



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño de sistemas fotovoltaicos en Ecovalue

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero mecánico

P R E S E N T A

Adiel Periañez Gómez

ASESOR DE INFORME

Dr. Fernando Velázquez Villegas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Informe de actividades profesionales

Diseño de sistemas fotovoltaicos en Ecovalue

1. Introducción
2. La empresa
3. Descripción del puesto
 - 3.1 Requisitos
 - 3.2 Funciones
 - 3.3 Uso de herramientas digitales
 - 3.3.1 Helioscope
 - 3.3.2 Sketchup
 - 3.3.3 Solar Pathfinder PV Studio
4. Departamento de ingeniería
 - 4.1 Objetivos
 - 4.2 Propuestas
 - 4.3 Diseño del sistema fotovoltaico
 - 4.3.1 Propuesta inicial
 - 4.3.2 Visita técnica
 - 4.3.3 Estudio de generación solar y análisis de sombras
 - 4.3.4 Selección de equipo
 - 4.3.5 Cálculo de cableado y protecciones
 - 4.3.6 Desarrollo de esquemas y planos de instalación
 - 4.3.7 Puesta en marcha
 - 4.3.8 Monitoreo
 - 4.3.9 Inspección de rendimiento
5. Participación en la empresa
 - 5.1 DM Sustentable
 - 5.2 Plásticos Edo. Méx.
6. Conclusiones
7. Bibliografía

1. Introducción

La energía solar fotovoltaica ha surgido como una solución a la problemática de la autosuficiencia energética en países como México que tienen un nivel de irradiación solar privilegiada.

La irradiación solar global en México es en promedio de 5 kWh/día/m², pero en algunas regiones del país se llega a valores de 6 kWh/día/m².

En países europeos con niveles de irradiación sustancialmente inferiores, como España o Alemania, esta forma de producción de electricidad es al día de hoy una opción bastante madura, en razón de los beneficios que esta modalidad de producción de electricidad aporta tanto al usuario como a la red eléctrica. La energía fotovoltaica ha incrementado su capacidad instalada a tasas de crecimiento promedio anuales en los últimos 5 años de más de 50% a nivel mundial.

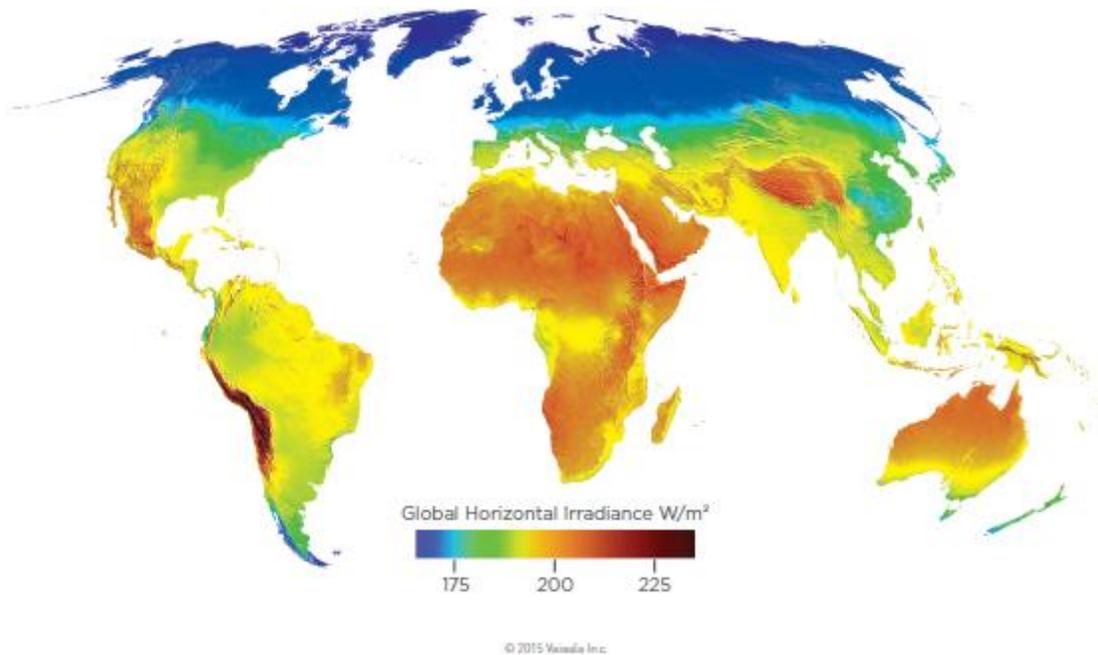


Figura 1. Irradiación global

La Agencia Internacional de Energía (<http://www.iea.org>) prevé que con las adecuadas políticas públicas, la energía solar fotovoltaica en edificios residenciales y comerciales podría igualar su costo a los precios comerciales de la electricidad para el año 2020 en muchas regiones, y que la tecnología fotovoltaica será competitiva a gran escala en las regiones con mejor irradiación para el año 2030, llegando a proveer hasta el 5% de la electricidad global.

El motivo principal del aumento de la capacidad instalada en otros países se debe al otorgamiento de incentivos por medio de tarifas preferenciales para empresas y particulares que generan electricidad con paneles solares.

El gobierno mexicano no ha otorgado tarifas preferenciales a esta tecnología. Pero aún sin este tipo de bonificaciones, la energía solar ha encontrado un gran mercado en crecimiento. La Asociación Mexicana de Energía Solar (Asolmex), reportó un crecimiento en 2018 mayor a mil 800 por ciento de capacidad instalada en centrales solares, y se prevé continúe en 2019 lo que permitirá fortalecer la soberanía energética del país.

Después de la publicación del Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable en Pequeña Escala el 8 de abril del 2010 ya se han instalado más de 4 Megawatts (MW) de techos solares en el país.

Se espera que en los próximos años el costo de los sistemas fotovoltaicos disminuya de manera significativa, haciendo así más atractivo el uso de esta tecnología.

Las instalaciones no siempre han obedecido a una lógica económica, pero si a una conciencia ambiental. A pesar de esto a los usuarios que pagan tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC), estos usuarios son aquellos que registran un consumo mensual promedio superior a 250 kWh (Tarifa 1).

En tarifa DAC, el precio de la energía eléctrica es el más alto y está integrada básicamente por un cargo fijo y uno por consumo (kWh/mes), más el impuesto correspondiente.

Son aproximadamente 411,981 usuarios, a los cuales les resulta atractiva una instalación fotovoltaica de uso residencial, ya que la inversión se paga entre 5 y 6 años, y la vida útil del equipo es de 25 años.

En los siguientes capítulos se describirán las diferentes funciones en el área de diseño de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red y su implementación en dos proyectos, comercial e industrial.

1. La empresa

Eco Value nace en 2013 como la primera empresa en el mercado Mexicano que ofrece al consumidor residencial soluciones ecológicas aplicables en su vida diaria en los campos de Energía, con la finalidad de ofrecer masivamente soluciones Ecológicas y con justificación Económica directamente al consumidor que deseen reducir su impacto ambiental al mismo tiempo en que obtienen ahorros significativos en sus gastos de operación mensuales.

El nombre de Eco Value proviene de las palabras Ecología y Valor (Value en inglés), toda vez que creemos que todo proyecto sustentable debe de generar valor (retorno de inversión y factor verde) tanto al consumidor como al planeta



Figura 2. Logotipo Ecovalue

Nuestra Visión es:

Promover el conocimiento y uso de soluciones ecológicas con valor práctico en nuestras actividades diarias. Ser el canal accesible y de referencia de tecnologías sustentables, para todas las residencias, edificios y comercios cuando justifiquen claramente su valor económico y ecológico.

Proveer productos y servicios confiables, seguros y de alta calidad y amigables con el planeta.

Ser una empresa sustentable generando siempre de forma ética valor para sus clientes, colaboradores, proveedores, inversionistas y las comunidades donde operamos.

Nuestra Misión es:

Ofrecer masivamente soluciones ecológicas y con justificación económica directamente al consumidor en los campos de energía, que generen de manera pragmática y efectiva un claro valor al consumidor y al planeta.

Nuestros Valores:

- Confianza
- Compromiso
- Responsabilidad
- Honestidad
- Ética profesional
- Amabilidad

Organigrama

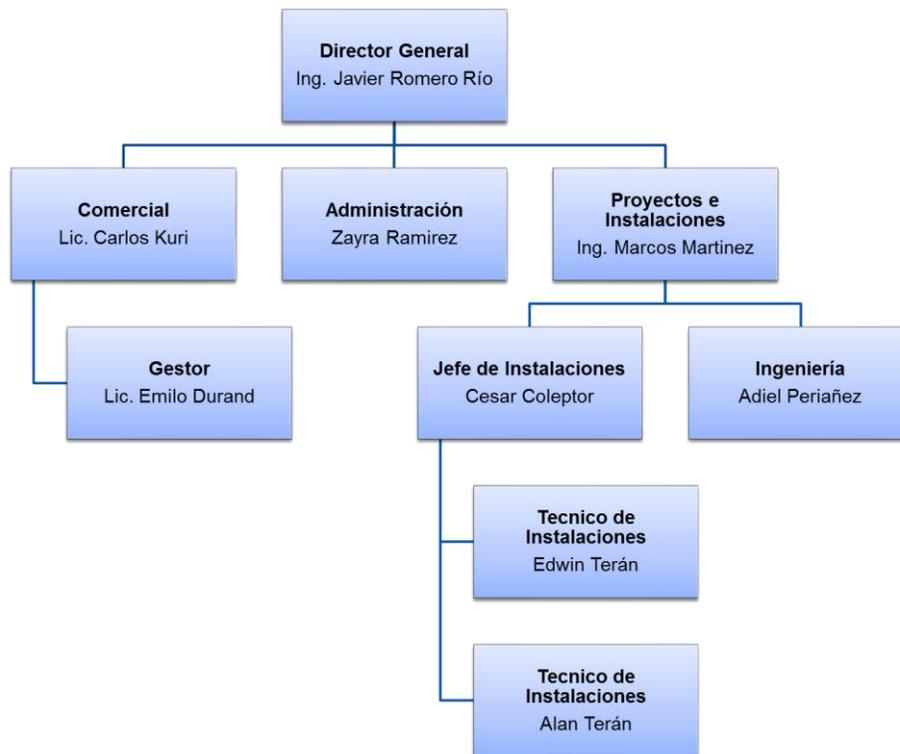


Figura 3. Organigrama Ecovalve

- Equipo Directivo:
 - Javier Romero Río - Ingeniero Industrial (UIA), Dirección de empresas (IPADE), más de 30 años de experiencia en Dirección General de empresas de manufactura (DM Nacional) y consultoría (Deloitte Consulting) - Diplomado en Sustentabilidad y Cambio Climático (ITAM) y Diplomado en Energía Solar Fotovoltaica (Universidad San Jorge, Zaragoza, España)
 - Carlos Kuri Guillot: Licenciado en Mercadotecnia (CECC), especializado en comunicación y ventas en industria textil y fotovoltaica.
 - Marcos Martínez Barranco Levy - Ingeniero Mecánico con especialidad en Energías Renovables (La Salle), con enfoque en administración de proyectos de ingeniería, fotovoltaicos, experiencia en infraestructuras eléctricas, hidráulicas y fotovoltaica
 - Adiel Periañez Gómez – Pasante en proceso de titulación en Ingeniería Mecánica, con 3 años de experiencia en ingeniería e instalación de proyectos fotovoltaicos interconectados y sistemas aislados. Certificado en instalaciones Fotovoltaicas EC0586

Productos y Servicios

Eco Value cuenta con dos divisiones: Residencial y Comercial/Industrial.

Eco Value ofrece soluciones ecológicas y de valor agregado para los consumidores.

En la parte Residencial se ha creado el concepto de EcoHousing con áreas de enfoque:



Figura 4. Logotipo Eco Housing

Electricidad - Coogeneración de energía eléctrica por medio de Paneles Solares instalados preferentemente en los techos con el objetivo de reducir el recibo de la CFE al punto óptimo económico.

En la parte de Edificios, negocios, comercio e Industrias se contará con la división de EcoServices a fin de ofrecer las soluciones mencionadas con énfasis en soluciones a la Medida y con justificación tecnológica avanzada.

Es importante mencionar que en cada propuesta se incluyen las garantías y ventajas, instalación llave en mano (esto quiere decir que incluimos el estudio de producción fotovoltaica, el diseño e ingeniería del Sistema, paneles, inversor, estructura de aluminio, accesorios, la instalación y los trámites para el Contrato de Interconexión para Fuentes de Energías Renovables ante CFE).

3. Descripción del puesto

Ingeniero en diseño de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red

3.1 Requisitos

- Formación en ingeniería con conocimiento en el sector de energía fotovoltaica
- Conocimiento e interpretación de detalles constructivos de obra civil e instalaciones eléctricas
- Conocimientos de AutoCAD, Sketchup y Similares, Suite Ofimática (procesadores de textos, hojas de cálculo y bases de datos) e informática, PVsyst

Funciones

- Realizar visitas técnicas y diseño de los sistemas solares.
- Optimizar diseño y el uso de materiales para bajar los costos de los proyectos y aumentar su eficiencia.
- Desarrollar procesos para mejorar el diseño, instalación y operación de sistemas solares.
- Cálculos eléctricos de cableado y protecciones.
- Supervisar trabajos de mantenimiento preventivo y reactivo.

Uso de herramientas digitales

Helioscope

HelioScope es una herramienta desarrollada por Folsom Labs, es una aplicación web que simplifica el proceso de diseño y dimensionamiento de una instalación de paneles solares. Incluye todas las características de PVsyst y añade la funcionalidad de diseño de AutoCad, lo cual permite hacer un diseño completo con un solo software.

El programa toma en cuenta las pérdidas generadas por factores como la ubicación geográfica, las sombras de árboles y edificios, el cableado, la eficiencia de los componentes y demás ajustes en la instalación. Proporciona recomendaciones para el diseño de los equipos, así como del número de arreglos y paneles fotovoltaicos.

La herramienta proporciona un diagrama a detalle de todo el cableado a utilizar. Proyecta la ubicación exacta de los paneles, los inversores y el resto de los dispositivos. Al finalizar el diseño, el software entrega una lista completa de materiales requeridos.

Para la simulación HelioScope utiliza modelos matemáticos de última generación.

Importa archivos meteorológicos para conocer el clima en la zona. Incorpora análisis de sombras, física de los módulos fotovoltaicos, analiza la resistencia de los cables, así como de otros factores para realizar una simulación de lo más exacta. Estima valores de producción eléctrica y de producción de energía solar por hora. Puede calcular la potencia requerida con mayor precisión.

Al seleccionar los componentes y ejecutar múltiples simulaciones para la misma ubicación te brinda la opción de comparar los resultados y elegir la mejor opción de configuración del diseño.

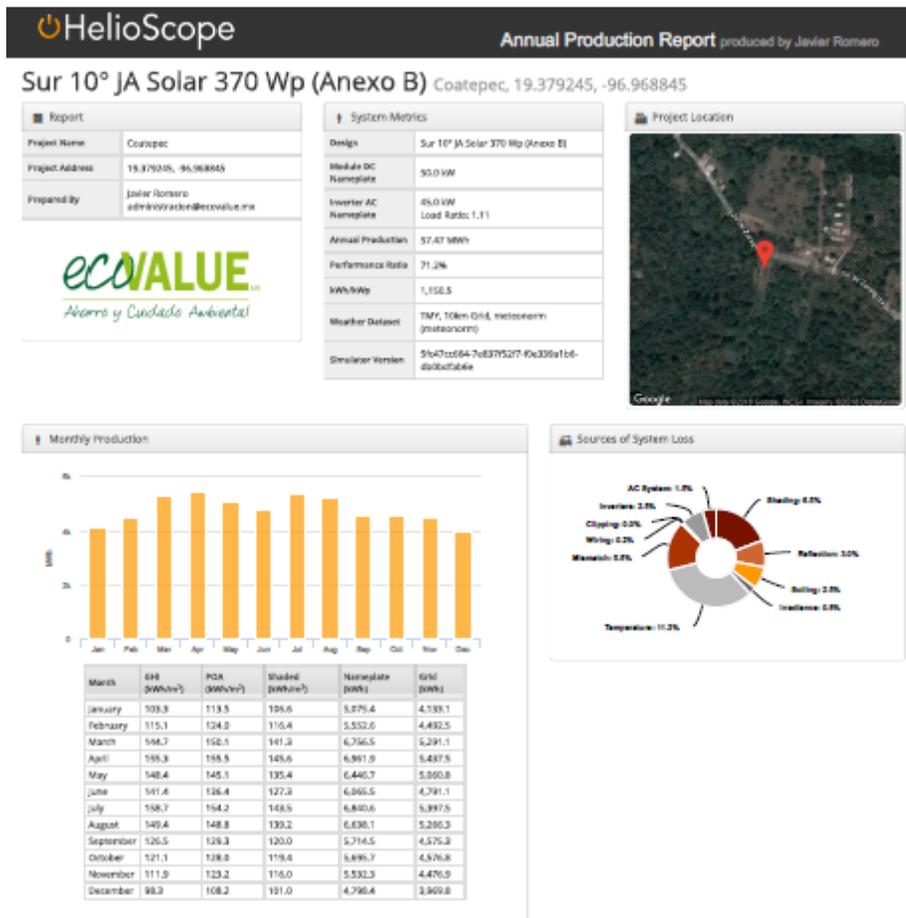


Figura 5. Helioscope

Sketchup

SketchUp es una herramienta que permite conceptualizar rápidamente volúmenes y formas arquitectónicas de un espacio. Además, los edificios creados pueden ser geo-referenciados y colocados sobre las imágenes de Google Earth, lo cual permite realizar una simulación visual de las sombras existentes en el área de la instalación del sistema fotovoltaico.



Figura 6. Sketchup

Solar Pathfinder PV Studio

Este programa permite a los instaladores minimizar el tiempo invertido en el diseño del sistema y maximizar la producción de energía.

Para determinar la mejor zona de instalación se toman fotografías en cada rincón del techo las cuales son utilizadas en el software para generar un mapa de calor.

De esta forma podemos conocer el porcentaje de sombreado y determinar que ubicación proporcionara la máxima producción energética.

Características del programa:

Permite el análisis de las trayectorias solares mensuales para una latitud específica.

Contiene base de datos meteorológicos mundiales (WMO/NREL)

Analiza la orientación óptima para los datos de sombreado dados de una zona.



EcoValue Site Survey Images and Data for Zona 2

Site Survey Name: "1a"

Unshaded Percent = 65 %

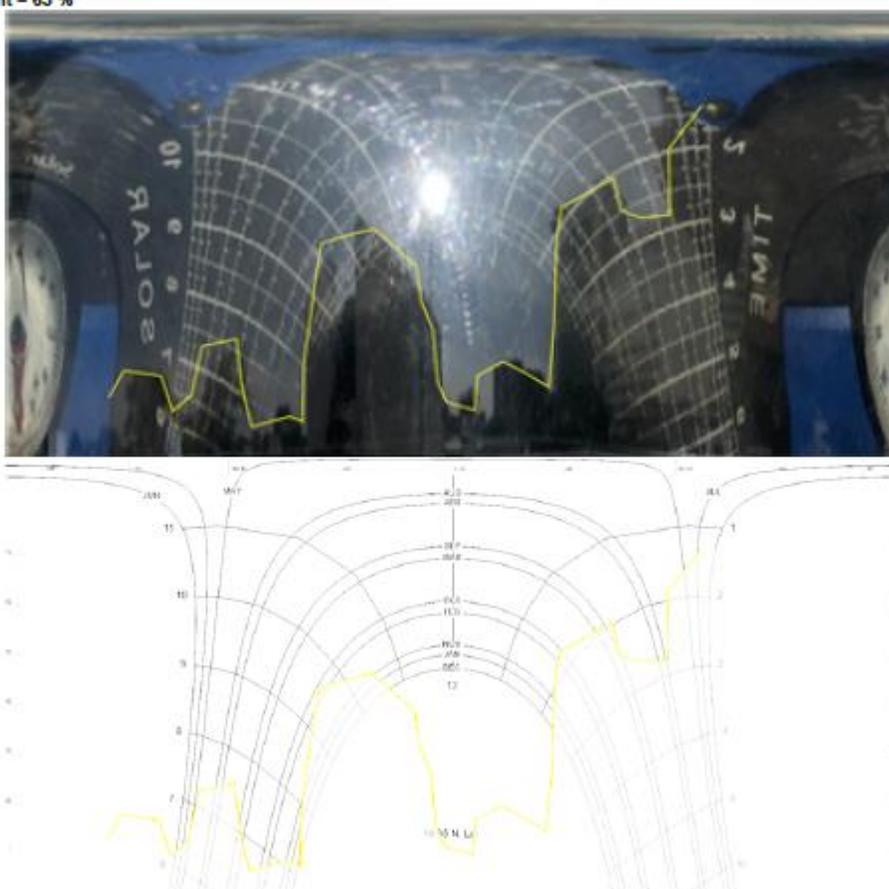


Figura 7. Solar Pathfinder

4. Departamento de ingeniería y diseño de sistemas fotovoltaicos.

El departamento de ingeniería y diseño se enfoca en ofrecer soluciones ecológicas para el hogar, comercio e industria con la tecnología actual de paneles solares fotovoltaicos que generen de manera demostrable un claro valor al consumidor y al planeta.

4.1 Objetivos

Los principales objetivos del departamento de ingeniería de Ecovalue son:

- Ofrecer a nuestros clientes el uso óptimo de sus espacios disponibles para la instalación del sistema fotovoltaico ante la existencia de sombras y techos no tradicionales.
- Uso óptimo de los materiales y componentes para poder bajar costos y ofrecer propuestas más atractivas económicamente.
- El diseño óptimo de estructuras de montaje especiales para la instalación de los módulos solares.
- Optimizar el uso de material eléctrico en las conexiones de cadenas de módulos solares, inversor y centro de carga eléctrica del cliente.
- Dimensionar adecuadamente el sistema de protecciones eléctricas y sistema de tierra.
- Elaboración adecuada de diagramas de instalación y conexiones para el equipo técnico de instalación.

4.2 Propuestas

- Establecer el plan de trabajo para la instalación con el equipo técnico.
- Revisión de la instalación para comprobar que se cumplan las normas necesarias para la aprobación ante CFE del sistema fotovoltaico.
- Generar la documentación necesaria para el inicio de trámites ante CFE
- Calendarizar fechas para la puesta en marcha del sistema fotovoltaico.
- Calendarizar fechas para la revisión del funcionamiento del sistema fotovoltaico cuando no existe sistema de monitoreo vía remota.

4.3 Diseño del sistema fotovoltaico

4.3.1 Propuesta inicial

Por medio del recibo de luz o el llenado de un cuadro de consumo energético se realiza un primer cálculo considerando condiciones ideales de irradiación, condiciones climáticas, orientación e inclinación de los módulos solares.

Este primer cálculo nos da una idea del número de paneles a utilizar, su potencia y el área aproximada necesaria. En algunas ocasiones se puede visualizar en Google Earth la ubicación de la instalación y así tener mejor idea del área disponible.

4.3.2 Visita técnica

Con los datos obtenidos de la propuesta inicial, se acude al domicilio del cliente para revisar las condiciones reales para la instalación.

Se utiliza un domo reflejante (Solar Pathfinder) con el mapa solar de la latitud donde se realiza la visita para visualizar los objetos que proyectarán sombras e impactarán en el rendimiento del sistema.

Con la ayuda de un dron se toma una fotografía aérea del área a utilizar para tener una imagen actual. Esta fotografía junto con las que se tomaron al "Solar Pathfinder" son utilizadas para realizar un estudio de sombras.



Figura 8. Análisis de sombras

Se realiza el levantamiento de la trayectoria de la canalización para la conexión de los paneles al inversor y del inversor al centro de carga. Se propone un área para la instalación del inversor. Una inspección del centro de carga determina si es viable realizar ahí la interconexión o es necesario buscar otro lugar.

Se revisa la existencia de un sistema de tierra física y el tipo de medidor existente. Si aún se cuenta con medidores analógicos es necesario realizar la instalación de una nueva base para un medidor digital.

Se inspecciona en que tipo de superficie se colocará el sistema de montaje. Dependiendo el tipo de superficie se decidirá que arreglo y tipo de anclaje se utilizará

Si no existe área suficiente para la instalación de los módulos solares y dependiendo del clima y ambiente, se considerará la realización de una estructura especial de herrería

4.3.3 Estudio de generación solar y análisis de sombras

Los datos que se obtuvieron en la ubicación (área disponible, orientación de la construcción, inclinación y sombras existentes) son capturados en el software.

El software nos muestra el impacto de las sombras existentes en la generación de energía del sistema fotovoltaico, permitiendo decidir el acomodo (vertical u horizontal) de los módulos fotovoltaicos, la potencia del panel y si se utilizarán optimizadores o microinversores para disminuir el efecto de las sombras.

p

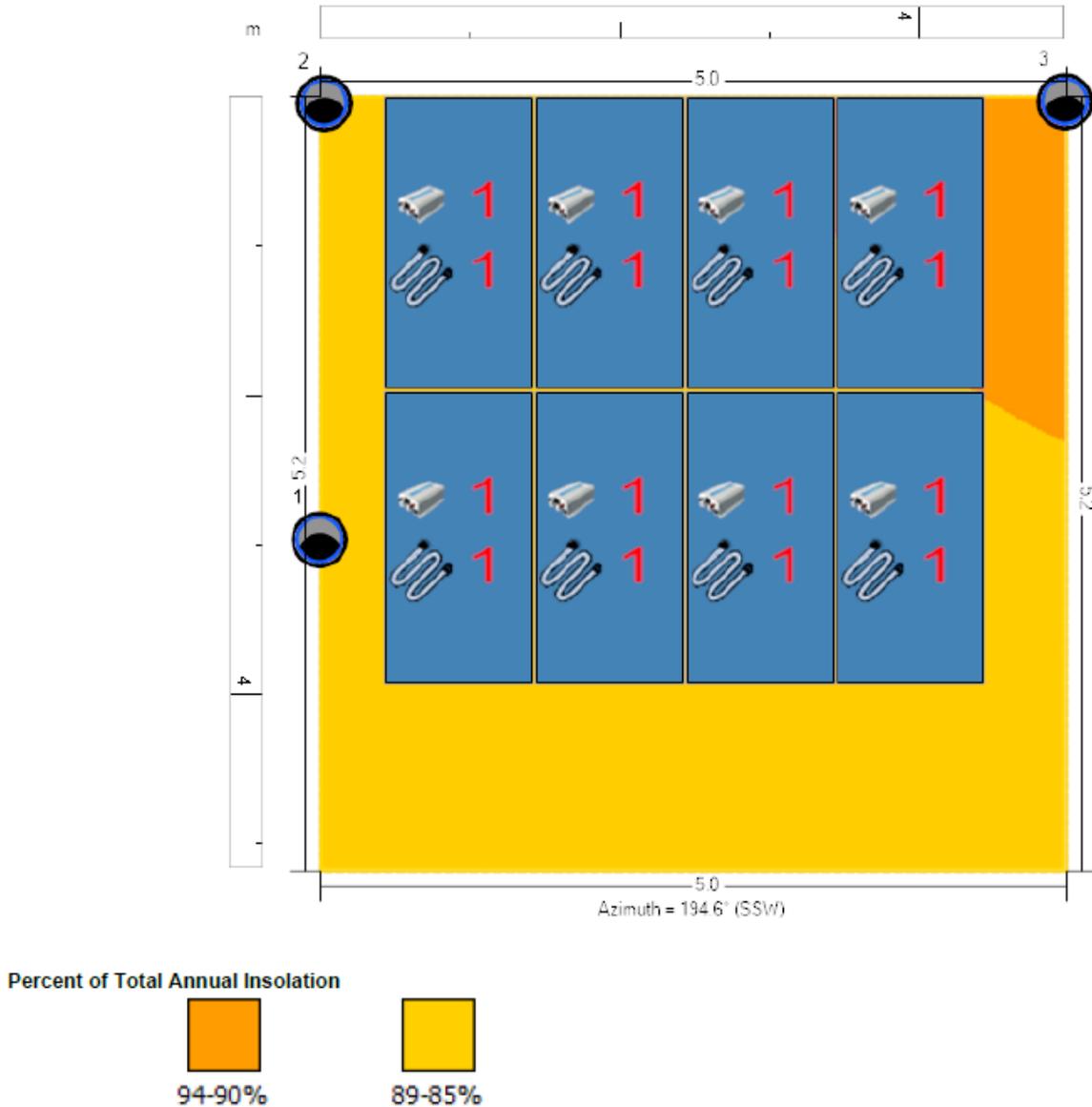


Figura 9. Porcentaje de sombras en el sitio

Finalmente se obtiene una tabla de producción energética mensual y un acumulado anual, el cual es usado para la garantía de producción ofrecida por Ecovalue.

Solar Obstruction Data					
Month	Ideal Unshaded Solar Radiation Azimuth=180(S) Tilt=19.36 kWh/m ² /day	Actual Shaded Solar Radiation Azimuth=194.6 Tilt=15.0 kWh/m ² /day	AC Energy Efficiency Azimuth=194.6 Tilt=15.0	Actual Shaded AC Energy (kWh) Azimuth=194.60 Tilt=15.00	Ideal Unshaded AC Energy (kWh) Azimuth=180.0 Tilt=19.36
January	4.90	3.40	69.6 %	234.21	336.38
February	5.32	4.43	83.8 %	270.86	323.22
March	5.69	5.40	95.5 %	368.28	385.70
April	5.65	5.29	93.8 %	348.82	371.70
May	5.32	4.92	92.6 %	332.22	358.62
June	5.24	4.79	91.9 %	319.70	347.87
July	5.20	4.79	92.1 %	322.20	349.74
August	5.51	5.19	94.2 %	352.32	373.83
September	5.23	5.09	97.8 %	341.45	349.14
October	5.05	4.46	89.1 %	304.73	342.00
November	4.59	3.25	71.2 %	217.23	304.91
December	4.12	2.85	69.5 %	197.86	284.50
Totals	61.83 Effect: 100.0 % Sun Hrs: 5.15	53.87 Effect: 87.1 % Sun Hrs: 4.49	87.5 %	3,609.89	4,127.61

Figura 10. Tabla de producción de energía

4.3.4 Selección de equipo

Una vez validada la potencia y el acomodo de los módulos solares, la marca a elegir debe cumplir dos criterios:

- 1) Calidad Tier 1*
- 2) Disponibilidad con el proveedor mayorista

Si el sistema de montaje no requiere un diseño especial de herrería se selecciona un kit que cumpla las siguientes características:

- 1) Fabricado con aluminio anodizado
- 2) Posición del panel (vertical u horizontal)
- 3) Numero de filas y/o columnas del diseño
- 4) Inclinación
- 5) Anclaje adecuado para el material de la zona de instalación (concreto, lamina metálica, estructura metálica, madera, etc.)

El inversor es seleccionado de acuerdo con:

- 1) La potencia total del sistema. Se puede sobredimensionar la capacidad del inversor hasta un 20%.*
- 2) Configurado para operar en los parámetros de la red eléctrica de México.
- 3) Ofrezca garantía mínima de 10 años

Equipo opcional:

Sistema de monitoreo por internet, si el cliente lo solicita. Se monitorea a nivel inversor.

Optimizadores, son utilizados cuando no se puede evitar la existencia de sombras y se requiere disminuir el impacto en la producción de energía del sistema. Estos optimizadores también permiten opcionalmente el poder monitorear el sistema a nivel modulo.

4.3.5 Cálculo de cableado y protecciones

Para la selección del calibre del cableado en corriente continua se toma en cuenta el número de paneles en serie conectados en paralelo y la corriente de corto circuito del panel (I_{sc}). Este valor se ajusta con el factor de corrección de temperatura ($\alpha_{I_{sc}}$), con este valor se elige los fusibles de protección y calibre de cable. Si el cable no puede ir dentro de alguna canalización se debe utilizar uno con protección UV.

El equipo de desconexión para corriente continua debe garantizar la interrupción de corriente aun en voltajes de hasta 1000 VCC, típicos en los arreglos fotovoltaicos.

Para corriente alterna se selecciona un interruptor termomagnético conforme a la corriente máxima de salida del inversor especificado por el fabricante.

Se tiene en cuenta la distancia existente entre el inversor y el punto de conexión para evitar pérdida por caída de tensión.

4.3.6 Desarrollo de esquemas y planos de instalación

Se debe elaborar para el equipo de instalación la siguiente documentación:

- 1) Recorrido instalación: de forma general y gráfica se indican las zonas de instalación de los paneles solares, recorrido de la canalización del cableado eléctrico, área de instalación del inversor y el punto de interconexión. Se indica la cantidad aproximada de cable a utilizar, tipo y calibre, así como el tipo y cantidad de tubería para la canalización.
- 2) Plano del sistema de montaje: cuanta con la información necesaria para el armado e instalación del sistema de montaje.
- 3) Diagrama de conexión de los módulos solares: se muestra el número y orden de módulos solares que se conectan en serie y a que interruptor debe conectarse. Se indica el tipo de cable y calibre a utilizar.
- 4) Diagrama de conexión eléctrica del desconector de corriente directa: indica donde se deben conectar los conductores de los módulos solares a la entrada del interruptor y donde se conectan los conductores de salida hacia el inversor.
- 5) Diagrama de conexión eléctrica del inversor: se indica en que parte del inversor se conecta la fuente de corriente continua y donde se conecta la alimentación de corriente alterna.

4.3.7 Puesta en marcha

Una vez terminada la instalación se realizan las siguientes pruebas preoperativas

- 1) Voltaje en corriente continua y corriente alterna en valores nominales
- 2) Flujo de corriente nulo con protectores e interruptores desconectados
- 3) Correcta generación de paneles solares
- 4) Firmeza y calidad de conexiones
- 5) Apriete de tornillos en estructuras y fijaciones
- 6) Acabado de cableado
- 7) Cableado de sobra en conexiones para posibles mantenimientos
- 8) Sellado en perforaciones de losa
- 9) Limpieza de paneles solares
- 10) No existencia de partes eléctricas expuestas

Una vez que las pruebas son satisfactorias el sistema fotovoltaico queda listo para la revisión por parte de CFE. Ya aprobado y con el contrato de cogeneración realizado, se hace el cambio de medidor a uno bidireccional, en este punto el sistema puede entrar en operación.

4.3.8 Monitoreo

Se realiza la instalación y configuración de la plataforma de monitoreo web. Dependiendo de la marca del inversor, puede ser necesario la instalación de una antena de recepción y transmisión de datos. Algunos modelos ya cuentan con una antena incluida.

Existe la opción del monitoreo panel por panel, en este caso, se realiza la instalación de una antena receptora de la información proporcionada por los paneles. Esta antena es conectada alámbricamente al equipo encargado de subir a la plataforma en internet la información recabada.

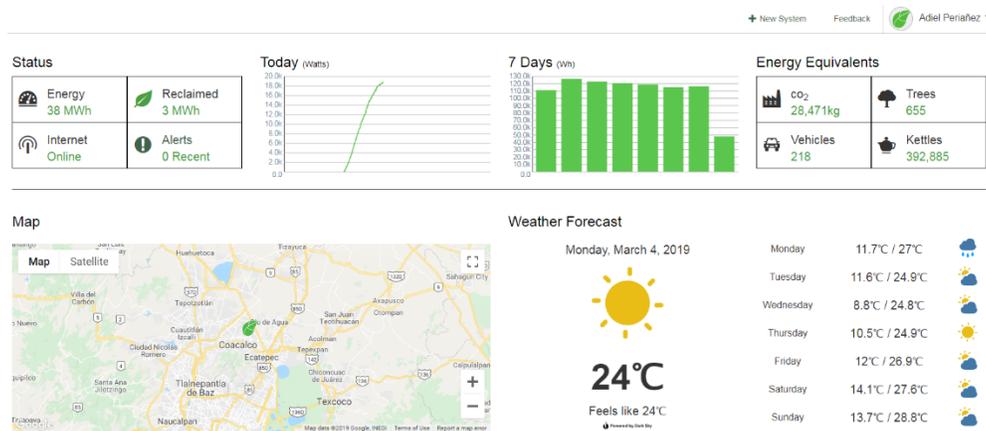


Figura 11. Portal de monitoreo Tigo

La información obtenida puede ser visualizada desde una computadora o smartphone. Los datos que se pueden visualizar son:

- 1) Potencia
- 2) Generación de energía por día, mes, año y acumulado total.

Se pueden configurar alertas si es que existe algún tipo de fallo en el sistema fotovoltaico.

4.3.9 Inspección de rendimiento

Pasado un año se hace una visita en sitio para realizar un mantenimiento preventivo y leer los valores de producción en el inversor, si es que no se cuenta con el monitoreo web.

El valor es comparado con el que se obtuvo en el reporte de generación y así obtener el factor de rendimiento del sistema.

Si el factor de rendimiento es superior al 90%, se ha cumplido la garantía de producción ofrecida por Ecovalue.

Si el factor de rendimiento es menor al 90%, Ecovalue compensa kW por kW el faltante.

5. Participación en la empresa

5.1 Proyecto Fábrica de Plásticos

Instalación fotovoltaica para una empresa fabricante de artículos de plásticos para la industria de la construcción y ferretería, ubicado en Tlalnepantla de Baz, Estado de México.

La fábrica cuenta con tarifa eléctrica GDMTH (Gran Demanda Media Tensión Horaria), esta tarifa se aplica a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda igual o mayor a 100 kilowatts.

El consumo promedio anual de energía eléctrica de la fábrica es de 1,509,059 kWh con una demanda máxima de 349 kW.

La energía suministrada por CFE llega a 23,000 V la cual pasa por un transformador con capacidad de 1000 kVA y es convertido a 440 V para el uso de la maquinaria.

Plásticos EDO-MEX cuenta con un área aproximadamente de 3,500 m² disponibles en los techos de la fábrica y bodegas, los cuales se reparten principalmente en dos tipos de configuraciones.

- a) Techo de lámina de asbesto en forma de diente de sierra con orientación 138° sureste e inclinación de 5°
- b) Techo de lámina de asbesto a dos aguas, 318° noroeste y 138° sureste con inclinación de 5°



Figura 12. Techos de la fábrica de plásticos

Los siguientes puntos fueron tomados en cuenta para el diseño del sistema fotovoltaico.

- El presupuesto económico disponible debía alcanzar para
 - a) La instalación fotovoltaica
 - b) Posibles cambios en la acometida de CFE debido al sistema solar
 - c) El cambio de las láminas del techo de asbesto debido a su antigüedad
 - d) Refuerzos a la estructura de soporte del techo
- Tratar de instalar la capacidad máxima permitida de kW para la tarifa GDMHT sin necesidad de permisos especiales (500 kW)
- Utilizar mayormente los techos con orientación sur para optimizar la generación de energía.
- Utilizar de manera optima el área disponible en techos.
- Optimizar el cableado eléctrico de la parte fotovoltaica.



Figura 13. Propuesta de sembrado de paneles

El estudio de producción solar inicial dio como resultado que con 1,117 paneles instalados de 370 Wp y 14 inversores de 30,000 kW obtenemos una generación anual de 618,700 kWh lo que equivale a 1,695 kWh al día.

Selección de equipo

Módulos solares

Por disponibilidad con el proveedor, costo y mayor potencia por m² el panel seleccionado fue el JA Solar Monocristalino de 370 Wp.

Este modelo utiliza celdas con tecnología PERC (Passivated Emitter Rear Cell), esto permite que exista una mayor captación de electrones y por lo tanto un mayor rendimiento.

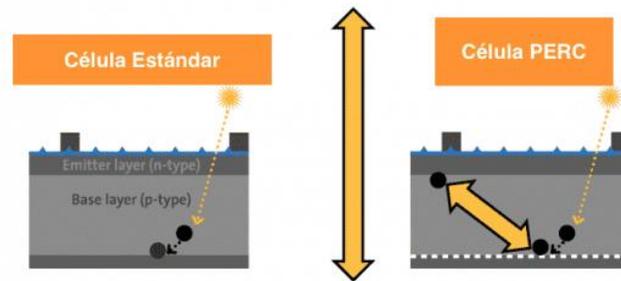


Figura 14. Tecnología PERC

La cantidad instalada en una primer etapa fue de 1,176 módulos, llegando a una capacidad de 435 kW y un área utilizada de 2,352 m²

Harvest the Sunshine

Mono 370W PERC Module
JAM72S01 355-375/PR

Introduction
Powered by high-efficiency PERCUM cells, this series of high-performance modules provides the most cost-effective solution for lowering the LCOE of any PV systems large or small.

- 5 busbar solar cell design
- Higher output power
- Excellent low-light performance
- Lower temperature coefficient

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC TS 62904, IEC 61701, IEC 62716, IEC 62959-2:08
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62541: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval

JA Solar Power Warranty Industry Warranty

Figura 15. Modulo JA Solar

Inversor

Se decidió realizar la instalación fotovoltaica con un modelo descentralizado, es decir, utilizar varios inversores y no uno solo.

Una de las ventajas del modelo descentralizado es el poder contar con múltiples MPPTs (2 por inversor) lo que permite mayor flexibilidad con el acomodo de los módulos solares, así como una mejor producción energética a pesar de contar con orientaciones e inclinaciones diferentes en los techos de la fábrica.

El inversor que mas se adecuaba con las características buscadas fue el SMA Sunny Tripower 30000TL-US.

En cada inversor se conectó la combinación de 3 series de 14 módulos en cada uno de sus MPPTs, teniendo un total de 84 módulos por inversor.



Figura 16. Inversor SMA Sunny Tripower

Otra ventaja fue el simplificar el cableado de corriente directa, ya que este modelo incluye una caja combinadora que podía ser instalada lo más cercano a los módulos y así pasar de seis entradas a solo dos salidas.

De esta manera la bajada de cable de los módulos en el techo hacia los inversores en la planta baja necesito de menos cable.

Sistema de montaje

Como se comentó anteriormente, debido a la antigüedad de las láminas de asbesto del techo de la fábrica se tomó la decisión de cambiar el tipo de techado.

Se decidió instalar lamina KR-18 (SSR-18) es de cubierta tipo SSR (Standing Seam Roof) acanalado y engargolado en obra.

El sistema de Lamina de Acero KR-18 (SSR-18) de fijación oculto a base de clips, disminuye el riesgo de posibles filtraciones ya que no se requiere perforar la lámina para su instalación.

La Lamina Engargolada KR-18 (SSR-18) no tiene limitaciones en su longitud ya que es fabricado en una sola pieza de canalón a cumbre. Permite además la instalación de materiales aislantes.

Para el anclaje en este tipo de lámina se eligió un sistema libre de perforaciones, compuesto por una abrazadera (clamp) la cual se agarra por medio de opresores a la pestaña del engargolado de la lámina. Sobre esta abrazadera se colocan los rieles donde irán montados los módulos solares.

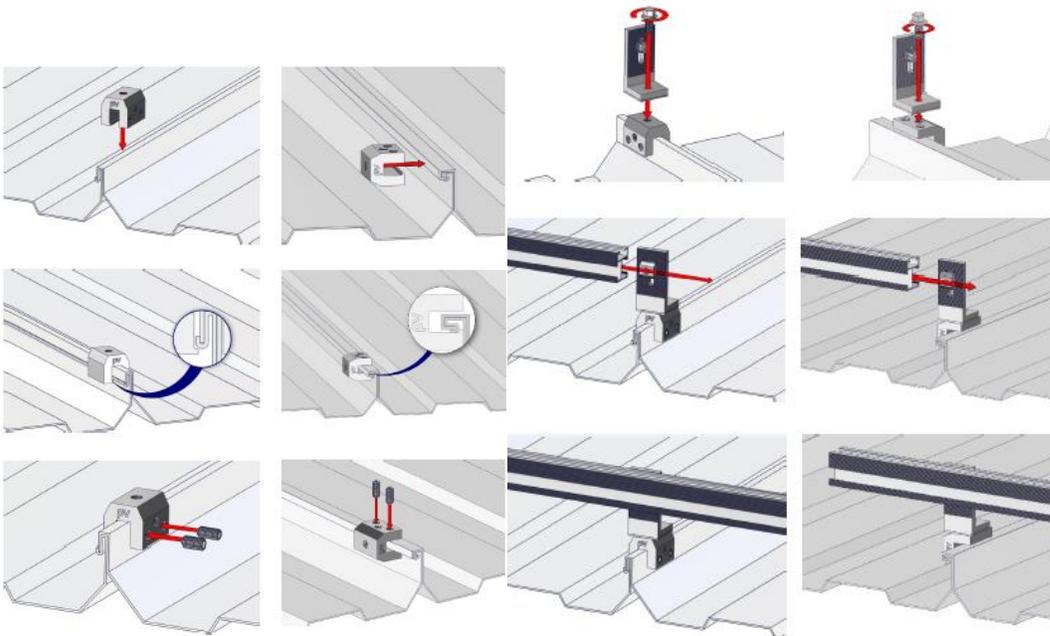


Figura 17. Anclaje sin perforaciones en lámina KR-18

El sistema de montaje seleccionado está fabricado con materiales de alta calidad, haciéndolo un altamente duradero y funcional, extruido en aluminio 6005-T5 y con un anodizado de 5 micras.

Los módulos fueron repartidos en grupos de 4 filas y 7 columnas. Esta configuración ayudo a utilizar el mismo cable de las terminales de los paneles para realizar la conexión en serie.

La lista de componentes para la instalación fue la siguiente:

Pieza	Cantidad por sección de 28 módulos	Cantidad total
Riel de 4.2 m (Una pieza)	8 piezas	336 piezas
Riel de 3.3 m (Una pieza)	8 piezas	336 piezas
Empalme de riel (Paquete con 2 piezas)	4 paquetes 8 piezas	168 paquetes 336 piezas
Abrazadera de unión (Paquete con 2 piezas)	24 paquetes 48 piezas	1008 paquetes 2016 piezas
Abrazadera de remate (Paquete con 4 piezas)	4 paquetes 16 piezas	168 paquetes 672 piezas
Soporte universal (Paquete con 2 piezas)	20 paquetes 40 piezas	840 paquetes 1680 piezas
Terminal de tierra (Una pieza)	4 piezas	168 piezas
Clema para fijación en lamina engargolada KR18 (Una pieza)	40 piezas	1680 piezas
Clip plástico porta cable (Paquete con 5 piezas)	7 paquetes 35 piezas	294 paquetes 1470 piezas

Figura 18. Lista de componentes del sistema de montaje

Unidad de conexión y combinación

La unidad de conexión SMA CU-1000-US-10 es un componente opcional que incluye la función de combinación y desconexión en una sola caja.

Permite la combinación de hasta 4 strings por MPPT, razón por la cual se instaló cerca de los módulos solares para poder reducir el número de líneas que bajarían hasta el inversor.

De esta manera en lugar de bajar 12 cables solo se necesitó de 4 líneas de cableado, además de poder agregar la protección de sobrecorriente y sobrevoltaje en el mismo sitio.



Figura 19. Unidad de conexión

Tablero de corriente alterna

Se conectó un interruptor principal de 800 amperes directamente a los bornes del transformador, con cable 300 kcmil, llevando 3 hilos por línea además de 3 hilos para el neutro, es decir 12 cables 300 kcmil.

Al tablero principal se conectó un tablero de distribución de 800 amperes, los cuales estarán a 35 metros de separación entre sí. El tablero de distribución tendrá la capacidad de al menos 800A y 16 circuitos trifásicos a 480V.

A la entrada entre el interruptor principal y el tablero de distribución se recomendó poner un gabinete de paso de 60x60x25 cm, dicho gabinete servirá para posteriormente instalar un medidor de energía.

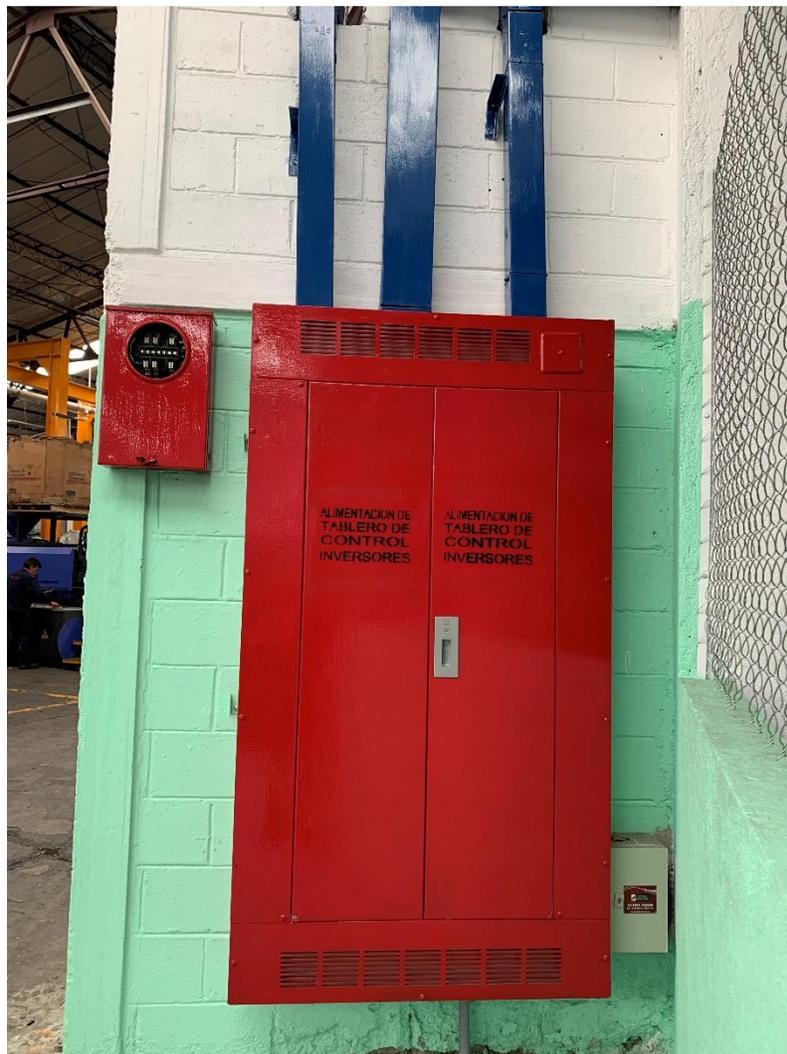


Figura 20. Tablero de conexión de CA para los inversores

Monitoreo

Los inversores cuentan con una interfaz de comunicación Speedwire con función Webconnect.

Speedwire utiliza el estándar ethernet establecido a escala internacional, el protocolo IP basado en él y el protocolo de comunicación SMA Data2+ optimizado para plantas fotovoltaicas.

Esto permite una transferencia de datos continua de 10/100 Mbit/s al inversor, además de la monitorización, el control y la regulación de la planta fotovoltaica.

La función Webconnect posibilita la transferencia directa de datos entre los inversores de una planta y el portal de internet Sunny Portal que a través de cualquier ordenador con conexión a internet puede acceder a la instalación.

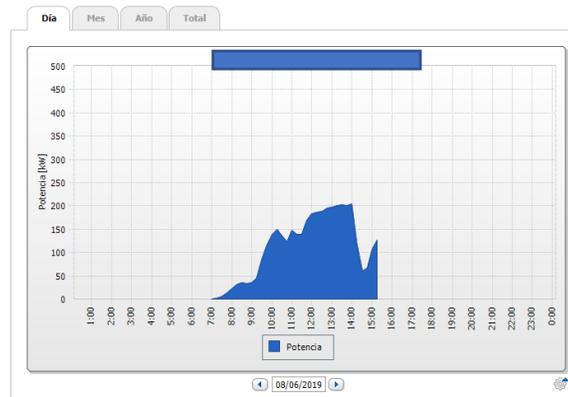


Figura 21. Sunny Portal

Segunda Etapa

En una segunda etapa se instalaron 168 módulos y 2 inversores más, llegando a una capacidad instalada de 497.28 kWp.



Figura 22. Instalación de 1,344 módulos solares

6. Conclusiones

Todavía hay 4.8 millones de usuarios potenciales en el país que pueden verse beneficiados con la instalación de techos solares.

Para los empresarios del sector, el crecimiento de la industria solar está en su mejor momento y observa un auge nunca antes visto.

La rentabilidad de los proyectos tiene un retorno de inversión de tres a cinco años y eso hace que se esté adoptando cada vez más este tipo de tecnologías.

Debido a que la mayoría de las construcciones en México no están pensadas en aprovechar el potencial solar, el diseño de muchas de las instalaciones ha sido un reto al momento de satisfacer la necesidad de los clientes sin aumentar demasiado el costo de la instalación, sin embargo, en 107 instalaciones en las que he participado en el diseño se ha cumplido con la garantía de producción energética.

En México existen alrededor de mil empresas dedicadas a la venta e instalación de sistemas fotovoltaicos, por lo que para Ecovalue es muy importante el destacar en calidad y precio.

Durante estos años hemos podido cumplir con los requerimientos de calidad en procesos, diseño e instalación para poder acceder a programas de financiamiento como FIDE y programas de fondos económicos como CSolar, siendo de las primeras compañías en poder ofrecerlo.

La implementación de nuevas normas para el sector solar fotovoltaico, así como la integración de las nuevas tecnologías de almacenamiento de energía serán uno de los principales retos para los cuales el área de diseño debe de estar actualizándose constantemente.

Las materias de ciencias básicas que curse durante la carrera han sido de soporte en el dimensionamiento eléctrico y en la selección de orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos.

Las asignaturas de materiales me permitieron comprender como opera la tecnología fotovoltaica y la importancia de la selección de materiales estructurales adecuados para prevenir la existencia de un par galvánico que afecte la instalación.

Diseño y manufactura asistida por computadora ha sido una de las materias fundamental ya que sentó en mí una base para el manejo de diferentes tipos de software, que a pesar de que cada uno tiene sus propias herramientas todos comparten los principios fundamentales de CAD/CAM.

Si bien el plan de estudios de la facultad cuenta con materias optativas que preparan el camino para el ámbito laboral, pienso que es necesario que se oriente y promueva lo fundamental que es el cursar estas materias, ya que muchas veces se omiten y se pierde este conocimiento que es de gran valor al llegar a un trabajo.

Bibliografía.

México Energy Review 2018, México Bussines Publications SA de CV, México, 2018

Gestión del Montaje de instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos, Ediciones Paraninfo, España, 2016