



UNIVERSIDAD CENTRAL

**VICERRECTORÍA ACADÉMICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TEMA DE LA INVESTIGACIÓN:
ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICO Y FINANCIERO
PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE GENERACIÓN
DISTRIBUIDA CON PANELES SOLARES Y BATERÍAS DE
UN CLIENTE INDUSTRIAL DE ALTO CONSUMO,
UBICADA EN EL COYOL DE ALAJUELA, COSTA RICA,
DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE 2024**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE

Alejandro José Núñez Abarca

TUTOR

Mario Arce Arrieta

SEDE CENTRAL

Julio, 2025

Tabla de Contenido

Índice de Tablas.....	5
Índice de Figuras	6
Capítulo 1. El Problema	23
1.1. Planteamiento del Problema	24
1.2. Objetivos	25
<i>1.2.1 Objetivo General</i>	<i>25</i>
<i>1.2.2. Objetivos Específicos</i>	<i>26</i>
1.3. Justificación	26
1.4. Antecedentes	28
<i>1.4.1. Antecedentes Internacionales</i>	<i>28</i>
<i>1.4.2. Antecedentes Nacionales</i>	<i>31</i>
1.5. Alcances y Limitaciones	32
1.6. Proyecciones	33
Capítulo 2. Marco Teórico	35
2.1. Generación Distribuida	35
2.2. Recursos Energéticos Distribuidos	39
2.3. Generación Distribuida para Autoconsumo	40
2.4. Radiación Solar	42
2.5. Introducción a La Energía Solar Fotovoltaica	49
<i>2.5.1. Partes de un Panel Fotovoltaico de Silicio Policristalino</i>	<i>50</i>
<i>2.5.2. Las Celdas Frontales Pueden ser de 3 Tipos</i>	<i>50</i>
<i>2.5.3. Lamina De Vidrio (Capa Frontal)</i>	<i>51</i>
<i>2.5.4. Encapsulantes (EVA-Etileno-Vinil-Acetato)</i>	<i>51</i>
<i>2.5.5. Lamina Posterior (Backsheet)</i>	<i>51</i>
<i>2.5.6. Marco</i>	<i>51</i>
<i>2.5.7. Caja de Conexiones (Junction Box)</i>	<i>51</i>
<i>2.5.8. Diodos de Bypass</i>	<i>51</i>
<i>2.5.9. Cable de Salida (Cables Solares)</i>	<i>51</i>

2.6. Descripción Técnica de los Componentes del Sistema Fotovoltaico	55
2.6.1. Panel o Módulo Fotovoltaico	55
2.6.2. Subsistema de Regulación	55
2.6.3. Subsistema de Acondicionamiento de Potencia	56
2.6.4. Subsistema de Almacenamiento de Energía (autónomos)	56
2.7. Inversor	61
2.7.1. Tipos de Inversores	62
2.8. Norma Técnica Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems (IEEE 1547)	64
2.9. Norma Underwriters Laboratories (UL 1741)	65
2.10. Baterías	66
2.10.1. Tipos de Baterías	67
2.11. Factibilidad Técnica	69
2.11.1. Ventajas de un Sistema Fotovoltaico	70
2.11.2. Desventajas de un Sistema Fotovoltaico	71
Capítulo 3. Marco Metodológico	71
3.1. Enfoque de la investigación	71
3.2. Método de Investigación	73
3.3. Fuentes de Información	74
3.4. Proceso para la Recolección y Análisis de Datos	74
Capítulo 4. Análisis de Resultados	75
4.1. Análisis técnico, viable, rentable y de impacto del cliente industrial correspondiente a la empresa N.1	75
4.2. Análisis técnico, viable, rentable y de impacto del cliente industrial correspondiente a la empresa N. 2	90
Capítulo 5. Conclusiones	105
Referencias	114
Apéndices	118
Apéndice 1. Cuadro comparativo sobre las Normas para la instalación de generación distribuida	118
Apéndice 2. Guía temporal para el proceso de solicitud instalación de Recursos Energéticos Distribuidos a partir de fuentes renovables, en la red de distribución eléctrica del ICE	119

Apéndice 3. Contrato de servicio de interconexión recursos energéticos distribuidos.	132
Apéndice 4. Solicitud de inspección para la instalación de sistema de recursos distribuidos GD03	135
Apéndice 5. Solicitud de estudio técnico para instalación de sistema de recursos distribuidos GD02	136
Apéndice 6. Solicitud de interconexión a la red de distribución con un recurso energético distribuido GD01	138

Índice de Tablas

Tabla 1 Cargas declaradas superiores a 50kVA	37
Tabla 2 Cargas declaradas superiores a 75kVA	37
Tabla 3. Precios de las tarifas de clientes industriales	38
Tabla 4. Tarifa de los recursos energéticos	39
Tabla 5. Definición de períodos horarios para cliente industrial.....	42

Índice de Figuras

Figura 1. Zona Franca Coyol	39
Figura 2. Demostración de los tipos de radiación solar	43
Figura 3. Bandas de la radiación solar.....	44
Figura 4. Explicación del movimiento del sol en la franja horaria.....	45
Figura 5. Irradiación global horizontal del simulador Solar Gis.....	46
Figura 6. Irradiación directa normal del simulador Solar Gis.....	47
Figura 7. Irradiación potencial eléctrico fotovoltaico del simulador Solar Gis.....	48
Figura 8. Partes de fabricación de panel sol.....	49
Figura 9. Descripción de los sistemas fotovoltaicos.....	50
Figura 10. Capas de un panel fotovoltaico de silicio policristalino.....	52
Figura 11. Efecto fotoeléctrico en función del tipo de luz.....	53
Figura 12. Funcionamiento del sistema.....	56
Figura 13. Elementos que componen un sistema de generación distribuida.....	56
Figura 14. Principio de funcionamiento de un sistema de generación distribuida.....	58
Figura 15. Energía solar excesiva.....	59
Figura 16. Energía solar más red eléctrica.....	60
Figura 17. Red eléctrica en la noche.....	61
Figura 18. Esquema de inversor marca Sunpal.....	63

Figura 19. Desglose de la facturación de mayo 2025, para observar los rubros de cobro.....	64
Figura 20. Cobro de los rubros que están en la factura eléctrica.....	76
Figura 21. Tarifa alumbrado público.....	76
Figura 22. Detalle de factura de empresa No.1 sin generación distribuida.....	77
Figura 23. Detalle de factura de empresa No.1 con generación distribuida.....	77
Figura 24. Tarifa T-TM Media Tensión.....	78
Figura 25. Tarifa T-TM Media Tensión B.....	78
Figura 26. Distribución de paneles de la empresa N.1.....	79
Figura 27. Rubros del cobro de la tarifa sin Generación Distribuida.....	80
Figura 28. Rubros del cobro de la tarifa con Generación Distribuida.....	81
Figura 29. Distribución de los paneles de la empresa No.2.....	81
Figura 30. Representación gráfica de los componentes que determinan el factor de potencia.....	83
Figura 31. Simulador para determinar la georreferencia del lugar de estudio.....	84
Figura 32. Ubicación de la zona franca del Coyol, Alajuela, Costa Rica.....	85
Figura 33. Gráfica de la irradiación solar mensual horizontal (Kwh-metros al cuadrado) del año 2024 en la ubicación del Coyol, Alajuela, Costa Rica.....	85
Figura 34. Gráfica de la irradiación solar mensual directa (Kwh-metros al cuadrado) del año 2024 en la ubicación del Coyol, Alajuela, Costa Rica.....	86
Figura 35. Gráfico Sobre Costos de Facturación.....	87
Figura 36. Gráfico pago de costo por consumo de energía.....	91

Figura 37. Gráfico de consumo de demanda.....	91
Figura 38. Gráfico comparativo de pago de energía.....	92
Figura 39. Gráfico comparativo de pago de demanda.....	93
Figura 40. Gráfico comparativo de pago de la facturación total anual.....	93
Figura 41. Gráfico del consumo de la energía.....	94
Figura 42. Gráfico del Consumo energía en kilovatios hora.....	95
Figura 43. Gráfico facturación anual 2024.....	96
Figura 44. Gráfico comparativo de la facturación anual 2024.....	97
Figura 45. Gráfico consumo Energía mensual 2024.....	98
Figura 46. Gráfico comparativo del consumo total de energía 2024.....	99
Figura 47. Gráfico demanda en colones 2024.....	100
Figura 48. Gráfico comparativo del consumo total de demanda 2024.....	109
Figura 49. Gráfico de energía en colones 2024.....	110
Figura 50. Gráfico comparativo en pago de energía 2024.....	111
Figura 51. Gráfico comparativo en pago de energía 2024.....	111

Tribunal Examinador

Presidente- Dirección de Carrera

Tutor

Lectora

Declaración Jurada

Carta de aprobación Tutor

Carta de Corrección Filológica

Carta de Aprobación Lector/a

Dedicación y agradecimiento

Estimado lector, la elaboración de esta tesis la dedico, principalmente a Dios por darme la capacidad, la fuerza, la paz y la sabiduría en este proceso de formación profesional, deseo exaltar el amor incondicional que ha puesto encima mío para concluir esta etapa.

Dedico este logro a mis padres por inculcarme sus valores de esfuerzo, responsabilidad y perseverancia, han sido una fuente inagotable de apoyo en este proceso, donde me han demostrado todo su respaldo en esta etapa, a pesar de las dificultades.

A mi compañera de vida, que no me ha dejado flaquear en los momentos difíciles del proceso y siempre me está dando palabras de aliento para no desfallecer, seguir luchando por ese sueño de ser una mejor persona cada día. Por los momentos que nos trasnochamos revisando una y otra vez este trabajo para que quedara con los últimos detalles y buscar siempre la mejor versión.

Esta parte es lo mejor de la dedicatoria, es muy especial porque nadie sabe lo que uno ha pasado por estos procesos, las desilusiones e ilusiones, seguir avanzando con gran convicción, esta persona que es dedicada, puntual, responsable por alcanzar esta meta en su plan de vida; gracias Alejandro por ser el hombre que eres y quieres ser mejor cada día.

Agradecer a mi tutor por tener confianza en mi trabajo, por ayudarme en cada sesión a mejorar, por sacar de su tiempo para reunirnos y atender mis consultas para finalizar mi tesis.

A la universidad, por brindarme la colaboración de desarrollar este tema y brindarme las herramientas para finalizar este proyecto de una manera exitosa.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo observar el análisis de viabilidad técnica y financiero de la generación distribuida con paneles solares y baterías de un cliente industrial en la zona del Coyol, Alajuela. Este estudio se hizo durante el segundo semestre del año 2024.

Esta tesis trata de estimar la factibilidad de utilizar energías renovables, en este caso será la generación distribuida con panel solar y baterías, esto con el fin de disminuir los costos energéticos, optimizar la sostenibilidad y asegurar la independencia del suministro de energía eléctrica.

Por ello, en el estudio se consideran aspectos técnicos como la capacidad de la generación distribuida, como interconectarse con la red eléctrica a través de los elementos existentes y que cumplan con las normas internacionales.

En cuanto el aspecto financiero, se puede evidenciar que sí existe una mejoría con las facturaciones del servicio de la empresa que brinda el suministro.

El estudio tiene dos enfoques; en primera instancia, el cualitativo, porque se analiza el contexto de realidad del lugar y se recopila la información para comprenderla, el otro es cuantitativo, por ser de carácter descriptivo, pues se obtienen datos numéricos.

Finalmente, los resultados obtenidos en el análisis reflejan que, al final, la utilización de la generación distribuida con panel solar y baterías es una solución que ayuda a disminuir, en parte en el cobro de la energía eléctrica y esto además fomenta a los

clientes industriales a reducir un poco de la huella de carbono y, así, poder desligarse de la dependencia de la generación eléctrica de la red existente.

Palabras claves: panel solar, generación distribuida, normas técnicas.

Derechos de propiedad intelectual

La información compilada en este estudio puede ser utilizada como referencia para otros futuros, actividades académicas o de acción social- laboral, tomando la autoría de la persona estudiante Alejandro José Núñez Abarca con el uso correcto de la cita bibliográfica.

Por tanto, se recomienda utilizar:

Núñez, A. (2025). *“Análisis de viabilidad técnico y financiero para la implementación de generación distribuida con paneles solares y baterías de un cliente industrial de alto consumo ubicada en el Coyol de Alajuela, Costa Rica, durante el segundo semestre 2024.”*

[Tesis Licenciatura en Ingeniería Electrónica]. Universidad Central de Costa Rica.

Abreviaturas

- ADMS: Sistema de gestión de distribución avanzado, por sus siglas en inglés.
- ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.
- BOT: Build, Operate and Transfer (en español Construir, Operar y Transferir).
- C.A: Corriente Alterna.
- C.D: Corriente Directa.
- CONACE: Comisión Nacional de Conservación de Energía.
- DER: Recursos Energéticos Distribuidos, por sus siglas en inglés.
- DSE-MINAE: Dirección Sectorial de Energía.
- GDA: Sistema de generación distribuida para autoconsumo.
- ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.
- kVA: kilovoltio amperio.
- kW: kilovatio.
- kWh: kilovatio hora.
- MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía.
- MEN: Mercado Eléctrico Nacional.
- PNE: Plan Nacional de Energía.
- POASEN: Planeación, Operación y Acceso al Sistema Eléctrico Nacional.
- SEN: Sistema Eléctrico Nacional.
- SETENA: Secretaría Técnica Nacional Ambiental.
- SIN: Sistema Nacional Interconectado.
- TIR: Tasa Interna de Retorno.
- T-IN: Tarifa Industrial.
- T-CO: Tarifa Comercios y Servicios.
- T-CS: Tarifa Carácter Social.
- TDER: Tarifa de los recursos energéticos.
- VAN: Valor Actual Neto.

Conceptos

- Abonado: persona física o jurídica que ha suscrito uno o más contratos para el consumo de la energía eléctrica.
- Autoconsumo: es el aprovechamiento de la energía generada por parte del productor-consumidor para abastecer de forma exclusiva su propia demanda, en el mismo sitio donde la produce.
- Concesión: es la autorización que el Estado otorga para operar, explotar y prestar el servicio de generación, transmisión, distribución o comercialización de energía eléctrica.
- Contrato de conexión: se trata de un acto administrativo suscrito entre una empresa de transmisión o distribuidora con un interesado, en donde se establecen los derechos y los deberes de las partes, así como las condiciones y los requisitos bajo los cuales se brindará acceso, supervisión y operación integrada con el Sistema Eléctrico Nacional.
- Distribución: se da cuando se lleva a cabo el transporte de energía, desde las redes de distribución hasta los sitios de consumo.
- Empresa comercializadora: empresa cuya actividad consiste en la venta de energía, en baja y media tensión, para su utilización final; lo que incluye las funciones de lectura, medición, facturación, cobro y otras actividades relacionadas con la gestión de atención al abonado o usuario.
- Empresa eléctrica: persona jurídica concesionaria que suministra el servicio eléctrico en cualquiera de sus etapas.

- Excedente: remanente de energía a partir del exceso de producción sobre la demanda de energía en el punto de conexión durante un período determinado.
- El factor de potencia: es una herramienta útil para determinar si un sistema eléctrico que opera en corriente alterna (CA) está siendo eficiente en términos energéticos, convierte la energía de manera efectiva, o si está operando de manera ineficiente.
- Fuentes de energía renovables: fuentes de energía que están sujetas a un proceso de reposición natural y que están disponibles en el medio ambiente inmediato, tales como: la energía del sol, el viento, la biomasa, el agua, las mareas y olas, y los gradientes de calor natural.
- Generación: consiste en el proceso de transformar algún tipo de energía, ya sea hídrica, geotérmica, eólica, solar, térmica, en electricidad y en vatios.
- Generación Distribuida: se trata de un tipo de generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables, en la que hay una conexión a la red de distribución.
- Irradiación: radiación solar incidente.
- Media Tensión: nivel de tensión mayor a 1Kv. pero menor a 100Kv.
- Medición neta completa: también conocida como neteo completo. Se da cuando, al generar energía eléctrica, se reconocen mediante una retribución económica los saldos o excedentes de la energía generada con un balance neto mensual y liquidación anual.

- Medición neta sencilla: también conocida como neteo simple o balance neto. Se da cuando, al generar energía eléctrica, se compensan al generador los saldos o excedentes de la energía generada para utilizarlos posteriormente para el propio consumo del generador.
- Norma técnica: precepto obligatorio conformado por un conjunto de especificaciones, parámetros e indicadores que definen las condiciones de calidad, confiabilidad, continuidad, oportunidad y prestación óptima con que deben suministrarse los servicios eléctricos.
- Operación con entrega de excedentes a la red: modalidad de generación distribuida para autoconsumo, en la cual el sistema de generación distribuida está interconectado con el SEN, de manera que puede permitir la inyección de excedentes en la red de distribución. La empresa distribuidora podrá realizar una compensación económica por dichos excedentes, considerando la equivalencia de la tarifa horaria y período estacional según las horas en las que se realizó la inyección del excedente, lo cual se reflejará en el recibo eléctrico del generador distribuido.
- Operación en isla: modalidad de generación distribuida para autoconsumo, en la cual el generador distribuido, estando energizado, no está interconectado ni tiene interacción alguna con el SEN.
- Operación sin entrega de excedentes a la red: modalidad de generación distribuida para autoconsumo, en la cual los sistemas de generación distribuida disponen de mecanismos tecnológicos para gestionar los

excedentes en el punto de generación e imposibilitan la entrega de excedentes mientras opera en paralelo con el SEN.

- Red Eléctrica: conjunto de elementos, en un sistema de potencia, mediante el cual se transporta la energía eléctrica, desde los centros de producción y se distribuye a los abonados y usuarios.
- Sistema Eléctrico Nacional: está conformado por los Sistemas de Generación, Transmisión y Distribución y Comercialización. Todos los elementos del SEN están interconectados entre sí.
- Tarifa: precios o conjunto de precios fijados por la ARESEP para la venta de energía y potencia eléctrica.
- Transmisión: es el transporte, trasiego o transferencia de energía eléctrica a través de las redes eléctricas de alta tensión.

Capítulo 1. El Problema

La industria, en el Coyol de Alajuela, enfrenta desafíos significativos en términos de costos energéticos y sostenibilidad por su exponencial crecimiento, por lo tanto, se plantean algunas fuentes renovables para obtener energía más económica para el sector.

Este tipo de fuente para obtener energía se ve como una inversión de las industrias y el Gobierno Local con el objetivo que sea rentable y accesible para su máximo provecho. Esta alternativa, para los clientes industriales, es una posibilidad viable y sostenible a través del tiempo y un recurso que se puede explotar en su máxima expresión.

Por ello, al utilizar la generación distribuida para sustentar las necesidades como empresa también se ve el beneficio de reducir un porcentaje de la dependencia a la red eléctrica del país y, a su vez, contribuir al medio ambiente de una forma paralela. Ambos puntos benefician aspectos económicos en asuntos de operación y ayuda a la responsabilidad ambiental en temas de certificados ISO.

Dentro de las consideraciones que se deben tener en cuenta para ayudar a las empresas a solucionar estos aspectos está estimar aspectos técnicos que lo rodean, como los perfiles de consumo, la infraestructura en que se vaya a invertir y la capacidad que esta pueda soportar, sin que afecte el tema económico, para poder medir el tiempo y, así, recuperar la inversión.

De los diferentes tipos de energías renovables existentes tenemos, primeramente, la energía solar que es una de las fuentes más importantes que ha presentado un mayor crecimiento a nivel mundial en los últimos años, debido a su facilidad de instalación, capacidad y ser un recurso ilimitado, gratuito y de fácil acceso para poder implantar en cualquier punto. Por esta razón, implementar un sistema de paneles fotovoltaicos para

generación distribuida promueve el uso de energías renovables, permitiendo aprovechar los recursos naturales como la radiación solar que es transformada en energía eléctrica.

Asimismo, el uso de esta energía renovable tiene gran impacto positivo hacia el medio ambiente, ya que colabora con la reducción de la huella de carbono, un beneficio adicional frente a la inversión económica que es lo que lleva como objeto el estudio de esta tesis.

En síntesis, es observar un panorama completo que considere las condiciones del sitio, los escenarios que se pueden medir en la operación del sistema y qué tan rentable puede ser el proyecto, aproximadamente, en uno o dos lustros.

1.1. Planteamiento del Problema

La industria en la Zona Francia del Coyol de Alajuela enfrenta desafíos significativos en términos de costos energéticos y sostenibilidad, debido a su gran expansión e incorporación constante de nuevas empresas.

Un cliente industrial de alto consumo considera la implementación de un sistema de generación distribuida con paneles solares y baterías para reducir sus costos operativos, maximizar la autonomía y eficiencia en el uso de la energía generada. Además, este tipo de cliente industrial, por estar en una zona geográficamente privilegiada para la captación solar, tiene la posibilidad de aprovechar al máximo este recurso gratuitamente disponible.

Por esta razón, al conocer este tipo de nuevas energías renovables, alternativas sostenibles sin ninguna restricción y de recursos ilimitados, se plantea la posibilidad de usar paneles solares en la generación distribuida, para aprovechar el punto de ubicación, la facilidad de instalación y la contribución que esta puede aportar positivamente a las finanzas de la empresa, lo cual, implica evaluar las condiciones técnicas del sitio, la

capacidad de integración con la red eléctrica existente y los costos asociados con la instalación y mantenimiento del sistema.

Posteriormente, el análisis determina si el sistema que se implemente es capaz de cubrir las necesidades energéticas del cliente industrial, sobre los consumos durante los períodos de mayor demanda.

Estas zonas industriales que se ubican en el Coyo de Alajuela, donde operan numerosas empresas con una gran demanda energética diaria, tienen un consumo de energía que a nivel de gastos operativos es una problemática que afecta las ganancias anuales de la empresa en comparación con la producción que se genera. Además, esto se agrava en términos de relación con cambios que se analizan en este estudio; como son los picos de demanda, los cargos de potencia y las tarifas variables. Por lo anterior, se buscan todas las variables para analizar la posibilidad de buscar soluciones energéticas viables que se puedan aprovechar, aumenten la eficiencia y el rendimiento económico de las empresas.

Por lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo argumentar, a través de un análisis de la generación distribuida con paneles solares y baterías, si son o no una opción viable, rentable y eficiente, tanto a nivel técnico como financiero para un cliente industrial de alto consumo?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar la viabilidad técnica y financiera de un cliente industrial de alto consumo con generación distribuida con paneles solares y baterías; ubicada en la Zona Franca del Coyo de Alajuela, para determinar la eficiencia, así como la sustentabilidad financiera de los costos operativos, durante el segundo periodo del año 2024.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los factores técnicos que ocasionan un alto consumo para el cliente industrial, en la Zona Franca del Coyol de Alajuela, durante el segundo periodo del año 2024.
- Conocer la viabilidad técnica del cliente industrial para calcular los costos económicos y posibles beneficios, en la Zona Franca en el Coyol de Alajuela, durante el segundo periodo del año 2024.
- Determinar la rentabilidad de los paneles solares y las baterías para el cliente industrial, datos financieros y técnicos del consumo eléctrico con los posibles rendimientos de los paneles solares y baterías.
- Analizar el impacto de los paneles solares y las baterías en el consumo del cliente, lugar y tiempo, en la Zona Franca del Coyol de Alajuela, durante el segundo periodo del año 2024.

1.3. Justificación

Esta investigación se fundamenta en realizar un análisis de viabilidad, tanto técnico como financiero, de un cliente industrial de alto consumo con generación distribuida con paneles solares y baterías ubicadas en la Zona Franca del Coyol de Alajuela. Los sistemas fotovoltaicos han ido en aumento en zonas con alta exposición solar, por ello, es esencial conocer el modo de funcionamiento para realizar una correcta gestión, administrar bien el recurso y funcionamiento de este sistema en el cliente industrial.

En los últimos años, Costa Rica ha experimentado un aumento en la instalación de proyectos solares, tanto en el sector residencial como en el industrial, por lo que el análisis de viabilidad indicará el beneficio o no para el cliente industrial.

Existe un reglamento que tiene como objetivo regular la actividad de generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables, empleando el modelo contractual de medición neta sencilla, de forma que su implementación contribuya con el modelo eléctrico del país y se asegure la prestación óptima del servicio de suministro eléctrico que se brinda a todos los abonados. Esta normativa va dirigida a quienes opten por la modalidad contractual anteriormente explicada, mediante neta sencilla.

Ante esto, el productor-consumidor es toda persona física o jurídica que produce electricidad con fuentes renovables para ser aprovechada solamente para él.

En la actualidad, el mundo necesita distintas alternativas para obtener energías más amigables, con un rendimiento eficaz, donde se disminuyan los impactos negativos al medio ambiente.

Por ello, la llegada de la inteligencia artificial necesariamente requerirá una gran demanda energética adicional a las industrias a nivel global, haciendo imprescindible incursionar en nuevas fuentes energéticas y de preferencia renovables.

Adicionalmente, la generación distribuida puede significar una reducción de los costos que pagan los usuarios finales (en este caso el industrial) por la energía eléctrica, todo esto en virtud de depender, en menor proporción, del Sistema Eléctrico Nacional porque ellos crean su propia energía. Esto, a su vez, se ve reflejado en la facturación eléctrica mensual con un tipo de disminución del monto total, a favor de las finanzas de las empresas.

Este tipo de modelado que se está implementando en las zonas industriales es de gran ayuda para las empresas que brindan el servicio eléctrico (este caso el Instituto Costarricense de Electricidad) porque conlleva a una mayor calidad del trabajo que se presta y también bajan la carga, en caso de algún falta de abastecimiento que se puede

presentar, ya sea por alguna avería o por la demanda energético, lo cual tiene como un objetivo, a largo plazo, no utilizar plantas generadoras de fuentes no renovables que después pasen la factura al cliente final para brindarle un servicio de calidad.

1.4. Antecedentes

En la Actualidad, el modelo eléctrico nacional se compone en una primera etapa por la generación eléctrica, se caracteriza por contar con empresas públicas y privadas. No obstante, el Instituto Costarricense de Electricidad (en adelante ICE) tiene la mayor producción de energía eléctrica a nivel nacional.

Cualquier tecnología de generación que sea a pequeña escala y que proporcione electricidad en aquellos puntos de más cercanía al consumidor que la generación centralizada y que el consumidor puede conectar directamente a su red de distribución, se le conoce como generación distribuida, según el DPCA (Distribution Power Coalition of América).

1.4.1. Antecedentes Internacionales

El mundo se enfrenta a desafíos ambientales cada vez más apremiantes y también busca soluciones para mejorar la estabilidad económica de las empresas.

Según Ruiz, J. (2023), “aprovechar fuentes de energía renovable, en particular, la energía solar con baterías, conectada a la red eléctrica, representan un paso significativo hacia un futuro más limpio y sostenible” (p.52). El autor utiliza como metodología la investigación aplicada que establece los elementos y procesos requeridos, en el sistema eléctrico de Panamá. La investigación concluye que la integración de paneles solares y baterías es una solución viable y sostenible.

Para efectos del presente trabajo, la información es valiosa por el análisis de viabilidad que se demostró en la ciudad de Panamá y puede ser un modelo replicable en Costa Rica.

Asimismo, Cardero (2019) en su tesis sobre El diseño de un sistema de generación distribuida por auto consumo, refiere a la necesidad de encontrar nuevas opciones para solventar la exigencia de tener otro tipo de fuentes de energía que se puedan aprovechar al máximo y que no tengan algún impacto, tanto en lo económico como lo ambiental, también hace referencia a la facilidad de interconectar las redes de suministro eléctrico con los equipos que van a generar la nueva energía.

Por lo tanto, la metodología que se consideró para el análisis de la información es la cualitativa, esto permite, mediante la sistematización y planificación de los documentos, obtener una información fidedigna.

Además, la investigación hace mención sobre cómo la búsqueda de nuevas formas de obtener energía en sustitución de las ya conocidas, aprovechan el recurso del sol.

La información que se puede obtener de esta tesis es un aporte muy importante en el hecho de conocer y explorar nuevas técnicas de aprovechamiento de la energía renovable, en este caso la solar.

Por ello, Gao *et al.* (2022), en su tesis sobre estrategia para la optimización de la generación distribuida híbrida con paneles fotovoltaicos, aerogeneradores y sistemas hidráulicos sin conexión a la red; refiere a la utilización de nuevos sistemas, se obtienen nuevos conceptos como la autogeneración para generar energía por parte de un cliente (llámese industrial o residencial), con esto el cliente asume su necesidad de cubrir la demanda sin depender de una empresa suministradora de energía para que el excedente se refleje en la facturación de energía. Según la metodología de la tesis se compone en tres

etapas: el análisis de un esquema eléctrico, la recolección de datos y una propuesta de un modelo matemático para la aplicación en el estudio.

Al existir un sistema tradicional que puede presentar problemas de distancias en la parte de la transmisión puede que esto provoque pérdidas, generar un aumento de los costos operativos, como en las compras, ventas de energía y el mantenimiento de la red, da cabida a nuevos conceptos y soluciones que lleguen a aportar a la distribución del sistema eléctrico existente, esto genera nuevos conceptos, enfoques en pro para obtener más estabilidad y eficiencia en los servicios que se le brindan al usuario final.

El utilizar estas técnicas llega a reforzar todo el entorno en el que se trabaja a nivel de distribución de energía, con la generación se aporta, tanto para beneficio de la empresa que distribuye como al cliente que observa que el consumo baja y la eficiencia aumenta.

Araujo O. & Gregorio J. (2009), en su tesis sobre El análisis de la generación distribuida y su tratamiento regulatorio en el Perú, cuyo objetivo es informar que a partir del efecto del calentamiento global surge la necesidad de fomentar y promover nuevos métodos para obtener el recurso energético. Al utilizar el método de la generación distribuida por una empresa eléctrica ayuda a disminuir el aumento de la demanda que genera la empresa, esto puede aliviar la carga de la red en horas muy saturadas o por algún incidente climático que retrase los procesos operativos del cliente industrial.

Por ende, el tipo de investigación y la metodología que se utilizó es la aplicada, según los conocimientos e investigaciones de la Facultad de Ingeniería. La necesidad de buscar nuevas fuentes es algo que siempre está presente en la cotidianeidad, esto para poder atender las necesidades que como empresa se ocupan solventar y también ver de qué manera se aumenta la eficiencia y bajar los costos operativos porque al final lo importante es ver que los rendimientos sean positivos a nivel económico.

1.4.2. Antecedentes Nacionales

Jean P. (2009), citado en Enríquez G.; en su tesis sobre El análisis del rendimiento y beneficios del sistema fotovoltaico con almacenamiento de energía de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, menciona que la energía proveniente del sol es una alternativa que ha tenido un aumento importante en los últimos años con los sistemas fotovoltaicos y consiste en la conversión directa de la radiación proveniente del sol en energía eléctrica por los paneles solares.

La metodología que se utiliza es documental o teórica, ya que el autor se basa en la investigación, a través de cálculos y documentos en base a libros, leyes e informes técnicos. Lo que trata de demostrar es cómo es posible utilizar esta tecnología y sacarle el mayor provecho, utilizando un recurso ilimitado en su máxima expresión y causar el menor daño, tanto en el lado ambiental como el económico. Se debe pensar a futuro qué recursos son explotables y puedan ser de gran ayuda al consumo industrial que cada día tiende a un efecto exponencial.

También, Castillo, V. citado en Fthnakis *et al* (2015) en su tesis referente al análisis de Ciclo de Vida de Sistemas Solares Fotovoltaicos Policristalinos Centralizados en Instalaciones de Generación Distribuida para Autoconsumo, para optar por el grado de Licenciatura Ingeniería Ambiental, Facultad de la Escuela de Química, Instituto Tecnológico De Costa Rica, Cartago. Menciona cómo el proceso de radiación solar se puede aprovechar para obtener energía limpia, rápida y segura que se puede utilizar para consumo propio y la capacidad de convertir energía solar en energía eléctrica. Además, se menciona que utilizó el tipo de metodología cuantitativa con un enfoque de tipo analítico y evaluativo. La idea de esta mención que realiza en el proyecto es ver que las conversiones de energía se pueden aprovechar para los usos residenciales e industriales,

estos conceptos básicos se pueden desarrollar de una forma segura y sin ningún riesgo, además, pueden ser aplicados a las tareas diarias, benefician para asegurar la continuidad de procesos industriales sin verse afectados por un agente externo de gran magnitud, en el caso de la afectación de una suspensión del fluido eléctrico y que es posible depender de una fuente que se puede aprovechar en gran medida.

Otra investigación importante es la de Campo J. & Elizondo J. citado en Hutchins M. (2020) en su tesis referente al estudio de viabilidad sobre el almacenamiento de energía en patio de interruptores de la planta hidroeléctrica Brasil de la CNFL, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica, Facultad Ingeniería Eléctrica, Universidad Técnica Nacional, Puntarenas, Costa Rica. El estudio hace referencia sobre los tipos de tecnologías que se pueden utilizar para el almacenamiento de energía y el tipo de material de estas, esto también abarca temas de seguridad, rentabilidad y cómo esto ayuda al sistema de la red eléctrica. La metodología utilizada por los estudiantes es mixta, pues su enfoque va en la recolección de datos y análisis de información. Este tema de escoger los materiales es de relevancia para el proyecto, porque a partir de estos detalles es que se puede dar la trazabilidad de qué tan rentables a través del tiempo son el uso de los componentes y si van a ayudar a mantener esta generación de energía con el paso de los años, estos detalles se mencionan porque son parte de un todo sobre el análisis que se puede hacer, todo costo operativo y financiero se verá reflejado en los componentes del sistema y se tiene que considerar.

1.5. Alcances y Limitaciones

El alcance técnico para efecto de este estudio se da por la manera de identificar las necesidades específicas del cliente en términos de capacidad, disponibilidad y seguridad, ya que, según el informe del Estado de la Generación Distribuida Solar en América Latina

y Caribe menciona que en la actualidad el país dependen del 72 % de energía que se pueda producir por medio de la fuente hidroeléctrica, esto abre paso a buscar soluciones a un tiempo moderado y poder, no sólo depender de esta fuente, sino que también de otras opciones.

Además, el alcance sobre una evaluación financiera, según menciona en el trabajo de graduación para la maestría en la Facultad Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, este estado financiero se podría basar utilizando el método VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) para reflejar que tan factible vendría hacer este proyecto. Según la tesis de Rodríguez Trujillos se hace también la mención del impacto de la generación distribuida en el ambiente, ya que esto conlleva a la disminución de gases que son contaminantes por el uso de transporte. También, este tipo de prácticas en energías limpias ayuda a reducir las emisiones de gases y evitar o reducir el uso de combustibles fósiles en el mayor grado posible.

Las limitaciones del trabajo pueden ser afectadas en el alcance temporal que se va a realizar, ya que el estudio se basa en condiciones actuales o previas en el momento de su análisis.

Otro aspecto es que se afecten las condiciones de cambios de tarifas, normativas o tecnologías emergentes. La información sobre el análisis depende de la disponibilidad de datos que se puedan tener ya registrados, debido al tiempo que se delimitó para la tesis. Tampoco se considera los detalles constructivos de la empresa a la cual se va a analizar, sea de índole de planos o supervisión de ejecución de la obra ya existente.

1.6. Proyecciones

Se elaborará análisis de viabilidad, tanto técnico como financiero, de un cliente industrial de alto consumo con generación distribuida con paneles solares y baterías

ubicadas en la Zona Franca del Coyoil de Alajuela, durante el segundo periodo del año 2024.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. Generación Distribuida

La forma en que se crea la energía eléctrica cerca de donde se usa, llamada generación distribuida (GD), es distinta a la manera antigua donde la electricidad se hace en proyectos grandes y viaja por cables largos (Transmisión Redes). La generación distribuida es un método de hacer energía eléctrica que no utiliza grandes plantas, sino que instala unidades pequeñas y cerca del lugar donde se usa la energía. A diferencia de lo común, donde la electricidad es producida en grandes plantas y llega a través de largas redes, la generación distribuida ayuda a producir en el mismo lugar con tecnologías pequeñas, eficientes y a menudo renovables.

Este modelo se ha establecido como una buena opción para mejorar cómo se usa la energía, bajar pérdidas en la red, incentivar la participación del último usuario y cuidar el medio ambiente. Las fuentes de energía comunes en la producción local incluyen luz solar que hace electricidad (fotovoltaica), aire en movimiento, plantas geotérmicas como combustible, cogeneración o usar varios sistemas con baterías. En nuestro país, donde existe mucho uso de energías limpias, la generación distribuida es una opción para hacer justo el acceso a tecnologías que renuevan y aumentan la resistencia de energía, especialmente en áreas industriales con alto consumo eléctrico, como es el caso de la Zona Franca ubicada en el Coyol de Alajuela.

Algo importante que se debe mencionar es que en la utilización de generación distribuida en los clientes industriales se deben tener presentes varios aspectos, como por ejemplo; si la empresa tiene horarios rotativos mañana, tarde y noche; se tiene que definir en dónde está su mayor consumo de demanda porque si el mayor consumo está en la

noche o en la tarde, la posibilidad de aprovechar la radiación solar es muy poco casi nula, en cambio si está en la mañana se puede aprovechar su capacidad al máximo.

También en la generación distribuida para un cliente industrial se puede ver su inversión en la reducción de energía porque esto, al final, se convierte en dinero y entre menos energía se consume, más ahorro para la empresa. Ahora bien, es factible siempre y cuando el factor de demanda no sea muy alto, esto se menciona porque, según la legislación costarricense, a los clientes industriales se les cobra una tarifa diferente que a los residenciales y aquí puede ser que se vaya parte de la ganancia que se pretende por parte de la empresa. Por ende, el análisis lo realiza la empresa que decide entrar en este tema porque sino se verá afectado por este factor.

Según lo especificado en el artículo 26 de la norma técnica regulatoria AR-NT-SUCOM, octubre 2024, supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión, en El Diario La Gaceta, en su publicación N.237, que después de los 3000 KWH, ya se considera un cliente industrial y estos están clasificados como M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 o M8.

Tabla 1*Cargas declaradas superiores a 50kVA***Monofásico a media tensión: Para cargas declaradas superiores a 50 kVA****M5:** Tensión nominal de suministro 2 400 V, dos hilos.**M6:** Tensión nominal de suministro 7 620 o 7 960 V, dos hilos.**M7:** Tensión nominal de suministro 14 400 V, dos hilos.**M8:** Tensión nominal de suministro 19 920 V, dos hilos.

Nota. Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión (AR-NT-SUCOM), 2024.

Tabla 2*Cargas Declaradas Superiores a 75 kVA***Trifásico a media tensión: Para cargas declaradas superiores a 75 kVA.****M1:** Tensión nominal de suministro: 4 160 V, cuatro hilos, conexión estrella.**M2:** Tensión nominal de suministro: 13 200 o 13 800 V, cuatro hilos, conexión estrella.**M3:** Tensión nominal de suministro: 24 940 V, cuatro hilos, conexión estrella.**M4:** Tensión nominal de suministro: 34 500 V, cuatro hilos, conexión estrella.

Nota. Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión. (AR-NT-SUCOM), 2024.

Además, se tiene un costo por cada KW y KWH para los clientes industriales, como lo menciona la normativa de la ARESEP.

Tabla 3*Precios de las tarifas de clientes industriales*

C. Precios mensuales:	
Para consumos menores o iguales que 3 000 kWh	
Por cada kWh	¢ 117.18
Para consumos mayores de 3 000 kWh	
Cargo por energía, por cada kWh	¢ 70.12
Cargo por potencia, por cada kW	¢11 588.49

Nota. Publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237, 2024.

Las disposiciones que menciona la Normativa Técnica sobre generación distribuida dicen lo siguiente: para poder clasificar un cliente como media tensión: El cliente clasificado con el bloque de consumo monómico (cargo por energía), de las tarifas T-IN, T-CO y T-CS, será reclasificado al bloque de consumo binómico (cargo por energía y potencia) de la misma tarifa, cuando su consumo mensual exceda los 3 000 kWh en seis o más facturas consecutivas en los últimos 12 meses. Este abonado deberá permanecer en el bloque de consumo binómica, así consuma menos de los 3000 kWh, hasta que en un periodo de seis facturas consecutivas su consumo sea menor a los 3000 kWh, en dicha situación, será trasladado automáticamente al bloque de consumo monómico (Instituto Costarricense de Electricidad, 2020).

Además, se menciona que para los costos operativos que están establecidos por la empresa, cuando se adquiere generación distribuida, en esta tercera etapa que se llama neta completa que es la potencia a la cual ellos hacen la solicitud a la empresa que brinda el servicio, en este caso es el ICE, y dice lo siguiente:

Tabla 4

Tarifa de los recursos energéticos.

Tarifa T- TDER. Tarifa de los recursos energéticos.

A. Aplicación:

Tarifa aplicable sobre cada kW instalado, a los clientes registrados como generación distribuida modalidad neta completa.

B. Precio mensual:

Por cada kW..... ¢ 255

Nota. Publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237, 2024.

Figura 1

Zona Franca Coyoil. Se observa el área geográficamente de la Zona Industrial del Coyoil.



Nota. Google Earth Pro.

2.2. Recursos Energéticos Distribuidos

Según menciona Grupo ICE, Los Recursos Energéticos Distribuidos (también denominados DER) son tecnologías de generación y almacenamiento conectadas directamente a la red de distribución, capaces de exportar potencia eléctrica activa. Así se establece en la Ley 10086, para la Promoción y Regulación de los Recursos Energéticos Distribuidos a partir de fuentes renovables. Esto se relaciona con el decreto N. 43879.

Se entiende como DER:

- Los sistemas de generación distribuida para autoconsumo.
- Los sistemas de almacenamiento de energía.
- Vehículos eléctricos.
- Sistemas de interconexión o suplementarios necesarios para cumplir con los requerimientos de la red y su gestión de la demanda.

2.3. Generación Distribuida para Autoconsumo

Por su parte, Cardero (2019) indica que de acuerdo con el capítulo II de la Directriz 43879, la Generación Distribuida para Autoconsumo es una alternativa para la producción de energía eléctrica, por medio de pequeñas fuentes renovables, permitiendo que los abonados de la empresa distribuidora de electricidad produzcan energía para su autoconsumo, bajo las siguientes modalidades:

- Operación en isla: modalidad de generación distribuida para autoconsumo, en la cual el generador distribuido, estando energizado, no está interconectado ni tiene interacción alguna con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
- Operación sin entrega de excedentes de energía a la red: modalidad de generación distribuida para autoconsumo, en la cual los sistemas de generación distribuida disponen de mecanismos tecnológicos para gestionar los excedentes en el punto de generación e imposibilitan la entrega de excedentes mientras opera en paralelo con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
- Operación con entrega de excedentes: modalidad de generación distribuida para autoconsumo, en la cual el sistema de generación distribuida está interconectado con el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), de manera que puede permitir la inyección de excedentes en la red de distribución. La empresa distribuidora podrá realizar una

compensación económica por dichos excedentes, considerando la equivalencia de la tarifa horaria y período estacional, según las horas en las que se realizó la inyección del excedente, lo cual se reflejará en el recibo eléctrico del generador distribuido. La misma directriz en su capítulo III, establece que un sistema de almacenamiento de energía comprende los métodos para almacenar y conservar energía en dispositivos tecnológicos y diseñados especialmente para ello, para ser utilizado según sea necesario por la Persona Física o Jurídica propietaria de un DER.

En estos casos la generación distribuida para los abonados del ICE se contempló en tres etapas, la primera etapa se puso en marcha en octubre del 2010 y terminó los primeros días de febrero del 2015, fue un plan piloto en donde el ICE le reconocía toda la energía que produjera la empresa en esta modalidad, se volvió una gran rentabilidad para los usuarios, contó con la participación de 366 clientes que totalizaron 10 megavatios (MW). Esta primera etapa estaba enfocada a clientes residenciales, pequeñas industrias y comercios, en ese momento la empresa daba las asesorías correspondientes a los usuarios, con esto se buscaba dar energía a los usuarios de zonas rurales o remotas.

Posterior a esto, se continuó con la segunda etapa que correspondía a la neta sencilla, no se tiene una fecha de inicio, pero se consolida en el 2018 tras la aprobación de normativas y políticas de interconexión de generación distribuida, en estos casos el ICE reconoció el 49%, de lo que se producirá por parte de la empresa, esto mediante la tarifa de acceso.

Actualmente, se está en la tercera etapa que se llama neta completa, esta comenzó en el año 2021 hasta la fecha actual, en este caso el ICE no reconoce nada de excedente que se produzca, lo que se hace es llevar a cabo una nota de crédito en el recibo posterior a la facturación.

Es importante mencionar las zonas horarias en las empresas industriales que están divididas en tres partes del día que son: Punta es el valor de la electricidad más cara, Valle es el punto intermedio de la tarifa y Nocturno es la parte de la electricidad más barata y están normadas por la legislación costarricense. La siguiente tabla explica la información anterior.

Tabla 5

Definición de periodos horarios para cliente industrial.

2.- Definición de periodos horarios.

Período punta: Se define como período punta al comprendido entre las 10:01 y las 12:30 horas y entre las 17:31 y las 20:00 horas.

Período valle: Se define como período valle al comprendido entre las 6:01 y las 10:00 horas y entre las 12:31 y las 17:30 horas.

Período nocturno: Se define como período nocturno al comprendido entre las 20:01 y las 6:00 horas del día siguiente.

Nota. Publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237, 2024.

2.4. Radiación Solar

La principal característica del aprovechamiento de esta tecnología radica en función de las horas luz que se van a aprovechar con los paneles. El término que define este concepto menciona que es la energía electromagnética que emana el sol hacia nuestro planeta, esta radiación atraviesa el espacio y nuestra atmósfera, las condiciones climatológicas serán de mucha influencia para la generación de energía en las épocas de verano e invierno. Al existir estos tipos de radiaciones podemos deducir en qué época del año se pueden aprovechar éstas. Se mencionan tres tipos de irradiación solar:

1. La radiación directa es aquella que incide directamente sobre el panel fotovoltaico, viene directa del sol sin ser desviada, ya sea por nuestra atmósfera o las nubes. Su potencia, al llegar a la superficie terrestre, varía en función de las condiciones

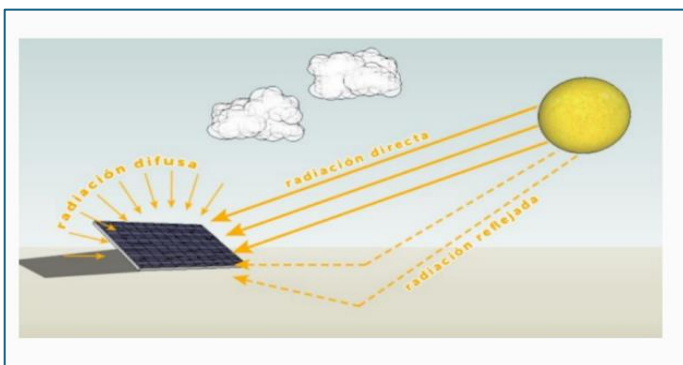
meteorológicas. En época donde las condiciones son despejadas se aprovechan al máximo.

2. La radiación difusa se trata de la procedente a través de las nubes, gases, partículas y la atmósfera en general afectada por el fenómeno de difusión que induce un cambio de dirección en los rayos solares llegando de todas partes. En esta radiación la época del año que se puede aprovechar sería en el invierno que hay mucha nubosidad.
3. La radiación reflectante consiste en la radiación reflejada en las superficies que rodean las instalaciones fotovoltaicas. Se trata de una radiación de menor potencia que las dos anteriores, pero no por ello despreciable, es decir, esta radiación es devuelta a la atmósfera desde la superficie terrestre.

En la siguiente figura podemos ver en forma resumida los diferentes tipos de radiación solar.

Figura 2

Demostración de los tipos de radiación solar.



Nota. <https://somosadvance.com/expertise/instrumentos-para-medir-la-radiacion-solar/>.

La radiación solar que recibe la Tierra se concentra principalmente en tres bandas:

1. Ultravioleta (UV): es la energía solar recibida que viene directa del sol, la mayor parte de esta radiación es absorbida por la atmósfera, un detalle en

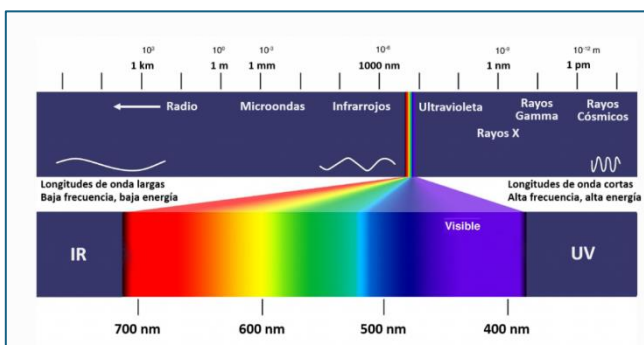
los sistemas de generación distribuida es que con el paso del tiempo se presenta un deterioro de los paneles, ya que, de manera rápida, degenera los componentes plásticos.

2. Visible (VIS): es la luz que es perceptible por los seres humanos con los ojos, en los casos que los paneles solares están diseñados con el componente de silicio-cristalino, son los que más ventaja de aprovechamiento tienen, por lo general en las industrias escogen este tipo de material.
3. Infrarrojo (IR): este tipo de banda es de un fuerte efecto calorífico o térmico, este proceso con el tiempo puede ser poco eficiente, ya que si no se administra bien el proceso de captura, no se elabora o administra de forma correcta.

En la siguiente imagen podemos ver en forma resumida las bandas de la radiación solar.

Figura 3

Bandas de la radiación solar:



Nota. <https://somasadvance.com/expertise/instrumentos-para-medir-la-radiacion-solar/>.

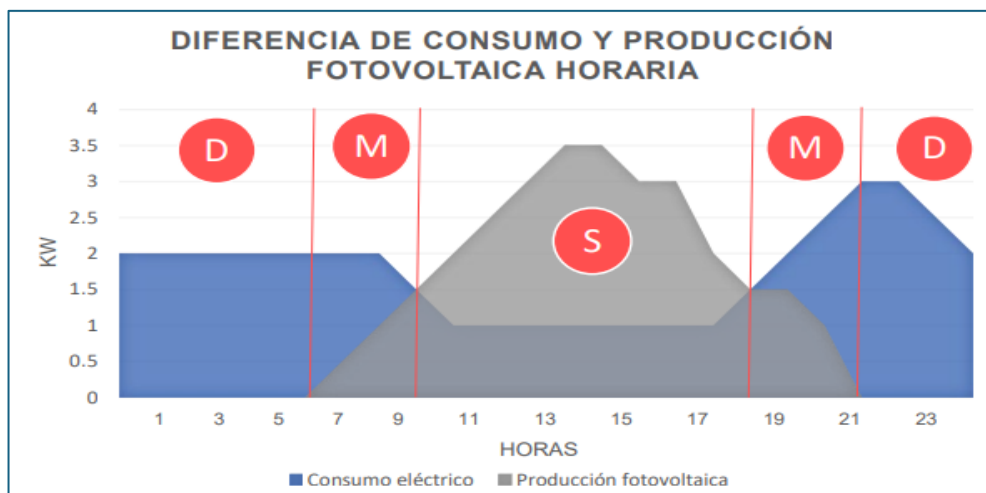
En el siguiente gráfico podemos dar una breve explicación de cómo funciona el sistema de generación distribuida versus la red eléctrica, con las posiciones del sol a lo largo del día. Se puede apreciar que en las zonas marcadas como **D** que incluyen las horas de 00:00 a.m. hasta 06: 00 a.m. y 21:00 p.m. 00:00 a.m. la producción de energía fotovoltaica es nula no hay producción para autoconsumo.

En la siguiente franja horaria de la zona marcada como **M** que incluye las horas de 06:00 a.m. hasta las 10:00 a.m. y 18:00 p.m. a 21:00 p.m. se observa una mezcla de la producción fotovoltaica, pero muy mínima en conjunto con el suministro de la red eléctrica.

En la última franja horaria, que está marcada como **S** e incluye las horas de 10:00 a.m. hasta 18:00 p.m. es el consumo de la autogeneración de energía fotovoltaica y no se necesita de la red eléctrica (siempre y cuando las condiciones climatológicas estén óptimas).

Figura 4

Explicación del movimiento del sol en la franja horaria.



Nota. Estudio de viabilidad de la instalación de paneles fotovoltaicos en viviendas particulares conectadas a la red eléctrica, Gonzalo Herrero López-Linares, 2021.

Figura 5

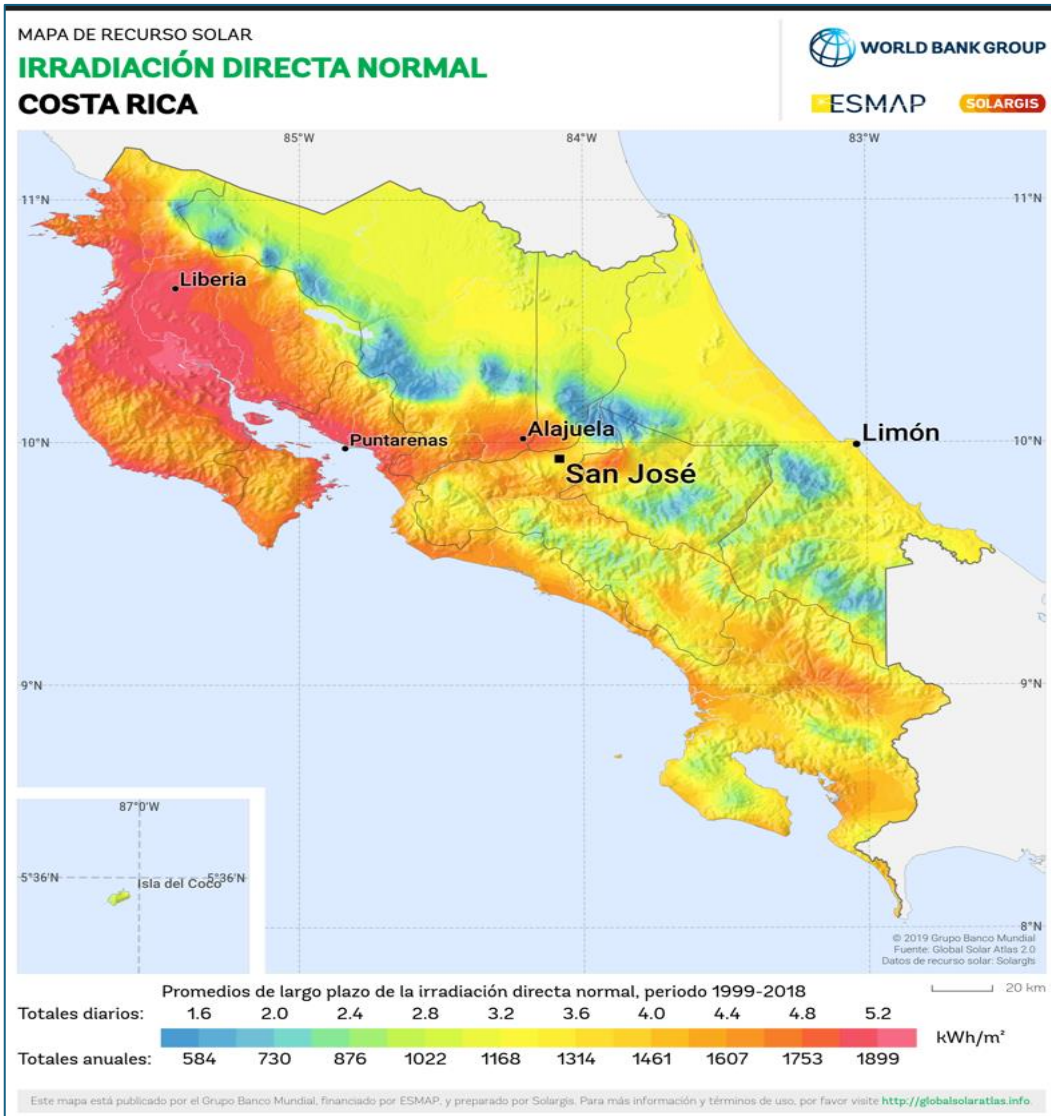
Irradiación global horizontal del simulador Solar Gis.



Nota. Simulador Solar Gis, 2025.

Figura 6

Irradiación directa normal del simulador Solar Gis.



Nota. Simulador Solas Gis, 2025

Figura 7

Irradiación potencial eléctrico fotovoltaico del simulador Solar Gis



Fu

Nota. Simulador Solar Gis, 2025

2.5. Introducción a La Energía Solar Fotovoltaica

De acuerdo con la energía solar fotovoltaica, Jean P. citando a Henríquez G. (2009) menciona que la energía solar fotovoltaica consiste en captar la radiación emitida por el sol; donde esta radiación ingresa a una celda fotovoltaica, la cual está hecha de materiales semiconductores que al contacto con la radiación alteran su comportamiento eléctrico, generando una pequeña diferencia de potencial y que bajo condiciones determinadas pueden producir una corriente eléctrica, la cual puede ser captada y es apta para la alimentación de diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos. Se hace necesaria para la instalación de sistemas de generación fotovoltaicos para el suministro eléctrico la utilización de dispositivos de captación, transformación, regulación, acondicionamiento y almacenamiento de energía.

Según Hestin, & Monier (2011), dentro de los distintos tipos de módulos fotovoltaicos se destaca la tecnología de silicio cristalino, esta se divide en dos tipos; monocristalino y policristalino; donde el policristalino constituye más de un 85% del mercado actual, pues tienen un menor costo que la tecnología monocristalina (p.8).

Figura 8

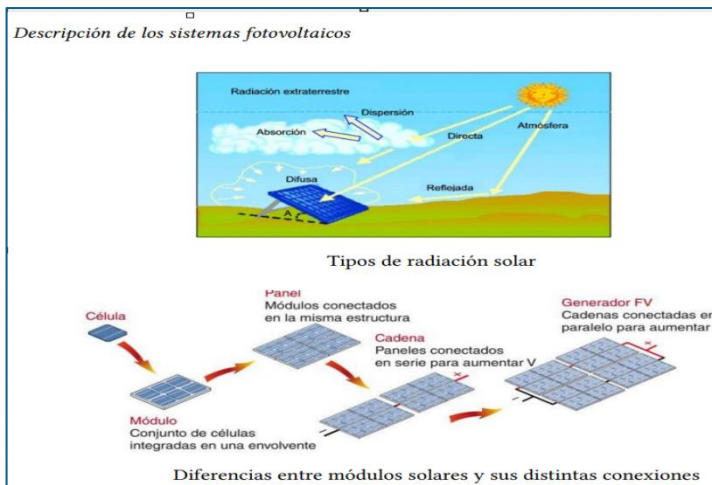
Partes de fabricación de panel solar.



Nota. Aparicio, 2020. Análisis del rendimiento y beneficios del sistema fotovoltaico.

Figura 9

Descripción de los sistemas fotovoltaicos.



Nota. Análisis del rendimiento y beneficios del sistema fotovoltaico. Aparicio, 2020.

2.5.1. Partes de un Panel Fotovoltaico de Silicio Policristalino

Al respecto, Sunworth Solar (2023), dice que un panel fotovoltaico de silicio policristalino está compuesto por celdas fotovoltaicas (células frontales) que es el componente más importante del panel, estas se encargan de convertir la luz solar en electricidad por medio del proceso o efecto fotovoltaico (párr. 1-2).

2.5.2. Las Celdas Frontales Pueden ser de 3 Tipos

2.5.2.1. Silicio Cristalino (Monocristalinos).

Son más costosas que otras células por lo tanto no son muy empleadas, son de color más oscuro, al estar formados por un único cristal de silicio logran un mayor rendimiento.

2.5.2.2 Silicio Multicristalino (Policristalinos).

Son de buen rendimiento, más económicas y en su paso de conversión son buenas, son de un color azul oscuro.

2.5.2.3 Los Amorfos.

Son de menor calidad, menor eficiencia y calidad son los más baratos del mercado.

2.5.3. *Lamina De Vidrio (Capa Frontal)*

Esta se encarga de proteger las celdas con respecto a las condiciones climáticas, ambientales, suciedad e impactos.

2.5.4. *Encapsulantes (EVA-Etileno-Vinil-Acetato)*

Su función es envolver las celdas solares por ambos lados y así poder fijarlas y proteger de la humedad y las vibraciones.

2.5.5. *Lamina Posterior (Backsheet)*

Esta se encarga de proteger la parte trasera del panel, cubriendo las partes internas contra la humedad, polvo y daños de mecanismos.

2.5.6. *Marco*

Es de aleación de aluminio, da una rigidez estructural al panel, fácil para su instalación y lo protege contra los golpes.

2.5.7. *Caja de Conexiones (Junction Box)*

Se localiza en la parte trasera del panel, aquí se conectan eléctricamente las celdas del panel, aquí están los terminales de salida y bypass.

2.5.8. *Diodos de Bypass*

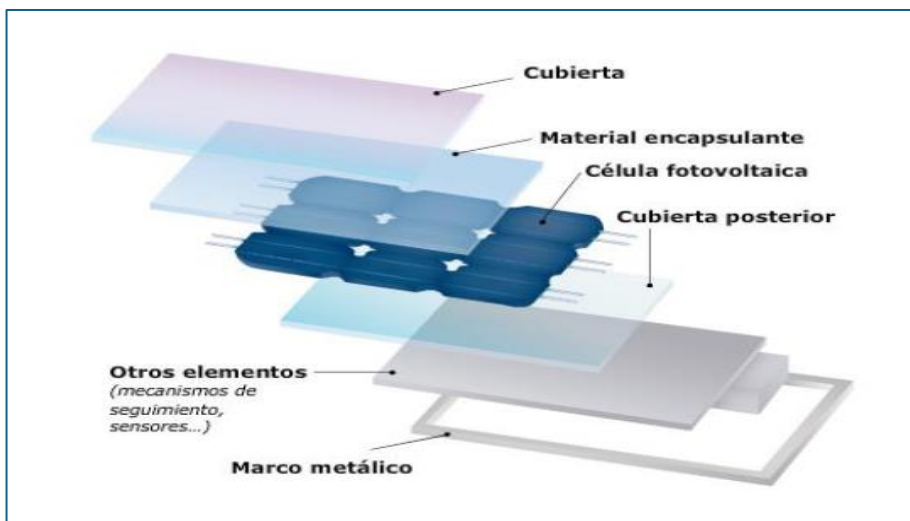
Su función es evitar la pérdida de energía cuando el panel presenta una falla o no le está pegando la luz solar.

2.5.9. *Cable de Salida (Cables Solares)*

Son dispositivos resistentes a altas temperaturas y se encargan de transmitir la energía generada hacia el inversor de carga.

Figura 10

Capas de un panel fotovoltaico silicio cristalino



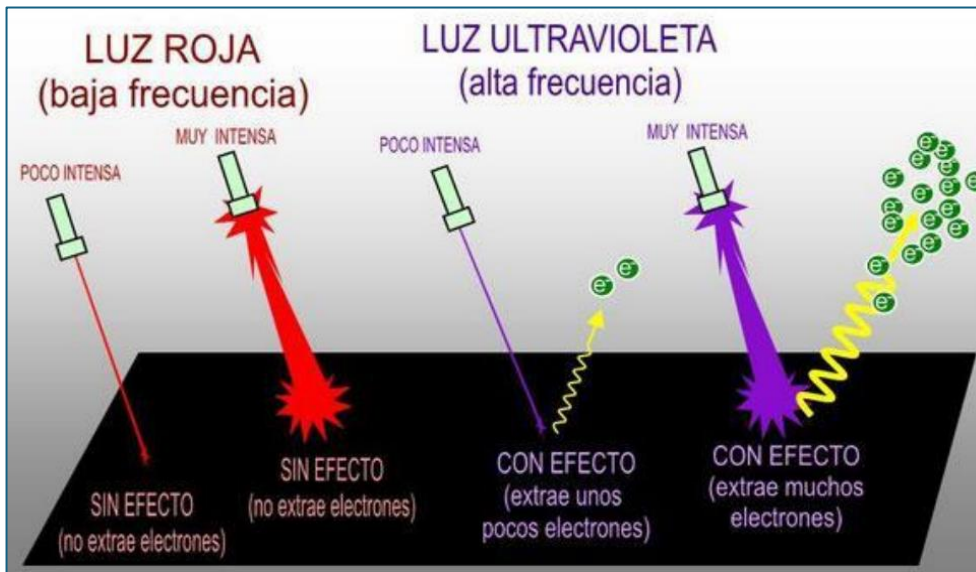
Nota. Capas de composición de un panel fotovoltaico de silicio policristalino. Ovalle, 2014.

En la figura 10 se describe el funcionamiento de los paneles solares que son los encargados de la captación de la energía fotovoltaica y posterior transformación en energía eléctrica, subsiguientemente, se utilizan dispositivos de regulación cuya función es mejorar la fiabilidad y durabilidad del subsistema de acumulación y del sistema de generación, en general, mediante el control de sobrecargas perjudiciales de las baterías.

En la revista Ingenierizando de academia balderix (2025), se define el principio de funcionamiento que sustenta esta teoría, se le llama efecto fotoeléctrico, “este consiste en un fenómeno físico que dice cuando la emisión de electrones por un material incide sobre él una radiación electromagnética, cuando una radiación electromagnética, incide sobre la superficie de un material, los fotones transfieren su energía a los electrones en el material, si la energía de los fotones es suficiente para superar la energía de enlace que mantiene unidos a los electrones en el material, estos pueden ser liberados.” (párr. 16.).

Figura 11

Efecto fotoeléctrico en función del tipo de luz.



Nota. <https://ejercicios-fyq.com>. Junio, 2025.

En el año 1887 el efecto fotoeléctrico fue descubierto por el físico alemán Heinrich Hertz, este físico logró descubrir que el arco eléctrico que se crea entre dos electrodos conectados a corrientes altas llega a mayores distancias si recibe luz ultravioleta, pero si no está iluminado el arco es mucho menor. La forma en que actúa esta luz era muy rara, en ese entonces, la razón por este evento se debe al hecho de que las partículas de luz, llamadas fotones, sacan los electrones de un material con golpes en su superficie, este impacto causa movimientos en los electrones creando una corriente eléctrica.

Cabe destacar que la explicación teórica la realizó Albert Einstein en 1905, donde indica que la energía de la luz no estaba distribuida uniformemente en todo el frente de onda en expansión, en cambio decía que la energía de la luz se concentraría en paquetes separados. Como lo describe la figura 11, se puede decir que la luz con ultravioleta es capaz de extraer electrones de la superficie de un metal, esto se debe a su frecuencia de

vibración, ya que en el ejemplo se ve una luz roja baja frecuencia con mucha intensidad, no se logra el efecto de los electrones para realizar la conversión de energía solar a eléctrica, en cambio, caso contrario sucede con la luz ultravioleta de alta frecuencia que sí produce el efecto fotoeléctrico.

Por lo tanto, la utilización de sistemas de acondicionamiento de potencia controla la tensión del flujo de corriente de modo que la tensión a la que se genera la energía sea igual a la del funcionamiento de la demanda, o sea 12V, 24V o 48V para corriente continua y 110V o 220V para corriente alterna, las cuales son las más usadas comercial e industrialmente. Además de esto, permite la transformación de corriente continua en alterna que es comúnmente utilizada por los dispositivos eléctricos y electrónicos. La dependencia de condiciones ideales climatológicas por parte del sistema de generación fotovoltaica hace necesarios los sistemas de acumulación de energía que tienen como misión asegurar la disponibilidad del servicio, cuando estas condiciones no se den y sea necesario extraerla de los acumuladores. Para conseguirlo, se recurre a la utilización de acumuladores electroquímicos más conocidos como baterías, las cuales son capaces de almacenar o entregar la carga eléctrica del sistema siempre que sea necesario; como por ejemplo en días nublados o lluviosos.

Asimismo, se requieren ciertas condiciones para el eficaz funcionamiento de un sistema de generación de energía fotovoltaico, pues se trata de un sistema que presenta dependencia al clima, por lo cual se debe buscar cumplir unas características idóneas para su posterior instalación y puesta en marcha. Lo primero es buscar condiciones climáticas en las cuales los niveles de radiación solar sean altos (idealmente cercanos a 1000 W/m²) durante el mayor número de horas al día. Además de ello, se deben emplazar en lugares en los cuales no predominen lluvias ni días nubosos, pues en estos días la generación de

los módulos es casi nula. La regularidad de los días de lluvia son los que determinan los días de autonomía del sistema y el posterior dimensionamiento del sistema de almacenamiento de energía. La ubicación se debe realizar en un lugar que nunca esté a la sombra. Fijarse en los árboles o edificios cercanos. Hay que recordar que el sol varía su posición a lo largo del año y que los árboles crecen, Si se montan varios módulos, evitar que se hagan sombra entre sí.

2.6. Descripción Técnica de los Componentes del Sistema Fotovoltaico

A continuación, se realizará un análisis detallado de los equipos necesarios para el funcionamiento de un sistema de generación a partir de energía fotovoltaica.

2.6.1. Panel o Módulo Fotovoltaico

El principio de funcionamiento de un panel se conoce como “efecto fotovoltaico”: La unión de dos elementos semiconductores, tipo diodo, provoca una diferencia de potencia en las proximidades de su unión, los fotones transfieren la energía de la radiación solar incidente a los electrones de los semiconductores, liberándolos de la red cristalina a la que estaban unidos (generación de huecos), la diferencia de potencial existente en la unión provoca un flujo ordenado de portadores foto generados (electrones y huecos), lo que origina una diferencia neta de potencia en la célula, mediante los contactos existentes en la célula puede disponerse un circuito exterior por el que circula la corriente eléctrica, la cual podrá entregar potencia eléctrica útil.

2.6.2. Subsistema de Regulación

El subsistema de regulación consta de un dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas profundas, el cual se conoce como regulador de tensión que controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de estas para alargar su fiabilidad y durabilidad. Los

reguladores actuales introducen microcontroladores para la correcta gestión de un sistema de generación fotovoltaico. Este proceso permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, dando paso a la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales, incluso memorizan datos que posibilitan conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado.

2.6.3. Subsistema de Acondicionamiento de Potencia

La función del sistema de acondicionamiento es la de convertir la corriente directa (DC) a la corriente alterna (AC). Se hace necesario, debido a que la corriente alterna es el tipo más común de la electricidad usada. Un sistema de energía solar produce electricidad de corriente continua, por lo que se requiere de un inversor para convertir esta energía en corriente alterna de utilidad.

2.6.4. Subsistema de Almacenamiento de Energía (autónomos)

El subsistema de almacenamiento se hace necesario para permitir la autonomía del sistema de generación, el cual admite la disponibilidad de energía en días en los cuales el sistema no esté en funcionamiento, ya sea, debido a las condiciones climáticas o días de mantenimiento. Las baterías que se usan son denominadas de ciclo profundo, estas se caracterizan porque pueden descargarse y recargarse de forma continua. Son compatibles con los sistemas que requieren la entrega de energía a largo plazo.

Figura 12

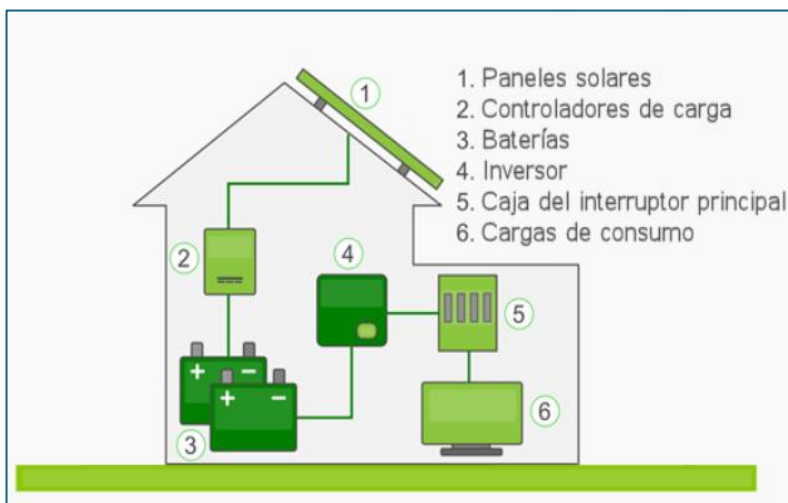
Funcionamiento del sistema.



Nota. <https://lumixenergiasolar.com.br/wp-content/uploads/2020/07/sol-768x338.jpg>.

Figura 13

Elementos que componen un sistema de generación distribuida.

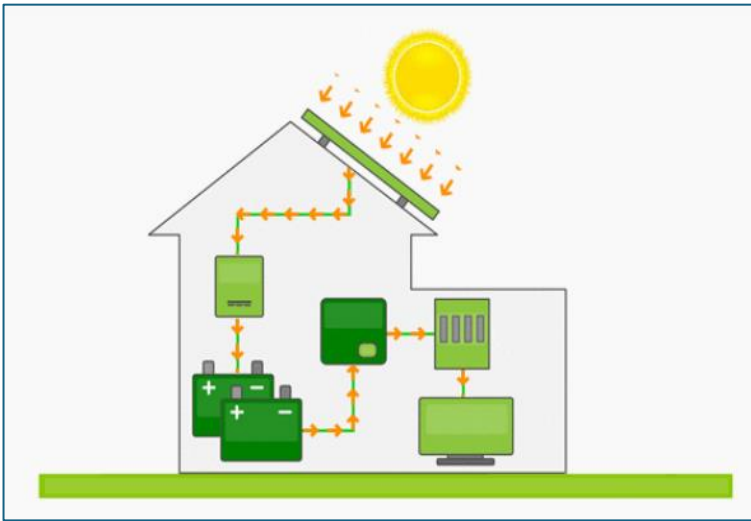


Nota. <https://purasol.cr/panales-solares-fuera-de-la-red>. Purasol,2013.

En las figuras 12 y 13 se puede observar cómo es el principio de funcionamiento de un sistema de generación distribuida es sus etapas de conectados a la red y fuera de la red.

Figura 14

Principio de funcionamiento de un sistema de generación distribuida.

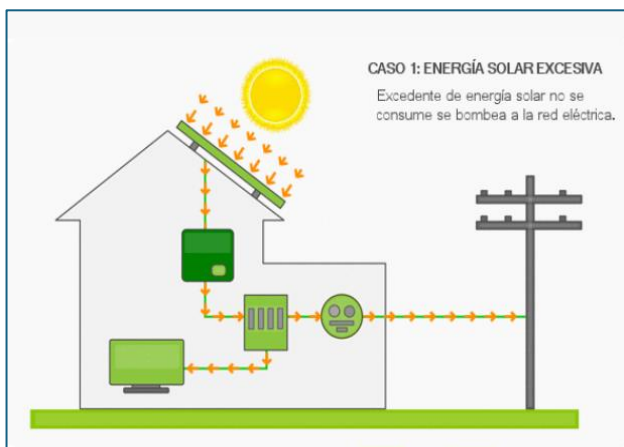


Nota. https://purasol.cr/panales-solares-fuera-de-la-red/#gallery_b6721-2_Purasol,2013.

En la figura 14 se evidencia un sistema fuera de la red que no necesita ninguna alimentación externa para autoconsumo, estos casos se dan en muchas zonas rurales donde no hay red eléctrica. Según el sentido de las flechas, aquí se toma la energía del sol, pasa por el controlador de carga, este va por las baterías y continúa hacia el inversor; llega a un interruptor principal y, por último, a la carga de consumo. En la figura anterior faltaría adicionar la red eléctrica y el contador de energía (medidor) para tener un ejemplo de generación distribuida con panel solar y batería para el cliente en zonas urbanas, pero como se mencionó es un ejemplo para zona rural.

Figura 15

Energía solar excesiva.

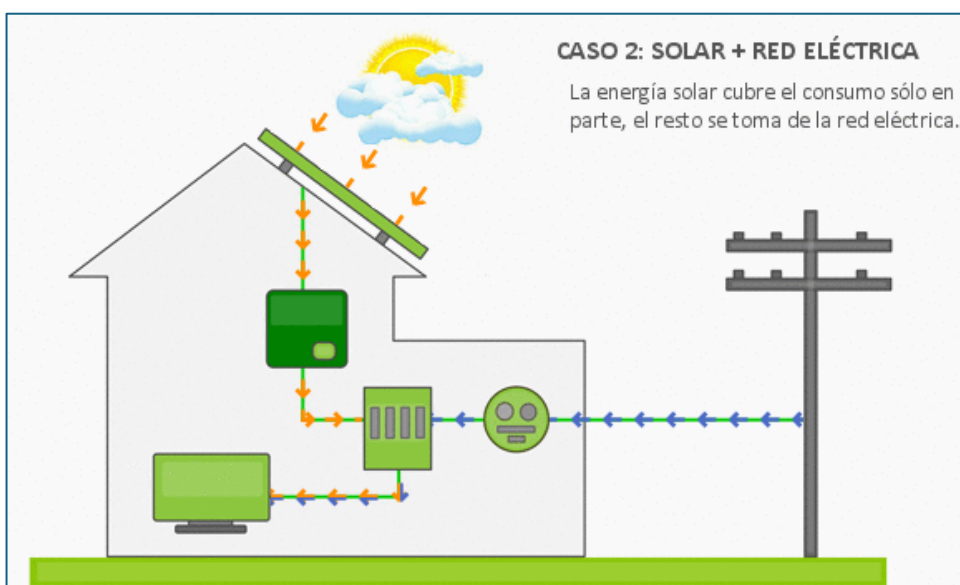


Nota. https://purasol.cr/panales-solares-conectados-a-la-red/#gallery_b6725-1_Purasol, 2013.

En la figura que se presenta anteriormente, se tiene un ejemplo de generación en zona urbana, ya sea para cliente industrial o residencial, solo con la salvedad que este no tiene banco de baterías, sería un aprovechamiento de autoconsumo diario. En caso de no aprovechar la energía porque no estaba en la casa (residencial) o empresa (mayor producción es en la noche), está se estaría desaprovechando. El sentido de las flechas, indican cómo es que va la dirección de la energía.

Figura 16

Energía solar más red eléctrica.



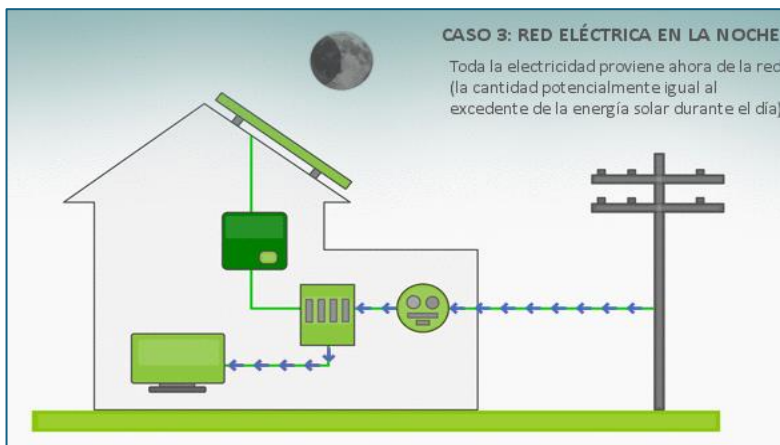
Nota. https://purasol.cr/panales-solares-conectados-a-la-red/#gallery_b6725-2_

Purasol,2013.

En la figura 16 se observa cómo es el comportamiento del sistema de generación distribuida en caso de que el día no se encuentre en las condiciones óptimas. Se debe tener claro que esta variante no puede ser predecible, puesto que las condiciones climatológicas no son las mismas siempre.

Figura 17

Red eléctrica en la noche.



Nota. https://purasol.cr/panales-solares-conectados-a-la-red/#gallery_b6725-3. Purasol, 2013.

Por último, en la figura 17 se aprecia el comportamiento del sistema en las noches. Se puede deducir el uso del porqué las baterías son importantes en los sistemas de generación distribuida, para poder aprovechar la energía del día.

2.7. Inversor

Este dispositivo se debe de seleccionar teniendo en cuenta la potencia a la cual se desea generar y la frecuencia en la que se trabaja, esta variable está regida en cada país, en nuestro caso es de 60 Hz. Este dispositivo tiene que cumplir con los estándares que rige la Ley. Según Cardero (2019) dice que las “Condiciones Técnicas para la Interconexión de Recursos Distribuidos para autoconsumo, 2025”, donde deben cumplir con los requisitos establecidos con la norma IEEE 1547-2018 y la norma UL1741” (p 7.).

También tiene como función principal que cuando detecta la tensión de la batería y esta baja al mínimo, se activa y se pone en función del cargador, a partir de aquí ya nos provee suministro de energía, sin ninguna interrupción. Este complemento permite la conversión de corriente continua (DC) que generan los paneles fotovoltaicos en corriente

alterna (AC) donde son usados por los dispositivos de la empresa o vivienda, además actúa como unidad protectora entre las conversiones de corrientes.

También se encarga de verificar o controlar la energía, ya sea que venga del panel o que se necesite de la empresa suministradora de energía, esta verifica la gestión de flujo de energía que esté en la batería, ya sea cuando se cargue o se descargue.

2.7.1. Tipos de Inversores

2.7.1.1. Inversor String.

Se le conoce con el nombre de inversor de cadena o centralizado, es de tipo estándar, puede manejar, tanto energía producida por el sol como la que almacena la batería (son bidireccionales), es muy económicos y el más común en el mercado; su mantenimiento es muy sencillo. Las desventajas son que no es óptimo para futuras ampliaciones o en caso de muchas sombras en el área donde se instale.

2.7.1.2. Micro Inversor.

Este tipo trabaja con los paneles solares, de manera directa y no con baterías, se utiliza uno por panel cuando se eligen y se instala para placas diferentes. Se puede visualizar el rendimiento de cada placa y, con este, sí se puede pensar en futuras ampliaciones o expansiones. Su desventaja es que es muy costoso.

2.7.1.3. Inversor Híbrido.

Este tipo de inversor está diseñado para gestionar la energía solar y de las baterías, también para inyectar los excedentes de energía.

Al igual que las baterías, los inversores tienen definidas sus especificaciones técnicas a la hora de escoger, las cuales son: su capacidad de comunicarse con los demás equipos, ya sea vía wifi, ethernet, o Scada; también por el tipo de red a la cual se va a trabajar su potencia nominal (Kw), esta se encarga de abastecer la generación solar y las

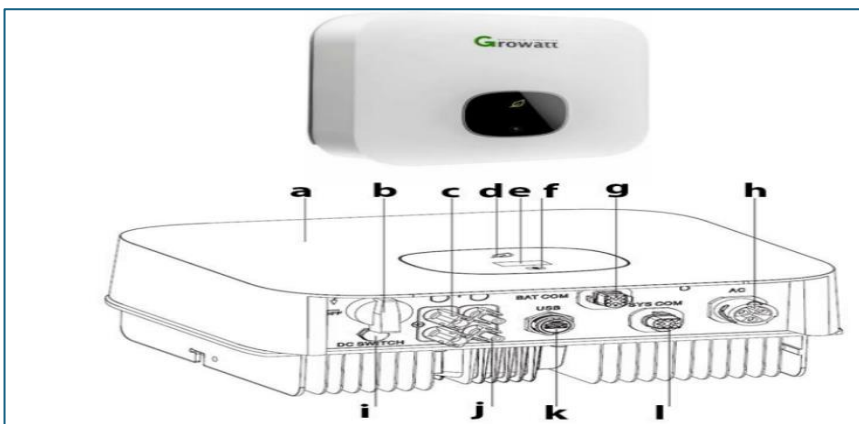
necesidades de descarga de las baterías, su compatibilidad con las baterías donde se pueda soportar carga y descarga de manera inteligente (NenPower, 2024).

El utilizar inversor ayuda en aspectos técnicos y económicos como; puede obtener un mayor control del sistema, mediante las interfaces de comunicación y vigilancia, obtener un elevado factor energético con una mínima disminución por la conversión que se da en el proceso, bajar lo más que se pueda una posible sanción por la potencia, no depender de la red distribuidora para autoconsumo.

Actualmente, en el mercado se encuentran dos tipos de inversores que tienen dependencia de otros accesorios. Se menciona el inversor centralizado (más común) es el que va conectado al sistema completo y realiza el proceso de DC a AC y está el micro inversor que crea de una vez la energía en AC, es el de más alta calidad. (Growatt New Energy Co., Ltd., 2018).

Figura 18

Esquema de inversor marca Growatt.



Nota. Esquema de inversor marca Growatt.

En la figura anterior se detallan las partes de un inversor, las cuales son:

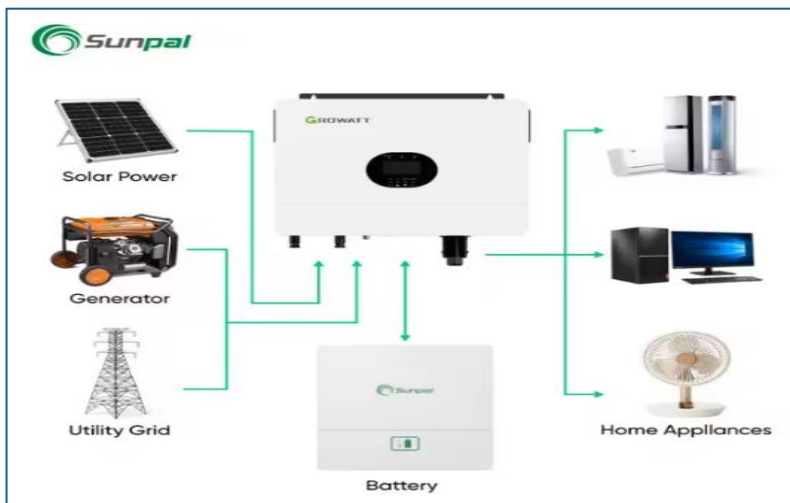
Cubierta exterior.

a- Interruptor de corriente continua.

- b- Entrada fotovoltaica PV+.
- c- Led.
- d- Pantalla Oled.
- e- Botón táctil.
- f- Puerto DRM.
- g- Salida de corriente alterna AC.
- h- Válvula de ventilación.
- i- Entrada fotovoltaica PV.
- j- Puerto USB.
- k- Puerto de comunicaciones.

Figura 19

Esquema de inversor marca Sunpal.



Nota. Esquema de inversor marca Sunpal.

2.8. Norma Técnica Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems (IEEE 1547)

Es una norma desarrollada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés) que establece los requisitos técnicos para la interconexión

de recursos de generación distribuida a la red eléctrica de la empresa suministradora, como son los sistemas solares fotovoltaicos, eólicos y otros generadores pequeños.

Dentro de las especificaciones de esta norma se pueden mencionar aspectos muy generales, donde dicen que se analiza los requisitos de conexión, es decir, especificar cómo que deben ir las conexiones, de forma segura, de los generadores distribuidos hacia la red eléctrica. También menciona sobre las funciones de protección que tiene dentro de sus datos; como incluir los protocolos para realizar la maniobra de conexión y desconexión, en caso de una avería o falla del sistema en la red.

Por consiguiente, la norma menciona cómo se debe de tener un control y monitoreo que sean necesarios para que los generadores se acoplen a las condiciones de la red eléctrica y, por último, nos indica que debe existir una compatibilidad entre las diferentes tecnologías y equipos que se vayan a utilizar cuando son de diferentes fabricantes, esto sirve para garantizar que la conexión que se vaya a realizar sea de forma segura y confiable para que no afecte al sistema eléctrico de la empresa suministradora de energía.

También, en esta norma se contemplan los parámetros eléctricos y técnicos que están relacionados al voltaje, la frecuencia y la potencia. Además, menciona las protecciones y controles para mantener la estabilidad y seguridad del sistema. Por esto, el objetivo de esta norma se centra en cómo el sistema de generación distribuida debe ejecutar.

2.9. Norma Underwriters Laboratories (UL 1741)

Es una norma de seguridad desarrollada por Underwriters Laboratories (UL) que establece los requisitos para la instalación, operación y protección de inversores, cargadores y sistemas de generación de energía, especialmente en aplicaciones de energía

renovable; como sistemas fotovoltaicos y eólicos conectados a la red eléctrica. Esta norma centra su estudio en verificar que los dispositivos cumplan correctamente con las especificaciones técnicas de laboratorio.

También, se basa en las protecciones contra sobretensiones, cortacircuitos, fallas a tierra, entre otras, que son requisitos de seguridad que buscan evitar un choque eléctrico. Dentro de los parámetros que tiene esta norma se puede encontrar sobre la compatibilidad electromagnética que se encarga de que no se generen interferencias entre los equipos que se conecten.

Otro aspecto importante es que su interconexión garantice una conexión estable y de buena calidad ante el sistema de energía eléctrica, también vela porque las pruebas y certificaciones cumplan con los estándares de alta calidad. Desde el año 2017, se han agregado dos categorías principales a esta norma que son: Suplemento A (SA) en la que se indican que las pruebas de seguridad dan la aprobación y rendimiento para soporte de la red con un inversor inteligente y la otra categoría es el Suplemento B (SB), el cual indica que la comunicación se va a realizar por medio de protocolos de comunicación (DNP3, IEEE 2030.5) que se encargan de almacenar y enviar los datos para manipular el inversor, los requisitos para esta categoría son más estrictos que el anterior. (Institute Of Electrical And Electronics Engineers, 2020).

2.10. Baterías

El principio de funcionamiento de estos dispositivos eléctricos es que acumula energía fotovoltaica, la cual es transformada en corriente alterna, por medio de procedimientos electroquímicos. Son muy útiles, ya que cuentan con una gran capacidad para almacenar y gestionar la energía que se absorbe mediante los paneles solares. A su vez, son un elemento indispensable en las instalaciones de los paneles solares que buscan

ser autosuficientes y suplir las necesidades de electricidad, durante los periodos en los que no se produce energía por medio de los paneles.

Los elementos claves para seleccionar este tipo de baterías va a depender de varios puntos que pueden ser; su capacidad (Kwh), quiere decir cuánta energía puede almacenar versus cuánta puede entregar, la potencia (Kw), esta se rige por su máxima potencia de descarga o carga, los ciclos de vida útil, en cuánto las baterías se pueden cargar y descargar antes de degradarse, por último, el tiempo de respaldo de la batería seleccionada, en ella se trata de operar cargas críticas por ausencia de tensión.

2.10.1. Tipos de Baterías

2.10.1.1 Baterías de Plomo-Ácido (Flooded).

Su tecnología se fundamenta en la acumulación y descarga de un compuesto químico que se basa en plomo y un ácido, los cuales emiten un gas, por esta razón, deben estar ubicadas en una habitación con buena ventilación constante, además de no recibir luz directa, tienen un bajo costo inicial, es una tecnología probada y ampliamente disponible. Sus desventajas radican en que se debe estar dando un mantenimiento frecuente y revisando sus niveles de agua. Al necesitar un cuarto con buena ventilación es porque emite muchos gases y esto afecta el hecho de que la empresa busque alguna certificación internacional y le puede afectar en temas ambientales y, por último, tiene una vida útil corta; de entre 3 y 5 años. Su eficiencia ronda entre 75% y 80 %.

2.10.1.2. AGM (Absorbent Glass Mat o Alfombrilla Cristalina Absorbente).

La composición química es similar a la batería Monoblock, lo que la diferencia es que la malla de fibra de vidrio contiene un electrolito que aumenta la estabilidad y la durabilidad de esta batería, además tiene una gran ventaja, pues no emana gases, ya que son completamente selladas y, por esta razón, pueden almacenarse sin problema. Este tipo de

baterías también soportan las temperaturas extremas, además, al ser selladas no ocupan mantenimiento, existe un menor riesgo de fugas. Su desventaja principal sería el tema económico que son más costosas que las Monoblock.

2.10.1.3. Estacionarias.

Estas baterías se basan en la combinación de plomo y ácido (T/OPzS) para el almacenamiento y descarga, son elaboradas de plomo-ácido inundadas, con cera líquida y placas de positivas tubulares. Se destacan por la alta capacidad de descarga, la cual no daña su vida útil, que ronda entre 15 y 20 años, por lo tanto, se recomienda para usuarios que necesiten picos de consumo alto, como hornos o carros eléctricos de carga lenta. Estas también se fabrican con Gel (OPzV), lo que no hace necesario que sean almacenadas o colocadas en una habitación con ventilación constante.

2.10.1.4 Batería Ion-Litio.

Estas baterías de autoconsumo tienen una alta eficiencia de energía, alrededor de 90% y 95%, requieren un menor mantenimiento y son de tamaño compacto, se aplican en casos de almacenamiento inteligente porque no tienen efecto de memoria y permiten que no sufran si se descargan en su totalidad. Su vida útil es de 20 años. La desventaja actual es el precio, ya que el costo inicial muy elevado.

La finalidad de este tipo de dispositivo es aprovechar las horas que no se está tomando energía del sol, aquí se puede controlar y utilizar esta energía en donde existan los picos de demanda o mayor producción del proceso, a su vez esto ayuda a no verse multado por las legislaciones costarricenses si se excede con los parámetros. También se pueden usar en caso de una eventual suspensión del servicio por avería o paro programado de la empresa suplidora (Ruíz, J., 2023, p.p. 69-70).

2.11. Factibilidad Técnica

Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por ser autónomos, lo que significa que no requieren operación y su mantenimiento es reducido, ya que es preventivo. Estos sistemas se pueden separar en dos clases:

Operaciones por realizar, por parte de personal no técnico, consta de revisiones visuales periódicas, por lo menos de una vez al mes y medidas de mantenimiento a los problemas observados durante dichas revisiones. Las primeras revisiones se realizan al sistema de captación en busca, principalmente, de suciedad depositada sobre los paneles, la cual puede desmejorar su funcionamiento, la presencia de suciedad depende de las condiciones climáticas y las medidas a tomar consisten simplemente en labores de limpieza de la superficie captadora.

Una segunda revisión visual se hace al subsistema de acumulación de energía, la cual consiste en determinar la necesidad de limpieza de las mismas y el nivel del electrolito (en el caso de usar baterías no selladas, que funcionen con un electrolito líquido). Si se encuentra suciedad sobre las baterías o corrosión en bornes o terminales de conexión, normalmente, causada por el burbujeo de electrolito y a la acumulación de polvo y suciedad, se puede retirar mediante la utilización de bicarbonato sódico, disuelto en agua, pues se trata de una limpieza superficial. Además, se aprovecha para realizar la inspección de los demás equipos en la búsqueda de anomalías en su funcionamiento que de ser encontradas, serán manejadas por un profesional.

El funcionamiento de un sistema fotovoltaico es muy fiable y las anomalías no son comunes, más si se realizó un buen trabajo de diseño y puesta en marcha, por lo cual la necesidad de reparaciones o cambios de componentes no es muy frecuente, aunque no está de más la inspección general del sistema por parte de un profesional que se puede

realizar una vez al año, donde, al igual que en la puesta en marcha, se revisa el funcionamiento de cada subsistema por separado (Gardner, L., 2024, p.p. 32-36).

2.11.1. Ventajas de un Sistema Fotovoltaico

1. Es un recurso ilimitado que proviene de una fuente de energía cien por ciento renovable y está a la libre para su uso.
2. Es una fuente totalmente gratuita en comparación con las otras fuentes de energías fósiles que tienen un valor en el mercado, ya sea por el tipo de combustible o logística de entrega de la empresa suplidora.
3. El factor ambiental se ve beneficiado porque reduce, en cierta forma, la huella de carbono. Esto va relacionado con las normas ISO que lo involucren.
4. Los planes de mantenimiento requerido son muy sencillos, sus costes de operación son bajos o manejables, esto se puede aprovechar en las edificaciones o casas ya construidas. Además, se puede acomodar al entorno que se requiera, sin necesidad de realizar grandes modificaciones a las estructuras, lo cual aplica también en los diseños que se requiera utilizar. Se puede adaptar a lo que se ocupe de una forma ordenada y limpia, sin necesidad de modificar el entorno.
5. El uso de este tipo de energía se ve en el ahorro de materiales, tanto para su compra como su logística de entrega, ya que no son difíciles de conseguir ni trasladar.
6. Se pueden instalar en zonas donde no se cuente con red eléctrica o zonas muy lejanas y donde se pueda disponer de fluido eléctrico.
7. El beneficio de los excedentes eléctricos en la parte económica se refleja en la facturación eléctrica y con esto se logran ganancias extras sobre la producción,

además se puede aumentar la potencia, añadiendo más módulos a los ya existentes en el momento que se necesite.

2.11.2. Desventajas de un Sistema Fotovoltaico

1. La inversión inicial es muy cara, ya que se necesita comprar los materiales y además reestructurar el lugar donde se vaya a instalar los equipos, como también las conexiones al sistema interno de la planta, como el sistema externo de la empresa suplidora de energía.
2. La producción de la energía eléctrica no se puede garantizar al 100 % , debido a que se dependerá de las condiciones climatológicas, aunque las zonas escogidas cumplan con los requerimientos, estos son factores que no siempre son predecibles.
3. Al querer tener un mayor rendimiento de esta tecnología, se requiere mayor cobertura de terreno y esto afecta también el coste inicial, que entre más se quiera cubrir mayor debe ser la inversión al principio.

Capítulo 3. Marco Metodológico

3.1. Enfoque de la investigación

En concordancia con los objetivos del proyecto, el presente trabajo tiene dos enfoques que son el cualitativo y el cuantitativo. En cuanto al enfoque cualitativo, para Fernández Baptista (2014), “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de

comportamiento y probar teorías” (p.37). Se analiza el contexto de realidad del lugar, se recopila la información para comprenderla.

Asimismo, el enfoque cuantitativo para Fernández Baptista (2014), “utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p.40). Esto por ser de carácter descriptivo, obtiene datos numéricos.

Para el trabajo de investigación se realiza un detallado procesamiento de la información, esto incluye análisis de datos, recopilación de información de las empresas, marco teórico, referenciando los términos técnicos y legales que rigen en esta Normativa de Generación Distribuida.

Por consiguiente, se presenta un estudio técnico sobre la tecnología que lleva la generación distribuida que tiene toda relación con los materiales que lo componen, estos son; paneles solares, baterías, inversores, componentes químicos y demás, en relación con la interconexión con el sistema eléctrico de la red.

Asimismo, busca las mejores ofertas, a nivel de mercado, con las últimas tendencias que sean accesibles y se ajusten al presupuesto, además de presentar opciones en el mercado que ofrezcan sus productos.

También mencionar las normativas técnicas que establecen los marcos jurídicos de la empresa suministradora de la energía eléctrica, en este caso el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) que es la institución que le corresponde la Zona Franca del Coyol por la ubicación geográfica, de igual forma, le concierne las normas técnicas de los productos que se van a implementar en el proceso de instalación de los equipos.

Igualmente, se realiza un análisis de mercado, en donde se suministra la información de los precios de los clientes industriales (tarifa media tensión) en este caso, de las bandas tarifarias que existen (punta, valle y nocturna). También se da un análisis de los valores de precios con un antes y después de la instalación de paneles de las empresas, en donde el gasto energético va a variar de acuerdo con los consumos y la producción de energía.

Existe un estudio normativo y jurídico sobre la producción de energía en Costa Rica y tiene sus límites para no afectar el sistema de la red eléctrica, esto en busca de las regulaciones y leyes que no vayan a afectar a ninguna de las partes.

Se puede mencionar que en la presente investigación se deduce que tiene un impacto ambiental directo y positivo, ya que sólo el hecho de buscar otras fuentes para obtener energía, es un principio para ayudar a la reducción de la huella de carbono. Siendo este un tema notable a investigar para las futuras generaciones de la Universidad.

3.2. Método de Investigación

Para la investigación en curso se puede crear una metodología investigativa sobre el rendimiento de viabilidad técnica y financiera en un cliente industrial. Se puede definir un enfoque cualitativo y cuantitativo.

El enfoque cualitativo es un método de investigación, donde se mencionan factores descriptivos, analizar el contexto de realidad del lugar, recopilar información para comprenderla, interpretarla y ser más estudiada a profundidad. Este estudio investigativo busca alguna solución o proponerla.

El enfoque cuantitativo se fundamenta en recopilar una cantidad necesaria de información estandarizada y numérica de muestras que sean representativas y analizar los datos obtenidos.

3.3. Fuentes de Información

Según, Acosta (2009), se comprende como fuentes de información "... todos aquellos medios por los cuáles procede la información, que va a satisfacer las necesidades de conocimiento de alguna situación o problema presentado, que posteriormente será utilizado para lograr los objetivos esperados" (p.73). Pueden ser personas o contenidos teóricos. En el caso de personas debe indicarse que se cuenta con consentimientos informados y el tipo de muestreo realizado.

3.4. Proceso para la Recolección y Análisis de Datos

La recolección de datos es un proceso importante que requiere orden, prudencia y paciencia, es esencial para analizar cuál es la forma de recolectar la información. Al respecto, Hernández et al. (1991), indica que "la estadística descriptiva evalúa, describe diversos aspectos, dimensiones o componentes a investigar" (p.62). Para esta investigación se adquiere la información del sistema de facturación llamado Control Integrado de Acceso del ICE. Tras recolectar los datos se realizará el análisis de tabulación y se representará gráficamente.

Por otro lado, por tema de confidencialidad ninguna de las dos empresas da autorización ni consentimiento informado para adquirir y exponer datos específicamente propios como nombres, ingresos económicos, entre otros.

Capítulo 4. Análisis de Resultados

4.1. Análisis técnico, viable, rentable y de impacto del cliente industrial correspondiente a la empresa N.1

Análisis de un cliente industrial del ICE, de la empresa N.1 que se encuentra en la modalidad de generación distribuida a partir del año 2024 y se ubicaron en la tercera etapa (neta completa). A continuación, se puede apreciar los comportamientos de facturación, consumo energía y demanda. Esta empresa solo cuenta con paneles solares.

Según los reportes del ICE, este usuario se pasó en junio del año 2024 a la modalidad de generación distribuida. En la figura 20 se observa un descenso en el pago de la facturación, este se da por un inicio de facturación, a la hora de pasarse de modalidad de generación distribuida.

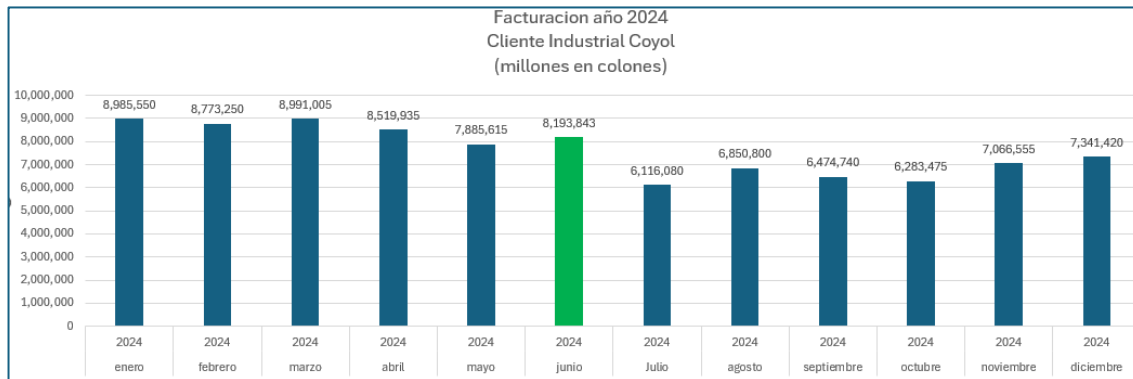
Pago total enero-junio: 51.349.198 millones colones.

Pago total julio-diciembre: 40.133.070 millones colones.

Diferencia en 6 meses: 11.216.128 millones colones.

Figura 20

Gráfico Sobre Costos de Facturación.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Seguidamente, la figura 20 también muestra los costos que están incluidos en el pago del recibo de la luz, en él se contemplan los siguientes rubros: facturación por servicio de alumbrado público, impuesto de bomberos, redondeo, la tarifa T-DER potencia instalada y, además, sumarle la energía y la demanda.

Figura 21

Desglose de la facturación de mayo 2025, para observar los rubros de cobro.

Descripción	Monto
Energía	5.520.486,00
Demanda	1.630.780,08
Alumbrado	153.000,00
IMP BOMBEROS	1.454,95
MONTO T-DER POR POTENCIA INSTALADA	35.700,00
REDONDEO	1,03
Total Facturado	7.341.420,00

Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Figura 22

Cobro de los rubros que están en la factura eléctrica.

Tarifa T- TDER. Tarifa de los recursos energéticos.	
<u>A. Aplicación:</u> Tarifa aplicable sobre cada kW instalado, a los clientes registrados como generación distribuida modalidad neta completa.	
<u>B. Precio mensual:</u> Por cada kW..... ¢ 255	

Nota. Publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237, 2024.

Figura 23

Tarifa alumbrado público.

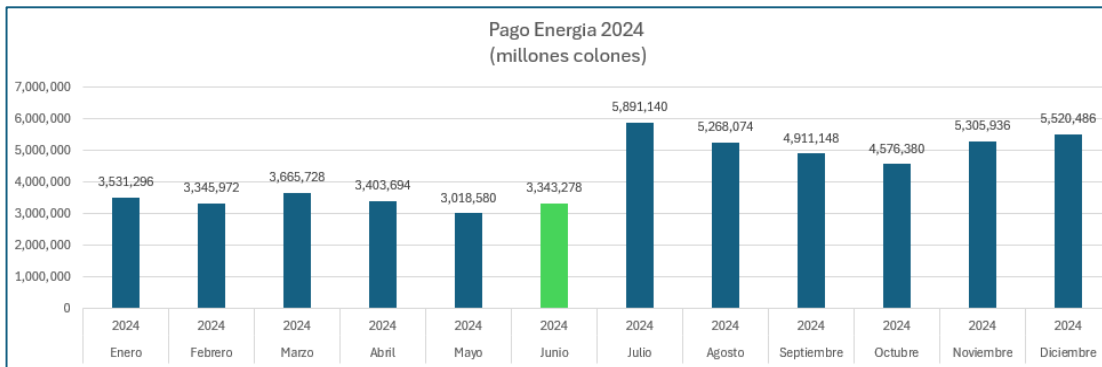
<u>Servicio Alumbrado Público</u>		
A. Aplicación: Esta tarifa se debe aplicar a los consumidores directos del ICE, por el disfrute del servicio de alumbrado público en parques, vías públicas, zonas recreativas y deportivas, etc.		
b. <u>Precio mensual:</u>		
	Detalle del cargo	
Bloque 0-40 kWh	Cargo fijo	¢ 122.40
Bloque 41-50 000 kWh	Cada kWh	¢ 3.06
Bloque mayor a 50 000 kWh	Cargo fijo	¢ 153 000.00

Nota. Publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237, 2024.

Con respecto a la figura 24 se aprecia el pago de costos por consumo de energía mensual (Kwh), no se observa ningún otro rubro, solo energía. Se hace la comparación en el segundo semestre 2024 que es cuando se pasa a generación distribuida a partir de junio 2024. En los meses de enero a junio el pago por concepto de energía era bajo, después del cambio de rubro, esto se da porque al momento del cálculo de cobro del recibo, existían tarifas diferentes para clientes de media tensión antes de estar en generación distribuida, caso contrario sucede de junio a diciembre que existe un aumento en el costo de la energía.

Figura 24

Gráfico pago de costo por consumo de energía.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Se puede observar en la figura 25 el desglose de la facturación de este cliente que corresponde a antes de pasarse a generación distribuida, el pago total de enero a junio es de 20.308.548 colones.

Figura 25

Detalle de factura de empresa No.1 sin generación distribuida.

Cargo por suministro según tarifa:		T-MT	
A.- Energía Eléctrica:		120,200	
	KWH	Precio	Monto en colones
Punta:	25,000	¢ 66.06	1,651,500.00
Valle:	46,800	¢ 24.54	1,148,472.00
Noche:	48,400	¢ 15.11	731,324.00
B.- Demanda Facturada:			
	KW	Precio	Monto en colones
Punta:	229.60	¢ 10718.78	2,461,031.89
Valle:	247.20	¢ 7483.99	1,850,042.33
Noche:	202.20	¢ 4793.67	969,280.07
C.- Recargo por Bajo Factor de Potencia:			
	F.P.	Monto en colones	
Punta:	0.96	0.00	
Valle:	0.96	0.00	
Noche:	0.96	0.00	

Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Ahora se puede observar en la siguiente figura, el desglose de la facturación correspondiente de este cliente después de pasarse a generación distribuida, el pago total de julio a diciembre 2024 es de 31.473.164 colones.

Figura 26

Detalle de factura de empresa No.1 con generación distribuida

Cargo por suministro según tarifa:		T-MTB	
A.- Energía Eléctrica:		104,000	
	KWH	Precio	Monto en colones
Punta:	21,200	¢ 110.52	2,343,024.00
Valle:	40,400	¢ 37.97	1,533,988.00
Noche:	42,400	¢ 24.39	1,034,136.00
B.- Demanda Facturada:			
	KW	Precio	Monto en colones
Punta:	197.80	¢ 3245.61	641,981.66
Valle:	224.40	¢ 2265.73	508,429.81
Noche:	178.20	¢ 1451.93	258,733.93
C.- Recargo por Bajo Factor de Potencia:			
	F.P.	Monto en colones	
Punta:	0.95	0.00	
Valle:	0.96	0.00	
Noche:	0.94	0.00	

Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Pago total de enero a junio: 20.308.548 millones colones.

Pago total de julio a diciembre: 31.473.164 millones colones.

Existe una diferencia de: 11.164.616.

Según lo establece La Gaceta, publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237 del 17 de diciembre del 2024, donde dice que existen dos tipos de tarifas para hacer el cálculo de cobro a las empresas. En este caso la empresa tenía dos tarifas diferentes a la hora de realizar el análisis, de enero a diciembre 2024 existía una tarifa y anterior a este año 2024, la otra tarifa que no era generación distribuida.

Por eso, a la hora de sacar los datos el valor de la energía es muy alto, en cambio su demanda tiende a la baja en aspectos económicos, debido al cambio de tarifa. Por ende, este comportamiento no es el adecuado en generación distribuida, pero aquí se habla de temas económicos, situación que cuando se extrae el dato de consumo energía en KWH, si se observa el descenso de consumo, porque la idea principal es reducir este rubro de energía, eso se aprecia más adelante en otro gráfico.

La siguiente figura muestra el consumo de la demanda (kW), aquí sucede lo contrario con la energía, de enero a junio, 2024 es muy alto, después de pasarse a la generación distribuida se ve un descenso significativo, el mismo efecto se da por los cambios de tarifas cuando se realizaron los cálculos.

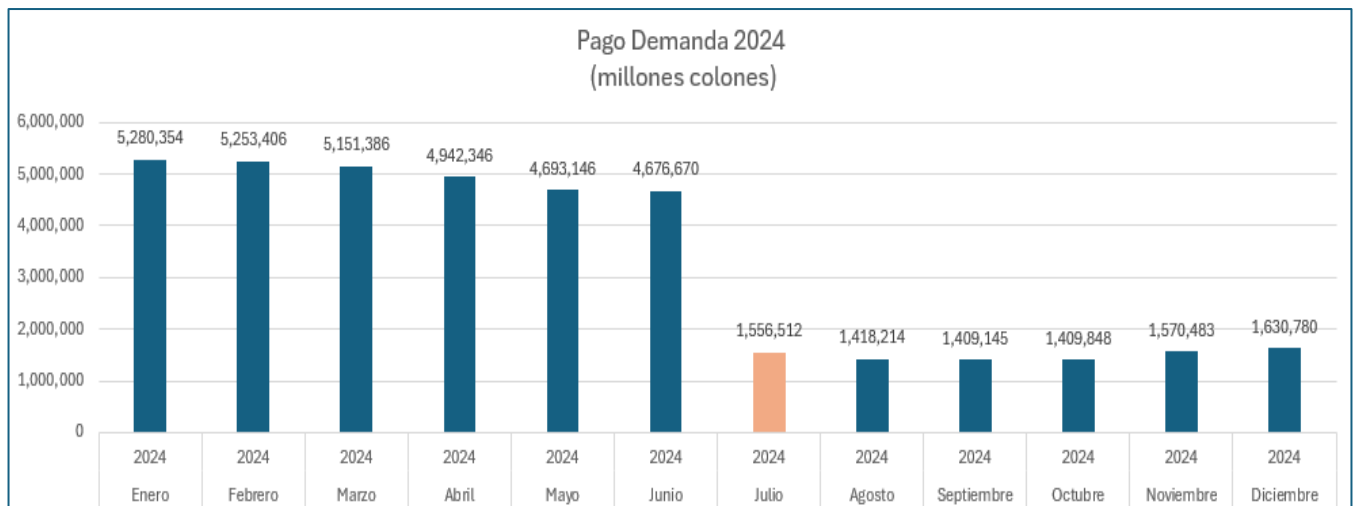
Pago total enero- junio: 29.997.308 colones.

Pago total junio-diciembre: 8.994.982 colones.

Diferencia: 21.002.326 colones

Figura 27

Gráfico de consumo de demanda.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Se observa en la figura 29, la factura de la Empresa N.1 sin generación distribuida.

Figura 28*Tarifa T-TM Media Tensión.*

C. Precios mensuales:	
Cargo por energía, por cada kWh	
Periodo punta (máxima)	¢ 60.90
Periodo punta (mínimo)	¢ 56.50
Periodo valle (máxima)	¢ 22.62
Periodo valle (mínimo)	¢ 20.99
Periodo nocturno (máxima)	¢ 13.93
Periodo nocturno (mínimo)	¢ 12.92
Cargo por potencia, por cada kW	
Periodo punta (máxima)	¢ 9 880.53
Periodo punta (mínimo)	¢ 9 167.16
Periodo valle (máxima)	¢ 6 898.72
Periodo valle (mínimo)	¢ 6 400.63
Periodo nocturno (máxima)	¢ 4 418.79
Periodo nocturno (mínimo)	¢ 4 099.74

Nota. La Gaceta Publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237, 2024.

En la siguiente figura se puede observar los rubros del cobro de la tarifa con generación distribuida.

Figura 29*Tarifa T-TM Media Tensión B.*

C. Precios mensuales:	
Cargo por energía, por cada kWh	
Periodo punta (máxima)	¢ 110.52
Periodo punta (mínimo)	¢ 102.54
Periodo valle (máxima)	¢ 37.97
Periodo valle (mínimo)	¢ 35.23
Periodo nocturno (máxima)	¢ 24.39
Periodo nocturno (mínimo)	¢ 22.63
Cargo por potencia, por cada kW	
Periodo punta (máxima)	¢ 3 245.61
Periodo punta (mínimo)	¢ 3 011.27
Periodo valle (máxima)	¢ 2 265.73
Periodo valle (mínimo)	¢ 2 102.15
Periodo nocturno (máxima)	¢ 1 451.93
Periodo nocturno (mínimo)	¢ 1 347.10

Nota. La Gaceta Publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237, 2024.

Para comprender el análisis de las siguientes figuras, se va a describir el comportamiento de los datos obtenidos.

En generación distribuida, para clientes industriales de media tensión que la empresa de nombre Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) ofrece sus servicios, están presentes los siguientes factores de análisis: monto facturado (recibo de la luz), consumo de la energía (KWH), consumo de la demanda (KW).

La generación distribuida, en primera instancia, lo que busca es bajar, de alguna forma, el tema del consumo de energía (KWH) que, con el pasar del tiempo, mantendrá una tarifa establecida con un monto fijo durante un periodo, hasta que este monto sea modificado, según las leyes y normas jurídicas.

Por ende, el consumo de demanda (KW) que son los montos más elevados en la generación distribuida, de acuerdo con la tabla de valores de La Gaceta, publicado en el Alcance N°204 Gaceta N°237 del 17 de diciembre del 2024, las industrias que tengan el mayor consumo de demanda en las horas de no sol o donde no se esté produciendo energía solar, no podrán bajar este consumo, esto sucede porque además si la empresa o industria tiene horarios rotativos de tres turnos (mañana, tarde y noche) y su producción más fuerte es en las tardes y noches, no verá reflejado una disminución en su facturación.

En las figuras anteriores se observa el pago de la demanda y energía en colones. En la parte de demanda se ve que tiende a la baja después de junio 2024, porque las tarifas no son las mismas para la generación distribuida, pues tienen otra medida de cálculo para cobrarle al cliente la energía. En el caso de la energía el pago se dispara hacia arriba.

Según el análisis, se debe tener presente las etapas de generación distribuida que están divididas en tres partes:

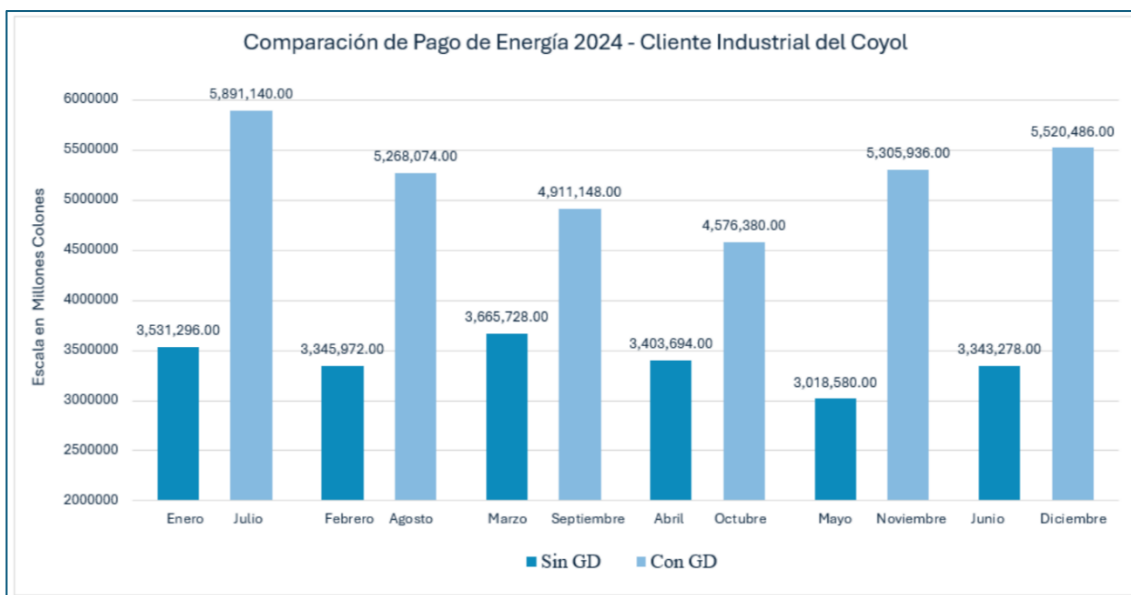
1. Plan Piloto (se le reconocía toda la energía la cliente).

2. Neta Sencilla (solo se le reconoce el 49% de lo producido al cliente).
3. Neta Completa (se le reconoce o no los excedentes). Se debe recordar que el cobro de la energía se regía por otros montos, por eso se ve en la gráfica esa comparación hacia arriba.

La figura 30 refleja el pago de energía, pero no es la factura total.

Figura 30

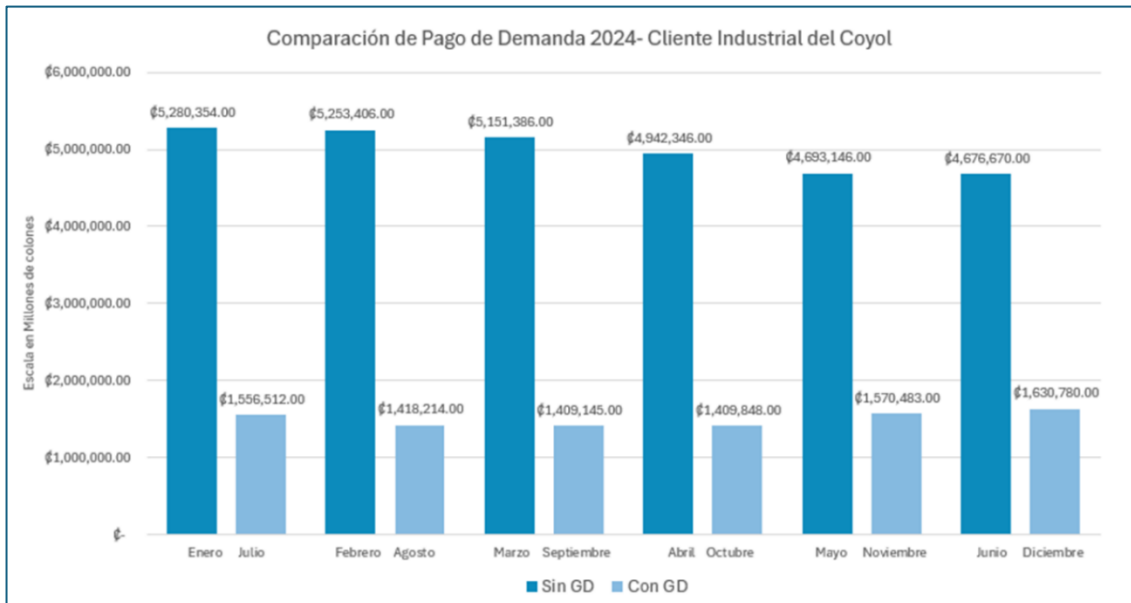
Gráfico comparativo de pago de energía.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Figura 31

Gráfico comparativo de pago de demanda.

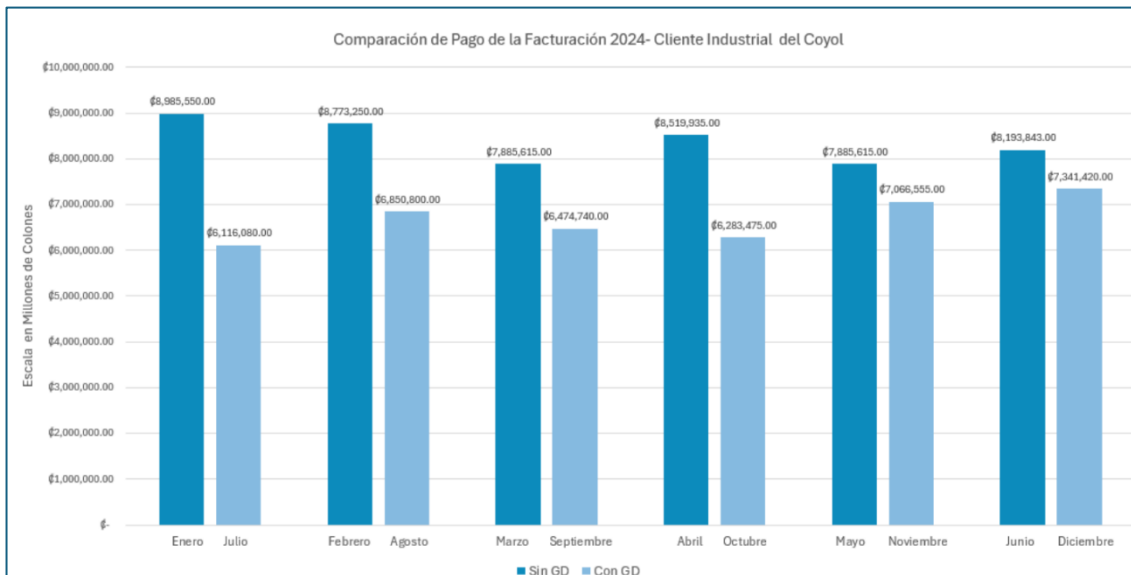


Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

En esta figura se observa la diferencia con la instalación de generación distribuida de la empresa N.1 en estudio. De enero a junio del 2024 el costo de facturación de energía total es de 51.349.198 millones de colones y de Julio a diciembre 2024 el costo de facturación por energía 40.133.070 millones de colones con una diferencia de 11.216.128 millones colones a favor de la empresa.

Figura 32

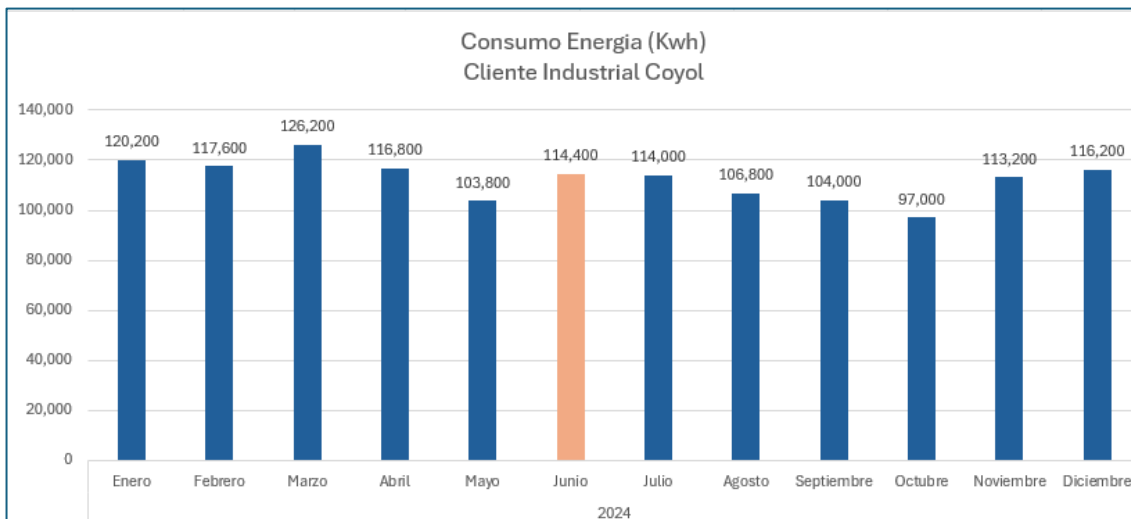
Gráfico comparativo de pago de la facturación total anual.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Figura 33

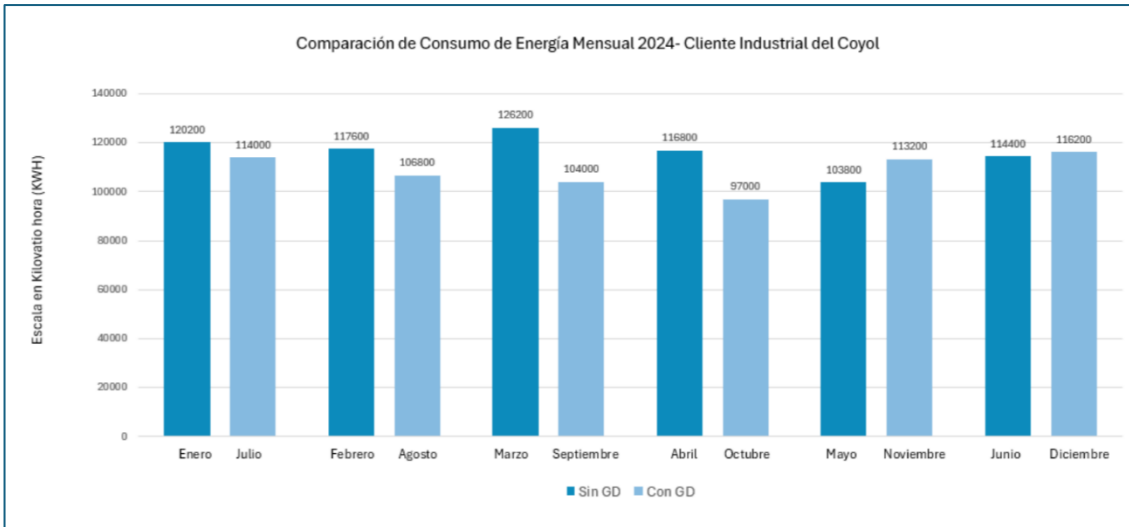
Gráfico del consumo de la energía.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Figura 34

Gráfico del Consumo energía en kilovatios hora.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

En resumen, en la figura anterior se pueden observar los siguientes valores:

Consumo energía enero-junio: 699000 Kwh.

Consumo energía julio-diciembre: 651200 Kwh.

Diferencia en 6 meses de: 47800 Kwh.

Por lo tanto, se aprecia una disminución del consumo total mensual en los meses en que se instalaron los sistemas de generación distribuida. En este caso, está compuesto por paneles solares.

Figura 35

Distribución de paneles de la empresa N.1



Nota. <https://maps.google.com>, 2025.

A continuación, se realiza una estimación promedio mediante cuadros de elaboración propia, para utilizar paneles en esta empresa para una posible futura expansión.

Se van a dar datos de una página de internet de acceso público (Amazon), ya que las empresas que se encargan de instalar estos equipos no brindan la información de precios y costos por ser un tema de índole académico. Además, la empresa de paneles indicó que no era factible proporcionar información sin el consentimiento de una empresa en específico. Asimismo, la empresa de estudio no brindó datos con respecto a la adquisición de paneles por confidencialidad.

Por otra parte, el área total para cubrir el techo de esta empresa es de, aproximadamente, 8300 metros cuadrados, según la herramienta Google Earth Pro que proporcionó los datos.

Se utiliza una medida estándar de paneles solares para realizar el estudio, la cual sería de la siguiente manera:

Especificaciones técnicas

- Material: Silicio Monocristalino.
- Medidas del panel: 1.12/0.77 (L.A) metros o 0.86 metros cuadrados.

- Capacidad panel: 175w.
- Peso cada panel aproximado: 10 Kg.
- Posible propuesta para 200kw.
- Área a ocupar: 982.9 metros cuadrados (cantidad paneles por área panel).

Seguidamente, se muestran una serie de cuadros de construcción propia que reflejan la viabilidad, rentabilidad e impacto del uso de paneles solares en la empresa de estudio.

Empresa N.1

Cantidad Panel
200 000 / 175 (w)
1143

Área Cada Panel
0.86 m ²
Área Total
0.86*1143 Cantidad paneles
982.9 m ²

Recurso Solar
200Kw propuesta
* 1550 (Kwh/Kwp/año) Radiación Solar según mapa
310 000 Kwh/año Producción Esperada Anual
* 110.52 (precio tarifa punta)
34 261 200 ahorro anual (colones)
/ 510 (precio dólar)
67 178 dólares

Análisis Consumo Eléctrico
Consumo Promedio Mensual Energía 2024
108 533 kwh último 6 meses
* 110.52 tarifa punta
11 995 067 millones
/ 30 días
399 835.5 mil
Consumo Promedio diario
3617 kwh último 6 meses

Análisis Presupuesto	Análisis Consumo Eléctrico	Proyección en 6 Meses
11 995 067 millones consumo promedio por 6 meses	108 533 kwh último 6 meses promedio	71 970 402 millones consumo promedio
34 261 200 millones ahorro anual según simulador	310 000 Kwh/año Producción Esperada Anual	17 130 600 millones consumo ahorro mensual promedio
2 855 100 millones ahorro mensual simulador	25 833 Kwh Producción Esperada por mes	54 839 802 millones de diferencia

Cantidad	Panel	Precio (colones)
1	175w	77545
1142.8	200 kw	88 633 935
		/ 510
		173 795 dólares

Precios Promedios en el Mercado
30 mil dólares en inversores
20 mil dólares en cableado y protecciones
20 mil dólares en sistema de estructuras
20 mil dólares de mano obra
20 mil dólares en trámites
110 mil dólares
* 510 precio dólar
56 100 000 colones

Precio Total
88 633 935 costo panel
56 100 000 precios promedio mercado
144 733 935 total
/ 510 precio dólar
283 792

Relación tiempo
Monto total trabajo / Ahorro anual estimado
283 792 / 67 178
4.22 Años

En los cuadros anteriores se contemplan muchas variables que se hacen a partir de las observaciones de estudios anteriores y se basan en los datos básicos de los factores que se analizan y se estima un promedio para recuperar la inversión en un lapso de cuatro años según el estudio, esto se podría extender unos años más por las siguientes razones:

- Se requiere un área aceptable para la estructura del techo con buen espacio y resistente al peso requerido.
- Cabe mencionar que es importante la revisión del techo y verificar que está en condiciones óptimas para la instalación del equipo generador de electricidad.
- Según el simulador, dentro del análisis no se contemplan el traslado del material desde el exterior, es decir, el costo por envío.

Con esto se puede demostrar que a mediano y/o largo plazo el proyecto sería viable.

4.2. Análisis técnico, viable, rentable y de impacto del cliente industrial correspondiente a la empresa N. 2

Este abonado está en la modalidad de generación distribuida del año 2024. Tiene paneles solares con baterías. En la figura 38 se pueden apreciar los comportamientos de facturación, consumo energía y demanda. Por ende, se observa el consumo total del año 2024 de la empresa en estudio, esta cuenta con generación distribuida con paneles solares y baterías.

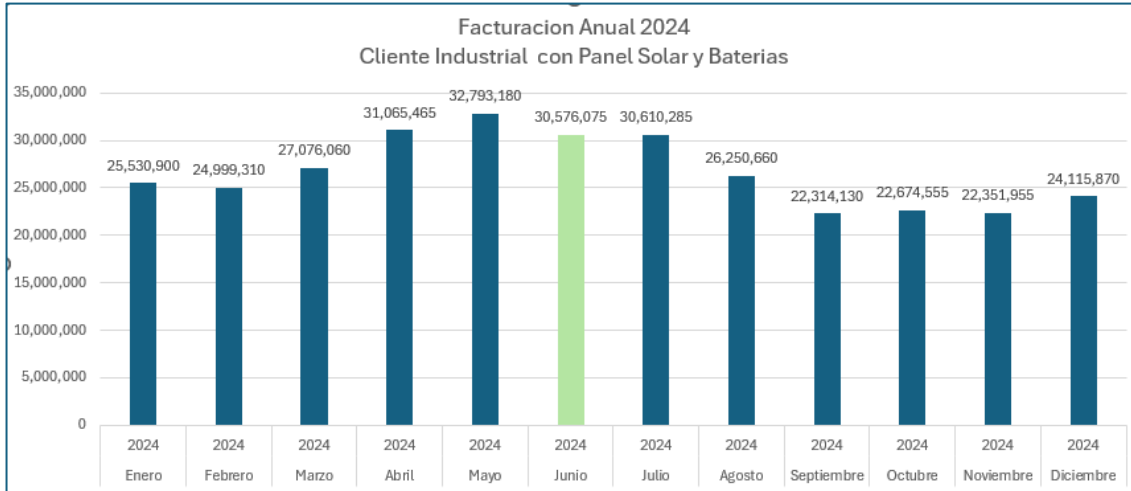
Pago factura enero-junio 2024: 172.040.990 millones de colones.

Pago factura junio-diciembre 2024: 148.317.455 millones de colones.

Diferencia en seis meses: 23.723.535 millones de colones.

Figura 36

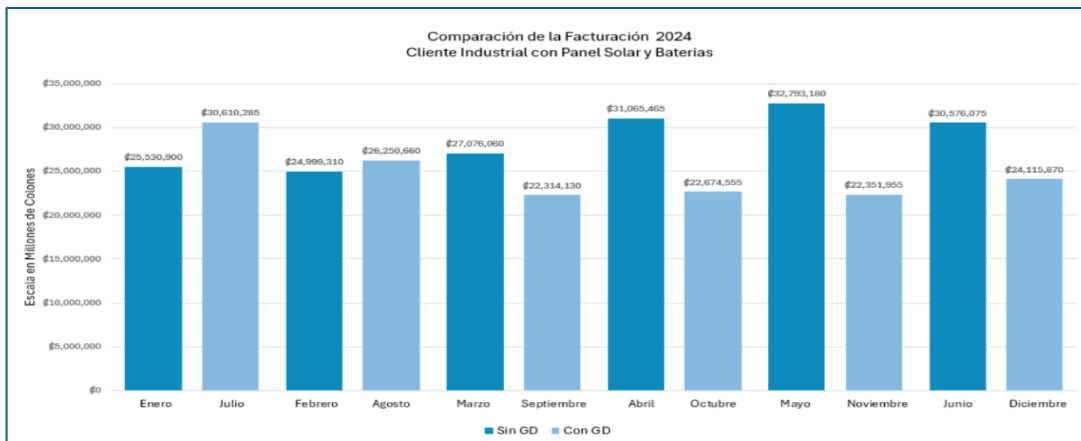
Gráfico facturación anual 2024.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Figura 37

Gráfico comparativo de la facturación anual 2024.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

La siguiente figura muestra los rubros del cobro de la tarifa sin Generación Distribuida.

Figura 38

Rubros del cobro de la tarifa sin Generación Distribuida.

Cargo por suministro según tarifa: T-MT			
A.- Energía Eléctrica: 423,500			
	KWH	Precio	Monto en colones
Punta:	80,500	¢ 66.64	5,364,520.00
Valle:	161,000	¢ 24.75	3,984,750.00
Noche:	182,000	¢ 15.23	2,771,860.00
B.- Demanda Facturada:			
	KW	Precio	Monto en colones
Punta:	752.50	¢ 10814.51	8,137,918.78
Valle:	882.00	¢ 7550.83	6,659,832.06
Noche:	710.50	¢ 4836.48	3,436,319.04
C.- Recargo por Bajo Factor de Potencia:			
	F.P.		Monto en colones
Punta:	0.96		0.00
Valle:	0.97		0.00
Noche:	0.97		0.00

Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

En la siguiente figura se pueden observar los rubros del cobro de la tarifa con generación distribuida.

Figura 39

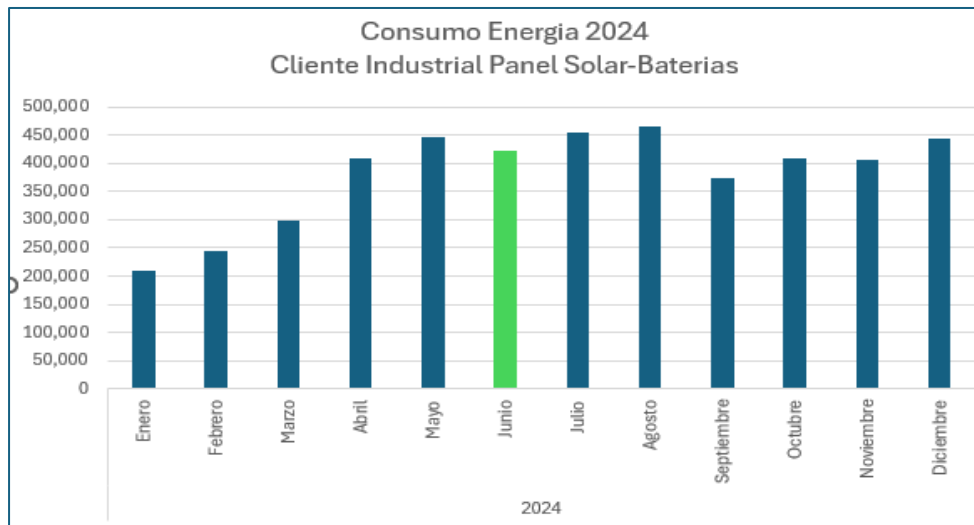
Rubros del cobro de la tarifa con generación distribuida.

Cargo por suministro según tarifa:		T-MTB	
A.- Energía Eléctrica:		532,000	
	KWH	Precio	Monto en colones
Punta:	80,500	¢ 110.52	8,896,860.00
Valle:	196,000	¢ 37.97	7,442,120.00
Noche:	255,500	¢ 24.39	6,231,645.00
B.- Demanda Facturada:			
	KW	Precio	Monto en colones
Punta:	987.00	¢ 3245.61	3,203,417.07
Valle:	1,183.00	¢ 2265.73	2,680,358.59
Noche:	1,099.00	¢ 1451.93	1,595,671.07
C.- Recargo por Bajo Factor de Potencia:			
	F.P.	Monto en colones	
Punta:	0.92	0.00	
Valle:	0.97	0.00	
Noche:	0.97	0.00	

Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

Figura 40

Gráfico consumo energía mensual 2024.

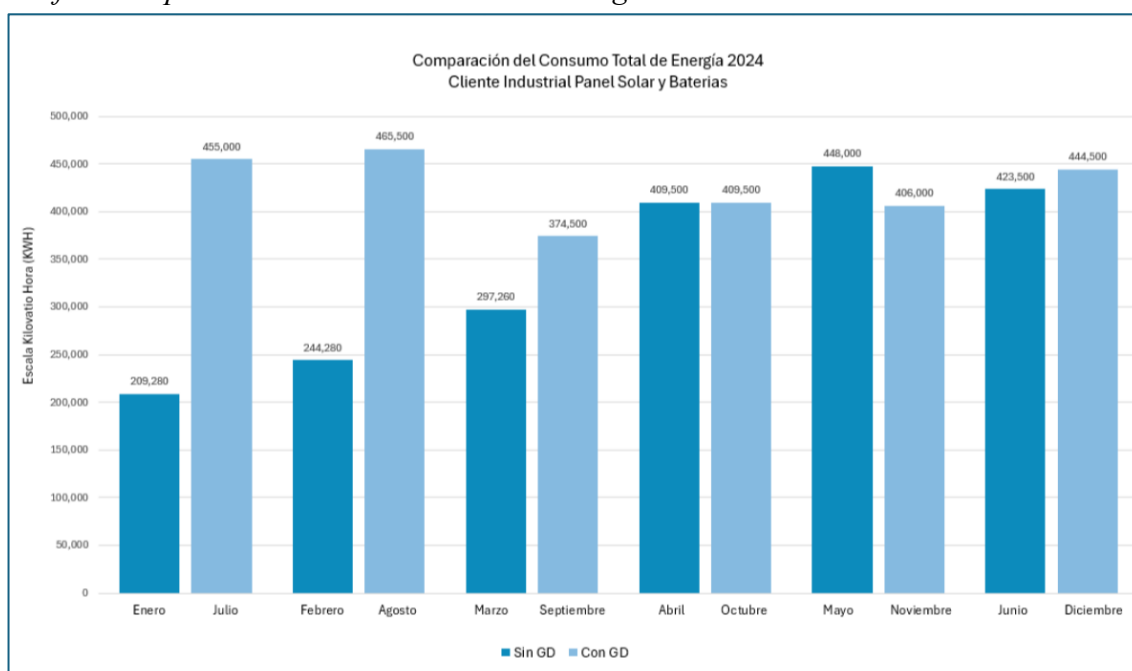


Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

En la figura 40 se observa el comportamiento de la energía, por parte del cliente industrial, que en los meses de enero a marzo venía con un ascenso de energía exponencial. Entre abril y junio se aumenta el consumo, de una forma más rápida, es ahí donde la empresa analiza otras alternativas para bajar el consumo y buscan como opción el sistema de generación distribuida.

Figura 41

Gráfico comparativo del consumo total de energía 2024.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

A continuación, se puede analizar la diferencia del consumo de energía que se obtiene, según la figura anterior:

Consumo energía enero-junio: 2.031.820 Kwh.

Consumo energía julio-diciembre: 2.555.000 Kwh.

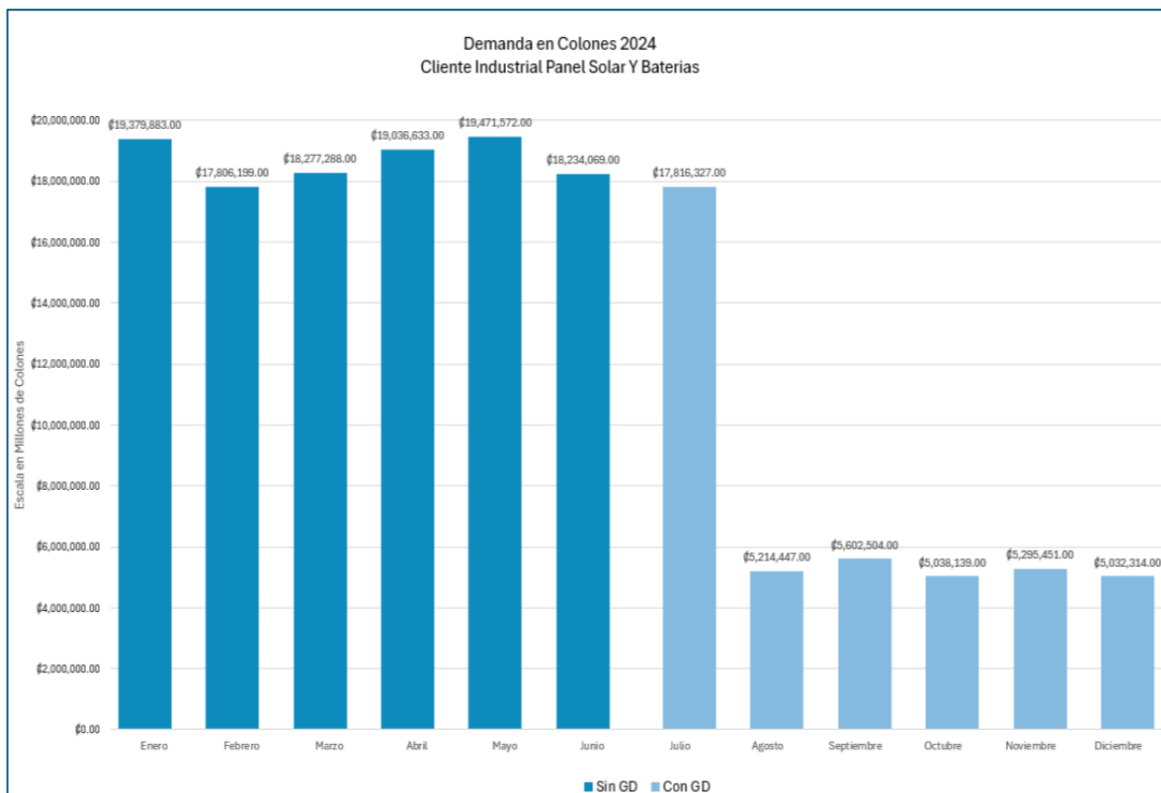
Diferencia en 6 meses: 523.180 kwh.

A pesar de que en la información anterior se puede ver un mayor consumo de energía en los meses de facturación con generación distribuida, después de junio 2024, el

monto económico es bajo por dos aspectos importantes: los cambios tarifarios antes y después de la generación, además de las baterías que ayudan a controlar la demanda en las horas de ausencia de sol, por eso la diferencia.

Figura 42

Gráfico demanda en colones 2024.

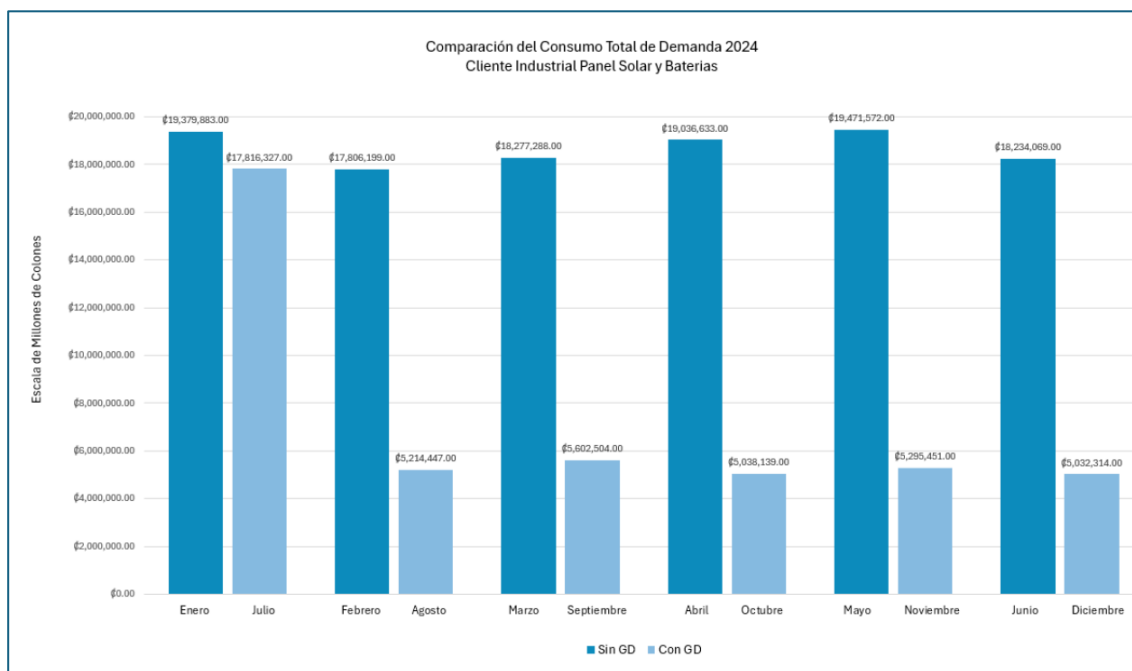


Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

En la figura anterior, se detalla una disminución de la demanda después de la implementación de generación distribuida con paneles solares y baterías.

Figura 43

Gráfico comparativo del consumo total de demanda 2024.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

A continuación, se puede analizar la diferencia del consumo de demanda obtenida, según la figura 43

Pago factura enero-junio 2024: 112.205.644 millones de colones.

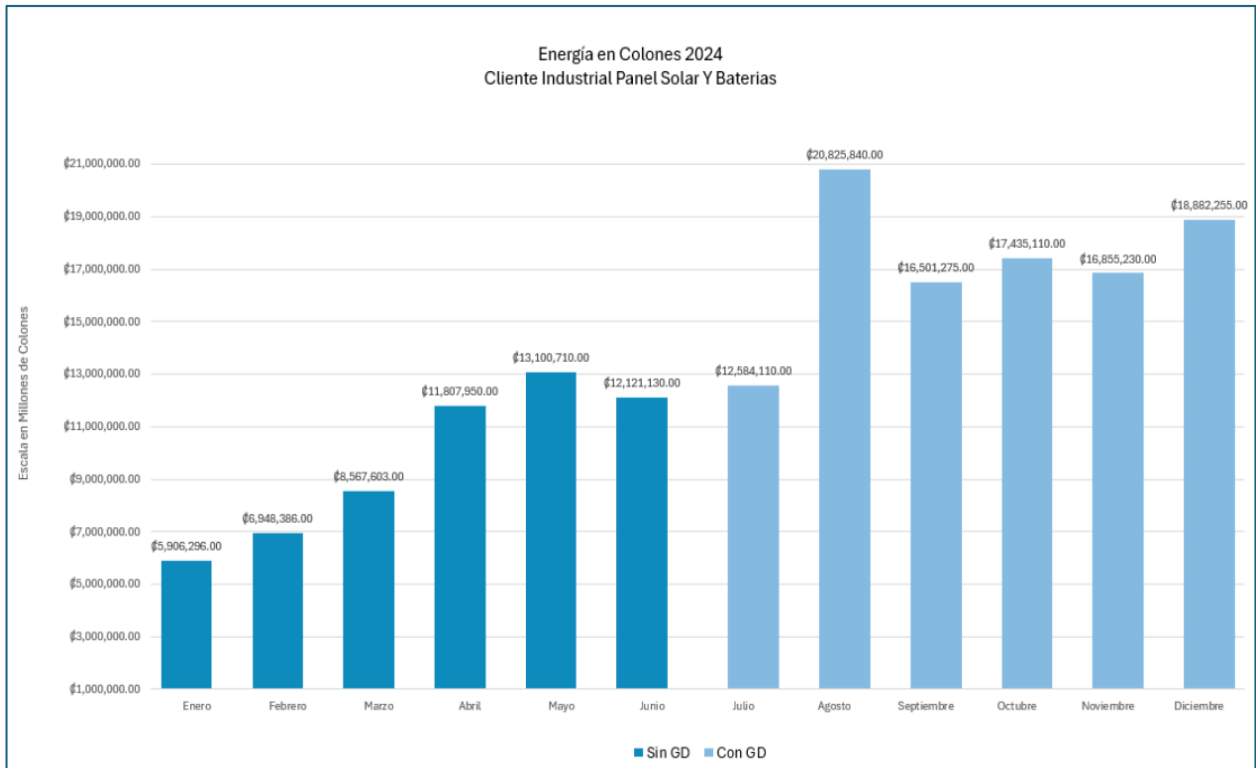
Pago factura junio-diciembre 2024: 43.999.182 millones de colones.

Diferencia en 6 meses: 68.206.462 millones de colones.

Una de las ventajas de este tipo de generación es que al aumentar la demanda, como se aprecia en las figuras anteriores, se puede notar que el monto económico baja de una forma considerable, ya que el hecho de almacenar la energía por medio de baterías brinda esta facilidad.

Figura 44

Gráfico de energía en colones 2024

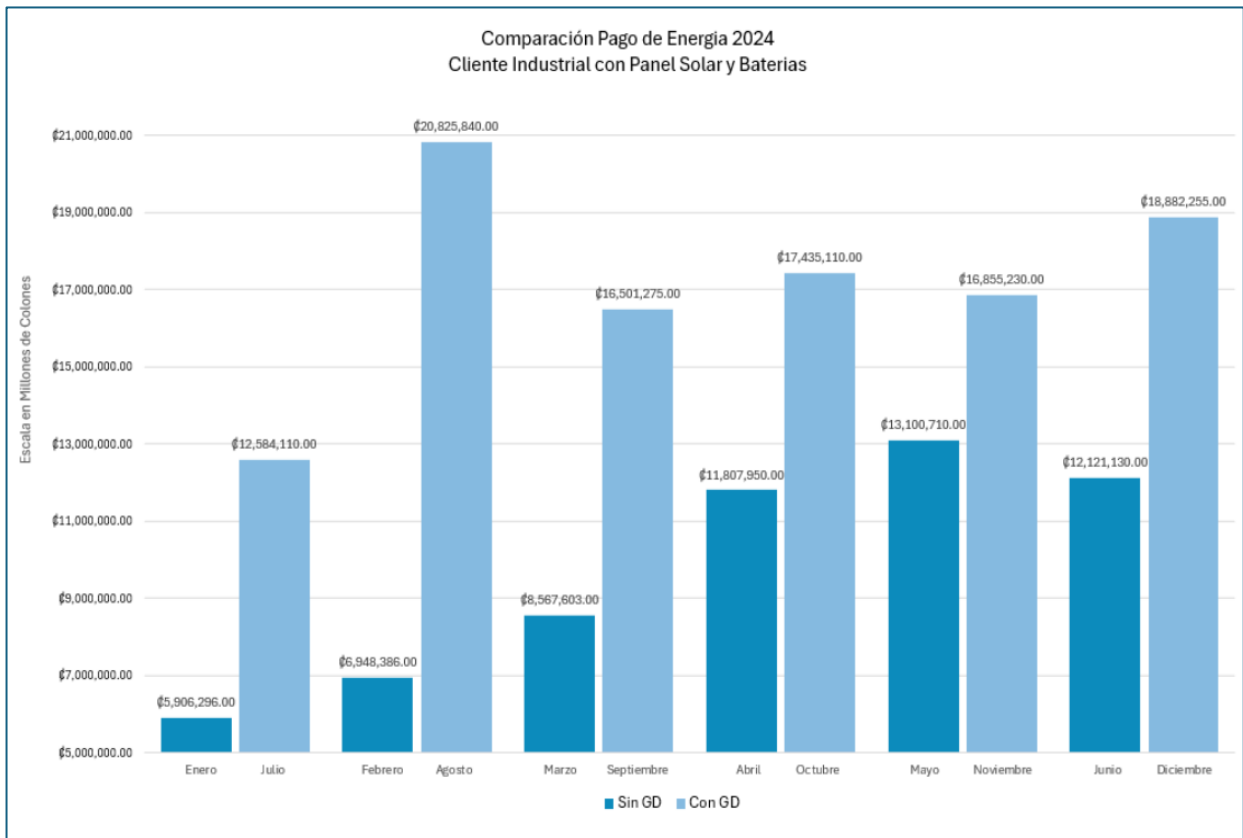


Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

En la figura anterior se observa un aumento de la energía después de la implementación de generación distribuida con paneles solares y baterías, debido a los cambios en las tarifas de cobro de energía.

Figura 45

Gráfico comparativo en pago de energía 2024.



Nota. Instituto Costarricense de Electricidad, 2024.

En la figura 45 se detalla un aumento de la energía, después de la implementación de generación distribuida con paneles solares y baterías, por los cambios en las tarifas de cobro de energía. Además, existe un aumento de la energía que se observó en las figuras anteriores.

Figura 46

Distribución de los paneles de la empresa No.2



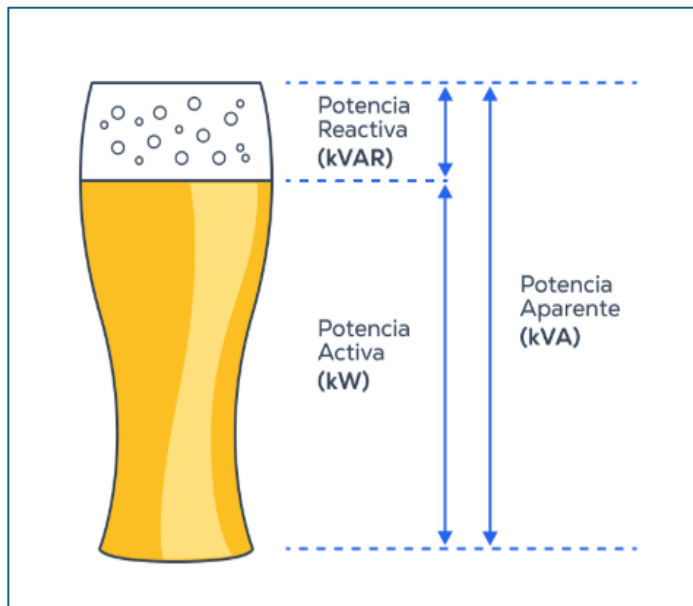
Nota. <https://maps.google.com>, 2025.

Dentro del análisis que se realizó con estas empresas, se pueden determinar varios factores que son objeto de atención para ver de qué manera se logra disminuir con la implementación de la generación distribuida.

Como punto número uno se puede mencionar el factor de potencia. En este apartado se observa, en las figuras, los recibos de facturación, detalle que se debe cuidar porque si se pasa de los límites puede provocar una sanción económica a la empresa, lo cual es perjudicial. Dicha situación se puede convertir en costos muy elevados y provocar una menor eficiencia. Este concepto se define como la relación de potencia activa y se encarga de convertir la energía eléctrica en acción y la potencia reactiva es la energía almacenada que se devuelve a la fuente durante cada ciclo de corriente alterna y no se puede convertir en trabajo, además se utiliza para generar campos electromagnéticos necesarios para funcionar en ciertas cargas.

Figura 47

Representación gráfica de los componentes que determinan el factor de potencia.



Nota. <https://traction.com/es/blog/que-es-el-factor-de-potencia-y-cual-su-impacto-en-los-activos-industriales>.

En relación con el concepto del factor de potencia, se indica si el sistema está funcionando de la mejor manera, así se puede decir, con respecto a la figura, que la potencia aparente es mayor que la activa, entonces el factor de potencia es menor que uno y cuanto más cerca de uno, es mayor la eficiencia del sistema. Si este valor es mayor que uno; la mayor energía se convierte en trabajo y si el factor es mucho menor que uno o muy bajo, la energía no se está utilizando de la manera más efectiva.

Otro factor por mencionar es la falta de gestión energética, según lo explica el director de ventas a canales para Schneider Electric, Tomas Vázquez (2024), explicó:

Hoy día, el 25% de los sistemas de administración de energía tienen configuraciones obsoletas, lo que pone en riesgo la supervisión y el control de la red eléctrica. Entre el 10% y el 15% de los dispositivos de un sistema tradicional de administración de energía están llegando al final de su ciclo de vida de soporte,

y más del 15% de las instalaciones tienen problemas de calidad de energía que pueden provocar daños en los equipos y tiempos de inactividad inesperados (Delfino, 2024, párr. 5).

Con lo anterior, al implementar la digitalización e identificar los equipos o los procesos de producción, se ayuda a controlar y monitorear los aspectos que estén relacionados con las operaciones industriales y se trata de identificar los consumos que no son detectables.

El aprovechar la generación distribuida le da una cierta independencia del proveedor eléctrico, ya que en ciertos lapsos se puede utilizar lo que se genere en el momento o cuando se tiene la modalidad de batería, utilizarla cuando le convenga en los procesos de producción.

Otro factor que determina el alto consumo de un cliente industrial son las tarifas por horarios o bloques de consumo, en donde, depende del proceso que realice el cliente, se verá afectado por solo el consumo de la energía o por de la demanda. También se debe tener en cuenta las fluctuaciones del costo de la energía, en tiempo de producción con combustibles. Al tratar de bajar costos es donde se da la iniciativa de pensar en generación distribuida y aquí se hace mención que la inversión de este tipo de tecnología, al principio, es muy alta.

El siguiente factor que afecta el alto consumo es la eficiencia energética. Es muy importante tener cuidado o poner atención a los motores que se vayan a utilizar en los procesos que se necesiten, también contemplar que, dependiendo del cliente industrial, se pueda requerir cuartos de refrigeración para algo en específico y cierta cantidad de aires acondicionados, además de pensar en una caldera, si se necesita algún calentamiento para un proceso.

En cuanto al estudio de las baterías se podría mencionar que no se debe usar el 100% de la batería por un tema de seguridad y no es conveniente permitir que se descargue. Resulta conveniente dejar un margen de un 65 %.

A continuación, se analiza un banco de baterías y una proyección estimada de la durabilidad. Algunos datos se tomaron de páginas de acceso público y recomendaciones de estudios. También se debe mencionar que varios datos se pusieron en promedio, ya que las variables de tiempo de entregas, pesos de los objetos, costos de envío no se tomaron en cuenta, por temas de confidencialidad; así mismo se hizo una estimación para trabajar 30 días al mes por año.

Dentro del estudio se debe estimar como optimizar la generación distribuida, las franjas horarias de estos sistemas industriales, además de contemplar con cuidado los tiempos que tiene cada uno. Estos tiempos serían:

- Punta (valor más caro de la energía, y es donde se carga la batería y además para autoconsumo).
- Valle (es donde se entrega y carga la batería).
- Nocturno (la idea es bajar los Kwh en la energía en caso de cargar la batería).

Tener en cuenta que estas tarifas pueden variar, tanto hacia arriba como hacia abajo y es algo que con el tiempo no se puede predecir.

A continuación, se muestran una serie de cuadros de construcción propia que reflejan la viabilidad, rentabilidad e impacto del uso de paneles solares con baterías en la empresa de estudio.

Empresa N.2

Ciclos Baterías
6000 al 100 %
6000 al 35% Seguridad= 2100
6000+2100= 8100
8100 / 365 días= 22.2 años

Cálculo Batería
500 kwh al 100 %
500 al 65% seguridad= 325 Kwh
325 de una forma segura

Horario Punta son 5 h Demanda
$325 / 5 = 65 \text{ Kwh}$
$(987 \text{ punta recibo} / 5) 197.80 - 65 = 132.8 \text{ Kw}$
$132.8 \times 3245.61 \text{ (precio punta)} = 431\,017.09 \text{ mil nuevo precio con batería}$

Horario Noche 10 h Demanda
$1099 + 32.5(325 / 10) = 1131.5 \text{ Kw}$
$32.5 \times 1451.93 \text{ (precio noche)} = 47\,187.72 \text{ consumo dura carga batería}$

Diferencia Precio energía entre punta y noche (donde se utiliza más las baterías)
$110.52 - 24.39 = 86.13$
$86.13 \times 325 \text{ Kwh} = 27\,995 \text{ colones diarios}$
$27\,995 \times 30 \text{ días} = 839\,850 \text{ colones mensual}$

Precio por hora de la batería punta Demanda
$3245.61 \times 65 \text{ Kwh} = 210\,925 \text{ mil}$

Diferencia Precio Mes entre noche y punta en Demanda
$210\,925 - 47\,187 = 163\,738 \text{ mil}$
$163\,738 + 839\,850 = 1\,003\,588$
$1\,003\,588 / 510 = 1970 \text{ dólares}$

Precio Total Proyecto
Sistema solar + Baterías +Trámites
$290000 + 210000 + 50000 = 550000$ dólares
Relación Tiempo
Monto total proyecto / Ahorro mensual
$550000 / 1970 = 279.18$ meses
$279.18 / 12 = 23.2$ años

Según el resultado de este estudio, se contempla un periodo de 23.2 años para poder recuperar la inversión, siendo este tiempo de bajo rendimiento, debido a que el porcentaje del banco de batería disminuyó.

En el caso contrario, si se aumenta el porcentaje del banco de la batería, el período se reduce significativamente.

Cabe mencionar, que se utilizó un banco de batería industrial muy grande, debido a los altos requerimientos energéticos de la empresa, por tanto, se alarga más el tiempo de recuperación de la inversión, es decir, entre más grande la empresa más honerosa la inversión para desarrollar el proyecto, pero a la vez, se reflejaría en mayores ganancias.

Capítulo 5. Conclusiones

El mercado eléctrico ha cambiado, a lo largo del tiempo. En la actualidad, han tomado fuerza las energías renovables, de manera que la generación distribuida por medio de paneles solares y baterías se ha incrementado, a nivel mundial.

Con ello, los sistemas de almacenamiento que no solo se utilizan para este tipo de generación, pues las industrias en busca de la eficiencia y aprovechamiento de recursos, emplean cada día más el almacenamiento de energía, beneficiándose con la baja de los costos en las tarifas eléctricas para realizar recortes de picos en consumos con arbitrajes tarifarios.

Costa Rica se ubica en una zona cálida del Hemisferio Norte, cerca del Ecuador. Los trópicos son comúnmente conocidos por ser calientes y húmedos así que se espera que haya una alta intensidad de sol, la cual es más grande cerca la línea del Ecuador.

El país por su terreno montañoso tiene mucha varianza climática, especialmente en lo referente a temperaturas, según su altura a nivel del mar. Las difíciles formas del país tienen llanuras, grandes montañas, mesetas y valles; estos son claves en la luz que toca la tierra del país en todo momento del año. A pesar de estos cambios, Costa Rica puede hacer mucha energía eléctrica con el sol durante el año porque recibe bastante radiación del sol que puede ser usada de esta manera.

Según el estudio de esta investigación, también se puede mencionar la generación distribuida con paneles solares, que está marcada por las dos épocas del año en Costa Rica, como lo es el verano que empieza de diciembre hasta abril, en estos meses la radiación directa es la más provechosa para generar energía de autoconsumo, en cambio,

en la época de invierno, de mayo a noviembre, la radiación solar que se aprovecharía sería la difusa, en donde se sacarían mejores rendimientos a la generación distribuida.

En particular se puede indicar que el desarrollo de los sistemas solares fotovoltaicos ha demostrado ser una industria madura, con tecnología avanzada, de fácil instalación, con una vida útil en los paneles solares superior a los 20 años y con bajos costos de mantenimiento y cada año menores costos de instalación, lo que hace que día con día más abonados quieran incursionar en este campo. Además, que, con el paso del tiempo, esas incógnitas se pueden ir dando a la baja y sacar más provecho al sistema fotovoltaico.

Los sistemas de almacenamiento pueden generar beneficios más allá de la visualización de su utilidad común, convirtiéndose en una tecnología con un papel importante en varios campos. Al respecto, Mayoral (2019), explica que la tecnología de almacenamiento de energía puede desempeñar un papel prominente en la cadena completa desde la generación, transmisión y distribución hasta el usuario final. La utilización del almacenamiento de energía a gran escala puede ayudar a pasar de la generación centralizada a la distribuida, lo que ofrece varios beneficios, como aumentar el acceso a la energía y la disponibilidad en áreas remotas, calidad, confiabilidad, seguridad energética y mejor rendimiento.

Los paneles solares que se configuren para que estén en zonas de alto potencial, para la producción de energía fotovoltaica, es decir, en zonas con altas incidencias de radiación solar, pueden ayudar a bajar los tiempos de retribución de energía, a su vez esto provoca que el sistema sea visto como algo más sostenible y rentable, caso contrario que las zonas elegidas sean lugares no muy productivos a la exposición solar, pues llevarían más tiempo para extraer al máximo el provecho necesario.

La utilización de esta tecnología es de mucho cuidado porque antes de instalar los dispositivos de generación distribuida se deben realizar los estudios específicos para determinar el respaldo mínimo necesario que pueda garantizar la estabilidad del sistema, ante el incremento de la capacidad de la generación distribuida y poder limitar los niveles máximos que sean aceptables para el sistema. Dentro del marco regulatorio presente existen ciertos límites con la propuesta de la neta completa en este caso porque la venta de excedentes tiene dependencias ajenas a la ley como lo son; la capacidad del circuito y la ubicación de la zona, aquí lo más rentable es el autoconsumo diario que se pueda aprovechar al máximo.

Si no se tiene un control de las instalaciones de la generación distribuida, por parte de los usuarios finales, se puede llegar a impactar al sistema eléctrico nacional, al incluir mucha energía a la red, pues se puede ver afectada por las variaciones de frecuencia y desestabilizar la red en lugar de fortalecerla. Este modelo de generación también busca que el sector industrial logre prevenir riesgos asociados a futuras alzas de las tarifas y a las interrupciones de servicios, por un tema de avería por parte de la empresa distribuidora, lo cual colabora a que se piense en ventajas competitivas sostenibles.

Uno de los aspectos que se observó en el transcurso de la investigación es que, a nivel de empresas industriales, muchas ya tienen instalados paneles solares; sin embargo, existe una legislación de la nación para poder instalar y brindar a la empresa suministradora de energía, en este caso el ICE, la información al respecto, esto quiere decir que gran parte del parque de las industrias ubicadas en el Coyol no están en regla ante esta ley y están a la espera de que se realice el fallo correspondiente. Es importante hacer mención porque, en realidad, no existen empresas al día con el ICE en esta tercera etapa y la nueva legislación.

Otro aspecto importante que se debe mencionar es que al momento de realizar esta instalación de paneles solares se debe contemplar aspectos como la superficie y el ambiente del lugar para hacer una concentración mayor de energía solar en los paneles fotovoltaicos. Si bien es cierto, el día tiene 12 horas de luz, aproximadamente, pero no garantiza que de ese total se aproveche el máximo. Según los estudios que se han analizado en este documento, las horas de captación más fuertes se dan entre las 09:00 a.m. y 15:00 p.m., en un día que se considere perfecto, en este caso épocas de verano, pero en invierno el panorama cambia porque esa brecha se reduce mucho más y son los puntos que se deben analizar antes de realizar la inversión.

En esta investigación es muy importante mencionar que la utilidad del análisis no vendrá a decir si el proyecto es viable o no, pues va a depender de muchos factores porque también se debe comentar la capacidad del proceso que esté realizando la empresa y ver si le resulta por temas de consumo y demanda, lo que si se busca con esto es dar opciones al mercado industrial y fomentar la utilidad de este recurso ilimitado y gratuito como la fuente principal para obtener la energía, el sol.

Dentro del análisis de la investigación, para los clientes industriales que tengan altos consumos de demanda y cuenten con paneles solares y baterías en conjunto; puede ayudar a disminuir los costos por rubro de demanda en la facturación mensual. Los clientes pueden aprovechar en controlar con las baterías y no tendrían que preocuparse si la demanda ocurre en un periodo (mañana, tarde, noche) determinado. Aquí se aprovecharía al máximo la radiación solar, ya que además de generar diariamente, se puede almacenar para aprovechar dentro del perfil de carga que se este realizando. Por el tipo de sistema de tarifas (punta, valle y nocturno) que existen en el modelo de baterías es mucho más rentable este sistema para mejorar la facturación.

Cuando se piensa en la generación distribuida se debe visualizar que el proceso para iniciar el proyecto depende de muchos factores, en el caso presente de las condiciones regulatorias del Estado; donde menciona normas técnicas, políticas y leyes para buscar un beneficio para ambas partes.

Para realizar un análisis de las irradiaciones solares se utiliza la herramienta de simulación llamada Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) que es una calculadora online que sirve calcular la producción de energía solar fotovoltaica en distintas regiones, como se evidencia en las siguientes figuras.

Figura 48

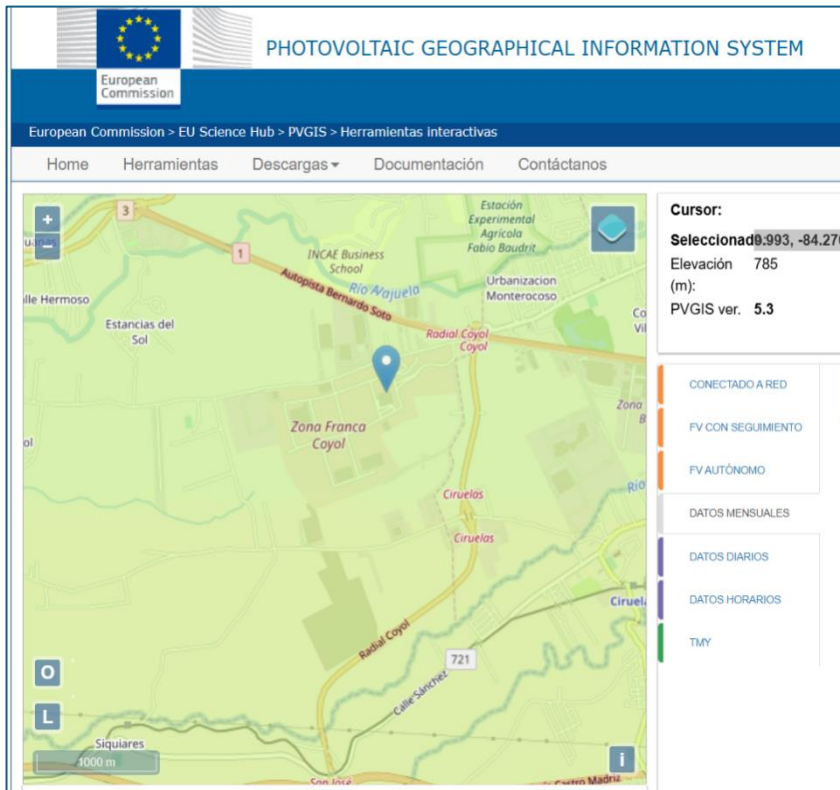
Simulador para determinar la georreferencia del lugar de estudio.



Nota. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#, Simulador PVGIS- ERA5, 2025.

Figura 49

Ubicación de la Zona Franca del Coyol, Alajuela, Costa Rica.



Nota. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#, Simulador PVGIS- ERA5, 2025.

Figura 50

Gráfica de la irradiación solar mensual horizontal (Kwh-metros al cuadrado) del año 2024 en la ubicación del Coyol, Alajuela, Costa Rica.



Nota. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#, Simulador PVGIS- ERA5, 2025.

Figura 51

Gráfica de la irradiación solar mensual directa (Kwh-metros al cuadrado) del año 2024 en la ubicación del Coyol, Alajuela, Costa Rica.



Nota. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#, Simulador PVGIS- ERA5, 2025.

Dentro del análisis de las irradiaciones en la zona industrial del Coyol, según el simulador PVGIS 5 se pueden deducir los siguientes aspectos:

En el año de estudio, en el mes de Abril (verano), se obtuvo la mayor irradiación horizontal y el mes más bajo fue noviembre (invierno). En la época de enero a mayo se tiene un ascenso en la radiación horizontal y de junio a noviembre un descenso y empieza el repunte en diciembre nuevamente, con lo cual se puede observar que a pesar de que la empresa empezó la instalación en las épocas bajas de producción solar, los números respaldan una reducción en las tarifas económicas y a su vez se puede proyectar una mayor ganancia para el verano, también se puede decir que estas radiaciones son aprovechadas por la forma directa, como dice la teoría, para la época de verano y también la radiación difusa que es la que se aprovecha en la época de invierno.

Mismo fenómeno se menciona en la siguiente figura, donde se habla de la radiación solar directa, es el mismo comportamiento y tiene las mismas variables y tendencias.

Cuando se habla de radiación solar los valores nunca serán constantes, ya que son incógnitas que no se pueden predecir. Otro factor importante es que la utilización de baterías sería de gran ayuda para el lapso del invierno, donde se puede almacenar esa energía para los momentos de alto consumo que no sean en el día, pues esto es otro elemento que se debe considerar porque no todas las industrias tienen el mismo proceso de demanda en el día y puede variar.

Otro aspecto que se puede deducir con la investigación es que una comparación entre el sistema de panel solar solo y panel solar con baterías, sería, en el primer caso el desperdicio de la electricidad que se produce no se consume porque la demanda es muy poca, también se puede dar que se consume electricidad, pero no haya luz solar por las

condiciones climatológicas. En el segundo caso se puede almacenar esa electricidad que no se consume en el momento y utilizarla para cuando se requiera.

Referencias

- Academia Lab.** (2024). *Estadística alemana de fuentes de energía renovable*. Diciembre 2010.
- Acosta, Z.** (2009). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa* (p. 73). Facultad de Medicina, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.
- Anaya, K. L., & Pollitt, M. G.** (2014). *Integrating distributed generation: Regulation and trends in three leading countries*. University of Cambridge.
- Castejón, A., & Santamaría, G.** (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Editek.
- Chanto, F. J.** (2005). *Gestión energética y los programas de uso eficiente de la energía para la Industria*. San José, Costa Rica.
- Chen, H., Cong, T. N., Yang, W., Tan, C., Li, Y., & Ding, Y.** (2009). Progress in electrical energy storage system: A critical review. *Progress in Natural Science*, 19(3), 291–321. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2008.07.014>
- Climate, Consulting by Selectra, & Caballero, A.** (2025). Componentes del inversor solar. Consultado el 19 de noviembre de 2024.
<https://climate.selectra.com/es/placas-solares/componentes/inversor>
- Delfino.cr.** (2024). *Sector industrial requerirá sistemas de gestión energética eficientes y confiables para ser más sostenible*. Consultado el 06 de julio de 2024.
<https://delfino.cr/2024/07/sector-industrial-requerira-sistemas-de-gestion-energetica-eficientes-y-confiables-para-ser-mas-sostenible>
- Enriquez, G.** (2009). *Tecnologías de generación de energía eléctrica*. Camión Escolar.

- Growatt New Energy Co., Ltd.** (2018). *MIN 2500 TL XH Hybrid Inverter: User Manual* [Guía rápida de instalación y operación]. Shenzhen, China.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P.** (1991). *Metodología de la investigación: conceptos y técnicas* (p. 62). McGraw-Hill.
- Hestin, M., & Monier, V.** (2011). Study on photovoltaic panels: Supplement the impact assessment for a recast of the WEEE directive (No. ENV.G.4/FRA/2007/0067). París, Francia.
- Itron Inc.** (2010). *Impacts of Distributed Generation: Final Report* (Tabla 3-3). Prepared for California Public Utilities Commission, Energy Division Staff. Davis, CA. R Consultado el 10 de enero de 2025. <https://studylib.net/doc/25472081/solar-evals-impactsofdistributedgenerationreport-2010-1->
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).** (2020, 17 de diciembre). *Alcance N.º 332 Gaceta No. 295: Disposiciones generales sobre bloques de consumo monómico y binómico para tarifas T IN, T CO y T CS*. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional.
- ICE** (2025). *Condiciones técnicas para la interconexión de recursos distribuidos para autoconsumo*. https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/9ca6d60d-591c-49dd-8f549ac10cb4a9ab/Ley_10086_Promocion_regulacion_recursos.pdf?...
- IEEE** (2018). *Boletín Técnico IEEE 1547 2018 UL 1741 SB*. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers.** (2020). *IEEE Std 1547a-2020: Amendment 1 – Adopting Abnormal Operating Performance Category III (Suplemento A)*. IEEE.
- Ingenierizando.** (2025). Efecto fotoeléctrico. Consultado el 30 de abril de 2025. <https://www.ingenierizando.com/electronica/efecto-fotoelectrico/>

NenPower. (2024). *What role does a solar inverter play in the overall efficiency of a solar power system.*

Ovalle Cubillos, R. (2014). Sociedad fotovoltaica. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-33052014000100001>

RIE – Revista de Ingeniería Energética. (s.f.). Estado actual y perspectivas futuras del crecimiento de la generación distribuida. Consultado el 19 de marzo de 2025.
<https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

Renovables Verdes. (2025). Cómo se mide la radiación solar y los instrumentos clave para su análisis. Recuperado de <https://www.renovablesverdes.com/como-se-mide-la-radiacion-solar-y-los-instrumentos-clave-para-su-analisis/>

Ruiz, J. (2023). *Análisis viable: el diseño de una estación de carga para autos eléctricos utilizando paneles solares conectados a la red, en el edificio de estacionamientos del nuevo centro regional universitario de San Miguelito, de la Universidad de Panamá* [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Consultado el 28 de febrero de 2025. <https://repositorio.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/25fec385-5cc5-4967-bb40...>

Sistema para la evaluación de parámetros eléctricos de micro inversores de sistemas fotovoltaicos (2017) [Trabajo de investigación, TEC, Costa Rica].

SotySolar. (2022). Las baterías en una instalación fotovoltaica. *SotySolar*.
<https://sotysolar.es/blog/bateria-solar-instalaciones-fotovoltaicas>

Sunworth Solar. (2023). *The composition and function of polycrystalline solar panel.*

Tecnológico Nacional de México. (s.f.). Repositorio digital: Proyecto de generación distribuida. Consultado el 07 de mayo de 2025.
<http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2561>

Tractian. (2025). Qué es el factor de potencia y cuál su impacto en los activos industriales.

Recuperado de <https://tractian.com/es/blog/que-es-el-factor-de-potencia-y-cual-su-impacto-en-los-activos-industriales>


Universidad Autónoma de Bucaramanga. (2012). *Análisis técnico-financiero de las alternativas para la implementación de un sistema de generación de energía para las estructuras de fuerza y control de la estación Pozo Serafín I en la conexión con el gasoducto Ballenas de Barrancabermeja* [Tesis de especialización, Universidad Autónoma de Bucaramanga].

Apéndices

Apéndice 1. Cuadro comparativo sobre las Normas para la instalación de generación distribuida

COMPARACION DE LAS NORMAS IEEE 1547 / UL 1741		
Parámetros	IEEE 1547	UL 1741
Categoría	Técnica (interconexión y operación con la red)	Certificación de equipos (seguridad y conformidad técnica)
Finalidad	Establecer requisitos de interconexión y operación segura	Verificar que los equipos cumplan con los requisitos mediante pruebas
Ámbito	Sistemas de generación distribuida (DER) conectados a la red	Inversores, convertidores, controladores, sistemas de interconexión
Puntos fundamentales	Voltaje, frecuencia, anti-isla, respuesta dinámica	Pruebas de conformidad: operación en isla, soportes de tensión y frecuencia
Enfoque en la red	Comunicación, soporte de red, estabilidad del sistema	Validación del equipo frente a condiciones reales de red
Dispositivo de control voltaje y potencia	Requerido para ayudar a estabilizar la red	Validado en laboratorio si el equipo cumple con esta capacidad
Interconexión y Comunicaciones	Definidas en IEEE 1547-2018	No define protocolos, pero valida funcionalidades comunicadas
Empleo en proyectos industriales	Diseño e ingeniería del sistema completo	Selección y adquisición de equipos certificados
Consistencia	Requiere equipos compatibles certificados bajo UL 1741-SA	Certifica que un equipo cumple con IEEE 1547-2018

Apéndice 2. Guía temporal para el proceso de solicitud instalación de Recursos Energéticos Distribuidos a partir de fuentes renovables, en la red de distribución eléctrica del ICE

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-PR-21-001
			Versión: 2.1
	Guía temporal para el proceso de solicitud instalación de Recursos Energéticos Distribuidos a partir de fuentes renovables, en la red de distribución eléctrica del ICE.		Rige a partir de: 15/08/2023
	Formato Elaborado por:	GDO – Recursos Distribuidos	Código SIG Documento Matriz: N/A
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo		

INTRODUCCIÓN

Esta guía establece los requisitos y procedimientos temporales para gestionar solicitudes de interconexión de recursos energéticos distribuidos (DER) en la red de distribución del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)

Conforme la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), publique los instrumentos regulatorios que la legislación del tema demanda, estas disposiciones se irán ajustando hasta completar los requerimientos de ley.

Tiene como fin desarrollar "las condiciones necesarias para promover y regular, bajo un régimen especial de integración eficiente, segura y sostenible, las actividades relacionadas con el acceso, la instalación, la conexión, la interacción y el control de recursos energéticos distribuidos basados en fuentes de energía renovables", procurando la seguridad de los trabajadores, clientes y equipos de la empresa distribuidora, en cumplimiento con la legislación nacional y los acuerdos creados por la Gerencia de Electricidad.

ALCANCE

Este documento es aplicable para los abonados clientes del ICE Electricidad quienes tengan intención de interconectar un DER a la red de distribución del ICE, Generación Distribuida para Autoconsumo (GDA) en la modalidad con entrega de excedentes y sin entrega de excedentes y/o un Sistema de Almacenamiento con Baterías, en adelante conocidos como DER.

DOCUMENTOS APLICABLES

Código	Nombre
LEY 10086	PROMOCIÓN Y REGULACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES.
DECRETO EJECUTIVO 43879 – MINAE	REGLAMENTO A LA LEY DE PROMOCIÓN Y REGULACIÓN DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES, NO 10086 DEL SIETE DE ENERO DEL 2022.
RE-103-IE-2023/ ET-047-2023	ESTUDIO ORDINARIO DE OFICIO PARA APLICACIÓN POR PRIMERA VEZ DE LA METODOLOGÍA TARIFARIA DEL CAPITULO 1: MÉTODO DE CALCULO PARA LA FIJACIÓN DE LOS CARGOS DE INTERCONEXION A LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN APLICABLE A LOS RECURSOS EN CUMPLIMIENTO DE LO DISPUESTO EN LA RESOLUCIÓN RE-0076-JD-2023
RE-104-IE-2023/ ET-048-2023	ESTUDIO ORDINARIO DE OFICIO PARA APLICACIÓN POR PRIMERA VEZ DE LA METODOLOGÍA TARIFARIA DEL CAPITULO 2: MÉTODO DE CALCULO PARA LA FIJACIÓN DE LA TARIFA DE ACCESO A LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN POR PARTE DEL GENERADOR DISTRIBUIDO" EN CUMPLIMIENTO DE LO DISPUESTO EN LA RESOLUCIÓN RE-0076-JD-2023
RE-105-IE-2023/ ET-049-2023	ESTUDIO ORDINARIO DE OFICIO PARA APLICACIÓN POR PRIMERA VEZ DE LA METODOLOGÍA TARIFARIA DEL CAPITULO 3: MÉTODO DE CALCULO DE LA TARIFA COMPRAVENTA DE EXCEDENTES Y RECONOCIMIENTO ECONÓMICO ENTRE EMPRESAS DISTRIBUIDOAS, ASI COMO POR PARTE DE LOS GENERADORES DISTRIBUIDOS A LA EMPRESA DISTRIBUIDORA" EN CUMPLIMIENTO DE LO DISPUESTO EN LA RESOLUCIÓN RE-0076-JD-2023
RE-106-IE-2023/ ET-050-2023	ESTUDIO ORDINARIO DE OFICIO PARA APLICACIÓN POR PRIMERA VEZ DE LA METODOLOGÍA TARIFARIA DEL CAPITULO 4: MÉTODO DE CALCULO PARA EL RECONOCIMIENTO DE LOS COSTOS, RENTABILIDAD, INVERSIONES Y CANOS EN QUE INCURREN LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS PARA LA INTEGRACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDO AL SEN" EN CUMPLIMIENTO DE LO DISPUESTO EN LA RESOLUCIÓN RE-0076-JD-2023
RE-0095-JD-2023 / OT-132-2023	PROCEDIMIENTO DE CAPACIDAD DE PENETRACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS POR CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN QUE SE INTEGRAN CON LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DEL SEN

PROCEDIMIENTO

1. SOLICITUD DE INTERCONEXION A LA RED DE DISTRIBUCIÓN CON UN RECURSO ENERGÉTICO DISTRIBUIDO GD01 (ETAPA1).

En esta etapa se verifica la capacidad de alojamiento de Recursos Distribuidos (DER¹) en los circuitos de distribución para que los clientes tengan la posibilidad de interconectar su DER al SEN². La revisión se efectúa para determinar si los clientes pueden continuar o no con el resto del proceso.

Por tanto, el abonado del servicio eléctrico previo a efectuar algún pago debe consultar si existe potencia disponible en el circuito³ para alojar Recursos Distribuidos sin afectar la calidad de la red de distribución y esperar a la respuesta de parte de la empresa eléctrica, de ser positiva, debe de **presentar el formulario "solicitud de interconexión de un DER con la red de distribución GD01 DC-03-FO-21-001"** para continuar con su trámite.

Para este **periodo transitorio**, los circuitos "habilitados" serán los que posean menos del 15% de la potencia en generación distribuida instalada con respecto a la demanda máxima anual de potencia del circuito. Siendo su diferencia, la disponibilidad de potencia a otorgar para el acceso recursos distribuidos en modalidad con entrega de excedentes.

Los circuitos cuya capacidad de hospedaje de DER ha llegado a su valor máximo permitido por circuito, entrarán en la condición "en estudio", de la cual, se priorizará el análisis correspondiente para verificar la capacidad real de penetración de recursos distribuidos en el circuito, y a su vez iniciar con el proceso de adaptación con el fin de permitir una mayor inclusión.

En los circuitos "en estudio", **se permitirán** la interconexión de sistemas en modalidad sin entrega de excedentes (Cero Inyección) de acuerdo con lo establecido en el "procedimiento de capacidad de penetración de recursos distribuidos por circuito de distribución"⁴ establecido por la ARESEP.

La agencia responderá, según la situación actual del circuito con una nota formal de respuesta homologada, nombrada "Respuesta Solicitud de Potencia para Recursos Distribuidos", de las cuáles serán las siguientes:

- a) Si el circuito **no** tiene la capacidad de potencia para interconexión de sistemas de generación distribuida, en esta condición, únicamente se permite es la modalidad **sin** entrega de excedentes. El ICE no se hace responsable cualquier inversión o gasto que realice previamente.

¹ Distribution Energy Resources

² Sistema Eléctrico Nacional

³ El nombre del circuito que alimenta al abonado viene en el recibo de facturación de la electricidad.

⁴ Alcance N°174 de La Gaceta N°169 del 14 de setiembre de 2023

- b) Si el circuito tiene capacidad de potencia para la interconexión de los DER propuestos por el cliente, el ICE comunica para que proceda a realizar el pago correspondiente a la tarifa de interconexión establecida por la ARESEP⁵, presente el comprobante respectivo y continúe con el trámite. Cabe indicar, que la capacidad solicitada en el circuito **se estará reservando por un plazo máximo de tres meses contados a partir de la fecha de notificación**. Si el potencial productor/consumidor vencido este plazo no ha continuado con el trámite, **se estaría liberando la capacidad reservada**, sin que esto genere ninguna responsabilidad para la empresa distribuidora. En esta condición el abonado podrá interconectar su sistema en ambas modalidades, es decir, con y sin entrega de excedentes.
- c) Si el circuito **no** tiene capacidad de potencia suficiente para la interconexión de DER propuestos por el cliente, pero existe disponibilidad parcial, el ICE comunica la capacidad remanente de potencia disponible, en condición de que desee utilizar la modalidad CON entrega de excedentes, para que el cliente pueda tomar la decisión de ajustar la potencia solicitada, presente de nuevo el formulario GD01 con la nueva potencia, realice el pago, presente el comprobante respectivo y continúe con el trámite.
- d) A partir de la publicación del RE-0095-JD-2023 / OT-132-2023 se otorga a las empresas al ICE Distribución un plazo máximo de 24 meses para realizar los análisis, estudios, simulaciones y modelaciones para implementar el procedimiento definido por la ARESEP para tal fin, y para poner a disposición en el sitio web de la empresa distribuidora la capacidad de penetración de DER en todos sus circuitos.
- e) Cabe indicar que para las condiciones b y c, la reserva de capacidad de potencia se asignará hasta que se presente el comprobante de pago respectivo⁶.
- f) En los casos en que el cliente realice el depósito al ICE, dada la disponibilidad de potencia, en el detalle de este deberá indicar el motivo y el número de NISE correspondiente.

Gestión realizada por parte del ICE, incluida dentro del cobro para ETAPA 1:

- a) Revisión de requisitos administrativos y verificación del pago mediante el recibo especial de dinero (RED).
- b) Inspección en sitio por parte del área técnica.

⁵ La tarifa de interconexión será cobrada una vez sea publicada en La Gaceta.

⁶ Pagos aplican hasta que ARESEP defina tarifas para DER

- c) Análisis de la capacidad de hospedaje para recursos distribuidos para viabilidad de interconexión⁷.
- d) Levantamiento de observaciones generales (eventuales problemas observados o requerimientos de adecuación de la red), consignadas en la GD01.
- e) La revisión técnica documental de la etapa 2.
- f) Valoración de la prórroga cuando corresponda.

Información de entrada solicitada al cliente:

- a) Se debe de enviar a la agencia respectiva la consulta sobre la disponibilidad de capacidad de hospedaje a la agencia que corresponda, cercana al sitio donde se desea instalar el Recurso Distribuido.
- b) De acuerdo con la respuesta de parte del ICE basada en la condición del circuito, llenar el formulario GD01 y **además realizar el pago de tarifa de interconexión para la ETAPA1**⁸. Tomar en cuenta que para la solicitud es necesario contar con un historial de consumo de 6 meses como mínimo, en un servicio definitivo o bien presentar la memoria de cálculo de consumo proyectado según el perfil de carga estimado según lo solicitado en la declaración jurada DC-03-FO-21-004 en el momento que se solicite⁹. El centro de atención brindará nota de respuesta sobre la recepción de los documentos GD01.
- c) Por disposición de la empresa distribuidora y respetando el libre acceso controlado al SEN de los abonados, el cliente puede solicitar prórroga en una sola ocasión presentando Formulario GD01P DC-03-FO-21-005 en el caso de que se requiera una ampliación del plazo, de la cual gozarán abonados que hayan presentado conforme al menos el formulario GD02, de la misma forma, dado que la modalidad SIN entrega de excedentes no requieren disponibilidad de potencia, por lo no deberán presentar dicho formulario, sin embargo, deben dar aviso a la empresa eléctrica por los atrasos correspondiente.
- d) La reserva de capacidad¹⁰ para casos CON entrega de excedentes, se guardará por un período de tres meses, que podrá ser prorrogada por una sola vez, para lo cual el abonado deberá presentar la solicitud mediante el formulario GD 01P DC-03-FO-21-005, indicando los motivos por los cuales solicita la ampliación del plazo, el cronograma de tareas pendiente y fecha de conclusión, firmado por ingeniero incorporado al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.”

⁷ solo en modalidad con entrega de excedentes

⁸ Tarifa de Interconexión definida por la ARESEP

⁹ La declaración Jurada no será necesaria para clientes en modalidad con entrega de excedentes quienes posean un historial de al menos 6 meses de consumo.

¹⁰ Reserva de capacidad: Potencia de reserva de una planta DER, basada en un estudio de capacidad de alojamiento para recursos distribuidos en un circuito de distribución.

La solicitud prórroga del sistema G.D, deberá ser presentada con cinco (5) días hábiles de anticipación al vencimiento de los tres (3) meses otorgados, debiendo adjuntar la información de respaldo correspondiente, si no es presentado en el plazo establecido, el trámite se dará por terminado, sin embargo, el abonado podrá iniciar un nuevo trámite.

El ICE resolverá la solicitud de prórroga presentada por el abonado, dentro de los cinco (5) días hábiles, contados a partir de su presentación.

- e) La solicitud de ampliación del plazo prórroga del sistema G.D, deberá ser presentada con cinco (5) días hábiles de anticipación al vencimiento de los tres (3) meses otorgados, debiendo adjuntar la información de respaldo correspondiente.
- f) El ICE resolverá la solicitud de ampliación de plazo presentada por el abonado, dentro de los cinco (5) días hábiles, contados a partir de su presentación.
- g) Copia electrónica de comprobante de pago¹¹
- h) Documentos administrativos solicitados en el formulario GD01 DC-03-FO-21-001

Información de salida entregada por el ICE:

- a) Autorización o rechazo de la solicitud para reserva de capacidad en el circuito por un lapso de tres meses mediante una nota formal.
- b) Indicaciones de requerimientos de adecuación de la red cuando corresponda y especificaciones técnicas de los equipos de medición adjunta en segunda nota formal, posterior a la visita técnica.
- c) Montos por pagar en las demás etapas.
- d) Autorización o rechazo de la solicitud de prórroga cuando aplique.

Nota: Los costos de las etapas 1 y 2 han sido establecidos por la ARESEP en la tarifa de interconexión.

Duración etapa 1:

- a) El ICE resolverá dentro de un plazo de **10 días hábiles**, contados **a partir de la presentación de la solicitud de disponibilidad de potencia** por parte del abonado, **mediante el formulario GD01** Solicitud disponibilidad potencia red. (**)
- b) De no resolverse la gestión en los plazos anotados, **el ICE no deberá solicitar nuevamente la documentación aportada por el abonado**, ni el pago asociado a la reserva de potencia, de conformidad con la normativa aplicable.

¹¹ Cuando aplique

Información de entrada solicitada al cliente:

- a) Formulario GD02 (DC-03-FO-21-002)
- b) Declaración Jurada (DC-03-FO-21-004)¹⁴
- c) Fichas técnicas y verificación de certificación o correo ICE-LEE para el inversor
- d) Boleta de sellado CFIA
- e) Plano eléctrico visado
- f) Copia de carné del ingeniero a cargo
- g) GD01P DC-03-FO-21-005¹⁵
- h) Recibo de pago de tarifa de Interconexión rubro de ETAPA 2.

Nota 1: La responsabilidad del proyecto recae en el ingeniero responsable de emitir la declaración jurada según el formato DC-03-FO-21-004¹⁶.

Nota 2: El abonado podrá comunicar por única vez al ICE, un cambio de los equipos declarados en el formulario GD02. Solicitud estudio técnico para autorizar instalación recursos distribuidos, lo cual deberá realizar dentro de los **ocho días hábiles** previos, a la solicitud de presentación del formulario GD03. Solicitud inspección instalación recursos distribuidos. Sin embargo, el abonado comprende y acepta que, bajo ningún criterio, se podrá modificar la disponibilidad de potencia solicitada y aprobada.

Información de salida entregada por el ICE:

- a) Autorización o rechazo de la instalación del sistema

Costo: costo externo de la verificación documental del ICE-LEE (\$ 135)

Duración etapa 2:

El ICE resolverá dentro de un plazo de **10 días hábiles**, contados a partir de la presentación de la solicitud de estudio técnico, para la autorización de instalación recursos distribuidos mediante el formulario GD02.

De no resolverse la gestión en los plazos anotados, el ICE no deberá solicitar nuevamente la documentación aportada por el abonado, de conformidad con la normativa aplicable.

¹⁴ Se requiere declaración jurada para ambas modalidades dada al requerimiento de proyección de consumo entre otros requisitos.

¹⁵ Cuando aplique.

¹⁶ Aplicable para modalidades Sin entrega de Excedentes y con entrega de excedentes sin historial de los 6 meses de consumo previo.

3. SOLICITUD DE INSPECCIÓN PARA LA INSTALACION DE SISTEMA DE RECURSOS DISTRIBUIDOS GD03 (ETAPA 3)

Se verifica que se hayan realizado las gestiones relacionadas con los sistemas de medición y se realiza una inspección en campo para verificar si el sistema a interconectarse cumple con lo expuesto en la GD02 y declaración jurada presentada.

Gestión realizada por parte del ICE, incluida dentro del cobro:

- a) Verificar que el cliente haya realizado el trámite del medidor de producción con el Laboratorio de medidores del ICE y su inclusión al sistema.
- b) Verificar la comunicación con el medidor de lectura remota cuando corresponda.
- c) Verificar el pago que corresponde a la habilitación del medidor de facturación y de la inspección, mediante el recibo especial de dinero (RED)
- d) Verificar en sitio que todas las condiciones técnicas solicitadas se cumplan, incluyendo adecuaciones de la red y lo referente a sistemas de medición acorde a la normativa ARESEP. Se verifica la correspondencia del diseño incluyendo las protecciones, con respecto al campo. Para tal efecto el ICE notificará previamente al medio indicado por el abonado para recibir notificaciones, el día de la inspección.
- e) Revisión de la constancia de recibido del proyecto de parte del CFIA
- f) Instalación de los sistemas de medición

Información de entrada solicitada al cliente:

- a) Formulario GD03 DC-03-FO-21-003
- b) Constancia de recibido del proyecto de parte del CFIA
- c) Comprobante de pago inspección según lo establecido en la tarifa de Interconexión ETAPA 3
- d) Comprobante de pago de habilitación del sistema de medición

Información de salida entregada por el ICE:

- a) Nota de recepción de recepción de formulario en el que si indica fecha de visita técnica.
- b) Visto bueno para proceder a la firma del contrato de interconexión y cambio del sistema de medición.

Costos etapa 3:

El Cargo para etapa 3 de la tarifa de Interconexión

Habilitación del sistema de medición de facturación

Sistemas menores a 50 kVA que no requieran medición indirecta	€25 000 + €3 250 (IVA)= €28 250
Sistemas mayores a 50 kVA o que requieran medición indirecta	Se le enviará al cliente cotización por los servicios

Observaciones:

- a) El equipo de medición para la producción **será para ambas modalidades.**
- b) La modalidad con entrega de excedentes solamente estará disponible en zonas de concesión AMI en donde se pueda habilitar el uso de la plataforma o bien el cliente instale un medidor con comunicación 3G, además de que el circuito cuente con disponibilidad de potencia.
- c) El cliente debe aportar cuando se solicite el sistema de medición de producción cuando corresponda y seguir las instrucciones indicadas por el ICE en cuanto a sus especificaciones técnicas acorde con el proyecto, así como el proceso para su inclusión dentro del sistema de facturación.
- d) Para efectos de verificación del medidor, el cliente deberá remitir el informe de calibración vigente (documento escaneado o en formato PDF), emitido por el Área de Calibración de Medidores (ACME) del LEE del ICE o por el Laboratorio de Sistemas de Medición de Energía Eléctrica (LASIMEE) de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, vía correo electrónico a la siguiente dirección: icelee-acme@ice.go.cr, indicando el nombre de la persona que está realizando la gestión, número de cédula, nombre del cliente, número NISE, número de localización y número de caso. Con esta información, el ACME indicará si el certificado cumple con las condiciones requeridas, así como el equipo de medición.
- e) El cliente deberá coordinar una cita para la entrega del equipo a través del correo institucional icelee-acme@ice.go.cr, indicando la información arriba citada, con el fin de verificar la programación del equipo de medición.
- f) El costo de la modernización requerida en el sistema de medición de un DER instalado, producto de cualquier cambio en la plataforma de medición del ICE, deberá ser asumido por el abonado. Lo anterior porque toda inversión realizada por la empresa distribuidora es para el servicio público y en este caso DER es un servicio complementario al servicio eléctrico del cual, cuyos costos serán agregados a la tarifa T-DER, según lo establecido por la ARESEP. La modernización es obligatoria para la contabilización de excedentes con perfil horario.
- g) El Cliente deberá instalar bajo su propio costo, la base o adecuadas de los medidores tanto de medición de facturación, como de producción (prevista en caso de tener intenciones de vender excedentes a la distribuidora o bien según lo defina la ARESEP)
- h) Si el cliente realiza el trámite a título personal (envío información vía correo, debe indicar el medio de notificación para las siguientes comunicaciones).

- i) En caso de que un tercero deba actuar en nombre del cliente, en las etapas GD01, GD02, GD03 y documentos asociados; éste tendrá que presentar poder o **autorización**, en el cual el cliente exprese esa voluntad para que el tercero pueda: "realizar gestión de interconexión de un DER a la red de distribución" y aportar el medio de notificación del autorizado y del cliente, a efecto de que éste último *siempre se mantenga informado del avance del trámite*. **Las firmas del poder o autorización deberán venir autenticadas por un notario en caso de que la firma sea realizada a puño y letra, sin embargo, si el poder o autorización vienen con firmas digitales, no será necesaria la autenticación dado que dicha labor la efectúa el ministerio de hacienda.**
- j) El poder especial debe tener vigencia durante los tres primeros pasos (GD1, GD2 y GD3), es decir todo trámite previo a la firma del contrato.
- k) Al momento de ser presentado el poder o autorización, no deberá tener más de un mes de emitido.

Duración del paso 3: El cliente debe solicitar la inspección con **10 días hábiles** previos para la programación de la cita. Para sistemas mayores a 50 kVA, el ICE tiene un tiempo adicional de 2 días hábiles para el informe de adecuación de la red.

4. REINSPECCIÓN EN CASO DE QUE LA ETAPA 3 RESULTE INFRUCTUOSA (ETAPA 4)

En condiciones que por motivo alguno y ajeno a la empresa eléctrica el abonado:

- i) presente un sistema diferente al declarado en la etapa 2, ii) no haya realizado las adecuaciones requeridas o bien, iii) el técnico/ingeniero de campo no haya podido ingresar a las instalaciones a revisar el sistema según la fecha de visita acordada, deberá de realizarse el pago para reagendar una nueva visita, según el costo de definido por la ARESEP para la ETAPA 4 de la tarifa de interconexión.

5. Firma del contrato

Se coordina la firma del contrato con el cliente y se le explica las condiciones contractuales y de facturación para el proceso.

Gestión realizada por parte del ICE, incluida dentro del cobro:

- a) Se coordina la firma (puede ser después de finalizada la etapa 3 o etapa 4, según corresponda)
- b) Una vez verificada la firma, se procede a realizar la interconexión final del sistema, hasta este punto inicia la inclusión al sistema de facturación.
- c) El caso se registra ante la Dirección de Energía del MINAE mediante el formulario correspondiente.

Acción de entrada solicitada al cliente:

- a) Firmar el contrato

Acción de salida ejecutada por el ICE:

- a) Interconexión final del productor-consumidor, al sistema de distribución
- b) Ingreso a la base de datos para el inicio de la facturación.

Costo para habilitación del sistema de facturación:

Sistemas menores a 50 kVA que no requieran medición indirecta	₡25 000 + ₡3 250 (IVA)= ₡28 250
Sistemas mayores a 50 kVA o que requieran medición indirecta	Se le enviará al cliente cotización por los servicios

Duración:

- a) La firma del contrato es en coordinación con el cliente
- b) El ingreso a la base de datos, **2 días hábiles después** de firmado el contrato

Nota: En caso de que el cliente no pueda firmar el contrato, éste podría autorizar para este caso particular; a un tercero a través de un poder especial o autorización, con no más de un mes de emitido, al momento de ser presentado.

La Gestión Comercial realizará la inscripción del contrato ante el MINAE, dentro de los siguientes 8 días hábiles, a la dirección electrónica: direccionenergia@minae.go.cr

6. Costos generales adicionales

Dentro de las 3/4 etapas, todo trabajo adicional a lo que está establecido, será cotizado y cobrado al cliente, tal es el caso de:

- a) Adecuaciones de red (diseño y construcción)
- b) Readecuación del sistema de medición de facturación cuando aplique (producto del sistema de generación distribuida)
- c) Visitas o inspecciones adicionales (punto 4.)
- d) Trabajos adicionales de instalación
- e) Asesorías que apliquen

En caso de que se presente un traspaso del servicio de interconexión, se deberá realizar una inspección técnica la cual tiene como fin; corroborar que la condición del sistema se mantiene, misma que fue aprobada en su momento y que motivó el

contrato de interconexión. El costo de este servicio será cobrado con el monto según la ETAPA 4 de la tarifa de Interconexión definida por la ARESEP.

7. Observaciones:

- a) En la página WEB del Grupo ICE, se facilitan los formularios, procedimientos, la información debe de ser emitida a la dirección icelec@ice.go.cr o bien presentada a la agencia de electricidad más cercana.
- b) El cliente llena y firma los formularios, realiza los pagos correspondientes, y envía copia electrónica de dichos documentos a la dirección de correo: icelec@ice.go.cr
- c) Una vez recibida la solicitud, la Agencia que le corresponde al cliente por su ubicación, será el enlace con el cliente para todas las etapas del proceso.
- d) El cliente puede presentar en cada etapa, los documentos de todos los pasos de una sola vez (formularios y documentos), a su decisión, y asumiendo la responsabilidad del resultado de cada una de las etapas.
- e) Los montos de cada una de las etapas deberán ser depositados en las siguientes cuentas bancarias:

BANCO	TIPO DE CUENTA	CUENTA SINPE	CUENTA IBAN	NUMERO DE CUENTA	MONEDA	NOMBRE DE LA CUENTA
COSTA RICA	Corriente	15201001010822645	CR46015201001010822645	001-0108226-4	Colones	ICE CTA. INGRESOS SERVICIOS ELECTRICOS
NACIONAL DE COSTA RICA	Corriente	15100010011206206	CR55015100010011206206	100-01-000-120620-0	Colones	ICE CTA. INGRESOS SERVICIOS ELECTRICOS

o bien, efectuar una transferencia electrónica a las cuentas antes mencionadas. Una vez realizado dicho depósito o transferencia, favor remitir el comprobante de pago vía correo electrónico.

- f) Se advierte que el costo de los estudios de consumo y visitas, posteriores a ser interconectado, en caso de que sus resultados confirmen que la facturación es correcta; serán pagados por el Cliente Productor – Consumidor.
- g) Los montos indicados en el presente documento son sujeto de cobro del Impuesto de Valor Agregado, tal como se muestra en las tablas de costos.
- h) Cuando un abonado presente una solicitud de ampliación de un proyecto Recursos Distribuidos (DER) interconectado a la red de distribución del ICE, se tramitará como un proyecto nuevo de conformidad con lo estipulado en la Guía para el proceso de solicitud instalación recursos energéticos distribuidos a partir de fuentes renovables y la normativa aplicable.

8. Modalidad en paralelo CON entrega de excedentes

Si la distribuidora, en su responsabilidad de determinar los escenarios que beneficien a la empresa eléctrica y a sus abonados con la adquisición de excedentes de los GDA, determina que, en alguna condición de operación de la red, el productor-consumidor aporta energía en excedente de valor, ésta será compensada de forma monetaria según se establece mediante la facturación neta completa, de acuerdo los instrumentos regulatorios y las tarifas de compensación definidas por la ARESEP.

Para la compra de excedentes a un GDA, la empresa eléctrica y el PRODUCTOR-CONSUMIDOR, deberán de suscribir un contrato donde se establecen las condiciones para compra de dichos excedentes, así como su respectiva compensación.

Nota recordatoria: Dicha modalidad solo estará habilitada en áreas de concesión AMI o bien que el cliente esté anuente de instalar un medidor con perfil de carga y comunicación 3G.

9. Modalidad en paralelo SIN entrega de excedentes

También llamada (Sistemas Cero Inyección), **deberán de pasar por el proceso de interconexión habitual, excluyendo únicamente el requisito de capacidad de alojamiento para recursos distribuidos en circuitos de distribución.**


Se deben de instalar elementos limitantes que no permitan el ingreso de corriente (activa, reactiva y armónica) a la red bajo ninguna condición, el ICE realizará de forma aleatoria mediciones, en condiciones que, si se detecta el ingreso de energía de estos sistemas, se notificará al abonado y a la ARESEP.

10. Contratos suscritos modalidad "Neta Sencilla".

De conformidad con el Reglamento Generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables modelo de contratación medición neta sencilla o la normativa vigente, y en atención a lo establecido en los artículos 133 y 137 de la técnica AR-NT- SUCOM, el ICE continuará compensando los excedentes asociados a los contratos suscritos bajo la modalidad neta sencilla hasta su vencimiento o rescisión por parte del abonado, según lo indicado en el transitorio IV de la Ley 10086.

La vigencia de los presentes contratos se mantendrá, sin embargo, cuando la ARESEP emita los instrumentos regulatorios correspondientes, según el transitorio V de la Ley 10086, los PDER deberán de migrar a las nuevas modalidades, tendrán 3 meses (transitorio único según Directriz 43879) para ajustarse a las nuevas disposiciones y requisitos efecto que será ejecutable una vez la ARESEP emita la orden.

Apéndice 3. Contrato de servicio de interconexión recursos energéticos distribuidos.

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-FO-21-004
			Versión: 1
	Declaración Jurada para la interconexión de recursos distribuidos a la red de distribución		Rige a partir de: 02/05/2023
	Formato Elaborado por:	GDO – Recursos Distribuidos	Código SIG Documento Matriz: DC-03-PR-21-001
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo Nacional		

Objeto: Estandarizar el contenido de las declaraciones juradas que deben de emitir los PDER al ICE para la interconexión de un Recurso Distribuido en modalidades con y sin entrega de excedentes de conformidad con los Artículos **2 inciso m)** (definición) y **6 inciso e)** (declaración jurada) de la Ley 10086.

Alcance: Abonados que deseen interconectar un Recurso Distribuido (DER) a la red de distribución del ICE bajo la modalidad en paralelo sin entrega de excedentes.

Parte 1. Información Técnica

- a) Detalle de los equipos de Generación Distribuida para Auto Consumo y/o Sistema de Almacenamiento con baterías.

Equipo	Marca	Cantidad	Potencia/equipo	Capacidad Total
Paneles Solares				
Inversores				
Sistema de Almacenamiento				

- b) Descripción del sistema y los mecanismos de protección para cero inyecciones.
- Equipos Utilizados para evitar la inyección de energía a la red (indicar elemento y descripción)
 - Equipo de protecciones (indicar equipo y características)
- c) Proyección de consumo energético y demanda de potencia del inmueble durante los próximos 2 años que considere el perfil de consumo y el perfil de generación.
- d) Modo de operación y modo de utilización del SAE (si aplica).

Parte 2. Documentación por adjuntar

- Aportar Copia de Canet del Ingeniero responsable debidamente inscrito al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA), facultado para diseñar y firmar planos eléctricos, así mismo como la declaración de la condición del profesional ante el CFIA.
- Planos Eléctricos aprobados y visados por el CFIA, que contengan diagrama de conexión y detalle para evitar las inyecciones de energía eléctrica a la red de distribución.
- Certificaciones de los equipos utilizados y las protecciones correspondientes.

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-FO-21-004
			Versión: 1
	Declaración Jurada para la interconexión de recursos distribuidos a la red de distribución		Rige a partir de: 02/05/2023
	Formato Elaborado por:	GDO – Recursos Distribuidos	Código SIG Documento Matriz: DC-03-PR-21-001
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo Nacional		

Parte 3. Obligaciones y compromisos por declarar


Para efectos de la presente declaración jurada, el abonado entiende y acepta:

- Se cumplirá con los requisitos de calidad, confiabilidad y seguridad según lo especificado en el "Instructivo de Condiciones Técnicas para la Interconexión de Recursos Distribuidos DC-03-IT-21-001"
- En modalidad sin entrega de excedentes, no se harán inyecciones a la red y se responsabiliza ante cualquier situación que se presente en cuanto a inyección de excedentes a la red.
- Respetar la capacidad de penetración para generación distribuida en los circuitos de distribución de conformidad con la normativa aplicable, de conformidad al Artículo 8, inciso b) de la Ley 10086.
- Que deberá sufragar los costos generados por reparaciones a la red de distribución eléctrica y declarar que ha normalizado la condición para poder volver a interconectarse; cuando la empresa eléctrica lo haya demostrado de conformidad con lo indicado en el Artículo 9, inciso h) del reglamento de Ley 10086.
- Cualquier otro requisito que se establezca en la normativa legal, "Guía para el proceso de solicitud instalación de Recursos Energéticos Distribuidos a partir de fuentes renovables, en la red de distribución eléctrica del ICE, DC-03-PR-21-001".
- Se entiende que los requisitos aquí mostrados son temporales hasta que ARESEP defina los instrumentos regulatorios y el reglamento técnico.
- Que deberá aportar la documentación solicitada en la presente declaración, caso contrario, si la empresa eléctrica detecta una instalación de un DER interconecto o una ampliación no declarada, será tratada como una conexión ilícita, por lo cual se abordará y se procederá según la normativa aplicable.
- El propietario de un recurso distribuido entiende que en si caso fortuito exporta excedentes de energía a la red distribución, el ICE no compensará ni contabilizará la energía inyectada.

Parte 5. Declaración Jurada

El (La) suscrito (a) _____ advertido de las penas que para el delito de perjurio y falso testimonio que prevén los artículos trescientos once, trescientos dieciséis y trescientos cincuenta y ocho del Código Penal, declaro bajo la fe de juramento lo siguiente: que toda la información antes manifestada es legítima y verdadera, además que el llenado del presente documento y el adjunto de otros requisitos, se ajusta a la realidad totalmente.

Esta declaración Jurada se firma, en _____, el día ___ del mes de _____ del año 20__

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-FO-21-004
			Versión: 1
	Declaración Jurada para la interconexión de recursos distribuidos a la red de distribución		Rige a partir de: 02/05/2023
	Formato Elaborado por:	GDO – Recursos Distribuidos	Código SIG Documento Matriz: DC-03-PR-21-001
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo Nacional		

Ingeniero responsable

Apéndice 4. Solicitud de inspección para la instalación de sistema de recursos distribuidos GD03

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-FO-21-003
			Versión: 2
	SOLICITUD DE INSPECCIÓN PARA LA INSTALACION DE SISTEMA DE RECURSOS DISTRIBUIDOS GD03		Rige a partir de: 02/05/2023
	Formato Elaborado por:	Recursos Distribuidos - GDO	Código SIG Documento Matriz: DC-03-PR-21-001
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo		

Fecha: _____

Nombre del Cliente: _____

Número Telefónico: _____

Dirección: _____

Correo Electrónico: _____

Localización: _____ No. de ID: _____

NISE: _____ Número de medidor: _____

Correo Electrónico: _____

Fechas y horas propuestas para inspección*: _____

* La notificación se debe de realizar con una semana de anticipación.


** En el momento de la inspección debe estar presente, por parte del solicitante, una persona con conocimiento del funcionamiento del sistema, si la persona que los recibe no sabe manipular los equipos, la inspección no se realizará y se programará una Re-inspección la cual será facturada con la tarifa vigente

Firma cliente o representante legal: _____

Observación*

* adjuntar toda documentación idónea que la solicitud.

Apéndice 5. Solicitud de estudio técnico para instalación de sistema de recursos distribuidos GD02

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-FO-21-002
			Versión: 2
	SOLICITUD DE ESTUDIO TÉCNICO PARA INSTALACION DE SISTEMA DE RECURSOS DISTRIBUIDOS GD02		Rige a partir de: 02/05/2023
	Formato Elaborado por:	Recursos Distribuidos - GDO	Código SIG Documento Matriz: DC-03-PR-21-001
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo		

Fecha: _____ Nombre del Cliente: _____ Número Telefónico: _____ Dirección: _____ Correo Electrónico: _____ Localización: _____ No. Identificación: _____ NISE: _____ Número de medidor: _____ Correo Electrónico: _____ Ing. Responsable: _____ No. CFIA: _____ Correo Electrónico: _____
<u>Datos del DER</u>
Potencia del sistema*: _____ (kW) Potencia del campo Fotovoltaico: _____ (kW) Capacidad del SAE: _____ (kWh) Generación esperada: _____ (kWh/mes) Modalidad de utilización**: <input type="checkbox"/> Sin Entrega de Excedentes <input type="checkbox"/> Con Entrega de Excedentes La solicitud es para: <input type="checkbox"/> Nuevo Servicio DER <input type="checkbox"/> Ampliación DER <small>*En caso de sistemas con inversores la potencia asociada es la suma de la potencia en placa de cada uno. ** En caso de que el DER que se pretenda instalar sea exclusivamente un SAE, solo se permitirá su funcionamiento sin entrega de excedentes.</small>
SISTEMA POR INSTALAR: <input type="checkbox"/> Solar-PV <input type="checkbox"/> Turbina Eólica <input type="checkbox"/> Micro Hidro <input type="checkbox"/> Otro: _____ <input type="checkbox"/> Biomasa, tipo _____ <input type="checkbox"/> SAE, tipo _____
Firma cliente o representante legal: _____

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-FO-21-002
			Versión: 2
	SOLICITUD DE ESTUDIO TÉCNICO PARA INSTALACION DE SISTEMA DE RECURSOS DISTRIBUIDOS GD02		Rige a partir de: 02/05/2023
	Formato Elaborado por:	Recursos Distribuidos - GDO	Código SIG Documento Matriz: DC-03-PR-21-001
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo		

Firma de ingeniero responsable de la obra:

*Adjuntar fotocopia del documento de identidad del firmante.


EQUIPOS (Inversores o generador asíncrono o sincrónico):

Cantidad	Tipo	Marca	Modelo	Potencia	Certificación

Uso Exclusivo del personal ICE

Fecha recibo solicitud: _____

Apéndice 6. Solicitud de interconexión a la red de distribución con un recurso energético distribuido GD01

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-FO-21-001
			Versión: 2.2
	SOLICITUD DE INTERCONEXION A LA RED DE DISTRIBUCIÓN CON UN RECURSO ENERGÉTICO DISTRIBUIDO GD01		Rige a partir de: 02/05/2023
	Formato Elaborado por:	Recursos Distribuidos - GDO	Código SIG Documento Matriz: DC-03-PR-21-001
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo		

Nombre del Cliente: _____

No. Identificación: _____ Localización: _____

Número Telefónico: _____

NISE: _____ Número de medidor: _____

Dirección: _____

Correo Electrónico: _____

Fecha: _____

Datos del DER

Potencia del sistema*: _____ (kW)

Potencia del campo fotovoltaico: _____ (kW)

Capacidad del SAE: _____ (kWh)

Generación esperada: _____ (kWh/mes)

Modalidad de utilización**: Sin Entrega de Excedentes Con Entrega de Excedentes

La solicitud es para: Nuevo Servicio DER Ampliación DER

*En caso de sistemas con inversores la potencia asociada es la suma de la potencia en placa de cada uno, tanto los inversores con sistemas de generación, como los inversores para el sistema SAE.

** En caso de que el DER que se pretenda instalar sea exclusivamente un SAE, solo se permitirá su funcionamiento sin entrega de excedentes.


Firma cliente o representante legal*: _____

*Adjuntar fotocopia del documento de identidad del firmante y en caso de representante legal deberá adjuntar cédula de personería jurídica y certificación de personería jurídica vigente, extendida por el Registro Nacional de la República de Costa Rica.

SISTEMA POR INSTALAR:

Solar-PV Turbina Eólica Micro Hidro

Otro: _____ Biomasa, tipo _____ SAE, tipo _____

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD DIVISION DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN		Código: DC-03-FO-21-001
			Versión: 2.2
	SOLICITUD DE INTERCONEXION A LA RED DE DISTRIBUCIÓN CON UN RECURSO ENERGÉTICO DISTRIBUIDO GD01		Rige a partir de: 02/05/2023
	Formato Elaborado por:	Recursos Distribuidos - GDO	Código SIG Documento Matriz: DC-03-PR-21-001
Formato Aprobado por:	Gestión del Desempeño Operativo		

Requisitos de admisibilidad

1. Cédula de identidad (en caso de que tramite un tercero, debe presentar autorización del interesado autenticada sobre el trámite a realizar).

Personas Físicas:

Presentar original de la cédula de identidad para nacionales, en caso de ser extranjeros deben presentar documentos que acrediten su permanencia en el país: cédula de residencia, permiso temporal de radicación, carné de refugiado, carné de residente pensionado o de residente rentista, carné de asilado territorial.

Personas Jurídicas:

Presentar original y copia de personería jurídica (no más de un mes de emitida).

Presentar copia de la cédula de identidad o cédula de residencia del representante legal.

2. No presentar ninguna deuda pendiente con el ICE.

Nota importante: La cédula de identidad es un requisito que se solicita al inicio del trámite, o sea, con la presentación del presente formulario; no obstante, si la cedula está por vencer y no ha finalizado el trámite, deberá volver a presentar la cedula vigente.