado de los embalses –que permite transformar la energía potencial del agua en altura en energía eléctrica- se produce siguiendo el curso de los meses, las estaciones, a lo sumo, los años. La biomasa se produce en ciclos de años, lustros o décadas como mucho. Esas energías son, por tanto, sostenibles en la medida en que no comprometen el desarrollo de las generaciones futuras. Junto a ellas, existen otras fuentes de energías renovables como el aprovechamiento de la energía de las mareas y las olas o de la energía geotérmica; aun con diversos grados de desarrollo y madurez tecnológica, todas estas tecnologías dibujan un futuro prometedor. Su uso, además, deberá complementarse con diversas medidas de ahorro y eficiencia energética en todos los sectores económicos y todas las regiones del planeta (SENER 2017).

1.1.3. Tipos de energías Renovables

Como se nombra arriba, existen varios tipos de energías renovables dependiendo de la manera que utiliza los recursos de la tierra en generar electricidad:

1.1.3.1. Energía Hidráulica.

La energía hidráulica (ver Fig. 1), también conocida como energía hidroeléctrica, es aquella energía alternativa que **se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y potenciales de la corriente del agua**, saltos de agua o mareas, ya sea mediante molinos o presas (SENER 2017).



Figura 1. Energía Hidráulica

1.1.3.2. Energía Eólica.

La energía eólica (ver fig. 2) es una fuente de energía renovable que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, “molinos de viento” de tamaño variable que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica (SENER 2017).



Figura 2. Energía Eólica

1.1.3.3. Energía Geotérmica.

La **energía geotérmica** es una energía renovable que aprovecha el calor del subsuelo para climatizar y obtener agua caliente sanitaria de forma ecológica (ver fig. 3). Aunque es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas, sus efectos son espectaculares de admirar en la naturaleza (SENER 2017).



Figura 3. Energía Geotérmica

1.1.3.4. Energía Marina.

El mar contiene un gran potencial energético renovable, esta energía marina se manifiesta, principalmente, en el oleaje, en las mareas y corrientes, y en la diferencia

de temperatura entre la superficie y el fondo marino. El viento produce olas en el mar que son aprovechables con fines energéticos. Se han desarrollado diferentes "convertidores de olas", tanto flotantes como anclados a la costa o al fondo del mar, que disponen de diferentes grados de madurez y rendimiento como se observa en la Fig. 4 (SENER 2017).

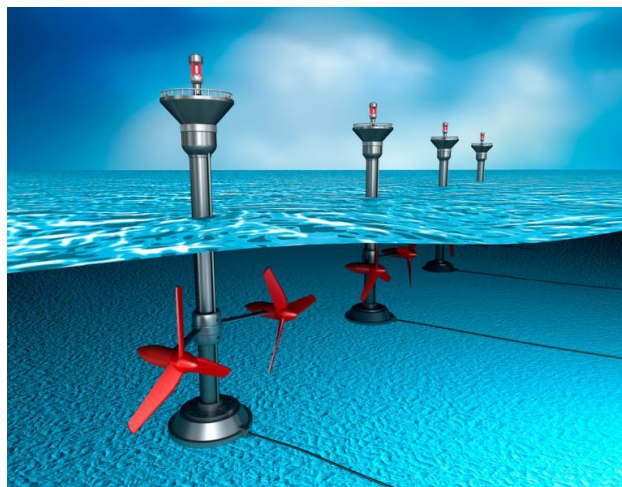


Figura 4. Energía Marina

1.1.3.5. Biomasa

También conocida como bioenergía, es la energía obtenida de la materia orgánica constitutiva de los seres vivos sus excretas y sus restos no vivos. La biomasa (ver fig. 5), se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles (SENER 2017).



Figura 5. Biomasa

1.1.3.6. Energía Solar

Es aquella que procede de los rayos solares, que proporcionan luz durante el día. Cada partícula de luz solar que llega a la superficie terrestre, conocida como fotón, contiene energía que alimenta nuestro planeta. La energía solar es la principal de nuestros sistemas climáticos y de las fuentes de energía de la Tierra (ver fig. 6). Una cantidad de radiación solar llega a la superficie del planeta cada hora para cubrir nuestras necesidades energéticas globales durante casi un año entero. Una de las características que definen qué es la energía solar es que puede aprovecharse y reconvertirse para su uso mediante colectores solares o fotovoltaicos (SENER 2017).



Figura 6. Energía Solar

1.2. Planteamiento del problema

El Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado (OROPA) ha ido creciendo a través de los años, convirtiéndose en una empresa grande, con ello viene un problema al incrementar el consumo de energía eléctrica de CFE que derivado de su crecimiento ha ido en aumento, así mismo la generación de la infraestructura para tener un sistema de bombeo para poder suministrar agua a las diferentes líneas de transmisión de agua potable, manejando bombas de diferentes Hp, como los son de 75 Hp, 60 Hp, 40 Hp, 30 Hp, entre otras, destacando las de más alto consumo energético.

1.3. Objetivos

Elaborar una propuestas de Implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE, mediante una revisión de la literatura que permita el dimensionamiento, diseño e instalación del sistema de paneles fotovoltaicos policristalinos, para satisfacer la demanda eléctrica de la empresa Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado (OROAPA),

1.3.1. Objetivos específicos

- Elabora una propuesta de un sistema capaz de producir la suficiente energía para cubrir los gastos económicos de la empresa.
- Implementar las energías renovables contribuyendo a la reducción de los consumos de energía derivado de los combustibles fósiles.
- Ampliar y coadyuvar a las opciones energéticas necesarias para OROAPA impulsando mayor seguridad y opciones al no depender de una sola fuente de energía por medio de la captación solar.

1.4 Hipótesis

La generación de una propuesta de un sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE, podría convencer a la directiva de la empresa OROAPA como una solución para satisfacer la demanda eléctrica de la empresa.

1.5 Justificación de proyecto

La realización del estudio viene constituida por unas necesidades tanto económicas de la empresa como medioambientales. Debemos ser conscientes sobre el cuidado del planeta, garantizando el uso de energías renovables para lograr el aumento de energías limpias protegiendo toda vida que existe en él.

Además, con este tipo de energías, logramos se lograra la reducción de uso de energías proveniente de hidrocarburos recursos limitados que la Tierra nos ofrece y que tarde o temprano se agotarán. Al factor medioambiental le tenemos que añadir el factor económico. Este tipo de instalaciones nos representarán una alta rentabilidad y ahorro a lo largo de la vida útil de la misma.

De esta manera motivar al el municipio de Tierra Blanca a Impulsar las energías renovables, donde la empresa genera un gran impacto y motivación a las demás personas, incluso a las diferentes escuelas a nivel primaria, secundaria, preparatoria y Universidad pertenecientes al municipio

1.7 Alcances y limitaciones

En este proyecto se alcanzara producir la suficiente energía para abastecer la demanda de consumo energético de la empresa Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado, reduciendo los gastos económicos por consumo.

La principal limitación presente en este proyecto, es utilizar el Sistema de Portabilidad que se maneja CFE, para poder producir energía y consumirla en los diferentes puntos donde la empresa se encuentra

1.8 La empresa Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado (OROPA)

1.8.1 Antecedentes

Decreto: En el gobierno del Lic. Miguel Alemán Velasco., el órgano de gobierno del estado de Veracruz Llave, a través de la Gaceta Oficial del estado de fecha 16 de mayo de 2002, expide el decreto a través del cual la prestación del servicio de agua potable y saneamiento en el municipio de Tierra Blanca, Ver, el cual lo tenía a su cargo la Comisión Regional de agua y saneamiento de la Cuenca del Papaloapan, Veracruz, creada mediante decreto emitido por el ciudadano Gobernador del estado y publicado en la gaceta oficial el 15 de diciembre de 1990., fuera transferida al municipio de Tierra Blanca, Veracruz (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

Lo anterior en virtud de que el Ayuntamiento de Tierra Blanca, Ver, Por acuerdo de cabildo en sesión celebrada el 25 de septiembre de año 2001, con oficio número 3124, expediente No. 11/c/01 de fecha 4 de octubre del año 2001, presento al Gobierno del Estado de Veracruz, solicitud de transferencia a ese municipio la prestación del servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

Así como con la participación de representantes del gobierno del estado, el H. Ayuntamiento de Tierra Blanca, ver, y la Comisión Regional de agua y saneamiento de la cuenca del Papaloapan, Veracruz, se elaboró y suscribió el programa de transferencia observando lo dispuesto en la ley de la materia, expidiéndose el siguiente acuerdo de conformidad con lo anteriormente expuesto y fundado (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

Se desincorpora de la comisión regional de Agua y Saneamiento de la Cuenca del Papaloapan, Veracruz, al municipio de Tierra Blanca, Veracruz y se transfiere la prestación del servicio público de Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus Aguas residuales, las obligaciones y derechos al H. Ayuntamiento de Tierra Blanca, Ver, derivados de las resoluciones, contratos convenios o actos dictados o celebrados con anterioridad a la transferencia., la transferencia absoluta del personal de base o eventual con absoluto respeto a sus derechos laborales” (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

Personalidad Jurídica: Con fecha 02 de junio de 2004, a través de la gaceta oficial del Estado de Veracruz de Ignacio del a Llave se autoriza al H. Ayuntamiento de Tierra Blanca, Ver, crear el organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, “ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, el cual será el operador de dicho servicio Publico Municipal.

Función: Brindar el suministro de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario a la ciudad de Tierra Blanca y comunidades rurales, pertenecientes a estas, así como el Saneamiento de las aguas residuales para evitar la contaminación de los ríos (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

- **OBJETIVOS GENERALES**

Satisfacer las necesidades actuales y futuras de agua Potable en cantidad y calidad a los habitantes del Municipio.

Optimizar la captación, almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento de Aguas Residuales evitando la contaminación y aprovechar su disposición para riego agrícola.

- **OBJETIVOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y DE SERVICIO**

Contar con recursos económicos para cubrir los costos derivados de la operación el mantenimiento y administración de los sistemas, la rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura existente, la amortización de las inversiones realizadas, los gastos financieros de los pasivos y las inversiones necesarias para la expansión de la infraestructura.

Cubrir las necesidades de Agua potable y Alcantarillado y saneamiento y aprovechamiento de aguas residuales

Optimizar la utilización del agua proporcionando a los habitantes agua en calidad y cantidad suficientes promoviendo la cultura del cuidado de la misma.

Fortalecer la infra estructura hidráulica de la ciudad (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN

Administración: Es administrada por un Consejo de Administración, integrado por 6 miembros, que son: el Presidente Municipal, (P Regidor Tercero que tiene a su cargo la comisión de Agua potable y saneamiento, el contralor del H. Ayuntamiento, y tres representantes de usuarios. El Consejo de Administración designa un Director General quien tiene la representación del Organismo (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

Función prioritaria del Consejo de Administración: Aprobar el programa y presupuesto anual de Gastos y Balance, antes de ser sometido al Congreso del Estado para aprobación definitiva; autorizar y darle seguimiento a algunos programas y proyectos del organismo (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

- **Misión:**

Garantizar el suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento, brindando un servicio excelente, con honestidad y responsabilidad social, contribuyendo con esto a mejorar la calidad de vida de los habitantes de Tierra Blanca, Veracruz (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

- **Visión:**

Brindar el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento con calidad y personal altamente comprometido, capacitado y con vocación de servicio, empleando los más avanzados sistemas y equipos de alta tecnología, a fin de promover el uso racional y reciclamiento del agua en la región, para garantizar el abasto al 100% de los habitantes. Realizando nuestras actividades y procedimientos con honestidad y transparencia (ALCANTARILLADO, O. O. 2021).

CAPÍTULO II.

2.1 METODOLOGÍA

La metodología establecida para el desarrollo del proyecto aplicado es del tipo descriptivo y analítico, con la utilización de herramientas de diagnóstico participativo, cualitativo y cuantitativo, debido a que el diseño de una planta solar requiriere una serie de estudios técnicos, estructurales y tecnológicos para garantizar el correcto funcionamiento e identificar los beneficios a nivel social, ambiental y económico.

2.1.1. Tipos de instalación Fotovoltaica.

Existen dos tipos de instalaciones solares fotovoltaicas, dependiendo del uso final que se le dé a la electricidad producida:

Instalaciones autónomas: Toda la electricidad generada es empleada de manera íntegra para el autoconsumo en viviendas, huertos o instalaciones donde las compañías eléctricas tradicionales no llegan o en un sistema de emergencia para fallos eléctricos (AUTOSOLAR 2020).

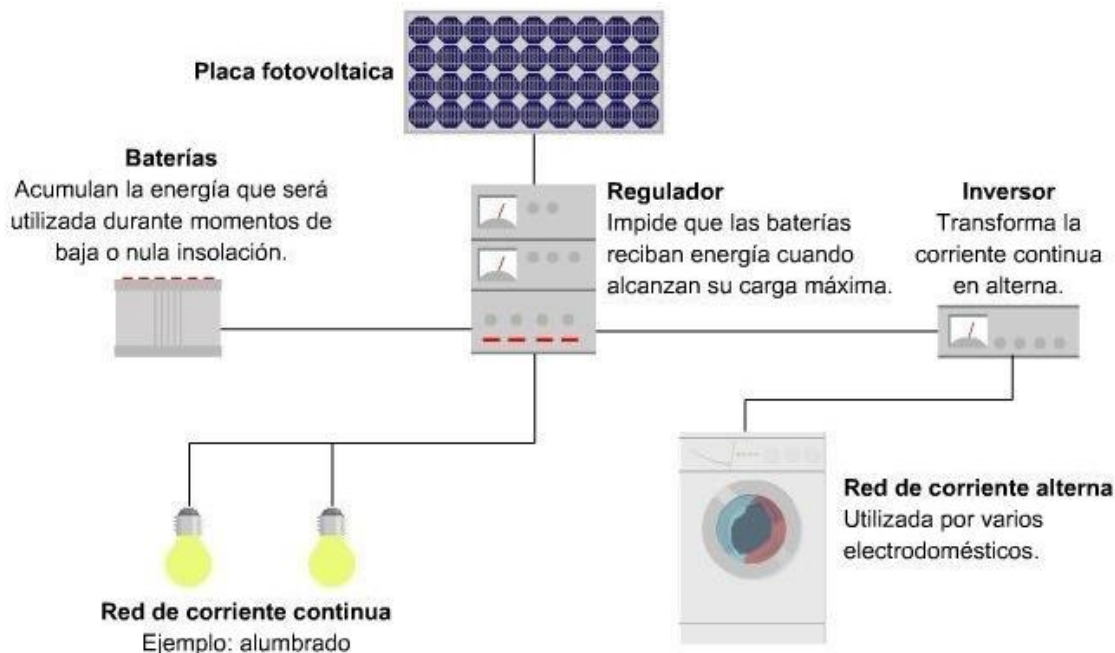


Figura 7. Sistema de instalación fotovoltaica autónoma.

Instalaciones interconectadas a la red: Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica son una más de las fuentes de generación de electricidad que alimentan la red eléctrica. En este caso los paneles solares se conectan a la red eléctrica a través de la salida de los inversores solares, lo que les permite funcionar en paralelo con la red.



Figura 8. Sistema de instalación fotovoltaica interconectado a la red

Estos sistemas fotovoltaicos conectados a la red constan de paneles solares que generan una parte, si no toda, la energía que necesitan durante el día, mientras permanecen conectados a la red eléctrica local por la noche o cuando no hay horas de sol suficientes SELSIA. (2022).

Por otro lado, en las estaciones con más horas de sol, las instalaciones fotovoltaicas pueden producir ocasionalmente más electricidad de la que realmente se necesita o consume. Estos excedentes se pueden almacenar en baterías o bien verterla a la red eléctrica y aprovechar el balance neto en la factura de final de mes (SUNFIELDS 2007).

2.1.2 Materiales.

Es muy importante tener el conocimiento sobre el tipo de materiales a ocupar en el proyecto

Panel fotovoltaico

Los paneles solares son módulos fotovoltaicos individuales que captan la energía que proporciona el sol convirtiéndola en electricidad. Están formados por celdas solares que a su vez contienen células solares individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo) que transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones).

En los paneles solares cuando hay luz solar, una célula solar se comporta casi como una batería. La luz solar recibida separa los electrones de modo que forman una capa de carga positiva y una de carga negativa en la célula solar; esta diferencia de potencial genera una corriente eléctrica (FACTORENERGIA 2018).

Inversor Solar

El inversor solar convierte la energía recogida por las placas solares (corriente continua) en electricidad que tú y yo podamos usar (corriente alterna). Hay 3 tipos de tecnología y Factorenergia puede ayudarte a elegir cuál es la mejor para tu instalación solar.

Cuando hablamos de instalaciones con placas solares, los propios paneles no son ni mucho menos el único elemento a tener en cuenta. Igual de importantes son otros componentes, como el inversor solar, pues es el encargado de convertir la energía solar recogida por las placas solares en electricidad que tú y yo podamos usar para encender las luces o usar nuestros electrodomésticos (SUNFIELDS 2007).

Cableado y Estructuras

¿Qué es el cable fotovoltaico (FV/PV)?

El cable fotovoltaico, también conocido como cable PV, es un cable de un solo conductor utilizado para conectar los paneles de un sistema de energía eléctrica fotovoltaica. Los sistemas PV, o paneles solares, son sistemas de producción de energía eléctrica que captan la luz solar para producir electricidad a través de un proceso de conversión de energía. La electricidad se produce en el panel y el cableado es necesario para llevar la energía eléctrica a una caja combinadora o punto de almacenamiento. El cable fotovoltaico es un tipo específico de cable creado para este tipo de aplicaciones.

Definición de cable fotovoltaico (PV/ FV)

El cable PV es un producto de un solo conductor que cumple con los requisitos de la norma UL-4703 para cables fotovoltaicos. Los requisitos de construcción actuales descritos por UL 4703 son los siguientes:

- Calibre del conductor: 18 AWG hasta 2000 kcmil.
- Material del conductor: cobre, aluminio revestido de cobre, aluminio.
- Aislamiento: XLPE, EPR.
- Tensión: 600 V, 1 kV, 2 kV.
- Resistente a la luz solar.
- Temperatura de operación: 90°C en ambiente húmedo; y 105°C, 125°C y 150°C en ambiente seco.
- Opción para enterramiento directo.
- Opciones adicionales: USE-2, RHW-2.
- Construcción: Conductor simple, sin blindaje.

Los cables fotovoltaicos para paneles o cajas combinadoras se construyen comúnmente con conductores de cobre en calibres 12 AWG, 10 AWG y 8 AWG. Los cables para los feeders o alimentadores son comúnmente mayores o iguales a un calibre 1/0 AWG, son de aluminio y clasificados a 2 kV. Los cables PV de 1 kV y 2 kV a menudo tienen el mismo espesor de aislamiento. Los cables fotovoltaicos de 2 kV son estándar para sistemas que requieren capacidades superiores a 600 V (ANIXTER 2018).

Normas requeridas para cableado

El NEC (Código Eléctrico Nacional) desarrolló el Artículo 690 sobre Sistemas fotovoltaicos solares (PV) para orientación sobre sistemas de energía eléctrica, arreglo de circuitos, inversores y controladores de carga para sistemas fotovoltaicos. El NEC se usa comúnmente en los Estados Unidos para diversas instalaciones (códigos locales pueden aplicar).

El Artículo 690 Parte IV del NEC 2017, permite varios métodos de cableado para sistemas fotovoltaicos. Los cables de un solo conductor, listados UL USE-2 (entrada de servicio subterráneo) y cables tipo PV son permitidos en lugares expuestos al aire libre en los circuitos de fuente PV dentro del arreglo fotovoltaico. Además, se permite que el cable fotovoltaico se instale en bandejas exteriores para circuitos PV al aire libre y circuitos PV de salida sin necesidad de la de que la bandeja deba estar clasificada o certificada para esta aplicación. Aplican restricciones si la fuente fotovoltaica y los circuitos de salida funcionan a más de 30 voltios en lugares accesibles. En estos casos, se requiere el cable tipo MC o conductores adecuados instalados en canaletas (ANIXTER 2018).

NEC no reconoce las designaciones de tipo canadienses como los cables RWU90, RPV o RPVU que no tengan equivalencia dual con UL. Para instalaciones en Canadá, la sección 64-210 de la CCA de 2012 proporciona información sobre los tipos de cableado permitidos para aplicaciones fotovoltaicas (ANIXTER 2018).

Tipos de estructuras para una instalación fotovoltaica

- Estructuras individuales

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

- Estructuras con triángulo inclinado

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

- Estructuras Coplanar

Las estructuras coplanares se utilizan en techados inclinados y ofrecen soluciones como los salvatejas y espárragos de doble rosca que facilitan el montaje y su seguridad, a la vez que disminuyen el impacto visual (SUNFIELDS 2007).

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS VIGENTES

Leyes y Normativas de México

- Los apoyos y subsidios gubernamentales en el precio de la energía se irán reduciendo hasta llegar a cero, con el tiempo a diferentes velocidades por industria o sector (Fuente 2018).
- La Ley de Transición Energética (DOF 24/12/2015 LTE, Cap. III Art. 128 Transitorio Tercero) dicta que en el año 2024 el 35% del consumo en México deberá provenir de energías limpias (Fuente 2018).
- La Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) marca que para el 2019 el 5.8% del consumo de energía eléctrica en las industrias debe de ser energía limpia, de lo contrario aplicará sanciones. La multa será de 6 a 50 salarios mínimos por KWh de incumplimiento en base al porcentaje tasado por año por el consumo de energía de cada usuario (Fuente 2018).

Esquemas legalmente establecidos para la autogeneración de electricidad en México

La reforma energética recientemente impulsada por el gobierno mexicano, habilita tres esquemas legalmente establecidos para la autogeneración de electricidad en el país:

1. El Net metering, es un ejercicio de mapeo de energía entre lo que se consume y lo que se inyecta a la red. Utiliza un medidor Bidireccional.
2. El Net billing, paga en efectivo a precio marginal local el total de la energía inyectada a la red. Utiliza un medidor adicional al de consumo de energía.
3. La Venta Total de Energía, para productores que no requieran el consumo, podrán inyectar su electricidad a la red y recibir los respectivos pagos.

¿En qué consiste la Generación Distribuida?

Generación Distribuida convierte a los usuarios a ser consumidores y productores al mismo tiempo, para caer en la categoría de Generación

Distribuida, la CFE define así a las instalaciones hasta 500 kilowatts y los habilita con tres esquemas: Net metering. A través de este esquema, el usuario recibe en forma de energía la electricidad que inyectó a la red generada a través de sus paneles solares. De este modo, puede bajar su facturación de consumo eléctrico.

Net billing. Aquí, el usuario recibe en efectivo a un precio marginal local el excedente de energía eléctrica que inyectó a la red. La CRE determina el precio al cual será pagada la electricidad generada.

Venta total. Por esta vía, algunos productores que no requieran la electricidad que generen para su consumo podrán inyectar toda su producción a la red y recibir los respectivos pagos.

Costo Nivelado de Energía (LCOE)

El costo nivelado de la energía (LCOE) es una metodología de cálculo que sirve para comparar el costo de generación de energía bajo diferentes tecnologías, o bien, contra la situación actual.

Generar Energía con Tecnología Solar (Sistemas Fotovoltaicos | Paneles), es posible Fijar el Precio KWh en el Tiempo, a Costos de Hoy.

Uno de los beneficios más poderosos. Para el proyecto GENERACIÓN | VENTA TOTAL es posible generar energía a \$0.52/KWh al menos por los primeros 25 años de vida del sistema fotovoltaico1/ANEXOS, esto significa un ahorro del 59% sobre el costo unitario del KWh por años, en la cantidad generada por el Sistema Fotovoltaico propuesto de 499 KWp, el cual desplazará el 79.9% del consumo actual total (Fuente 2018).

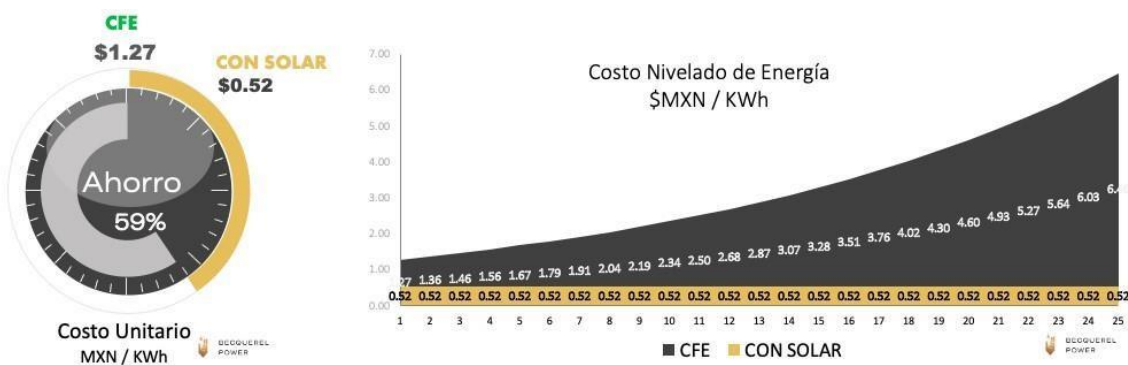


Fig. 9. Gráficos del costo energético solar y de la CFE

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1 Diseño Preliminar del Sistema Fotovoltaico

El diseño preliminar permite responder si el espacio físico para generar los kwh requeridos en el proyecto es suficiente o no. Para el proyecto AYUNTAMIENTO DE TIERRA BLANCA, Ver existe preliminarmente espacio suficiente para generar el 79.9% del consumo total de energía.

El diseño del Sistema Fotovoltaico se realiza en Helioscope, un software donde su reporte técnico y referencia del performance ratio del sistema es bancable, esto es que, el reporte puede ser presentado para ser evaluado y ser sujeto de un financiamiento.

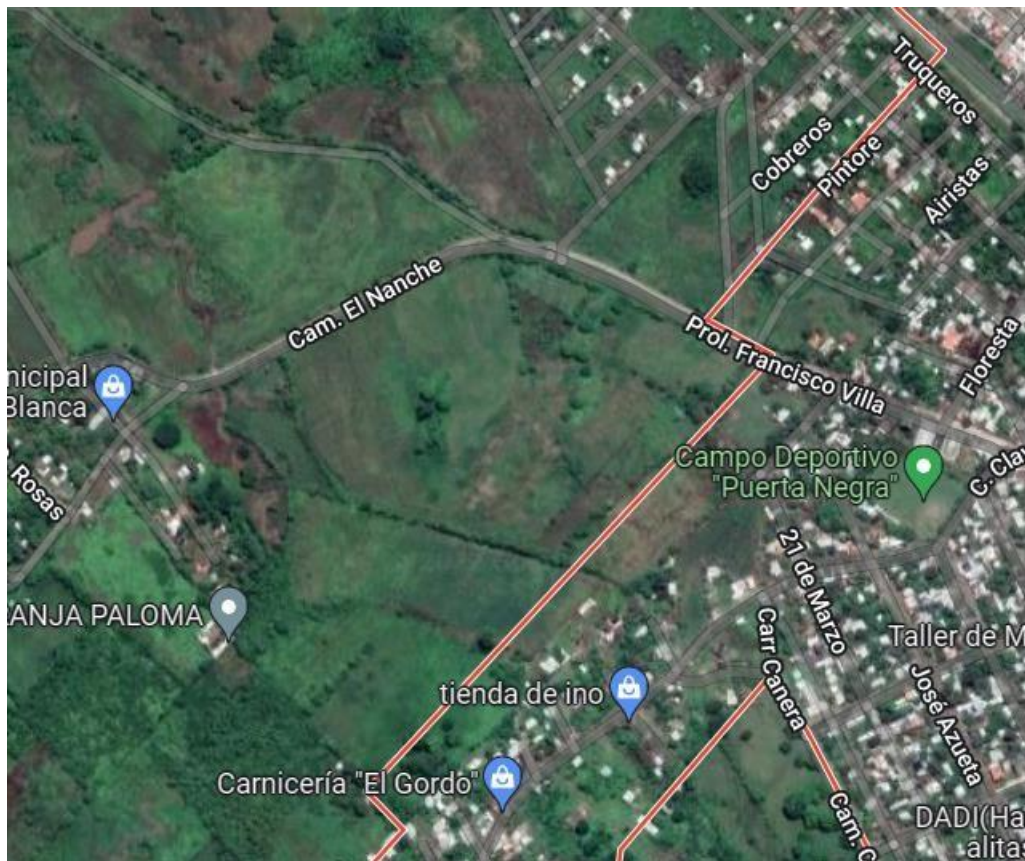


Fig. 10. Ubicación, coordenadas: Longitud 18.451579, Latitud -96.375472

Tabla 1. Destalle de Ahorros y Flujos Financieros, Inversión de Contado.
Se contempla solo impacto por la energía desplazada

AÑO	ESC. BASE 100% CFE			ESC. CON SISTEMA FOTOVOLTAICO				AHORROS solo por E ENERGIA		AHORROS de Energía más C+ D**			AÑO	
	KWh	PRECIO mxn	FACTURA SOLD	ENERGIA KWh a \$/KWh CFE	PRECIO mxn	FACTURA SOLD	KWh Solar	GASTO O&M SIST. SOLAR	FLUJO (GASTO) NETO CON SSVF CFE + SOLAR	AHORROS AHORROS ANUALES ACUMULADOS	Ahorros solo por	AHORROS AHORROS		C + D**
Anuales CFE	\$/KWh CFE	ENERGIA KWh a PAGAR a CFE	PAGAR a CFE							ANUFAALCETSU TROATAL	TAOCTUAML	FUALCATDUORSA		
1	354,110	\$1.03	\$362,823	354,110	\$1.63	\$578,103	353,933	\$27,720	\$2	\$462,428	\$4	\$4,998,184.02	\$8	1
2	354,110	\$1.40	\$494,060	2,159	\$1.81	\$3,913	351,951	\$27,720	\$2	\$31,632	\$4	\$877,523	\$960,612.119	2
3	354,110	\$1.55	\$548,070	4,130	\$2.01	\$8,307	349,980	\$27,720	\$36,027	\$	\$12,397,389,1903	\$18,112	\$4,030,492	3
4	354,110	\$1.71	\$605,989	6,090	\$2.22	\$13,536	348,020	\$27,720	\$41,256	\$564,734	\$1,954,636	\$538,836	\$1,103,570.1	4
5	354,110	\$1.88	\$666,588	8,039	\$2.44	\$19,654	346,071	\$27,720	\$47,374	\$619,214	\$2,573,850	\$560,390	\$1,179,604	5
6	354,110	\$2.00	\$708,220	9,977	\$2.68	\$26,740	344,133	\$27,720	\$55	\$	\$484,53,249	\$582,806	\$1,258,290	6
7	354,110	\$2.25	\$795,606	11,111	\$2.92	\$32,432	342,206	\$27,720	\$62,457	\$733,149	\$3,483	\$606,117	\$1,339	7
8	354,110	\$2.44	\$863,233	13,820	\$3.17	\$43,758	340,290	\$27,720	\$71,478	\$791,755	\$4,774,239	\$630,362	\$1,422,118	8
9	354,110	\$2.63	\$929,327	15,726	\$3.42	\$53,796	338,384	\$27,720	\$	\$	\$797	\$5	\$1,510,000	9
10	354,110	\$2.83	\$1,004,310	17,621	\$3.68	\$64,774	336,489	\$27,720	\$92,493	\$909,720	\$6,534,756	\$655,77	\$506,375	10
11	354,110	\$3.03	\$1,072,368	19,505	\$3.93	\$76,719	334,605	\$27,720	\$104,439	\$967,929	\$7,502,685	\$709,072	\$1,677,001	11
12	354,110	\$3.23	\$1,142,072	21,379	\$4.19	\$89,555	332,731	\$27,720	\$124,797	\$1,024,797	\$8,502,685	\$737,5	\$762,233	12
13	354,110	\$3.42	\$1,210,597	23,242	\$4.44	\$102,202	330,868	\$489,718	\$592,921	\$617,676	\$9,145,159	\$766,932	\$1,384,609	13
14	354,110	\$3.61	\$1,277,180	25,095	\$4.68	\$117,558	329,015	\$27,720	\$145,278	\$1,131,902	\$10,277,060	\$797,609	\$1,929,511	14
15	354,110	\$3.79	\$1,341,039	26,938	\$4.92	\$134,981	327,172	\$27,720	\$162,180	\$1,180,820	\$11,577,848	\$89,514	\$221,046	15
16	354,110	\$3.98	\$1,408,110	28,770	\$5.16	\$153,426	325,340	\$27,720	\$	\$	\$1,268,665	\$	\$2,813	16
17	354,110	\$4.18	\$1,478,495	30,592	\$5.42	\$173,895	323,518	\$27,720	\$193,615	\$1,284,880	\$13,974,545	\$897,203	\$2,182,083	17
18	354,110	\$4.38	\$1,552,223	32,403	\$5.69	\$194,406	321,707	\$27,720	\$212,220	\$	\$14,740	\$933,090	\$2,273,285	18
19	354,110	\$4.60	\$1,628,410	34,205	\$5.98	\$204,502	319,905	\$27,720	\$	\$1,397,819	\$16,740	\$970,415	\$2,368	19
20	354,110	\$4.83	\$1,711,510	35,996	\$6.28	\$225,973	318,114	\$27,720	\$253,693	\$1,457,850	\$18,170,408	\$1,009,230	\$2,467,080	20
21	354,110	\$5.08	\$1,802,110	37,778	\$6.59	\$249,042	316,332	\$27,720	\$273,734	\$1,521,584	\$19,690,794	\$1,049,600	\$2,569,985	21
22	354,110	\$5.33	\$1,899,610	39,549	\$6.92	\$273,726	314,561	\$27,720	\$301,446	\$1,585,530	\$21,276,324	\$1,091,584	\$2,677,115	22
23	354,110	\$5.60	\$1,981,310	41,311	\$7.27	\$300,213	312,799	\$27,720	\$327,933	\$1,653,392	\$22,929,715	\$1,135,247	\$2,788,639	23

24	\$354,110	\$5	\$2,08	43,063	\$7.63	\$3	311,047	\$27,720	\$35	6	\$1,724,081	\$653,796	\$1,180,657	\$2	738	\$43,37	5	90	24
25	\$354,110	\$6.17	\$2,184,410	44,804	\$8.01		309,306	\$27,720	\$386,696		\$1,797,715	\$26,451,511	\$1,227,884	\$3,025,599		\$46,400,889			25
	8,852,750		\$30,835,473	\$74,273		\$358,976	8,278,477	\$1,154,996	\$4,383,962		\$26,451,511	\$19,949,378	\$46,400,889			2,333,309			
											1,330,137								

Nota: Los incrementos al precio de la energía y 25 más conceptados son de carácter ilustrativos para uso del Cliente interesado y Becquerel Power, no tienen validez oficial o contractual de este ejercicio, son estimados en dirección y magnitud a la realidad histórica y reciente.

En la Fig. 11 se presentan el tiempo de recobro de la inversión y el ahorro energético derivado de la instalación de un sistema interconectado a la red

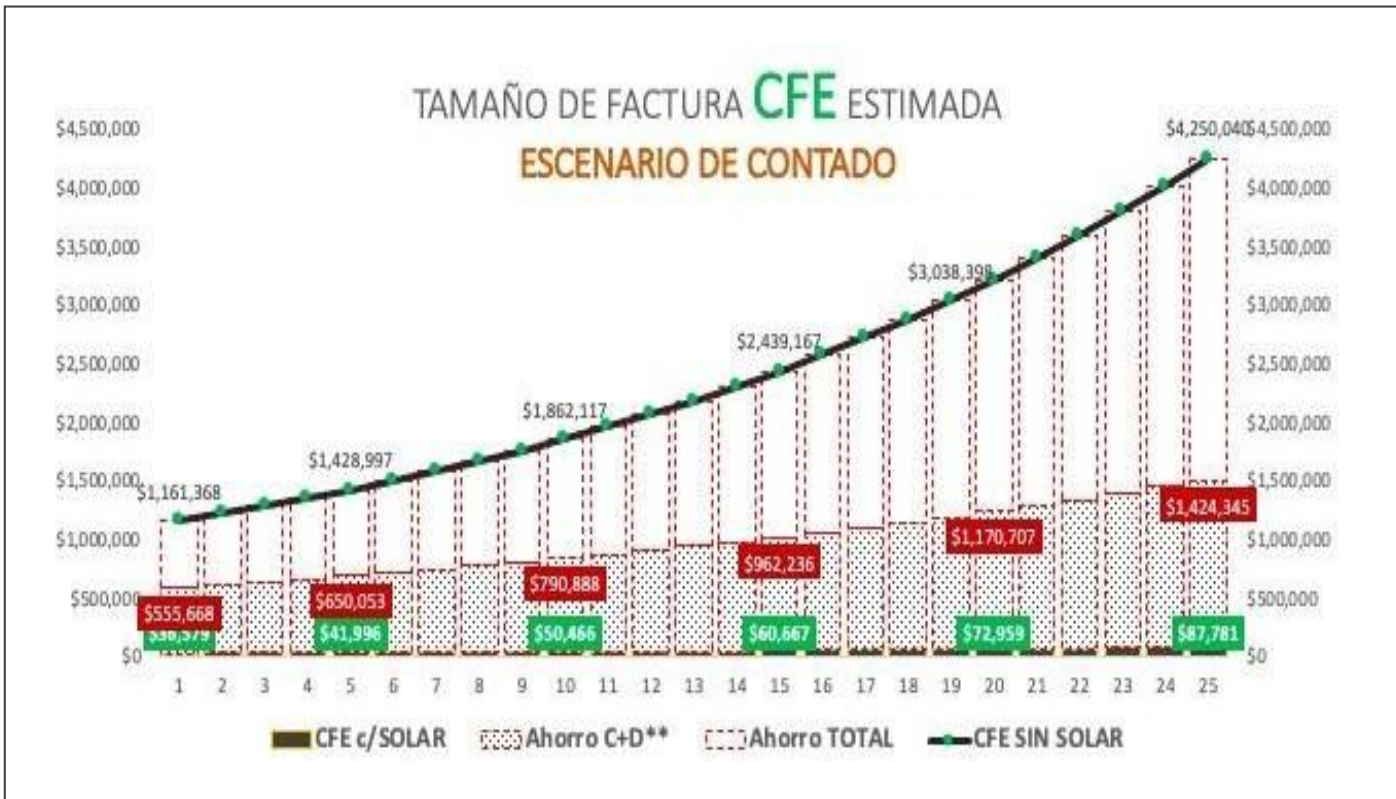


Fig.11. Comportamiento del consumo de energía eléctrica provista por CFE.

En la Tabla 2 se presentan los porcentajes de ahorro y el tiempo de recobro de inversión.

Tabla 2. Porcentajes de ahorro en el gasto energético.

	INDICADORES CLAVE Esc. Con Imp acto en Capacidad y Distribución
Inversión Costo del Sistema (pesos mxn antes de IVA)	\$ ^{MXN} 10,112,235.00
Tasa de Descuento	12.00%
Valor Presente Flujos de Ahorros Acum 25 años	MXN 21,075,460
VALOR PRESENTE NETO Ahorros de Acum. 25 años	MXN 14,954,660
TIR del Proyecto.	35.21%
Payback (Se recupera la Inversión).	3 AÑOS 3 MESES
Ahorros Acumulados en 25 años	MXN 86,400,889
Ahorros Prom. Anuales en Pesos en 25 años	MXN 3,856,036
Tipo de Cambio MXN/USD	\$21.8863
Ahorros Acumulados en USD	USD 4,333,309

PREMISAS

Los flujos positivos asumen un escenario conservador respecto a los incrementos de precios en las tarifas eléctricas, la premisa de cálculo contempla reconocer un CAGR del 6.9% en la proyección de precios de las tarifas para los próximos 25 años.

El incremento histórico promedio anual compuesto en los últimos 18 años, para las tarifas eléctricas a nivel industrial fue de un CAGR del 7.4%

Durante el 2018, los incrementos en los precio de las tarifas industriales superaron el 60% vs año 2017.

El incremento promedio del INPC de los últimos años (precios de la canasta básica) ha sido del 4.5%, *last estimate cierre @2021 6.0%***.

Tipo de Cambio utilizado es Indicativo, no tiene carácter contractual. El tipo de cambio se definiría al día de la firma de contrato con base al publicado esa fecha en el diario oficial de la federación o bien el cliente podrá liquidar el precio cotizado en dólares americanos mediante transferencia bancaria a nuestra cuenta en dólares americanos.

Cualquier variación al alza en dichas premisa, aceleraría el Retorno de la Inversión

Payback a menos de 3 años 03 meses.

CONTEXTO DE PRECIOS EN EL MERCADO ELÉCTRICO MEXICANO

En la Fig. 12 se presenta un historial de las tarifas industriales

En los últimos 18 años el costo de la energía eléctrica en México ha tenido incrementos anuales promedio de 7.4%, con una alta variabilidad y una fuerte dependencia al costo del gas natural y al tipo de cambio con el dólar.



Fig.12. Evolución de las tarifas de CFE reguladas en medio de tensión

En la Fig. 13 se presenta la cotización de la propuesta del sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE de acuerdo al estudio realizado del mercado sobre los sistemas así como el modelo más pertinente del sistema según los antecedentes.

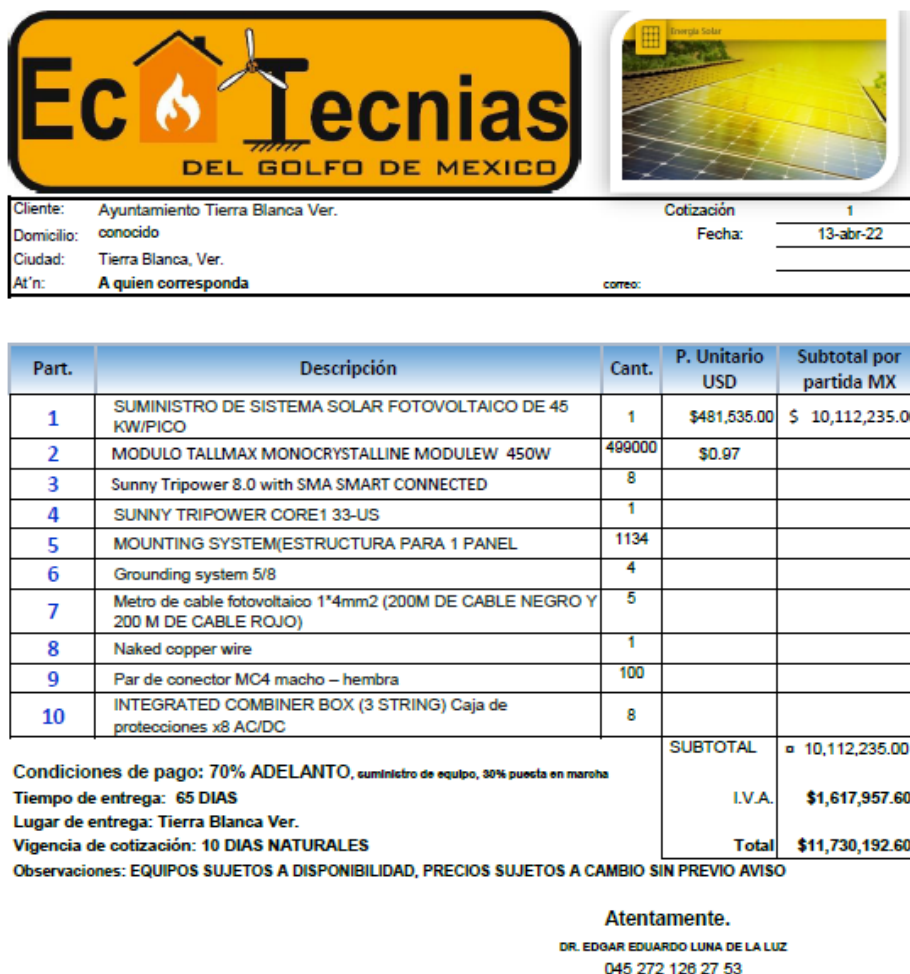


Fig. 13. Cotización de la propuesta del sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE

4.2 Conclusiones

De acuerdo al objetivo planteado en este proyecto, el diseño de la propuesta de un sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE basada en los antecedentes y cotizaciones asegura ser exitosa y su implementación garantiza una disminución en el consumo energético provisto por CFE y un retorno de inversión entre 2 años y medio y cuatro años y medio según la tarifa y costo de la energía como lo indica el análisis de la Fig. 11,12 y 13 así como la Tabla 2.

4.3 Trabajos futuros

La propuesta se entregó al encargado de la empresa, por lo que el deberá brindárselo a todas aquellas personas que vayan a autorizar la aplicación de esta, por lo cual este debe recibir capacitación de cómo funciona y se utiliza el sistema con la finalidad de que se identifique las ventajas de la propuesta sobre el sistema actual de suministro de energía.

Bibliografía

ALCANTARILLADO, O. O. (2021). *OROAPA*. TIERRA BALNCA VERACRUZ. Obtenido de <https://www.oroapatbca.gob.mx/site/oroapa/>

ANIXTER. (2018). *¿Qué es el cable fotovoltaico (FV/PV)?* Obtenido de https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html#:~:text=El%20cable%20fotovoltaico%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido,sistema%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20fotovoltaica.

AUTOSOLAR. (31 de AGOSTO de 2020). *ELEMENTOS BASICOS DE UNA INSTALACION DE CONEXION A RED*. Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/elementos-basicos-de-una-instalacion-de-conexion-a-red>

FACTORENERGIA. (30 de MARZO de 2018). *¿Qué es un inversor solar?* Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-un-inversor-solar/>

SACLIMA. (2016). *Estructuras solares*. Obtenido de <http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/estructuras-para-paneles-solares-tipos-y-caracteristicas/>

SELSIA. (2022). *Paneles solares como funcionan y que son*. Obtenido de <https://www.celsia.com/es/blog-celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/>

SUNFIELDS. (2007). *Instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/autoconsumo/instalacion-fotovoltaica-conectada-a-red/>

SENER

<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IIIBC01>) 3.

ANEXOS 1

Paneles Solares fotovoltaicos

FIRST Solar Series 6 – Panel 440w

Fabricante TIER1. Tecnología Película Delgada Teluro de Cadmio. TOP 10

Bloomberg Global Ranking Q2/2021

Beneficios más sobresalientes al proponer este UpGrade en Tecnología vs Células de Silicio: o Garantía de 12 años por defecto de fábrica.

- o Degradación lineal de 0.50% por año, del año 2 al 30, vs 0.55% base arenas de silicio (logrando 86.0% al año 25) o (16, Abril 2021 PV TECH Magazine) <https://www.pv-tech.org/first-solar-touts-its-cure-technology-delivering-module-degradation-rates-of-only-0-2-per-year/> o First Solar alcanza un 83.5% de eficiencia al año 30, Garantizado por el fabricante. o Cuentan con un doble cristal vs cubierta plástica en el back usada en los paneles de silicio. o Cuentan con una garantía anti microfracturas eliminando el riesgo de puntos calientes y pérdida de energía. o Mayor resistencia a impacto de fenómenos naturales como el granizo.
- o El marco está oculto en el perfil del panel, lo que hace que sean más limpios al retener menos polvo/nieve y facilitan su limpieza por la propia lluvia o limpieza manual.
- o Al ser una película delgada completa sobre la superficie total del panel, la administración de sombras los vuelve más eficiente vs las células (obleas) de silicio.
- o Esta tecnología ha demostrado mejores coeficientes de eficiencia ante altas temperaturas, lo que logra ventajas importantes en climas similares a los de Monterrey, NL. o Son TIER 1, y están dentro del TOP Ten a nivel mundial en el Ranking de la calificadora Bloomberg® o Están en el TOP ranking de grado Bancable por la PV TECH.
- o Su fabricación es en USA lo que minimiza mucho los tiempos de ejecución de un proyecto, ya que en 2 semanas están ya importados vs +4meses que puede llegar a tardar el proceso de asignación de embarque e importar los paneles de silicio desde China (Asia).
- o Soporte técnico por el fabricante en el continente y en México. o Huella de carbono hasta 6 veces menor y una huella de agua hasta 24 veces menor que la de los paneles solares de silicio. o Fuera de los señalamientos de

trabajos forzados en las minas de silicio en diferentes países del continente asiático.

Todo lo anterior resultando en más kWh/año por kWp instalado, eso significa menos inversión y por ende un payback de recuperación más pronto, sin sacrificar calidad.