



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES Y
AHORRO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

OPCIÓN QUE CORRESPONDA

INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA MECATRÓNICA

PRESENTA:

ARTURO CASTELAN PÉREZ

NOMBRE DEL ASESOR:

VICENTE FLORES LARA



APIZACO, TLAX., MARZO 2026



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal Mecánica

Tzompantepec, Tlaxcala, **13/marzo/2026**

Oficio No. MM-261/2026

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	ARTURO CASTELÁN PÉREZ
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	20370736
Nombre del Proyecto:	"ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES Y AHORRO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
**DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA**

DR. VICENTE FLORES LARA

ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **18/Marzo/2026**

ARTURO CASTELAN PÉREZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 20370736.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES Y AHORRO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

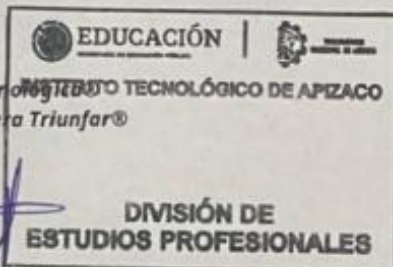
Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



2026
año de
Margarita
Maza



Agradecimiento

A mis padres, por su confianza absoluta incluso en los momentos en que otros dudaron de mis capacidades. Cuando en la preparatoria algunos profesores llegaron a menospreciar mi interés por la mecánica, ellos nunca vacilaron en apoyarme y en recordarme que era capaz de lograr lo que me propusiera. Su respaldo incondicional ha sido un pilar fundamental durante todos estos años.

A mi hermano, compañero incansable en tantas noches de desvelo, por guiarme y ayudarme a fortalecer mis conocimientos en matemáticas y física. Gracias a su paciencia y dedicación pude comprender muchos conceptos que hoy forman parte esencial de mi formación.

Y a mis amigos de carrera, con quienes compartí no solo el aprendizaje, sino también los momentos de presión, de risas y de crecimiento. Entre todos construimos un ambiente donde el apoyo mutuo y el intercambio de conocimientos nos impulsaron a avanzar y superar cada reto.

Índice

Contenido

Agradecimiento.....	4
Índice.....	5
Resumen.....	10
Introducción	11
Descripción de la empresa	12
Sedes del Grupo Motherson.....	12
Misión	13
Información adicional	13
Problemas a resolver	14
Objetivos.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivo específico	15
Delimitación.....	16
Justificación	17
Marco teórico	18
Conceptos básicos.....	18
Definición de energía solar	18
Principios de funcionamiento	19

Importancia de la transición energética global	22
Tipos de paneles solares.....	23
Paneles fotovoltaicos monocristalinos.....	23
Paneles policristalinos.....	24
Paneles de capa fina.....	25
Funcionamiento de un Sistema Fotovoltáico.....	25
Componentes principales	25
Instalaciones aisladas	28
Energía Solar en el Sector Industrial	29
Aplicaciones industriales más comunes.....	29
Beneficios de su implementación	30
Impacto Ambiental y Social.....	30
Reducción de emisiones de CO ₂	30
Aceptación social y políticas de responsabilidad empresarial	31
Casos de Éxito en el Sector Industrial	33
Ejemplos de empresas que han implementado paneles solares	33
Análisis Económico	37
Periodo de retorno de inversión (ROI).....	37
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	38
Aclaraciones previas	38

Registro de consumo eléctrico para cada área	38
Cálculo de consumo promedio de cada área	42
Cálculo de generación energética del panel solar	43
Calculo para el consumo de cada área	46
Cálculo del área de inyección	48
Cálculo del área de ensamble.....	48
Cálculo del área de pintura	48
Cálculo del área de servicios.....	49
Cálculo de consumo general de la planta.....	49
Cálculo de costo de inversión	49
Equipos necesarios.....	49
Presupuesto final para la instalación completa	56
Plano donde se implementarán los paneles solares.....	57
Cálculo de la reducción de consumo de CO₂ y retorno de inversión.....	58
Reducción de CO₂	58
Retorno de inversión	59
Resultados	61
Creación de plano	61
Cantidad de CO ₂ reducido.....	61
Retorno de inversión	62

Conclusiones de proyecto	63
Recomendaciones	63
Experiencia personal profesional adquirida.....	64
Competencias desarrolladas y aplicadas	65
Fuentes de información.....	66
Referencias.....	66
Anexos	69
Figura 1 <i>Diagrama del funcionamiento de un sistema fotovoltaico</i>	20
Figura 2 <i>Vinculación de los ODS con criterios ASG</i>	22
Figura 3 <i>Esquema del funcionamiento del efecto fotovoltaico en un panel solar</i>	26
Figura 4 <i>Inversor VSI conectado a la red eléctrica.</i>	28
Figura 5 <i>Grafica del consumo de energía del área de inyección</i>	40
Figura 6 <i>Grafica del consumo de energía del área de ensamble.....</i>	40
Figura 7 <i>Grafica de consumo del área de pintura</i>	41
Figura 8 <i>Grafica de consumo del área de servicios.....</i>	41
Figura 9 <i>Irradiación de la zona de acuerdo a la NASA POWER</i>	44
Figura 10 <i>Dimensiones de panel solar modelo LR7-72HTH-630M</i>	47
Figura 11 <i>Imagen física del modelo LR7-72HTH-620-630M.....</i>	50
Figura 12 <i>Plano de Ubicación de Módulos Fotovoltaicos</i>	57

Anexo A	<i>Calculo de consumo de energía y ahorro</i>	69
Anexo B	Hoja de datos del modelo LR7-72HTH	69
Anexo C	<i>Plano representativo de paneles</i>	69

Resumen

Este documento presenta un análisis integral para la implementación de un sistema fotovoltaico en una empresa, el cual se desarrolla a partir de la evaluación del consumo energético de la empresa, el análisis de la radiación solar de la zona de instalación y la consideración de los precios actuales del mercado para los componentes del sistema, con el fin de determinar una solución técnica y económicamente viable.

En el estudio se abordan los aspectos necesarios para el diseño del sistema, incluyendo la selección del número de paneles solares, el dimensionamiento de los inversores y la verificación del espacio disponible para la correcta instalación de los arreglos fotovoltaicos. Asimismo, se analizan los requerimientos eléctricos, evaluando los niveles de voltaje de operación, los valores de configuración de los arreglos, la caída de tensión permitida y el cálculo del calibre de los conductores para su adecuada selección, garantizando una operación segura y eficiente conforme a criterios técnicos y normativos.

Adicionalmente, se incluye una estimación de la mano de obra necesaria, considerando actividades de tendido de cableado, conexiones eléctricas, fijación de estructuras, pruebas de funcionamiento y supervisión durante la instalación del sistema.

El documento incorpora un análisis ambiental, en el cual se estima la reducción de emisiones de CO₂ que se lograría con la implementación del sistema, utilizando parámetros oficiales para cuantificar su impacto positivo. Finalmente, se presenta una evaluación económica, donde se calcula el ahorro anual esperado y el tiempo requerido para la recuperación de la inversión, demostrando la viabilidad del proyecto a mediano plazo.

Introducción

En los últimos años, la necesidad de reducir el consumo de energía convencional ha impulsado el uso de fuentes renovables, entre las cuales la energía solar fotovoltaica destaca por ser una alternativa limpia y de fácil aplicación en distintos tipos de proyectos. Su creciente adopción responde tanto a beneficios ambientales como a la posibilidad de mejorar la eficiencia energética.

El presente proyecto se centra en el diseño y dimensionamiento teórico de un sistema fotovoltaico destinado a cubrir una demanda energética determinada. Para ello, se analizan aspectos técnicos como la selección del número de paneles, la configuración de los arreglos fotovoltaicos, el dimensionamiento de los inversores y la elección de los conductores eléctricos, utilizando valores teóricos de irradiancia y las especificaciones técnicas de los equipos considerados.

El desarrollo del proyecto tiene como objetivo proponer un sistema funcional y seguro desde el punto de vista del diseño, considerando las variaciones propias de la generación solar y las condiciones eléctricas del sistema. A lo largo del documento se describe la metodología empleada para realizar los cálculos, así como los resultados obtenidos, las conclusiones generales y algunas recomendaciones que pueden servir como base para una futura implementación o ampliación del sistema.

Descripción de la empresa

SMP Automotive Systems México es una empresa dedicada a la manufactura de componentes exteriores para la industria automotriz, especializada en la producción y ensamble de fascias y piezas plásticas de alta calidad. Forma parte del Grupo Motherson, un proveedor automotriz de nivel Tier 1 con presencia internacional y amplia experiencia en el sector.

La planta ubicada en Zitlaltepec, Tlaxcala, cuenta con instalaciones modernas y procesos especializados de inyección de plásticos, pintado y ensamble, apoyados por un equipo de aproximadamente 500 colaboradores. La empresa se distingue por su enfoque en la innovación, la eficiencia operativa y el cumplimiento de estándares internacionales de calidad, seguridad y medio ambiente, respaldados por certificaciones como IATF 16949, ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001.

Sedes del Grupo Motherson

- A. México (Zitlaltepec, Tlaxcala y Puebla): Producción de fascias, parachoques, paneles y otros módulos exteriores para automóviles.
- B. Alemania: Centros de innovación y manufactura de componentes plásticos y metálicos de alta precisión.
- C. India: Sede principal, con amplia producción de arneses eléctricos, sistemas de polímeros y soluciones integrales para la industria automotriz.
- D. Hungría y República Checa: Fabricación de módulos exteriores, interiores y componentes electrónicos para OEMs europeos.
- E. China y Tailandia: Producción de módulos plásticos, interiores y soluciones de seguridad para el mercado asiático.

Misión

El Grupo Motherson busca impulsar la innovación y la excelencia en la industria automotriz mediante soluciones de ingeniería avanzadas, producción sustentable y calidad certificada. Su misión es ser un socio global confiable para las principales armadoras, contribuyendo al futuro de la movilidad a través de tecnología, eficiencia y compromiso con el medio ambiente.

Información adicional

Nombre: SMP Automotive Systems México

Domicilio: Av. Tlaxcala 480, Barrio del Calvario 72700 San Juan Cuautlancingo México

C.P.: 72700 Ciudad: CUAUTLANCINGO

Colonia: SAN JUAN CUAUTLANCINGO CENTRO

RFC: PME971003NH7

Problemas a resolver

La planta enfrenta actualmente una serie de desafíos energéticos que impactan directamente en su competitividad y sostenibilidad. En primer lugar, el consumo eléctrico representa un gasto operativo elevado, lo que limita la rentabilidad y reduce la capacidad de competir frente a empresas más eficientes. Además, la dependencia de fuentes convencionales de energía contribuye de manera significativa a las emisiones de CO₂, incrementando la huella ambiental de la empresa y afectando su reputación en materia de responsabilidad ecológica.

Este escenario se vuelve aún más crítico ante el endurecimiento de las regulaciones ambientales en México, ya que los organismos gubernamentales han incrementado las exigencias para la reducción de emisiones industriales, lo que representa un riesgo normativo y económico en el corto y mediano plazo. A pesar de contar con un recurso solar abundante en la región, la empresa no ha aprovechado esta oportunidad para integrar energías renovables en sus procesos, perdiendo así beneficios potenciales como el ahorro energético, el acceso a incentivos gubernamentales y la mejora de su posicionamiento frente a clientes e inversionistas comprometidos con la sostenibilidad.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la viabilidad técnica y económica de la implementación de paneles solares en el sector industrial, a partir del consumo eléctrico de la empresa, con el fin de proponer una alternativa sostenible que contribuya a la reducción del uso de energía eléctrica convencional.

Objetivo específico

- 1) Identificar y recopilar la información sobre el consumo energético actual de la empresa.
- 2) Determinar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico requerido, considerando el recurso solar disponible y la demanda energética.
- 3) Elaborar un plano conceptual que muestre la distribución y ubicación propuesta de los paneles solares.
- 4) Calcular el ahorro económico estimado y el impacto ambiental asociado a la reducción en el consumo de energía convencional.
- 5) Proponer una estrategia de implementación a nivel teórico que permita a la empresa valorar los beneficios de la energía solar frente a su esquema actual de consumo.

Delimitación

- a) El proyecto se limita únicamente al análisis y propuesta de implementación de paneles solares en el sector industrial.
- b) Se elaborará un plano conceptual de instalación, sin llegar a planos ejecutivos de construcción.
- c) Se realizará un dimensionamiento del sistema fotovoltaico en función del consumo energético de la empresa.
- d) No se contempla la adquisición, instalación ni puesta en marcha de los paneles solares.
- e) No se evaluarán aspectos constructivos detallados como estructuras, cimentaciones o permisos de obra.
- f) No se realizará una simulación experimental real del ahorro energético, sino una estimación teórica basada en cálculos.
- g) Los cálculos estarán basados en datos teóricos y valores promedio de radiación solar de la región, así como en tarifas eléctricas vigentes.
- h) Los beneficios se presentarán de manera estimada (económicos, energéticos y ambientales), sin incluir la verificación física posterior.

Justificación

El consumo de energía en el sector industrial es un aspecto clave para mantener la competitividad en el mercado, especialmente para empresas grandes como SMP Automotive Systems México, que requieren un suministro constante de electricidad. Aunque el sistema de suministro actual satisface las necesidades del momento, conlleva gastos considerables a largo plazo y contribuye al aumento de emisiones de CO₂, lo que podría resultar en mayores costos operativos y posibles restricciones regulatorias.

En este contexto, es crucial explorar alternativas que optimicen el uso de la energía. La instalación de paneles solares se presenta como una solución estratégica, ya que puede ayudar a reducir los costos de electricidad de manera continua, aumentar la independencia energética y disminuir la huella ambiental de la empresa.

Marco teórico

Conceptos básicos

Definición de energía solar

La energía solar es la energía que proviene del Sol y llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética. Esta radiación se manifiesta en distintos rangos, como la luz visible, la infrarroja y la ultravioleta, cada una con efectos específicos. En conjunto, la energía solar es esencial para la vida, ya que influye en el clima, permite procesos naturales como la fotosíntesis y puede aprovecharse para aplicaciones prácticas, como la generación de electricidad mediante paneles solares.

Por otro lado, la radiación ultravioleta, especialmente en rangos más energéticos, interactúa con las capas superiores de la atmósfera, provocando su calentamiento y afectando fenómenos como las telecomunicaciones y el comportamiento de los satélites en órbita baja (Gómez, 2024).

Por lo tanto, la energía solar no solo nos da luz y calor, sino que también impacta en la tecnología, el clima y la vida en nuestro planeta. Por lo cual, la forma en que yo definiría la energía solar sería:

La energía radiante proveniente del Sol que puede aprovecharse y transformarse en electricidad y otras formas de energía.

Principios de funcionamiento

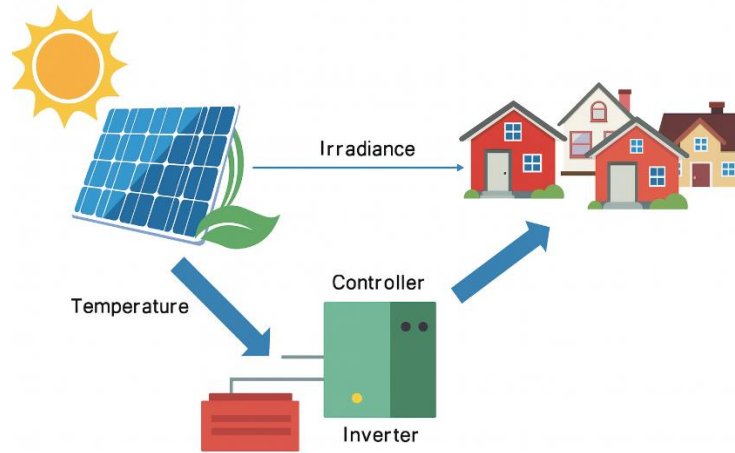
El funcionamiento de un panel solar fotovoltaico se basa en el efecto fotovoltaico, mediante el cual la radiación solar se convierte directamente en energía eléctrica de corriente continua. Cuando la luz incide sobre las celdas de material semiconductor, generalmente silicio, se liberan electrones que generan una diferencia de voltaje y una corriente eléctrica.

La potencia que entrega el panel depende principalmente de la irradiancia solar y de la temperatura de operación, ya que el aumento de esta última reduce ligeramente su rendimiento. Para optimizar la energía generada, los sistemas incorporan dispositivos de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), los cuales ajustan el funcionamiento del panel ante variaciones de luz y temperatura.

Dado que la energía producida es de corriente continua, se requiere un inversor para transformarla en corriente alterna cuando se alimentan cargas convencionales. En sistemas con almacenamiento, un controlador de carga gestiona el uso de las baterías, permitiendo almacenar excedentes durante periodos de alta radiación y abastecer el consumo cuando la generación solar es baja, asegurando así una operación continua y eficiente (Espinel Blanco et al., 2020).

Figura 1

Diagrama del funcionamiento de un sistema fotovoltaico



Esquema del sistema fotovoltaico con baterías, donde la energía solar se transforma en electricidad para el consumo en viviendas o para su almacenamiento.

Ahora que ya comprendimos cómo funciona la generación por medio de paneles solares, pasaremos a explicar la forma en la cual se calculan estos parámetros mediante fórmulas. El cálculo de la energía generada por un panel solar se basa en la relación entre su potencia nominal, la radiación solar incidente y las condiciones de temperatura durante la operación. Para determinar la potencia de salida, se utiliza la siguiente expresión:

$$P_{pv} = P_{(R,PV)} \times \frac{R}{R_{ref}} \times [1 + \mu_T(T_c - T_{ref})] \quad \dots (1)$$

Donde:

P_{pv} : potencia generada por el panel.

$P_{R,PV}$: potencia nominal en condiciones estándar.

R: radiación solar medida en el sitio.

R_{ref} : radiación de referencia (1,000 W/m²).

T_c : temperatura de la celda.

T_{ref} : temperatura de referencia (25 °C).

μ_T : coeficiente de temperatura del panel (valor típico: -0.0037 1/°C)

Esta ecuación muestra que la potencia entregada por el panel aumenta proporcionalmente con la radiación, pero disminuye cuando la temperatura de la celda se eleva por encima de la referencia (Espinel Blanco et al., 2020).

La temperatura real de la celda fotovoltaica se obtiene considerando la temperatura ambiente y el parámetro NOCT (Normal Operating Cell Temperature), que representa la temperatura típica de operación del módulo en condiciones normales de irradiancia y ventilación. De esta manera, se logra un ajuste más realista del desempeño del panel frente a las condiciones ambientales.

Una vez calculada la potencia instantánea, la energía generada en un intervalo de tiempo se determina mediante:

$$E_{gen}(t) = P_{pv}(t) \times \Delta t \quad \dots (2)$$

Donde:

$E_{gen}(t)$: energía generada en el intervalo de tiempo t.

$P_{pv}(t)$: potencia instantánea producida por el panel en el tiempo t.

Δt : duración del intervalo de tiempo considerado, normalmente una hora.

Así expresando que la producción de un panel solar depende directamente de la irradiancia disponible y de las condiciones de temperatura, lo que hace necesario un ajuste continuo de sus valores para estimar de manera precisa la energía útil que puede aportar al sistema.

Importancia de la transición energética global

La promoción de las energías renovables responde a la necesidad de reducir los impactos ambientales, sociales y económicos asociados al uso de combustibles fósiles. La dependencia de estas fuentes ha incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático, lo que ha impulsado la adopción de alternativas como la energía solar, eólica y geotérmica.

Además, las energías renovables fortalecen la seguridad energética al disminuir la dependencia de mercados internacionales y reducir la vulnerabilidad ante variaciones de precios y conflictos externos. Desde el punto de vista económico, el desarrollo tecnológico ha permitido que estas fuentes sean cada vez más competitivas, fomentando la innovación, la creación de empleos y el crecimiento de industrias vinculadas a la energía limpia (Rivera Argoti et al., 2025).

Figura 2

Vinculación de los ODS con criterios ASG



Infografía que muestra la vinculación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con los criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG), en el marco de los compromisos internacionales asumidos en el Acuerdo de París y la Agenda 2030 (BBVA, s.f.).

Tipos de paneles solares

Paneles fotovoltaicos monocristalinos

Ambos tipos de módulos (monocristalino y policristalino) convierten la radiación solar en electricidad de corriente continua a través del efecto fotovoltaico. En términos físicos, los fotones con energía suficiente ($E \geq E_g$ del silicio) generan pares electrón-hueco en el semiconductor. En la unión p-n existe una región de agotamiento con un campo eléctrico interno que separa esos portadores: los electrones son dirigidos hacia la zona n y los huecos hacia la zona p. Esta separación reduce la recombinación inmediata y, al cerrarse el circuito, se establece una corriente útil hacia la carga.

En resumen, con más luz el panel produce más corriente y puede entregar más potencia. En cambio, más calor le quita voltaje al panel: el cual baja un poco por cada grado y también suele reducirse el factor de forma; como resultado, la potencia en el punto de máxima potencia tiende a disminuir, aunque la corriente pueda aumentar ligeramente. Por lo cual el principio de funcionamiento de ambos tipos de paneles es técnicamente la misma, sin embargo, cada uno tiene sus respectivas diferencias (Sanabrida Pérez et al., 2019).

El módulo fotovoltaico monocristalino está formado por celdas de un solo cristal de silicio de alta pureza, lo que le permite alcanzar una mayor eficiencia de conversión. Para una misma superficie e irradiancia, suele entregar una potencia superior en comparación con otras tecnologías de silicio.

Aunque el aumento de temperatura reduce su rendimiento debido al coeficiente térmico, este tipo de módulo mantiene un desempeño estable en condiciones reales de operación. Frente a los módulos policristalinos, ofrece una mejor densidad de potencia, lo que lo hace adecuado cuando se requiere mayor generación en espacios limitados.

Paneles policristalinos

El módulo fotovoltaico policristalino está conformado por celdas de silicio con múltiples orientaciones cristalinas. La presencia de límites de grano introduce zonas con mayor probabilidad de recombinación de portadores, lo que reduce la eficiencia de conversión frente a un módulo monocristalino para una misma superficie de captación. En términos operativos, destaca por su buena relación costo-rendimiento y por procesos de fabricación menos exigentes, razones por las que se ha difundido ampliamente en aplicaciones residenciales e industriales. Bajo iguales condiciones de irradiancia, el policristalino suele entregar una potencia específica ligeramente inferior, de modo que, para igual potencia pico, puede requerir un área algo mayor.

En funcionamiento real, su respuesta a variaciones de irradiancia, temperatura y humedad es comparable a la del silicio monocristalino: mayor luz incrementa la corriente disponible, mientras que temperaturas elevadas reducen el voltaje y la potencia máxima. Ante demandas de carga crecientes o escenarios de alta temperatura, puede evidenciar una salida de potencia inferior respecto a un módulo monocristalino equivalente. No obstante, estrategias de diseño como el texturizado superficial, recubrimientos antirreflectantes y una ventilación adecuada ayudan a mitigar pérdidas ópticas y térmicas, elevando su desempeño global y su confiabilidad a lo largo del tiempo (Sanabrida Pérez et al., 2019).

Paneles de capa fina

Los paneles solares de capa fina convierten la luz en electricidad mediante capas muy delgadas de material depositadas sobre un sustrato rígido o flexible, lo que permite fabricar módulos ligeros y adaptables a distintas superficies. Estas capas absorben eficientemente la radiación solar, por lo que no requieren grandes espesores.

Existen diferentes materiales utilizados en esta tecnología, como el silicio amorfo, CdTe y CIGS, cuya elección influye en la cantidad de energía que puede aprovecharse. La fabricación se realiza mediante procesos industriales de deposición que permiten producir módulos de bajo peso, adecuados para integración en edificios y aplicaciones especiales. Entre sus principales ventajas se encuentran su ligereza y facilidad de instalación, mientras que sus retos incluyen la durabilidad y el manejo adecuado de ciertos materiales (Aguirre Ruiz et al., 2025).

Funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico

Componentes principales

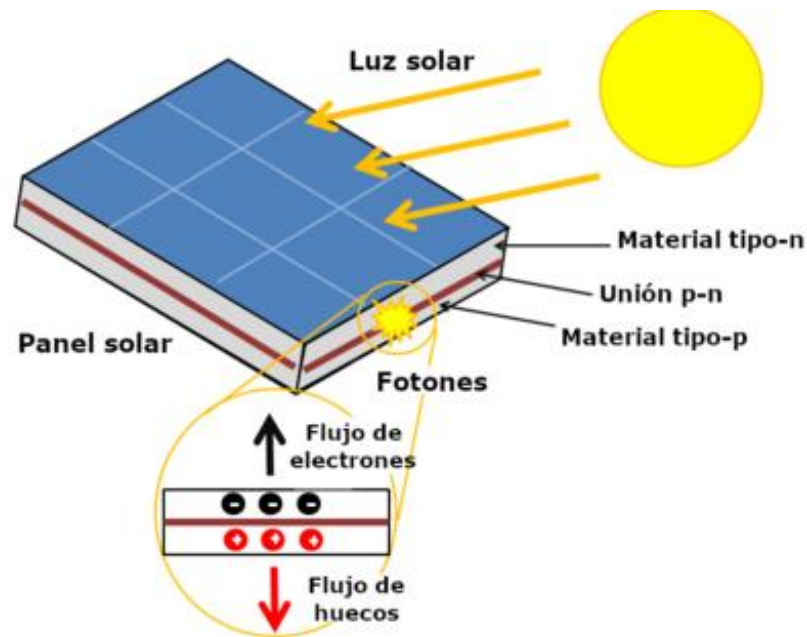
Paneles solares

Los paneles solares captan la radiación proveniente del sol y, mediante el efecto fotovoltaico, transforman la energía luminosa en electricidad de corriente continua. Este proceso ocurre gracias a las celdas de silicio que contienen materiales semiconductores capaces de liberar electrones cuando reciben fotones. El número de módulos a instalar depende directamente de la demanda energética a cubrir: mientras más alto sea el consumo, mayor será la cantidad de paneles necesarios. Además, para lograr una salida más estable y uniforme, suelen incorporarse elementos como condensadores y resistencias que ayudan a regular la tensión y la corriente, facilitando así

que la energía se acople correctamente al resto de los componentes del sistema (Cuenca et al., 2023).

Figura 3

Esquema del funcionamiento del efecto fotovoltaico en un panel solar



Esquema del efecto fotovoltaico donde se muestra cómo la luz solar incide sobre el panel, generando flujo de electrones y huecos en la unión p-n de los materiales semiconductores (Education, s.f.).

Regulador de carga

El regulador de carga actúa como un "guardián" entre los paneles y las baterías, controlando cuánto flujo de energía entra y sale del sistema de almacenamiento. Su función principal es evitar que las baterías se sobrecarguen o se descarguen más de lo debido, ya que ambos casos acortan su vida útil. Para lograrlo, suele incorporar sistemas inteligentes como el MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia), que ajusta automáticamente el voltaje y la corriente de los paneles

para obtener el mayor rendimiento posible. Además, integra circuitos de control que corrigen variaciones en el suministro eléctrico y mantienen la carga y descarga en parámetros seguros, lo que garantiza un funcionamiento eficiente y prolonga la durabilidad del sistema (Cuenca et al., 2023).

Baterías

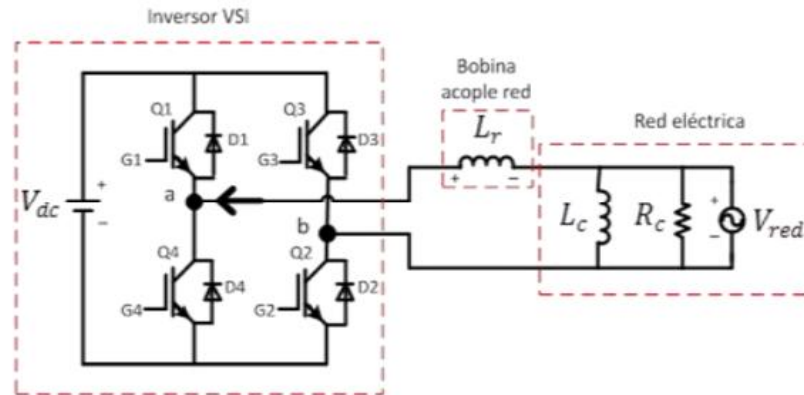
Las baterías almacenan la energía generada por los paneles durante el día para poder usarla cuando la radiación solar no es suficiente. Gracias a ellas, el sistema puede mantener el suministro incluso en horas nocturnas o en días nublados. Por lo regular, se emplean baterías de plomo-ácido de ciclo profundo por su bajo costo y durabilidad, aunque cada vez son más comunes las de ion-litio debido a su mayor eficiencia, vida útil y menor mantenimiento. En ambos casos, su función es asegurar un suministro constante y confiable de energía (Cuenca et al., 2023).

Inversor

El inversor transforma la corriente continua que sale de las baterías en corriente alterna, que es la forma en la que funciona la mayoría de los equipos eléctricos. Gracias a este proceso, la energía solar puede usarse de la misma manera que la energía de la red pública, cumpliendo con los voltajes y frecuencias estándar (como 110/120 V y 60 Hz en muchos países). Además, existen diferentes tipos de inversores: los monofásicos, que se utilizan en viviendas o instalaciones pequeñas, y los trifásicos, que suelen emplearse en aplicaciones industriales con mayores demandas de potencia. Con ello se asegura que la electricidad generada sea útil tanto en el hogar como en el sector productivo (Cuenca et al., 2023).

Figura 4

Inversor VSI conectado a la red eléctrica.



El inversor convierte la corriente continua (V_{dc}) en corriente alterna mediante interruptores electrónicos y diodos, pasando por una bobina de acople antes de inyectar energía a la red (Muñoz-Galeano et al., 2016).

Instalaciones aisladas

Sistemas fotovoltaicos aislados

Un sistema fotovoltaico aislado funciona de manera independiente de la red eléctrica pública. Utiliza módulos solares para captar la radiación solar y transformarla en electricidad en corriente continua (DC). La energía se almacena en baterías para usarla cuando no hay sol y, mediante un inversor, se convierte en corriente alterna (AC) para alimentar equipos eléctricos comunes (Hernández Mora et al., 2014).

Casos en los que se utiliza

Los sistemas fotovoltaicos aislados se emplean principalmente en lugares donde no existe acceso a la red de distribución eléctrica o donde conectarse a ella resulta muy costoso. Son comunes en zonas rurales, comunidades apartadas, instalaciones de telecomunicaciones en áreas

remotas, estaciones meteorológicas, embarcaciones, casas de campo y refugios de montaña. También se usan en proyectos donde se busca autonomía energética total, sin dependencia de la red pública. En general, son una solución ideal para garantizar el suministro eléctrico en sitios aislados y con necesidades de energía confiables, utilizando una fuente renovable y limpia como la solar (Hernández Mora et al., 2014).

Energía Solar en el Sector Industrial

Aplicaciones industriales más comunes

Entre las más comunes se encuentra la generación de electricidad mediante sistemas fotovoltaicos, que permiten alimentar maquinaria, equipos de producción y sistemas de iluminación, lo cual reduce la dependencia de la red eléctrica convencional. También destaca su uso en la obtención de calor de proceso a través de tecnologías solares térmicas y de concentración, útiles en actividades como secado, pasteurización, esterilización, cocción y fundición, donde se requieren temperaturas elevadas. Otro campo importante es la integración de sistemas híbridos que combinan paneles solares con baterías u otras fuentes de energía, garantizando así un suministro continuo en industrias que no pueden detener su operación. Asimismo, la energía solar se aplica en la refrigeración industrial y la climatización de espacios mediante tecnologías de absorción o compresión asistidas con energía solar, y en el autoconsumo a gran escala, donde las empresas instalan paneles en techos o terrenos para cubrir parte de su demanda eléctrica (Valencia-Bautista et al., 2022).

Beneficios de su implementación

La implementación de estas soluciones trae consigo diversos beneficios para el sector industrial. En primer lugar, reduce de manera significativa los costos operativos relacionados con el consumo de electricidad, generando ahorros a mediano y largo plazo. También otorga independencia energética, ya que las empresas producen su propia electricidad y se protegen de la volatilidad de las tarifas. A esto se suma la contribución a la sostenibilidad ambiental, puesto que disminuye la huella de carbono al sustituir fuentes fósiles por energía limpia y renovable. Además, en muchos países existen incentivos, subsidios o créditos fiscales que fomentan la inversión en tecnologías solares, lo que mejora la competitividad empresarial. Finalmente, adoptar este tipo de energías refuerza la reputación de las compañías, proyectándolas como innovadoras y comprometidas con el desarrollo sostenible, lo cual genera mayor confianza en clientes e inversionistas.

Impacto Ambiental y Social

Reducción de emisiones de CO₂.

La energía solar térmica de concentración aprovecha la radiación solar para generar calor que puede usarse directamente en procesos industriales. Su principal aporte es que disminuye la necesidad de utilizar combustibles fósiles, como gas o diésel, lo cual también se traduce en una menor liberación de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. De esta manera, se convierte en una alternativa práctica para sustituir fuentes de energía tradicionales altamente contaminantes.

Esta tecnología destaca por su elevada eficiencia, ya que es capaz de transformar entre un 55% y un 70% de la energía captada en calor útil para la industria. Gracias a ello, se considera una

herramienta fundamental para impulsar la transición hacia procesos más sostenibles y descarbonizados.

En cuanto a su aplicación, resulta muy útil en tareas como la producción de vapor, el calentamiento de agua o el secado de productos, que son operaciones habituales en sectores como la alimentación, el textil o la química. Además de los beneficios ambientales, también aporta ventajas técnicas y económicas, pues puede convertirse en una opción más rentable y eficiente a mediano y largo plazo, ayudando a las empresas a reducir costos mientras cumplen con objetivos de sostenibilidad (IDAE, 2025).

Aceptación social y políticas de responsabilidad empresarial

La aceptación social es un factor clave para el desarrollo de proyectos de energía solar, ya que su implementación no depende únicamente de aspectos técnicos o económicos, sino también de la percepción de las comunidades involucradas. Aunque la población suele reconocer los beneficios ambientales de las energías renovables, pueden surgir resistencias cuando las instalaciones se ubican cerca de su entorno, fenómeno conocido como NIMBY.

La aceptación social se relaciona con el equilibrio entre los posibles impactos negativos, como cambios en el paisaje o preocupaciones por seguridad, y los beneficios percibidos, como el desarrollo económico local, la generación de empleo y una mayor seguridad energética. Factores personales, sociales y de contexto influyen en esta percepción, por lo que los proyectos fotovoltaicos deben incorporar estrategias de comunicación y participación que favorezcan su integración y aceptación por parte de la comunidad (Mosquera López y Fernández Gómez, 2023).

La literatura académica identifica que estos aspectos pueden clasificarse en tres categorías principales: factores personales o demográficos (edad, nivel educativo, situación socioeconómica),

factores sociales y psicológicos (confianza en las instituciones, percepción de justicia, identidad cultural) y factores de contexto (características del proyecto, procedimientos de participación y transparencia en la gestión). En consecuencia, el desarrollo de proyectos fotovoltaicos no solo debe centrarse en la eficiencia tecnológica o en el ahorro energético que ofrecen, sino también en la integración de estrategias de comunicación, participación y mitigación de impactos que refuercen la percepción positiva en la población (Mosquera López y Fernández Gómez, 2023).

La aplicación de normas internacionales permite estructurar la gestión ambiental y energética de proyectos de energía solar de forma sistemática y verificable. La norma ISO 14001 facilita la identificación de impactos ambientales y la definición de objetivos de reducción de emisiones, mientras que la ISO 50001 contribuye a mejorar el desempeño energético e integrar la generación fotovoltaica dentro de los indicadores de consumo de la empresa.

De manera complementaria, la ISO 14064 establece lineamientos para la cuantificación y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero, y la ISO 14067 permite evaluar la huella de carbono de los productos. En conjunto, estas normas fortalecen la transparencia y la responsabilidad empresarial, demostrando el impacto positivo de los sistemas fotovoltaicos en la reducción de emisiones y en la transición hacia un modelo energético más sostenible, además de apoyar el cumplimiento ante autoridades ambientales (International Organization for Standardization, s.f.).

Casos de Éxito en el Sector Industrial

Ejemplos de empresas que han implementado paneles solares

ARGIO SOLAR es una empresa reconocida en el sector de las energías renovables, especializada en auditorías energéticas, diseño de proyectos y soluciones integrales para la implementación de sistemas fotovoltaicos. Su enfoque combina la innovación tecnológica con la sostenibilidad ambiental, ofreciendo a las empresas un modelo confiable para reducir costos operativos, aumentar la eficiencia y disminuir su huella de carbono. A lo largo de su trayectoria, ha desarrollado proyectos con compañías de gran prestigio tanto en México como en el extranjero. A continuación, se presentan algunos ejemplos relevantes en el contexto nacional:

Grupo Modelo

Grupo Modelo es una cervecería mexicana líder a nivel internacional, famosa por marcas como *Corona* y *Modelo Especial*. La compañía, en su búsqueda por optimizar recursos y apostar por la eficiencia energética, colaboró con ARGIO SOLAR en el proyecto “Iluminación como Servicio”.

- Duración del proyecto: más de 6 años en operación.
- Acciones realizadas:
 - Sustitución de más de 5,500 luminarias fluorescentes por tecnología LED.
 - Implementación de un servicio integral de mantenimiento in situ 24/7.
 - Garantía de 10 años sobre las instalaciones.

- Impacto:
 - Instalación concluida en 3 meses, sin afectar la operación de la planta.
 - Garantía de iluminación uniforme, reducción significativa del consumo eléctrico y disminución de costos de operación.

Este caso demuestra cómo la eficiencia energética puede integrarse en la industria cervecera sin comprometer la calidad de sus procesos productivos.

Pirelli (Planta en Puerto Interior, Silao, Guanajuato)

Pirelli, empresa de origen italiano y líder en la producción de neumáticos, cuenta en Guanajuato con una de sus plantas industriales más grandes en México. Con el objetivo de reducir su consumo energético y modernizar sus instalaciones, recurrió a ARGIO SOLAR para la implementación del proyecto “Light as a Service”.

- Duración del contrato: 6 años en total (4 ya cumplidos, 2 en curso).
- Acciones realizadas:
 - Sustitución de más de 3,500 luminarias fluorescentes por tecnología LED de alto rendimiento.
 - Financiamiento de 1,000,000 USD por parte de ARGIO SOLAR.
 - Implementación de soluciones llave en mano con un plazo de entrega de 8 semanas.

- Impacto:
 - Garantía de una iluminación óptima y continua durante los procesos productivos.
 - Reducción significativa en consumo eléctrico y costos operativos.
 - Servicio de mantenimiento y soporte 24/7 incluido en el contrato.

Química Coyoacán (San Luis Potosí)

Química Coyoacán es un laboratorio mexicano de prestigio especializado en suplementos dietéticos y cosméticos. Conscientes de la importancia de la sostenibilidad, apostaron por un sistema fotovoltaico como parte de su estrategia para reducir su huella ambiental.

- Acciones realizadas:
 - Instalación de un sistema solar montado en suelo con paneles Canadian Solar.
 - Capacidad instalada de 166 kWp.
 - Integración de dos inversores Growatt para optimizar la producción energética.
- Impacto:
 - Implementación cuidadosa y eficiente para maximizar la generación de energía limpia.
 - Contribución significativa a la sostenibilidad corporativa y a la reducción de la huella de carbono.
 - Refuerzo de su liderazgo en innovación y compromiso con el medioambiente.

MD Elektronik

MD Elektronik es un proveedor global de soluciones electrónicas que presta servicios a diferentes sectores industriales. Su compromiso con la sostenibilidad los llevó a implementar un sistema fotovoltaico de gran capacidad con apoyo de ARGIO SOLAR.

- Acciones realizadas:
 - Instalación de 865 paneles solares monocristalinos.
 - Capacidad instalada de 502 kWp.
 - Producción estimada de 1,006 MWh al año.
- Impacto:
 - Reducción anual de 438 toneladas de emisiones de CO₂.
 - Disminución sustancial de costos operativos mediante generación propia de electricidad.
 - Posicionamiento de la empresa como un referente en responsabilidad ambiental en su sector.

Los proyectos de ARGIO SOLAR en México muestran un panorama claro: la adopción de energías renovables y tecnologías eficientes no solo es viable, sino altamente beneficiosa para empresas de distintos tamaños y sectores.

- Una reducción de emisiones de entre 200 y 500 toneladas de CO₂ al año, dependiendo de la magnitud del proyecto.
- Una eficiencia energética alcanzada de entre el 50 % y el 75 %, lo cual representa un impacto directo en la reducción de costos y en la competitividad empresarial.

Las empresas que han apostado por soluciones de eficiencia y energías limpias con ARGIO SOLAR han logrado combinar sostenibilidad ambiental con rentabilidad económica, marcando una tendencia positiva hacia un futuro más responsable y eficiente en el uso de los recursos energéticos (ARGIA SMART ENERGY SOLUTIONS, 2025).

Análisis Económico

Periodo de retorno de inversión (ROI)

El periodo de retorno de inversión descontado es el número de años que tarda un proyecto en recuperar la inversión inicial, tomando en cuenta que el dinero de hoy tiene mayor valor que el dinero en el futuro. Por ello, cada flujo de ahorro o ingreso generado por el sistema fotovoltaico se convierte a valor presente aplicando una tasa de descuento. De esta forma, se suman los ahorros descontados año tras año hasta cubrir el monto de la inversión inicial.

Para lo cual utilizaremos las siguientes fórmulas para poder calcular de manera sencilla el retorno de inversión:

$$ROI = \frac{GANANCIA\ ANUAL \times 1.015}{INVERSION\ TOTAL} \times 100 \quad \dots (3)$$

Dónde:

- Ganancia anual = Ahorro en electricidad por año.
- Inversión total = Costo de todo el sistema (paneles, inversores, estructura, cableado, mano de obra, etc.).
- 100 = porcentaje de recuperación de cada año.

- 1.015 = Valor para tomar en cuenta los costos de mantenimiento total de la instalación al año.

Fórmula para calcular los años para recuperar la inversión

$$N_{\text{años}} = \frac{\text{Inversion total} + (0.015 * \text{Ganancia anual})}{\text{Ganancia anual}} \quad \dots (4)$$

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

Aclaraciones previas

En la primera etapa de este proyecto, no fue posible acceder a la información oficial de consumo energético de la empresa, ya que dichos datos se consideran confidenciales y su divulgación podría afectar o distorsionar los términos del contrato de suministro con la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Por esta razón, únicamente se autorizó el uso de los registros diarios elaborados por los operadores correspondientes a los primeros cinco meses del año en curso, comprendidos entre el 1 de enero y el 23 de mayo de 2025. Cabe señalar que los valores obtenidos representan estimaciones del consumo energético y pueden estar sujetos a errores, debido a que las mediciones se realizan de forma manual en hojas de registro, lo que implica la posibilidad de imprecisiones derivadas de fallas humanas durante el proceso de anotación.

Registro de consumo eléctrico para cada área

Para el cálculo del consumo energético de la empresa, se consideró que esta cuenta con cuatro transformadores, a partir de los cuales se obtuvieron las mediciones utilizadas en este estudio. En consecuencia, la red de distribución del sistema fotovoltaico también debe dividirse en cuatro derivaciones correspondientes a las principales áreas de consumo: inyección, ensamble, pintura y servicios.

Para el análisis, se empleó una hoja de cálculo en Microsoft Excel (Revisar anexo A) en la que se registraron los datos diarios de consumo de cada área. Posteriormente, se elaboraron cuatro gráficas —una por cada zona— con el propósito de visualizar el comportamiento del consumo energético y facilitar la interpretación de las variaciones a lo largo del periodo analizado.

Figura 5

Grafica del consumo de energía del área de inyección

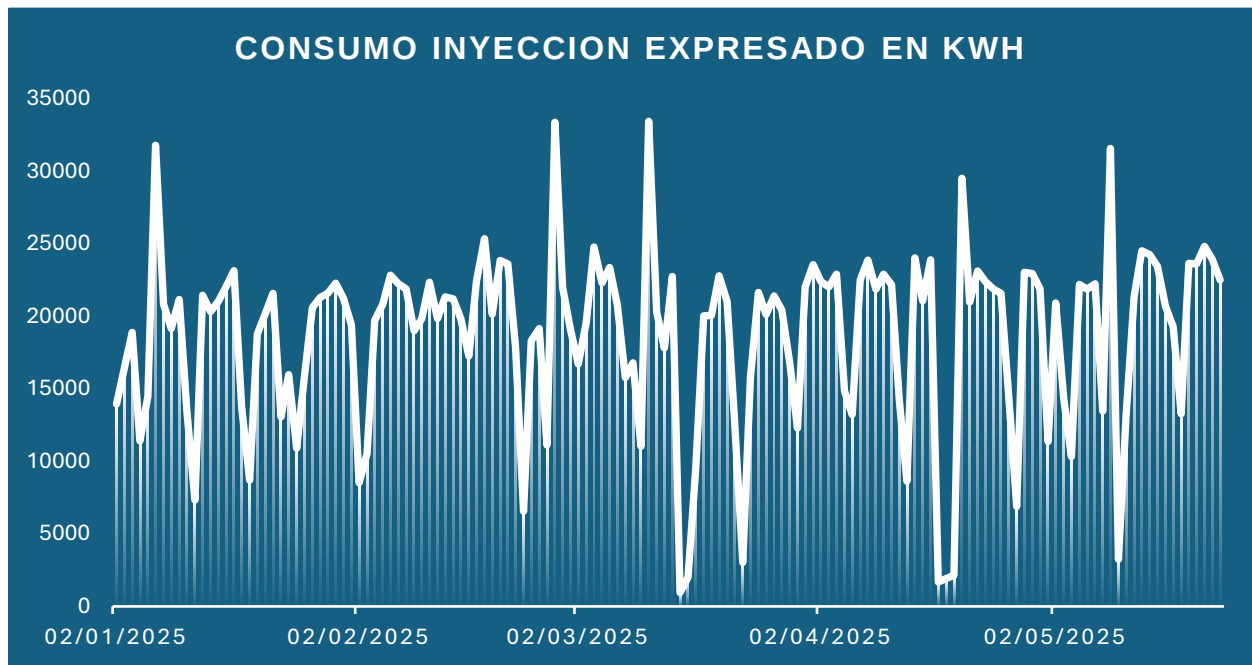


Figura 6

Grafica del consumo de energía del área de ensamble

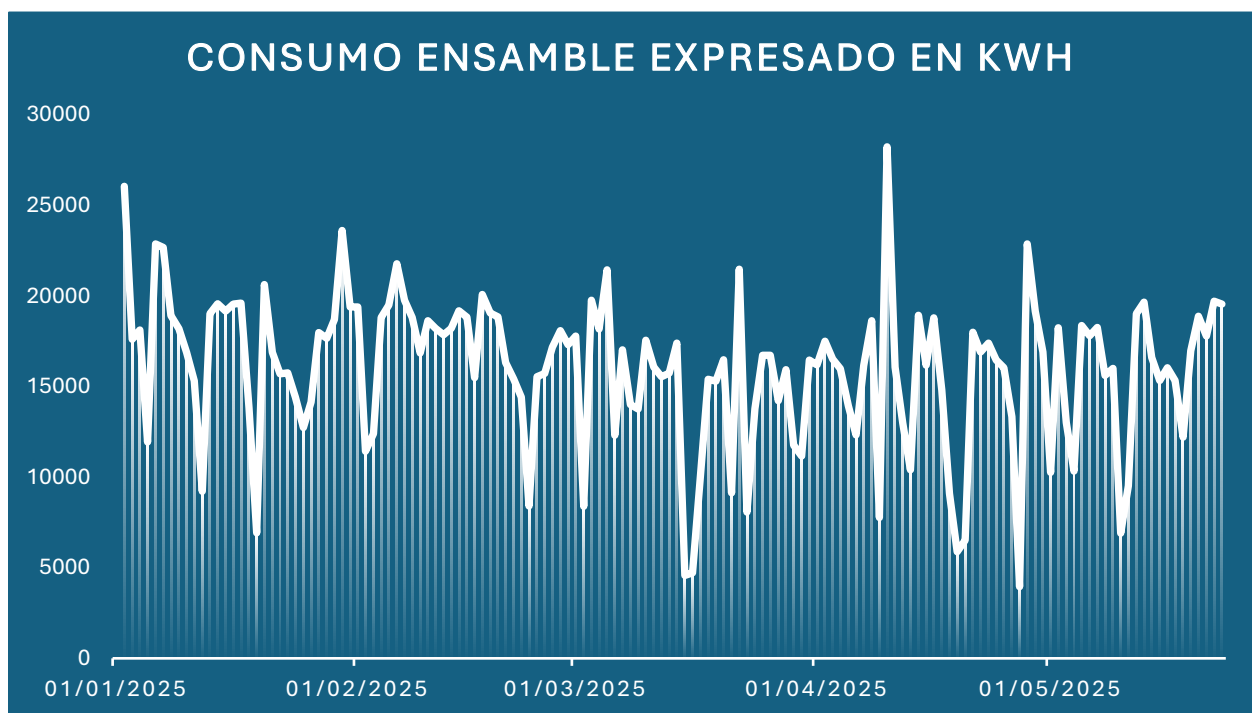


Figura 7

Grafica de consumo del área de pintura

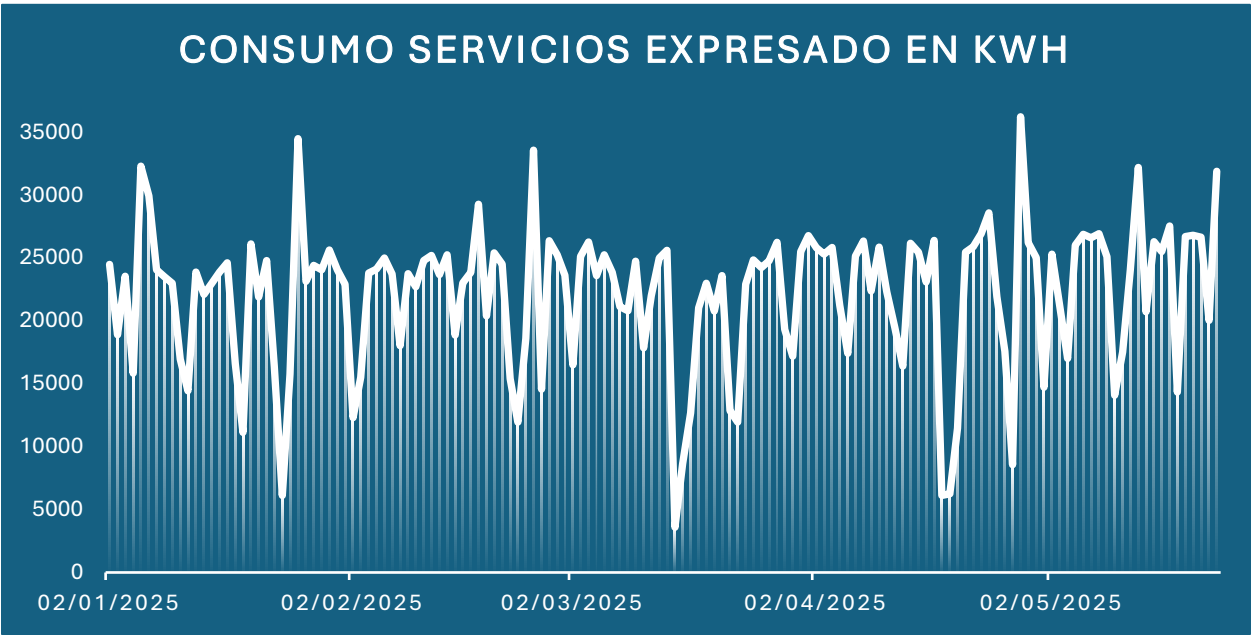
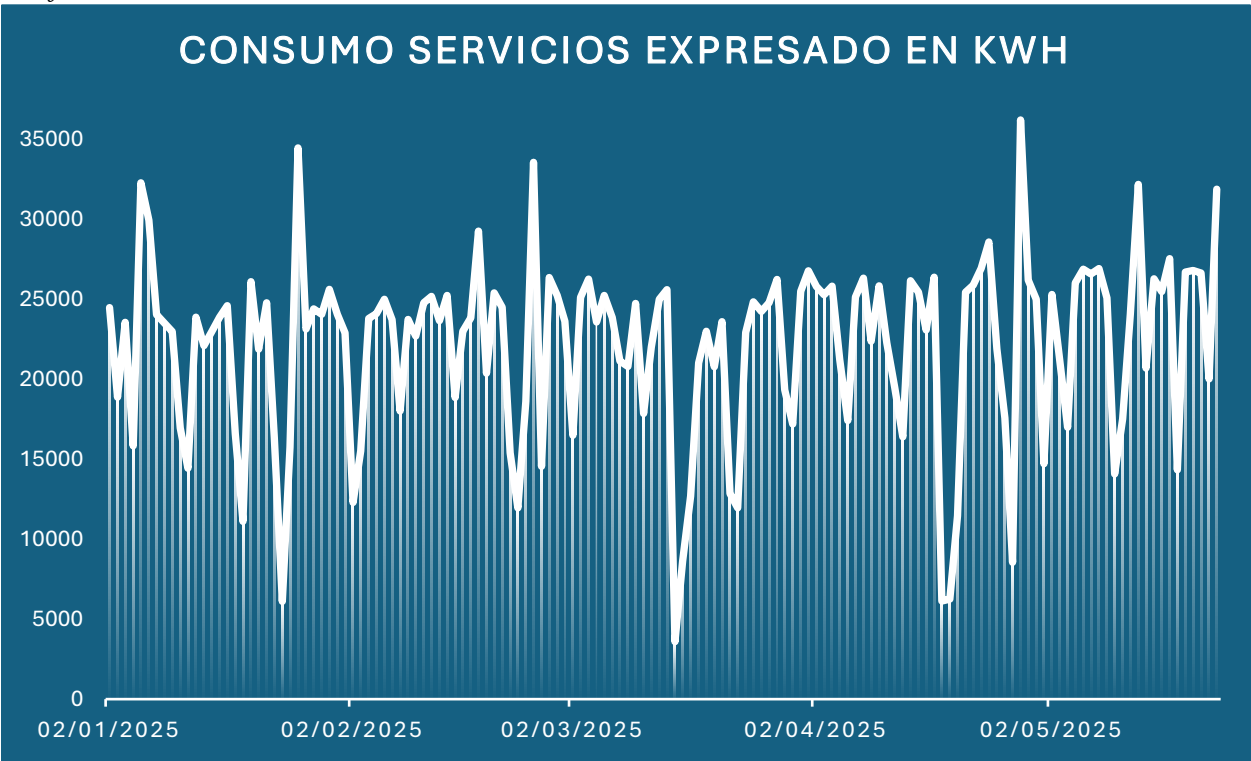


Figura 8

Grafica de consumo del área de servicios



Para el cálculo de cada uno de los días en las gráficas anteriores método utilizado fue calcular el valor del día con la formula:

$$\text{Consumo diario} = (E_{\text{día actual}} - E_{\text{día anterior}}) * 1000000 \quad \dots (5)$$

Ejemplo

Si nuestro valor del día actual es de 12.226901 GWh y el día anterior se obtuvo una lectura de 12.210428 GWh, entonces nuestro ejemplo serio:

$$\text{Consumo diario} = (12.226901 - 12.210428) * 1000000 = 16473 \text{ KWh}$$

Finalmente, se multiplica el valor obtenido por 1,000,000, ya que las mediciones originales se encuentran expresadas en gigavatios-hora (GWh) y se requiere convertirlas a kilowatts-hora (kWh). Esta conversión permite realizar el cálculo del promedio de consumo con mayor precisión y facilita la obtención de resultados más representativos en el análisis energético.

Cálculo de consumo promedio de cada área

Para el cálculo del consumo promedio tomamos los datos de cada día ya expresados en el documento de Excel de consumo energético, para lo cual se utilizó la función de Excel PROMEDIO, la cual funciona de la siguiente forma:

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \dots (6)$$

Donde:

$\varepsilon = \text{promedio de media aritmética}$

$\sum_{i=1}^n x_i = \text{la suma de los valores induiduales del conjunto de datos}$

$n = \text{el mismo número total de datos incluidos en el cálculo}$

De esta forma se calcula automáticamente cada uno de los promedios de los cuales los resultados de cada área serían los siguientes:

Inyección: 18654.44662 KW/día

Ensamble: 15960.55634 KW/día

Pintura: 31907.32394 KW/día

Servicios: 22090.08451 KW/día

Paralelo al cual el consumo diario de todas las áreas de la planta daría un total de 88612.40141 KW/día.

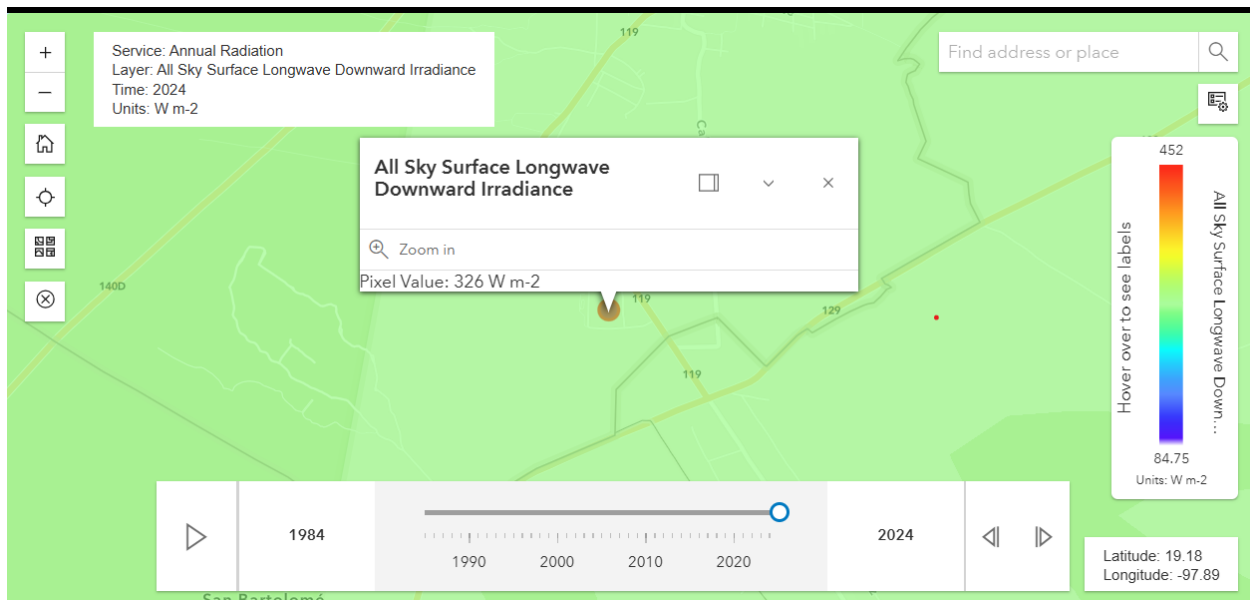
Cálculo de generación energética del panel solar

Para iniciar con el cálculo de la energía generada individualmente por cada panel solar lo primero sería identificar la radiación de la zona en la que se desean instalar los mismos, para este caso la zona sería Zitlaltepec, Tlaxcala, México, más precisamente en el código postal 90590.

Para lo cual para obtener el dato para nuestra ecuación R que representa la potencia irradiante de la zona, para lo cual me apoye de la página del sistema de información geográfica de una página oficial de la NASA llamado [NASA POWER DATA](#) en la cual únicamente seleccionando la posición geográfica exacta del lugar muestra la cantidad de irradiación proporcionada en el último año lo cual para este caso tomando en cuenta que se la posición aproximada de latitud 19.18 y longitud -97.92. De lo cual de acuerdo con datos de la página la irradiación promedio anual del año pasado fue de 326 W/m^2 . Por lo tanto, para valores de la ecuación tomaremos este dato como referencia.

Figura 9

Irradiación de la zona de acuerdo a la NASA POWER



Ahora para este caso voy a tomar como ejemplo el modelo de panel solar [LR7-72HTH-M](#) del fabricante LONGi Green Energy Technology Co., Ltd. El tipo de modulo es monocristalino el cual debido a que lo que se busca es generar la mayor cantidad de energía de la manera más eficiente, entonces este es el modelo que uno de los posibles proveedores de la empresa ha utilizado en otros proyectos con mucha demanda energética además de tener una garantía de producción de 15 años y también 25 años de garantía de rendimiento de hasta un 89.4% (LONGi Green Energy Technology Co., Ltd., 2024).

Para lo cual, tomando datos de su ficha técnica, realizaremos el cálculo de consumo de un solo panel solar en una situación ideal para así poder aproximar que cantidad de paneles y espacio es requerido para su instalación. Por lo tanto, los datos que nos proporciona la ficha serian:

$$P_{R,PV} = 630W \text{ (de manera ideal)}$$

$$\mu_T = -0.0028$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$R_{ref} = 1000 \text{ W/m}^2$$

Por ultimo la ultima parte que para aplicar la formula seria la temperatura de la celda, para lo cual tratándose de un cálculo en situaciones ideales usaremos la formula:

$$T_c = T_a + \frac{NOCT - 20}{800} \times R \quad \dots (7)$$

Para lo cual de acuerdo con la ficha técnica la temperatura de operación nominal de la celda sería de 45°C (NOCT), para el caso de la temperatura ambiente tomare información de la página Weather Spark donde de acuerdo a un estudio de la zona la temperatura promedio es de 22°C la mayor parte del año (Weather Spark, s.f.), así que con esta información procederemos a sustituir nuestra información en la formula quedando de la siguiente manera:

$$T_c = 22 + \frac{45 - 20}{800} \times 326$$

$$T_c = 32.1875^{\circ}\text{C}$$

Ahora que ya contamos con todos los datos necesarios para poder calcular la generación de cada panel únicamente sustituimos cada uno de los datos dentro de nuestra formula establecida quedando de la siguiente manera:

$$P_{pv} = 630 \text{ W} \times \frac{326 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \times [1 + (-0.0028)(32 - 25)]$$

$$P_{pv} = 201.354 \text{ W}$$

Sin embargo este sería el valor generado por un solo panel en una hora por ende la cantidad que genere a lo largo del día puede variar dependiendo la cantidad de horas de radiación solar del día

así que tomando en cuenta información de la página [MapLogs](#) donde con datos anuales da un promedio de las horas que dura el día siendo un total de 11h:15m:47s (MapLogs, n.d.), lo cual utilizare para calcular el total de energía generada idealmente por un solo panel solar en este periodo de tiempo.

$$E_{gen}(t) = P_{pv}(t) \times \Delta t \quad \dots (8)$$

$$E_{gen}(t) = 201.354 \text{ W} \times 11.263 \text{ h}$$

$$E_{gen}(t) = 2267.85 \frac{\text{W}}{\text{dia}} = 2.26785 \text{ KW/dia (en 11 horas de dia)}$$

Calculo para el consumo de cada área

Ahora que sabemos la cantidad de energía generada a lo largo de las horas del día podemos hacer los cálculos para determinar la cantidad necesaria de paneles solares para cada área, para lo cual nos apoyaremos de las siguientes formulas bastante sencillas.

$$N_{paneles} = \frac{E_{consumo}}{E_{gen_{panel}}} \quad \dots (9)$$

$$N_{paneles} = \text{Numero de paneles necesarios}$$

$$E_{consumo} = \text{Energía consumida por el area}$$

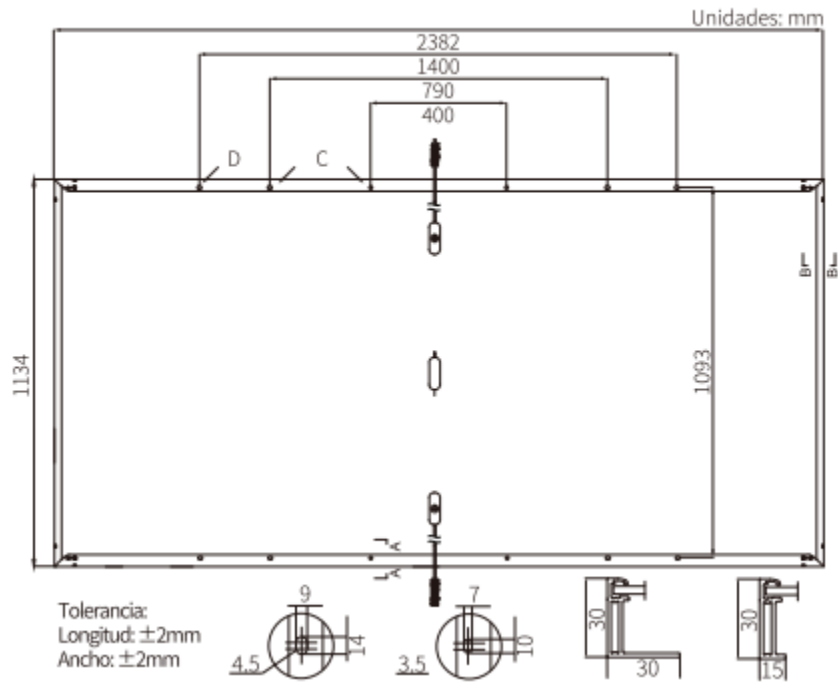
$$E_{gen_{panel}} = \text{Energía generada por el panel}$$

También otro factor importante a la hora de calcular la cantidad de paneles necesarios es calcular la cantidad de metros cuadrados que estos ocuparan para su instalación por lo que de acuerdo a la cantidad de paneles necesarios es fundamental saber el espacio disponible que tenemos por ende luego de calcular la cantidad de paneles de acuerdo a nuestro modelo el cual

cuenta con las dimensiones de $2382 \times 1134 \times 30$, también tomando en cuenta un peso de 28.5 Kg (Revisar anexo B).

Figura 10

Dimensiones de panel solar modelo LR7-72HTH-630M



Para lo cual utilizaremos la formula

$$A_{total} = N_{paneles} \times A_{panel} \quad \dots (10)$$

A_{total} = Área total ocupada por todos los paneles

$N_{paneles}$ = Número total de paneles

A_{panel} = Área de un panel

Cálculo del área de inyección

Consumo: 18654.44662 KW/Dia

$$N_{paneles} = \frac{18624.44662 \frac{kW}{\text{día}}}{2.26785 \frac{kW}{\text{día}}} = 8212.38 \approx 8213 \text{ paneles}$$

$$A_{total} = 8213 \text{ paneles} \times 2.583 \text{ m}^2 = 21214.179 \text{ m}^2$$

Cálculo del área de ensamble

Consumo: 15960.55634 kW/día

$$N_{paneles} = \frac{15960.55634 \frac{kW}{\text{día}}}{2.26785 \frac{kW}{\text{día}}} = 7037.74 \approx 7038 \text{ paneles}$$

$$A_{total} = 7038 \text{ paneles} \times 2.583 \text{ m}^2 = 18179.154 \text{ m}^2$$

Cálculo del área de pintura

Consumo: 31907.32394 KW/Dia

$$N_{paneles} = \frac{31907.32394 \frac{kW}{\text{día}}}{2.26785 \frac{kW}{\text{día}}} = 14069.415 \approx 14070 \text{ paneles}$$

$$A_{total} = 14070 \text{ paneles} \times 2.583 \text{ m}^2 = 36342.81 \text{ m}^2$$

Cálculo del área de servicios

Consumo: 22090.08451 kW/día

$$N_{paneles} = \frac{22090.08451 \frac{kW}{día}}{2.26785 \frac{kW}{día}} = 9740.54 \approx 9741 \text{ paneles}$$

$$A_{total} = 9741 \text{ paneles} \times 2.583 \text{ m}^2 = 25161 \text{ m}^2$$

Cálculo de consumo general de la planta

Consumo: 88612.40141 KW/día

$$N_{paneles} = \frac{88612.40141 \frac{kW}{día}}{2.26785 \frac{kW}{día}} = 39073.3 \approx 39074 \text{ paneles}$$

$$A_{total} = 39074 \text{ paneles} \times 2.583 \text{ m}^2 = 100928.142 \text{ m}^2$$

Cálculo de costo de inversión

Para este punto tomare únicamente en cuenta valores de mercado de todos los modelos de equipos, materiales y herramientas encontrados en internet, tomando en cuenta que en caso de contratar a un proveedor de servicios de instalación para el sistema fotovoltaico el costo puede verse reducido dependiendo del contrato a llevar.

Equipos necesarios

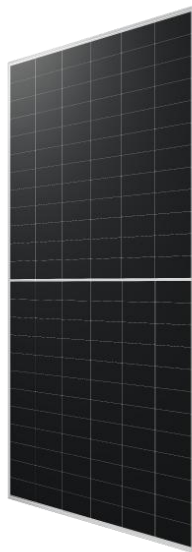
Panel modelo LR7-72HTH-M

Para este caso tomare el precio unitario ya que debido a la cantidad de paneles solares que se pedirán este podría mejorar, además de no tomar en cuenta cotizaciones de envío, para lo cual

tomare el precio del portal oficial de [Grupo Reysa](#) que es la opción más económica en el momento de esta investigación la cual es de 2185.17\$. Para lo cual debido a que la empresa planea una implementación para tener una sustentabilidad del 25% en el área de ensamble será necesario la adquisición de 1760 paneles solares los cuales abarcaran un área de 4546.08 m^2 , lo cual equivale a un costo de 3845899.2\$ mxn (Únicamente adquisición de paneles).

Figura 11

Imagen física del modelo LR7-72HTH-620-630M



Inversores de corriente

Para el caso de la elección de los inversores de corriente se me comento que una de las opciones que tenía planeadas sería el modelo SUN2000-185KTL-H1 de la marca HUAWEI el cual se trata de un modelo diseñado para sistemas industriales de tamaño medio, esto debido a que en caso de no proseguir con la instalación de más paneles solares por parte de la gerencia se quiere evitar la pérdida de presupuesto en caso de que su rendimiento no sea el esperado.

Así que para esto lo primero sería conocer la característica del propio inversor el cual cuenta con un total de 9 entradas MPPT (Seguidor de punto de máxima potencia), donde la recomendación de acuerdo a la hoja de datos del fabricante consta de un voltaje de operación de MPPT de $500V \sim 1500V$ y un máximo de corriente de MPPT de 26A.

Para lo cual tendremos que calcular la cantidad máxima de conexiones en serie que necesita nuestro arreglo de paneles solares para proporcionar un voltaje que no exceda la cantidad máxima de voltaje requerida por el inversor para esto usaremos el valor del voltaje en circuito abierto $\frac{V_{oc}}{V}$ en condiciones ideales de $1000 \frac{W}{m^2}$ a $25^{\circ}C$ el cual es de 53.02V, también necesitaremos el estimado también ideal de la corriente a potencia máxima $\frac{I_{mp}}{A}$ de un valor igual a 14.07A. Con esto podemos calcular la cantidad máxima de paneles solares en nuestro arreglo en serie dividiendo el voltaje total entre el voltaje individual de cada panel.

$$C_{serie} = \frac{1500V}{53.02V} = 28.29 \text{ paneles en serie maximos}$$

Sin embargo, tenemos que tener en cuenta que no podemos usar este valor máximo debido a que tenemos que tener un margen de seguridad para evitar sobrecalentamientos tanto en los conductores eléctricos como en el propio inversor reduciremos esta cantidad a 26 para mantener la efectividad y tener un buen margen de 1378.52V, para aprovechar al máximo la eficiencia del sistema.

Ahora con esto concluido podemos únicamente dividir la cantidad de paneles necesarios con la cantidad de arreglos en serie que necesarios para finalmente calcular el número de inversores requeridos, para lo cual únicamente utilizaremos operaciones sencillas de división.

$$N_{arreglos} = \frac{1760 \text{ paneles}}{26 \text{ paneles}} = 67.69 \approx 68 \text{ arreglos (Un arreglo solo de 18 paneles)}$$

Entonces debido a que la cantidad de corriente más alta que puede manejar el inversor en sus entradas MPPT es 26A no podemos conectar en paralelos otra entrada en la entrada extra paralela de la MPPT (PV1, PV3, PV5, etc.) para sumar su corriente debido a que excederíamos la máxima corriente permitida llegando a 28.14. Por ende, solo tomaremos en cuenta 9 entradas activas que usaremos en cada inversor.

$$N_{Inversores} = \frac{68 \text{ arreglos}}{9} = 7.55 \approx 8$$

Con esto tenemos contemplado correctamente el número de inversores incluso con la capacidad de implementar más paneles solares en un futuro dándonos un valor de mercado individual de aproximado de 11745.39 MXN, con el precio tomado del portal de [Made in China](#), lo cual por los 8 inversores tendremos un total de 93963.12\$.

Cableado

Para el caso del cableado no solo tenemos que tener en cuenta el amperaje sino también la caída de tensión por la distancia del cableado para lo cual este caso será de aproximadamente 200 metros para la zona de la instalación del circuito por lo que utilizaremos la siguiente fórmula para calcular la caída de tensión con finalidad de tener una caída de tensión del 3% de acuerdo con la norma oficial mexicana:

$$V_D = \frac{I \times (2l) \times R_{cable}}{V_{total}} \quad \dots (11)$$

- $V_D = \text{Caída de tensión}$
- $I = \text{Corriente}(A)$

- $2l = \text{Longitud del cable multiplicada por 2}$
- $R_{\text{cable}} = \text{Resistencia del cable de acuerdo a su AWG}$
- $V_{\text{total}} = \text{Voltaje total del sistema}$

Para el cálculo usaremos la tabla de resistencias y reactancia para conductores de la norma oficial mexicana para lo cual tomaremos el siguiente valor de conductores de cobre:

- 8 AWG = 2.56 Ω/km

Por lo cual cada una de nuestras formulas quedaría de la siguiente manera:

$$V_D = \frac{14.07A \times (2 * 200m) \times 0.0039 \frac{\Omega}{m}}{1378.52V} = 0.0159222 \times 100 \approx 1.6\% (\text{redondeando})$$

Por lo que el AWG 8 cumple con las condiciones para nuestra instalación, para lo cual debido a que se trata de un total de 68 arreglos y tomaremos en cuenta un promedio de 400 metros para cada arreglo da un total de 27200 metros, para este caso tome la opción del proveedor [2B green Energía Sustentable](#), con un valor unitario de 3900\$ MXN por 100 metros para lo cual el costo total será de 1,060,800\$ MXN.

Mano de obra

Para el caso del cálculo de la mano de obra se tomarán estimaciones de tiempo estimadas de acuerdo a la cantidad de trabajo que debería realizarse tomando en base el sueldo mínimo y estimaciones sobre tareas que tengo conocimiento, debido a que pueden surgir tareas que modifiquen la obra o compliquen la instalación en el proceso.

1) Desglose de actividades

A. Preparación y logística.

- B. Tendido / trazado del cable en bandeja/ducto/trincheras
- C. Introducción del cable por ducto o bandeja.
- D. Conexiones/terminaciones MC4 en cada extremo.
- E. Soportes y fijaciones, etiquetado.
- F. Pruebas eléctricas y puesta en servicio.
- G. Limpieza, documentación y entrega.
- H. Supervisión / seguridad / coordinación.

2) Unidades y parámetros típicos

- Tendido / pull cable (AWG8) en bandeja o exterior sin obstáculos: 0.8 – 2.0 min/m (es decir 30–75 m/h por persona).
- Si se hace con equipo y 2–3 operarios por tramo (2 tiran + 1 guía): 200–600 m/día por cuadrilla (8 h día).
- Terminación MC4 por extremo: 10–20 min / extremo → 20–40 min por cable (dos extremos).
- Soportes y fijaciones: 0.5–2 min/m según complejidad.
- Prueba y registro por serie: 0.5–1.5 h.
- Movilización y logística (una sola vez): 8–40 h por proyecto (equipo).
- Supervisor/ingeniero (control calidad): 5%–10% de horas totales.
- Costo hora de mano de obra en México:
 - Electricista calificado: \$278.80 MXN/día (Salario mínimo).
- Cargas sociales y prestaciones (IMSS, vacaciones, utilidades, prestaciones): 30% – 45% sobre costo salarial directo.

3) Ejemplo con datos

Supuestos elegidos para el ejemplo

- Longitud total cable: 27,200 m.
- Cuadrilla de tirado: 3 operarios (2 tiran + 1 guía/terminador).
- Productividad de cuadrilla (tendido + fijación): 500 m/día (8 h). → es una productividad media-alta para tendido en bandeja sin demasiados obstáculos.
- Terminaciones: 2 extremos por cable → 40 min por cable (0.67 h) realizadas por el terminador (incluida prueba).
- Pruebas por serie: 1 h/serie.
- Coste horario promedio por operario: 278.80\$ MXN.
- Supervisor/ingeniero: incluido como 8% de horas totales.
- Cargas sociales y beneficios: 35%.
- Margen administrativo / imprevistos: 8%.

Cálculos

A) Tiempo de tendido

- $$\text{Horas cuadrilla totales} = \frac{27200m}{500 \frac{m}{\text{día}}} \times 8 \frac{h}{\text{día}} = 54.4 \times 8 = 435.2h.$$

Eso es horas de la cuadrilla completa (3 operarios) o lo podemos interpretar como días-cuadrilla: 54.4 días-cuadrilla (cada día 3 operarios).

B)
$$\text{Horas humanas tendido} = 435.2 \text{ h} \times 3 \text{ operarios} = 1,305.6 \text{ h}$$

C) Terminaciones:

- Aquí hay ambigüedad: Asumo 68 series → cada serie tiene 2 extremos = 136 extremos.

- Tiempo terminaciones totales = $68 \text{ cables} \times 0.67 \text{ h} = 45.56 \text{ h}$ hecho por el terminador; si lo hace la cuadrilla, integrar en horas por hombre.

D) Pruebas:

- Pruebas por serie = $1 \text{ h} \times 68 = 68 \text{ h}$

E) Supervisor (8% horas totales):

- *Horas base sumadas* = $1,305.6 + 45.56 + 68 + 24 = 1,443.16 \text{ h}$
- *Supervisor* = $8\% \times 1,443.16 = 115.45 \text{ h}$

F) Horas totales de mano de obra:

- *Total, horas* = $1,443.16 + 115.45 = 1,558.61 \text{ h}$

G) Coste base de mano de obra:

- Costo/hora promedio = \$278.80 MXN/h
- Coste base = $1,558.61 \times 278.80 = \$434,540.468 \text{ MXN}$

H) Cargas sociales (35%):

- Cargas = $0.35 \times 434,540.468 = \$152,089.17 \text{ MXN}$

I) *Subtotal mano de obra + cargas* = $434,540.468 + 152,089.17 =$
 $\$586,629.638 \text{ MXN} + (0.08 \times 586,629.638) = \$633,560 \text{ MXN}$

Se agrega un 8% del total estimado para imprevistos en la obra por lo que el presupuesto de la mano de obra seria \$633,560 MXN

Presupuesto final para la instalación completa

Después de realizar los cálculos correspondientes para la instalación, se determinó que el límite de inversión estimado asciende a \$5,634,222.32 MXN. Este valor refleja el costo total considerando los materiales, equipo y la mano de obra necesaria para llevar a cabo la instalación

de manera óptima. Este análisis permite tener un panorama claro del presupuesto requerido y sirve como referencia para la planeación financiera y la toma de decisiones en el proyecto, asegurando que los recursos se utilicen de manera eficiente y dentro de los límites establecidos.

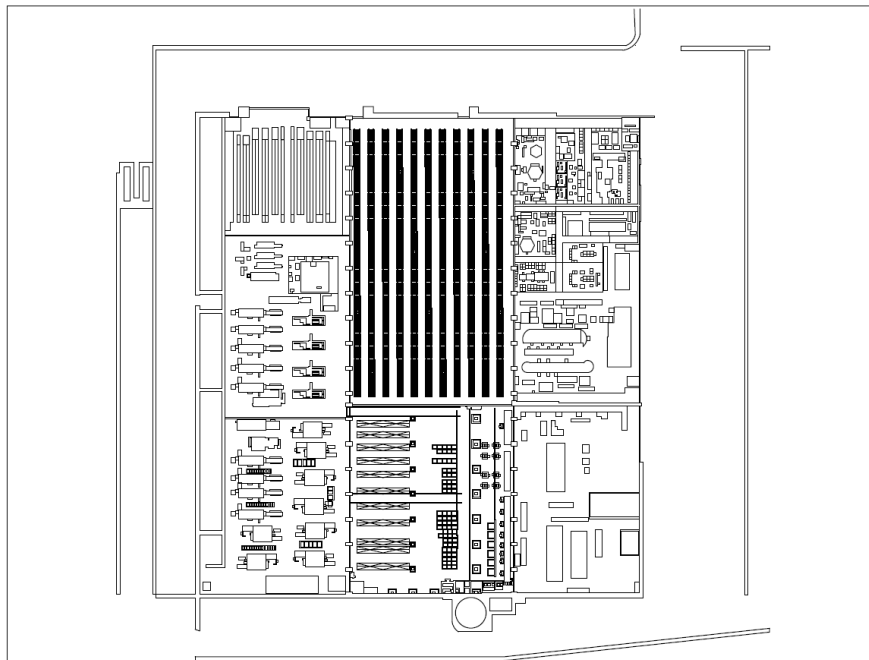
Plano donde se implementarán los paneles solares

Dado que únicamente se me permitió replicar la superficie de la empresa a partir de un layout proporcionado, en el plano se considerará únicamente el tramo destinado a la zona designada para las plantas, ubicado en la parte superior del área de ensamble.

Dado que la superficie del área propuesta es de aproximadamente 10,000 m², esta resulta suficiente para mantener las distancias adecuadas entre los paneles y asegurar una buena exposición solar durante la mayor parte del día, gracias a la altura de la instalación (Revisar anexo C).

Figura 12

Plano de Ubicación de Módulos Fotovoltaicos



Cálculo de la reducción de consumo de CO_2 y retorno de inversión

Reducción de CO_2

Para obtener el valor de CO_2 tome como base un aviso oficial del gobierno de México del año 2024 de la secretaria de energía el cual cito:

“De conformidad con el Artículo 12 del Reglamento de la Ley de Transición Energética, y habiendo recibido e incorporado las observaciones a la metodología y aplicación de la misma por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se les comunica a los establecimientos sujetos a reporte que el Factor de Emisión eléctrico del Sistema Eléctrico Nacional para el cálculo de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad correspondiente al año 2024 es (Secretaria de Energia, 2024):

$$\mathbf{0.444\ tCO_2e\ /\ MWh}$$

Por los cual si cada panel que tenemos genera de manera ideal: 2.26785 kWh/día

Nuestro número de paneles solares es: 1760

Únicamente tenemos que calcular multiplicando estos valores para calcular el valor generado al día que sería:

$$2.26785\ kWh \times 1760 = \mathbf{3,989.436\ kWh/día}$$

Después para saber la cantidad generada alrededor de todo el año tenemos que nuevamente calcular la cantidad de kWh/día por los 365 días del año para la generación anual que sería de la siguiente forma:

$$3,989.436 \times 365 = \mathbf{1,456,141.14\ kWh/año}$$

Ahora para terminar con esta parte tenemos que convertir los kWh a MWh para lo cual únicamente dividimos la cantidad emitida por todo el año entre 1000 para después multiplicarlo por el factor de emisión de CO_2 por millones de watts hora quedando de la siguiente manera:

$$C_{CO_2} = Energia \times Factor\ de\ generacion\ de\ CO_2 \quad \dots (12)$$

$$C_{CO_2} = 1456.14114 \frac{MWh}{año} \times 0.444 \frac{t}{MWh} = 646.5266\ Toneladas\ de\ CO_2\ al\ año$$

Con esto llegando a la conclusión de que es muy beneficioso para la empresa tomando para reducir sus emisiones de CO_2 en un periodo medio de un año para lo cual tomado como ejemplo la información de la página [Econologie](#) sobre las ecuaciones de combustión completa dice que $2.28\ kg\ CO_2$ equivale a un litro de gasolina por lo cual si tomamos este dato la cantidad de energía que estamos horrando en comparación equivaldría a gastar un total de 283725.74 litros de gasolina al año (Ecologie, 2004), o lo que es lo mismo a quitar de circulación durante todo un año a aproximadamente a 141 automóviles.

Retorno de inversión

Para el caso del retorno de inversión o ROI ya que tenemos el valor de kWh/año únicamente tenemos que tomar como base el valor de costo por que cobra la comisión federal de electricidad por cada kWh así que utilizando la calculadora de tarifas de demanda industria oficial de la CFE, elegimos la regiones donde se encuentra ubicada la empresa, en esta caso, Tlaxcala, Zitlaltepec y centro oriente, tomando el tipo de tarifa DIST en el mes de diciembre de 2025 el valor de consumo intermedio de energía variable da un valor de \$1.8096 MXN por cada kWh.

Así que utilizando estos datos tomaremos el valor para calcular la cantidad generada por el sistema fotovoltaico en termino monetarios simplemente tomando el valor de la energía generada multiplicada por el valor en pesos de cada kWh aplicando de la siguiente manera:

$$GANANCIA ANUAL = 1,456,141.14 \frac{kWh}{año} \times \$1.8096 \frac{mxn}{kWh} = \$2635033 \frac{mxn}{año}$$

Ahora que tenemos la ganancia anual de nuestro sistema simplemente falta añadir nuestros valores de para poder calcular tanto el retorno de inversión como el número de años que tardaremos en recuperar esa inversión para que ahora producto ganancias a nuestro favor aplicando de la siguiente forma:

$$ROI = \frac{GANANCIA ANUAL \times 1.015}{INVERSION TOTAL} \times 100 \quad \dots (3)$$

$$ROI = \frac{2635033 \frac{mxn}{año} \times 1.015}{5,634,222.32 \text{ mxn}} \times 100 = 47.45\% \text{ Porcentaje de retorno de inversion anual}$$

Ahora únicamente calculamos los años reales que nos tomara recuperar la inversión sustituyendo los datos en la siguiente formula:

$$N_{años} = \frac{Inversion total + (0.015 * Ganancia anual)}{Ganancia anual} \quad \dots (13)$$

$$N_{años} = \frac{5,634,222.32 \text{ mxn} + \left(0.015 * 2635033 \frac{mxn}{año}\right)}{2635033 \frac{mxn}{año}} = 2.15319$$

$$= 2 \text{ años, } 1 \text{ mes y } 25 \text{ días}$$

Por lo cual podemos decir que la inversión de paneles solares es bastante factible en periodos de mediano plazo ya que, aunque la inversión inicial sea grande puede verse proyectada en poco tiempo.

Resultados

En este proyecto se evaluó la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema fotovoltaico destinado a cubrir el 25% del consumo energético del área de ensamble de la empresa. Con base en los requerimientos de generación, se determinó la necesidad de instalar 1760 paneles solares, los cuales ocuparán una superficie aproximada de 4546.08 m². La inversión necesaria para su adquisición, junto con el cableado, inversores y mano de obra, asciende a un presupuesto total estimado de \$5,634,222.32 MXN.

El análisis eléctrico permitió definir la configuración adecuada del sistema y el número total de arreglos necesarios para cumplir con los rangos de operación. Asimismo, se verificó que el calibre de conductor seleccionado cumple con los límites de caída de tensión permitidos, garantizando la seguridad y eficiencia del sistema. De igual forma, se estimó la mano de obra considerando actividades como tendido, fijaciones, terminaciones, pruebas y supervisión, lo que contribuyó a obtener un costo realista del proceso de instalación.

Creación de plano

En cuanto al plano de instalación, este se desarrolló únicamente para la zona autorizada dentro del layout proporcionado por la empresa mostrando únicamente la posición y distribuciones manera teórica para una mejor interpretación para el proyecto. Se tomó en cuenta exclusivamente el tramo superior del área de ensamble, que dispone de un espacio de aproximadamente 10,000 m², suficiente para la correcta disposición de los paneles y su adecuada exposición solar.

Cantidad de CO₂ reducido

Para estimar el impacto ambiental del sistema fotovoltaico, se utilizó el factor oficial de emisión eléctrica de México para 2024, equivalente a 0.444 tCO₂e/MWh. Con una generación total

estimada de 1,456,141.14 kWh/año, el sistema permitirá reducir aproximadamente 646.53 toneladas de CO₂ por año.

Este valor es equivalente a evitar la quema de 283,725 litros de gasolina anuales, lo que representa el retiro de alrededor de 141 automóviles de circulación durante un año. Esto confirma que el proyecto no solo es económicamente viable, sino también ambientalmente significativo.

Retorno de inversión

Usando la tarifa industrial aplicable a la región, con un costo de \$1.8096 MXN/kWh, la energía generada por el sistema representa un ahorro estimado de \$2,635,033 MXN por año.

Con esta cifra, el retorno de inversión anual corresponde al 47.45%, y el tiempo estimado para recuperar completamente la inversión es de:

2 años, 1 mes y 25 días

Este resultado demuestra que el proyecto es altamente rentable y recupera su inversión en un periodo relativamente corto, manteniendo beneficios económicos y ambientales sostenidos en el tiempo.

Conclusiones de proyecto

El desarrollo del proyecto permitió evaluar la factibilidad técnica de la instalación fotovoltaica propuesta para SMP Automotive Systems México, considerando las condiciones de operación, el dimensionamiento del sistema y el cumplimiento de los criterios de seguridad eléctrica. El análisis realizado confirmó que el diseño planteado es compatible con la infraestructura existente y que los elementos seleccionados permiten garantizar un funcionamiento eficiente, confiable y continuo del sistema.

Asimismo, el proyecto facilitó la identificación de los parámetros normativos, ambientales y técnicos que intervienen en la instalación, asegurando que la propuesta se ajuste a los estándares requeridos. De manera general, los resultados demostraron que la solución planteada contribuye a los objetivos energéticos de la empresa y representa una alternativa viable para optimizar el consumo eléctrico mediante el aprovechamiento de energía solar.

Recomendaciones

Se recomienda que este proyecto no sea utilizado como referencia directa para la implementación de datos reales, ya que la distribución física, las estimaciones operativas y diversos parámetros técnicos pueden variar significativamente según las condiciones específicas de SMP Automotive Systems México y de cualquier otra instalación industrial. Además, varios factores fueron intencionalmente omitidos con el fin de simplificar el análisis y facilitar la comprensión del proceso académico, por lo que los resultados aquí presentados deben considerarse únicamente como una aproximación teórica.

Asimismo, se sugiere que, en una futura aplicación práctica, se integren datos reales suministrados por la empresa, incluyendo consumos eléctricos precisos, restricciones

estructurales, condiciones del terreno, sistemas de seguridad y normativas internas. Contar con esta información permitiría realizar un diseño final más exacto y confiable.

De igual manera, se recomienda implementar un proceso formal de verificación técnica, mantenimiento preventivo y seguimiento del desempeño energético en caso de llevar el proyecto a una etapa operativa. Estas acciones ayudarían a asegurar la eficiencia del sistema y detectar oportunidades de optimización.

Experiencia personal profesional adquirida

Durante el periodo de residencias profesionales tuve la oportunidad de integrarme al entorno operativo de la empresa, lo que me permitió comprender de manera más profunda la dinámica real del manejo y seguimiento de proyectos a nivel industrial. A lo largo de este proceso se me enseñó cómo se estructuran los proyectos desde su etapa inicial, incluyendo la planeación, evaluación técnica y coordinación entre diferentes áreas. Este acercamiento práctico me brindó una visión más completa sobre la manera en que se gestionan los recursos, los tiempos y las responsabilidades dentro de un ambiente productivo.

Además, adquirí conocimientos esenciales relacionados con la aplicación de estándares de mantenimiento y automatización, entendiendo su función dentro de la operación diaria de una planta industrial. Esto incluyó la revisión de procedimientos, la identificación de fallas, el análisis de cargas eléctricas, y la importancia de seguir lineamientos establecidos para garantizar seguridad, eficiencia y continuidad operativa. Esta experiencia me permitió valorar la rigurosidad técnica con la que se deben tomar decisiones en cada área.

Otro aspecto fundamental fue el desarrollo de habilidades para la interpretación y análisis de datos técnicos, especialmente aquellos relacionados con la selección y requisición de

componentes eléctricos. Aprendí a evaluar especificaciones, compatibilidades y parámetros de operación para elegir adecuadamente los materiales necesarios en función de los requerimientos del proyecto. También comprendí la importancia de seguir correctamente las indicaciones de los superiores, integrando su criterio y experiencia como parte del proceso de toma de decisiones técnicas.

Competencias desarrolladas y aplicadas

Durante el desarrollo de este proyecto fue posible aplicar de manera directa los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación en ingeniería, especialmente en las áreas de electricidad y electrónica, que resultaron fundamentales para la correcta interpretación de los requerimientos del sistema fotovoltaico. Estos conocimientos permitieron realizar cálculos eléctricos, analizar la capacidad de los componentes, comprender el comportamiento de los circuitos involucrados y evaluar la viabilidad técnica de la instalación propuesta.

Asimismo, se fortaleció el uso profesional de AutoCAD, empleándolo para la creación avanzada de planos industriales y la representación precisa de la distribución del sistema dentro del área designada. El manejo de esta herramienta facilitó una mejor organización espacial del proyecto y permitió comprender cómo se realiza la representación de planos dentro del entorno industrial.

Fuentes de información

Referencias

Aguirre Ruiz, D. E., Aguay Saquicaray, D. C., Aguay Saquicaray, D. S., & Ilbay Telenchano, A.

B. (2025). Revisión sistemática del estudio sobre la eficiencia de células solares de película delgada. *REVISTA INVECOM*, 6(2), 1-11.

<https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.16051096>

ARGIA SMART ENERGY SOLUTIONS. (2025). *ARGIA SMART ENERGY SOLUTIONS*.

<https://argia.com.mx/es/>

BBVA. (s.f.). *El acuerdo de París y los ODS*. <https://edufin.bbva.com.ar/el-acuerdo-de-paris-y-los-ods/>

Cuenca, A., Oña, C., Suquillo, I., & Miniguano, H. (2023). Design Methodology of Off-Grid PV Solar . *Revista Técnica “energía”*, 1(20), 43-51.

<https://doi.org/https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n1.2023.537>

Ecologie. (21 de 11 de 2004). *Etude de la combustion complète d'un hydrocarbure appliquée à la dépollution moteur*.

<https://web.archive.org/web/20120505104455/http://www.econologie.com/equation-de-combustion-articles-638.html>

Education, E. (s.f.). *Enciclopedia de Energía*.

https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/C%C3%A9lula_fotovoltaica

- Espinel Blanco, E., Florez Solano, E. N., y Barbosa Jaimes, J. E. (2020). Estudio para la generación de energía por un sistema con paneles solares y baterías. *Revista Ingenio*, 17(1), 9-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.22463/2011642x.2392>
- Gómez, J. M. (2024). La radiación solar en extremo ultravioleta: implicaciones. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0212>
- Hernández Mora, J. A., Cortés Borray, A. F., Balaguera Cañola, D. A., & Urueña Saavedra, M. A. (2014). Aplicación de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red: estado del arte. *Revista Tecnura*, 18(1), 157-172. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.SE1.a12>
- IDAE. (2025). *Guía de Energía Solar Térmica de Concentración para Procesos Industriales (Guía técnica)*. IDAE. https://doi.org/https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/202504_Guia_IDAE_STC_Procesos_Industriales.pdf
- International Organization for Standardization. (s.f.). *ISO*. <https://www.iso.org/home.html>
- LONGi Green Energy Technology Co., Ltd. (30 de 04 de 2024). <https://www.longi.com/>
- MapLogs. (s.f.). *Sunrise & sunset times of Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico*. https://sunrise.maplogs.com/es/tlaxcala_tlaxcala_mexico.18056.html
- Mosquera López, S., & Fernández Gómez, J. (2023). *ACEPTACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE ENERGÍA RENOVABLE LOCALES*. Orkestra – Instituto Vasco de Competitividad.

- Muñoz-Galeano, N., Cano-Quintero, J. B., & López-Lezama, J. M. (2016). Enseñando el Funcionamiento de los Inversores Puente H: Análisis del Intercambio de Potencia entre Bobinas y Condensadores. *Formación universitaria*, 1(8), 117-124.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000100013>
- Rivera Argoti, G. O., Revelo Pereira, M. A., & Cueva Sánchez, E. J. (2025). PERSPECTIVAS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA: LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN ECUADOR. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 5(3), 3902-3906. <https://doi.org/https://doi.org/10.61384/r.c.a..v5i3.1440>
- Sanabrida Pérez, L. F., Cruz Pardo, L. A., García Vera, Y. E., & Montufar Benavides, C. H. (2019). Análisis Comparativo del Rendimiento de los Módulos Fotovoltaicos Monocristalino y Policristalino bajo Condiciones Climáticas de Fusagasugá. *Revista Ingeniería*, 24(1), 50-61. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/23448393.13751>
- Secretaria de Energia. (2024). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional*.
- Valencia-Bautista, E. L., Angulo-Guerrero, R. J., Farfán-Bone, J. M., Verá-Lozano, C. J., Arboleda-Cheres, I. A., & Orobio-Arboleda, T. J. (2022). Una revisión del suministro de energía renovable y las tecnologías de eficiencia. *Polo del Conocimiento*, 69(4), 2012-2046. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8483040>
- Weather Spark. (s.f.). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Zitlaltépec, México*.
<https://es.weatherspark.com/y/7659/Clima-promedio-en-Zitlalt%C3%A9pec-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Anexos

Anexo A

Calculo de consumo de energía y ahorro



Calculo de consumo
de energia y ahorro.x

Anexo B

Hoja de datos del modelo LR7-72HTH



Hoja de datos del
modelo LR7-72HTH.p

Anexo C

Plano representativo de paneles



Plano F.dwg