



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS

Generación Distribuida con
Sistemas Solares fotovoltaicos
Conectados a la red eléctrica



Generación Distribuida con Sistemas Solares fotovoltaicos Conectados a la red

Ministerio de Hidrocarburos y Energías (MHE)

Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA)

Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN)

Edición, diseño y diagramación:

Programa de Energías Renovables (PEERR)

Con el apoyo de:

Instituto para el Desarrollo de Energías Alternativas en América Latina (IDEAL)

Esta publicación es apoyada por la Cooperación Alemana al Desarrollo, a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y su Programa de Energías Renovables (PEERR).

Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

La Paz - Bolivia, noviembre 2021

Índice

Conceptos fundamentales

La energía solar fotovoltaica	5
Módulos solares fotovoltaicos	7
Fabricación de los módulos solares fotovoltaicos	8
El inversor	10
Los sistemas solares fotovoltaicos	11
Implementación de los sistemas solares fotovoltaicos	12
Preguntas frecuentes	15

Generación Distribuida

La producción de energía fotovoltaica en Bolivia	16
La Generación Distribuida	17
Clasificación de la Generación Distribuida	18
Ventajas de la Generación Distribuida	19
Sistemas de retribución	20

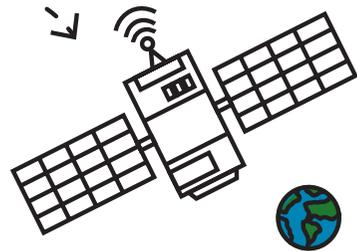
La Energía solar fotovoltaica

Nuestro planeta se beneficia de mucha energía limpia y gratuita, la radiación solar, además de dotarnos de luz y calor, fundamentales para la vida en la Tierra, se puede aprovechar para generar energía, en forma de calor como en electricidad. La cantidad de energía solar que llega a la Tierra durante una hora, es mayor que la energía que el planeta consume en un año.

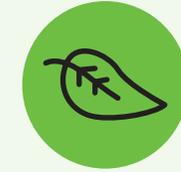
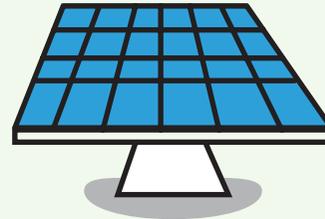
Breve historia sobre el efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico resulta de la interacción de la luz con los materiales semiconductores de una célula fotovoltaica. Dentro de ella, ese efecto se encarga de transformar la energía solar en energía eléctrica. Esto lo observó y describió por primera vez, en el año 1839, por el físico francés Alexandre Edmond Becquerel. En 1954, los investigadores americanos Pearson, Fuller y Chapin del laboratorio Bell, crearon la primera célula fotovoltaica para uso práctico (de silicio monocristalino). En 1958 se utilizaron por primera vez células fotovoltaicas para alimentar con energía eléctrica el satélite, llamado Vanguard I.

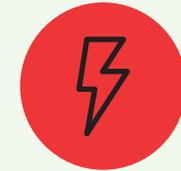
LOS PANELES SOLARES SE USARON INICIALMENTE PARA DAR ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS SATÉLITES



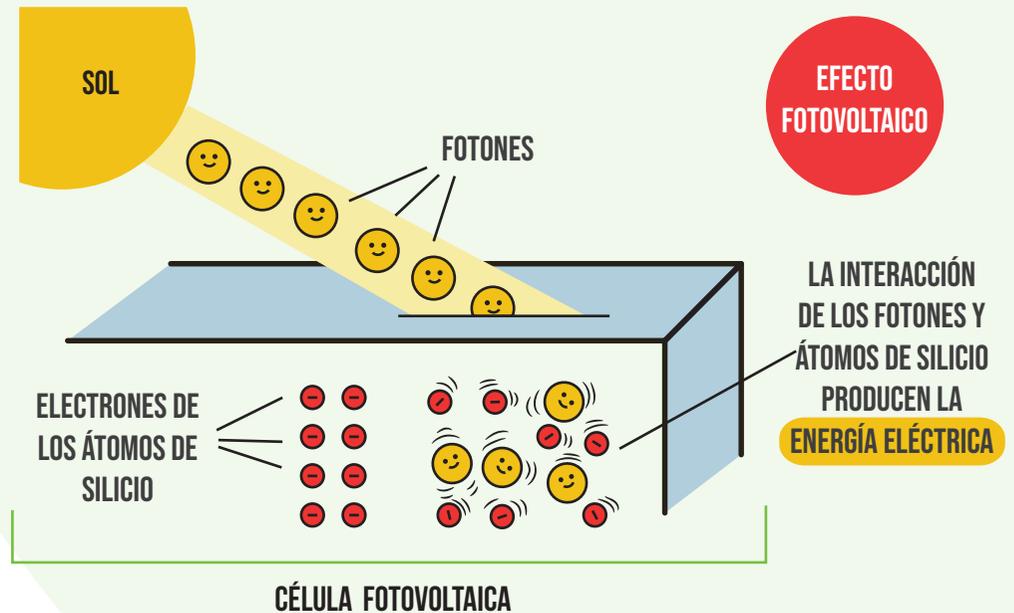
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA



ENERGÍA RENOVABLE



ENERGÍA ELÉCTRICA

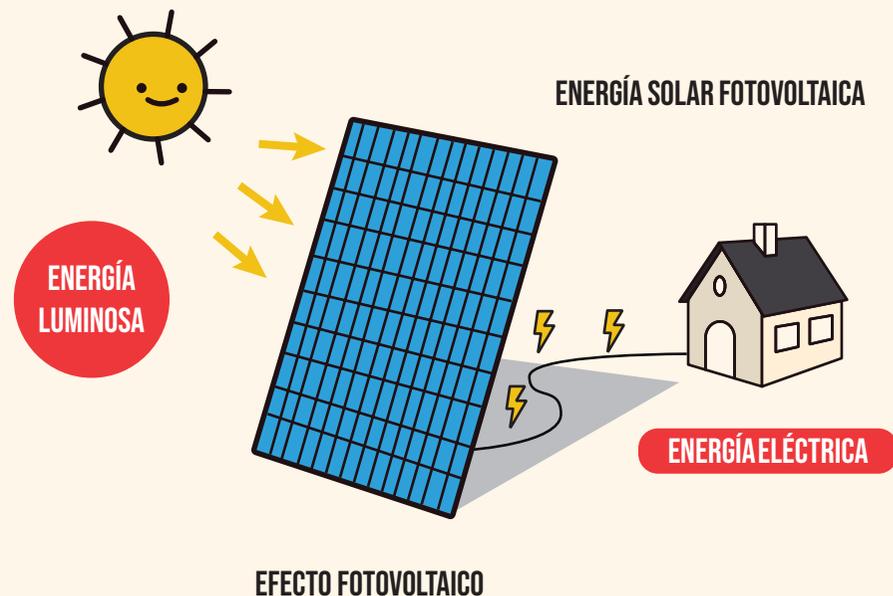
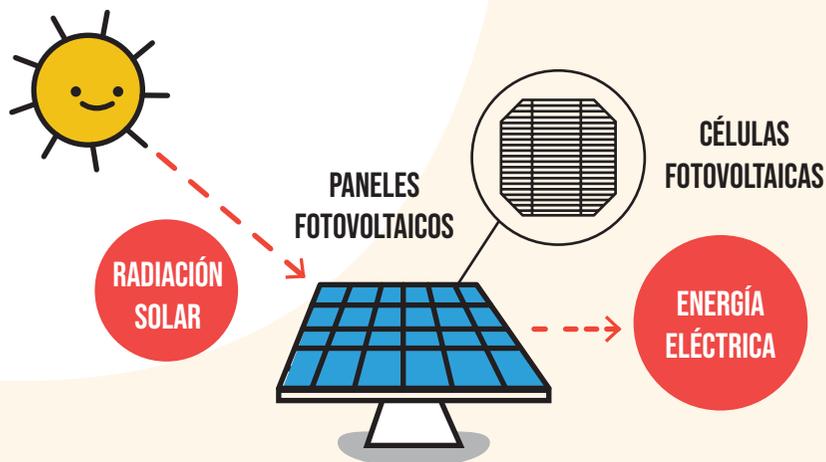
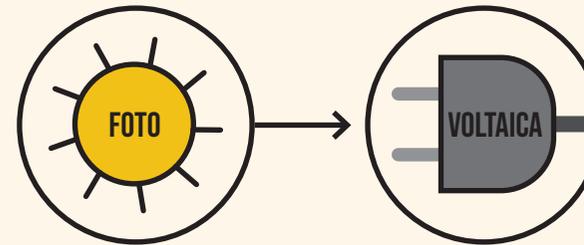


¿Qué significa fotovoltaica?

Esta palabra es una composición de fotón y voltio. Un fotón es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, entre ellas la luz visible y un voltio es la unidad de la tensión eléctrica.

Generación eléctrica a partir de la radiación solar

La radiación solar se puede transformar en energía eléctrica a través de una célula fotovoltaica, fabricada con materiales llamados semiconductores. El material más utilizado es el silicio. La radiación solar es la energía compuesta de pequeños elementos denominados fotones. Cuando los fotones llegan a la célula fotovoltaica, parte de ellos se absorbe y entran en reacción con los electrones del material semiconductor, generando así energía eléctrica. Cuanto mayor sea la radiación, mayor será el flujo de energía eléctrica.



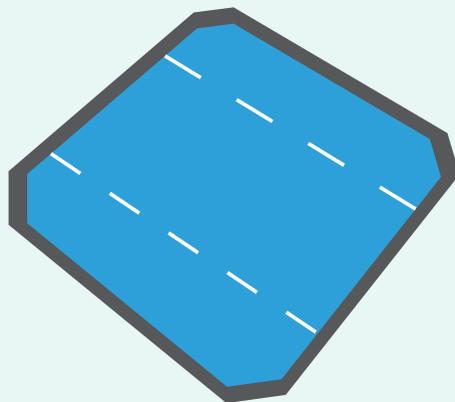
Los módulos solares fotovoltaicos

Están fabricados de silicio y son los encargados de transformar la radiación solar en energía eléctrica.

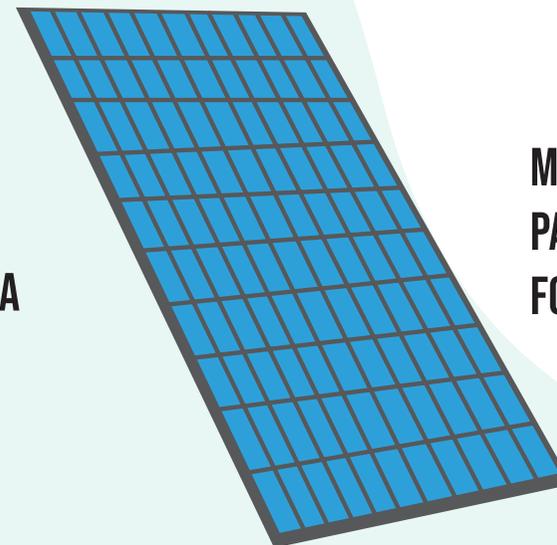
Diferencia entre célula y módulo solar fotovoltaico

La **célula** fotovoltaica es la unidad fundamental para la conversión de radiación solar en energía eléctrica.

El **módulo fotovoltaico** es el conjunto de células fotovoltaicas, interconectadas eléctricamente y encapsuladas, con el objetivo de producir energía eléctrica.



**CÉLULA O CELDA
SOLAR FOTOVOLTAICA**



**MÓDULO O
PANEL SOLAR
FOTOVOLTAICO**

¿Sabía usted?

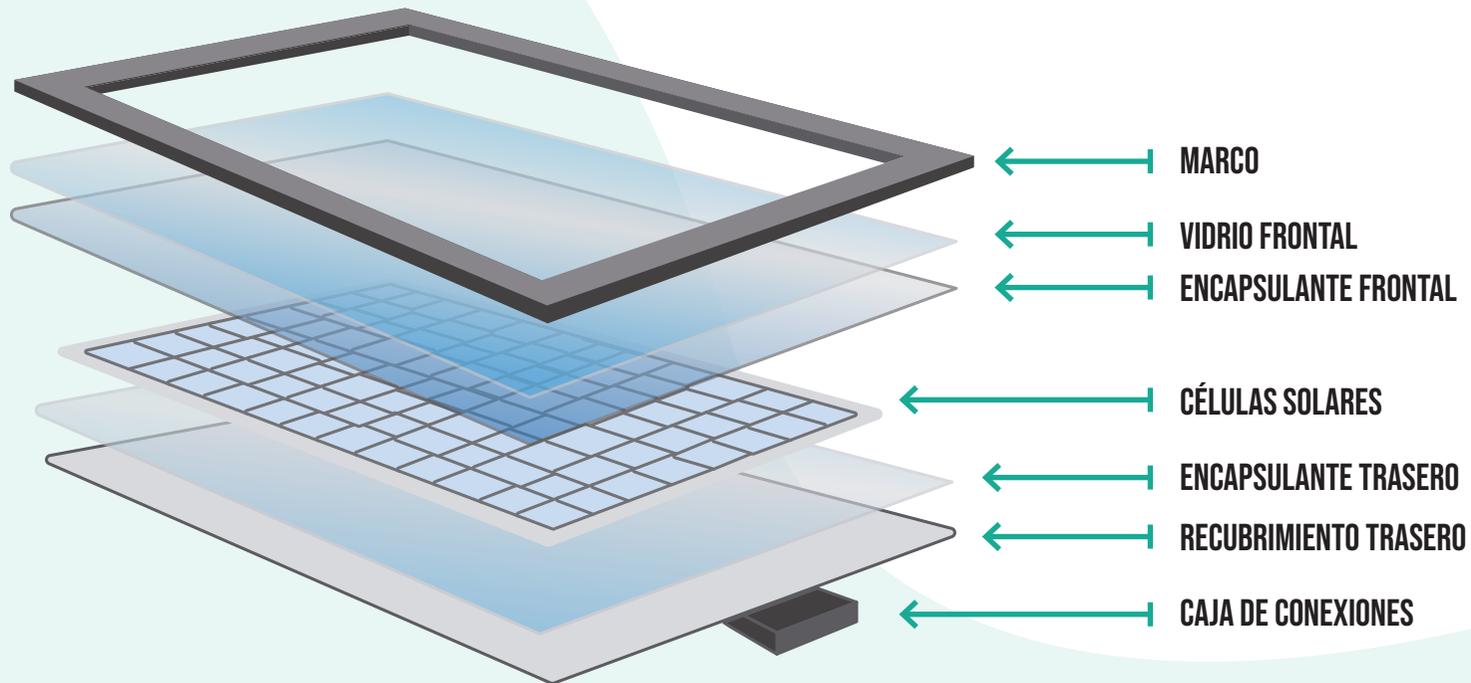
El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, se encuentra en la arena, cuarzo, cristal de roca, etc., por eso hay disponibilidad de la materia prima para la producción de células solares fotovoltaicas.

La limitación está en la obtención de silicio con la pureza necesaria para fabricar las células fotovoltaicas, lo que requiere de un desarrollo tecnológico.

Fabricación de los módulos solares fotovoltaicos

Existen dos formas de fabricar un módulo solar fotovoltaico:

1. La primera de ellas es con células solares hechas de capas superfinas de silicio cristalino. Normalmente, se colocan entre vidrios, con moldura de aluminio. Esta técnica es la más tradicional y, actualmente, con mayor escala de producción a nivel comercial.

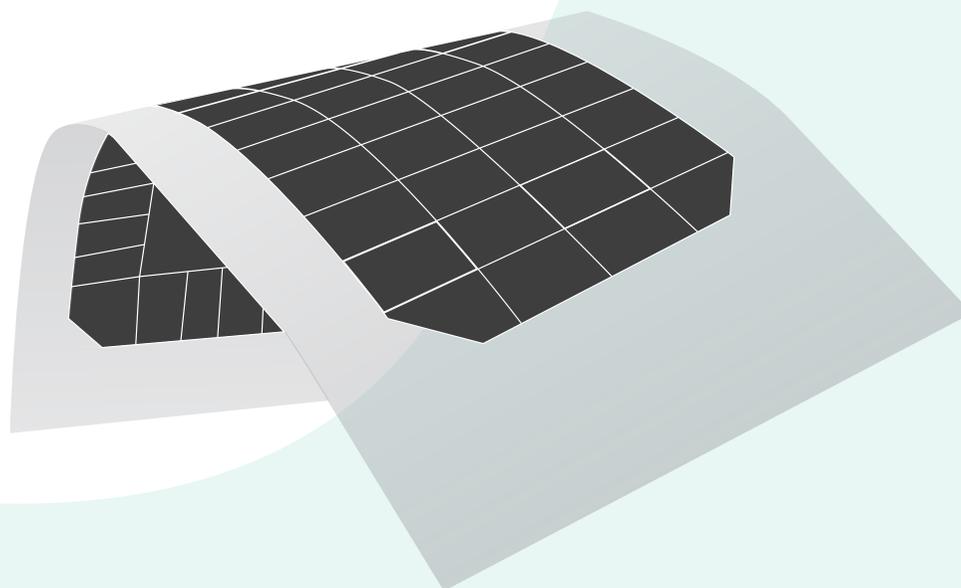


2. La segunda es utilizando el método plasma (casi como un “spray”) de un material semiconductor sobre vidrio o en otro material flexible, que servirá como una base que se cubre con un material transparente, como el vidrio. Esta película fina, es más fácil de integrar a las construcciones urbanas.

Los elementos utilizados en este caso son el silicio no cristalina, que se llama silicio amorfo o compuestos químicos como telurio de cadmio, diselenuro de cobre, galio, indio.

¿Sabía usted?

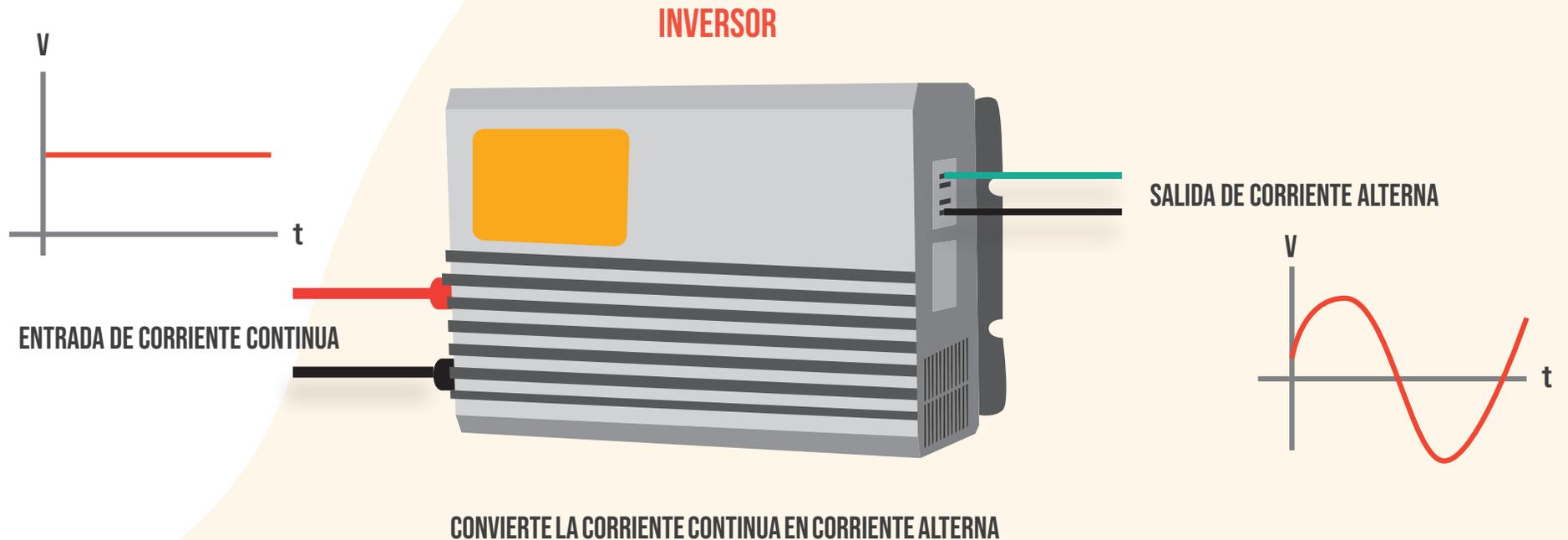
Este modo de fabricación permitió el desarrollo de módulos solares flexibles, irrompibles, livianos, semitransparentes, con superficies curvas, que aumentan la versatilidad en su integración en proyectos de infraestructuras.



El Inversor

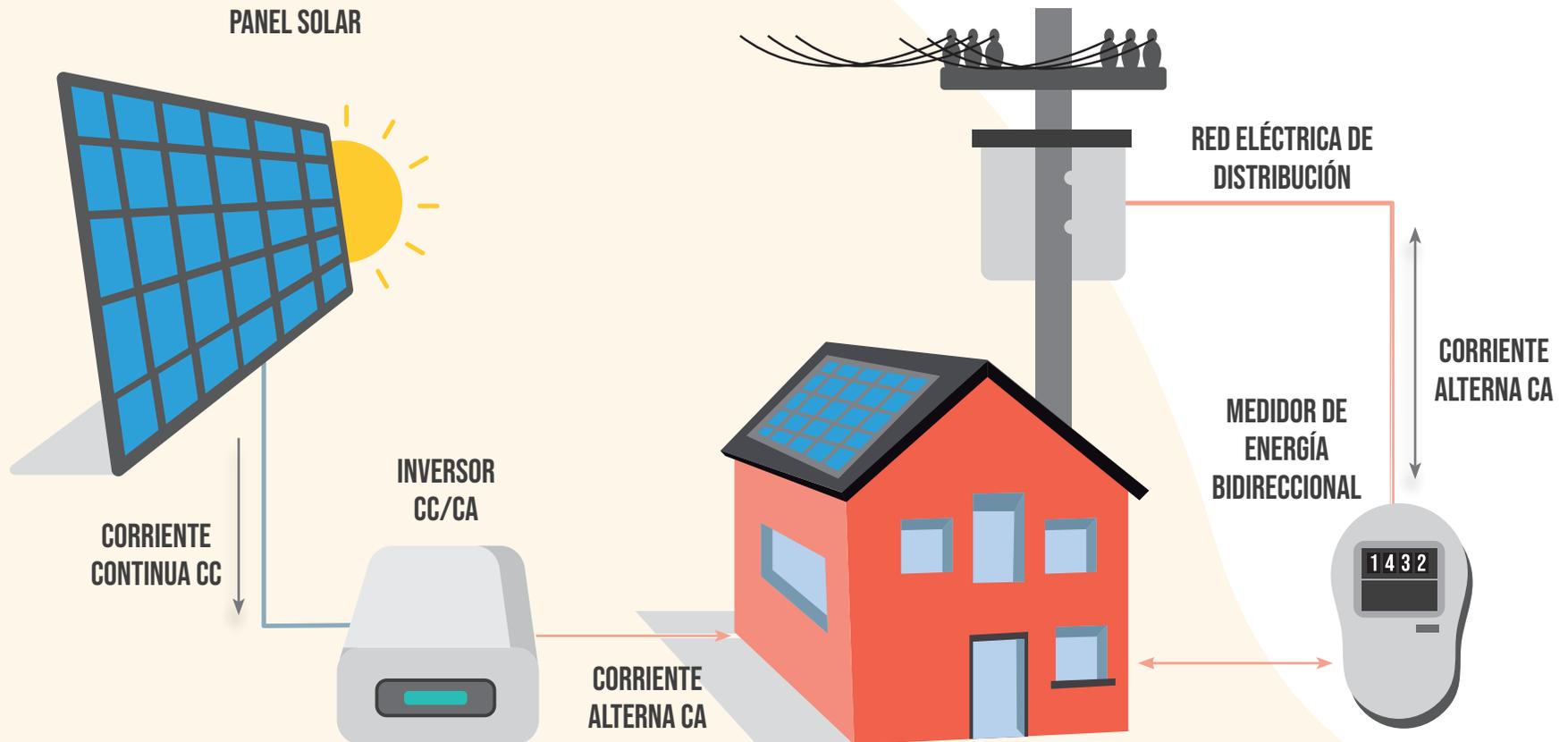
Es un dispositivo electrónico capaz de transformar la corriente continua (CC) en corriente alterna (AC).

La corriente producida en el módulo solar fotovoltaico está en corriente continua (CC) sin embargo la corriente que utilizamos en nuestros hogares es corriente alterna (CA), por lo tanto, necesitamos un inversor que transforme la corriente continua en alterna.



Los sistemas solares fotovoltaicos

Están compuestos por uno o más módulos solares fotovoltaicos, con equipos complementarios (inversores, conductores y otros, etc.).



Implementación de los sistemas solares fotovoltaicos

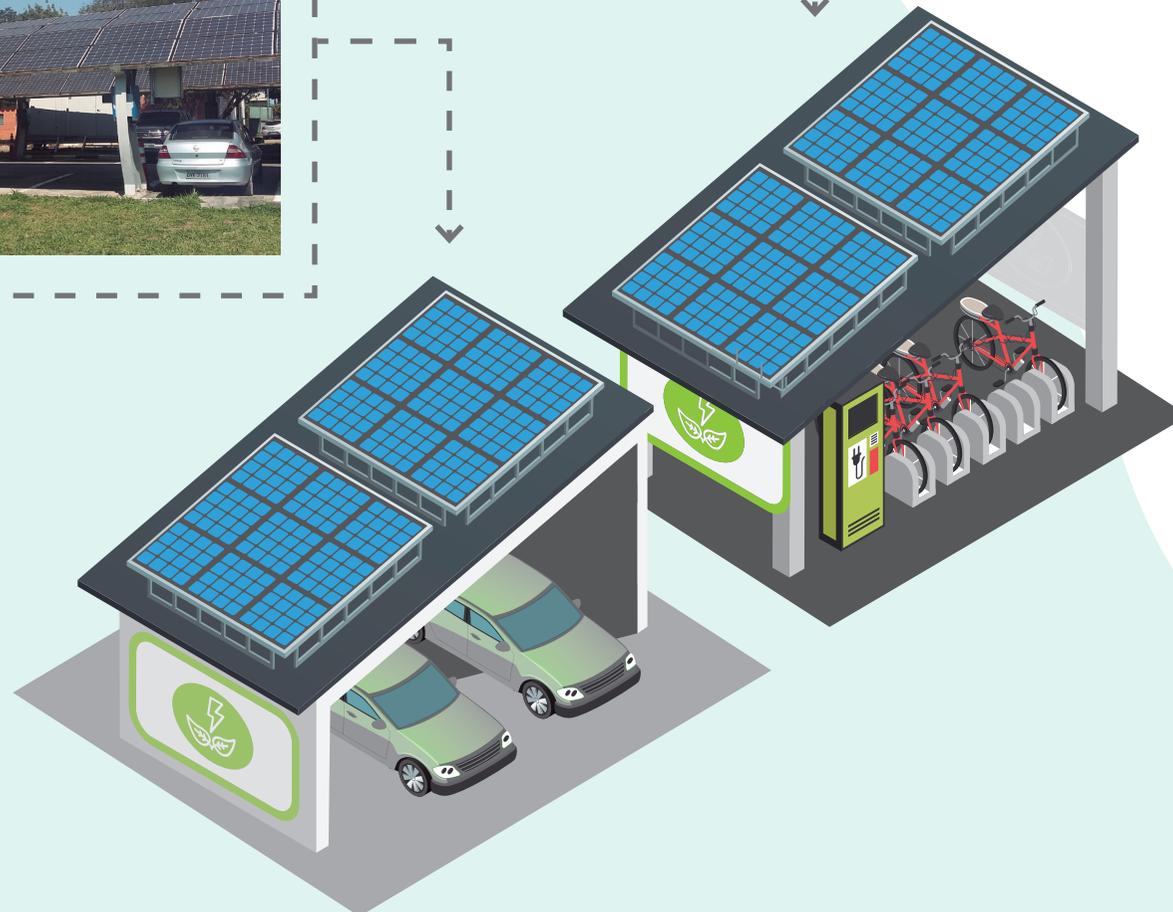
1. En casas o edificios conectados a la red eléctrica

Es cada vez más común ver sistemas solares fotovoltaicos en cubiertas de casas y edificios. La energía eléctrica generada es consumida por la propia instalación y en caso de que exista excedente, este se puede inyectar a la red eléctrica de distribución.



2. Aplicaciones

Los paneles solares fotovoltaicos también pueden ser utilizados con cargadores de baterías o también para cargar autos eléctricos. Otras aplicaciones incluyen sistemas de irrigación, señalización en rutas, postes de alumbrado público, teléfonos públicos en carreteras y otros.



Preguntas frecuentes

1

¿Por qué las células solares fotovoltaicas normalmente son de color azul?

Son azules por su mayor eficiencia para convertir la radiación solar en energía eléctrica. Las capas super finas de silicio llamadas “wafers” son en realidad gris opaco, el color natural de ese elemento.

En una de las últimas etapas de fabricación de la célula solar, esta recibe una capa antireflectora ultrafina (normalmente de nitrato de silicio), que le da el tono azul.

2

¿Cómo se utiliza la energía cuando no hay sol?

Si su sistema está conectado a la red de distribución, usted consumirá energía eléctrica de la red. Los que no están conectados a la red pueden utilizar baterías para almacenar la energía que utilizarán en la noche.

3

¿En días nublados el módulo fotovoltaico produce energía?

Sí, en días nublados también producen energía eléctrica, aunque en mucho menor intensidad que en los días despejados.

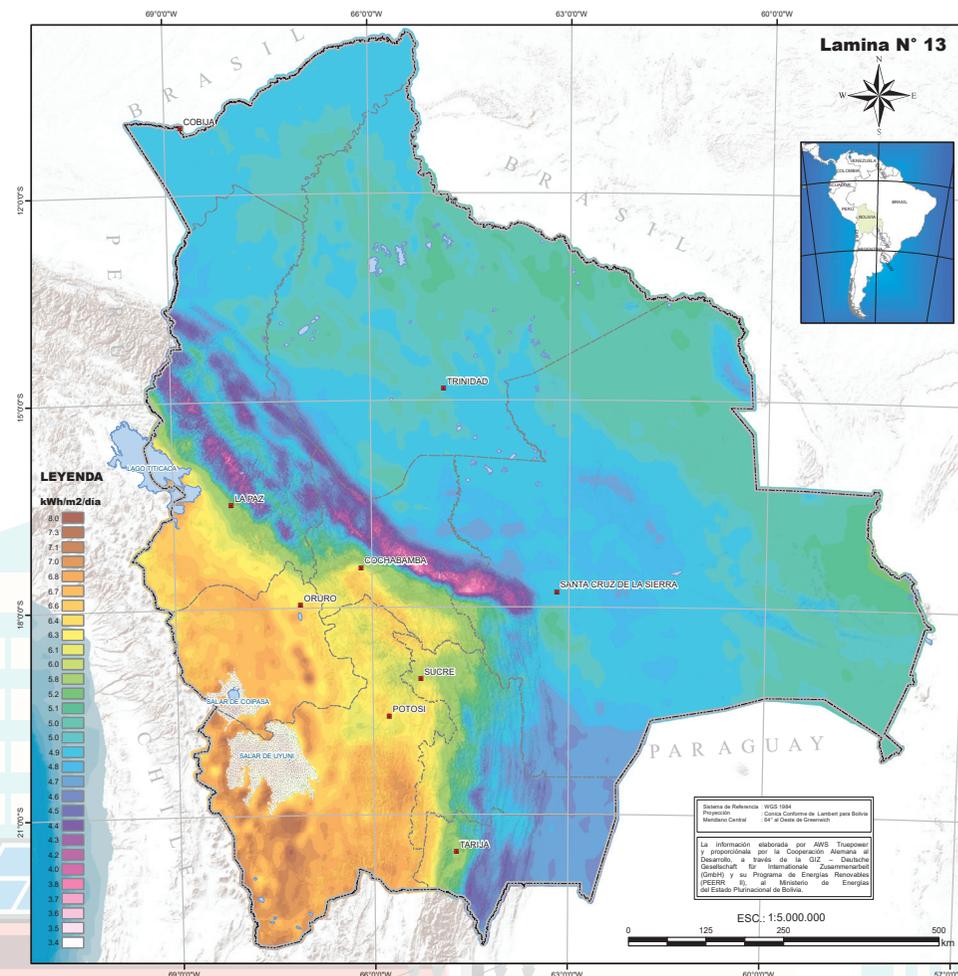


La producción de energía fotovoltaica en Bolivia

En Bolivia, especialmente en la zona del altiplano, se presentan los mayores niveles de radiación en el territorio nacional y a escala mundial, mejor que la de muchos países con las mayores instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos.

A pesar de estas condiciones favorables, el uso de energía solar para producir energía eléctrica todavía es una opción poco considerada para ser utilizada en industrias, casas y edificios. Una buena manera de integrar la energía solar fotovoltaica en América Latina sería como fuente complementaria a la producción convencional.

Mapa de recurso solar de Bolivia



Fuente: Atlas Eólico y Solar de Bolivia. Ministerio de Hidrocarburos y Energías.

La Generación Distribuida

Es la producción de energía eléctrica de tamaño pequeño y mediano instalada cerca al consumo, reducen la necesidad de grandes centrales de generación eléctrica convencionales, las cuales requieren mayor infraestructura para el transporte de electricidad, tales como extensas líneas de transmisión, subestaciones, transformadores, etc. La principal tecnología para el desarrollo de esta alternativa de generación de energía es la tecnología solar fotovoltaica, gracias a los considerables aumentos de la eficiencia y reducciones en sus costos que se han venido registrando año tras año.

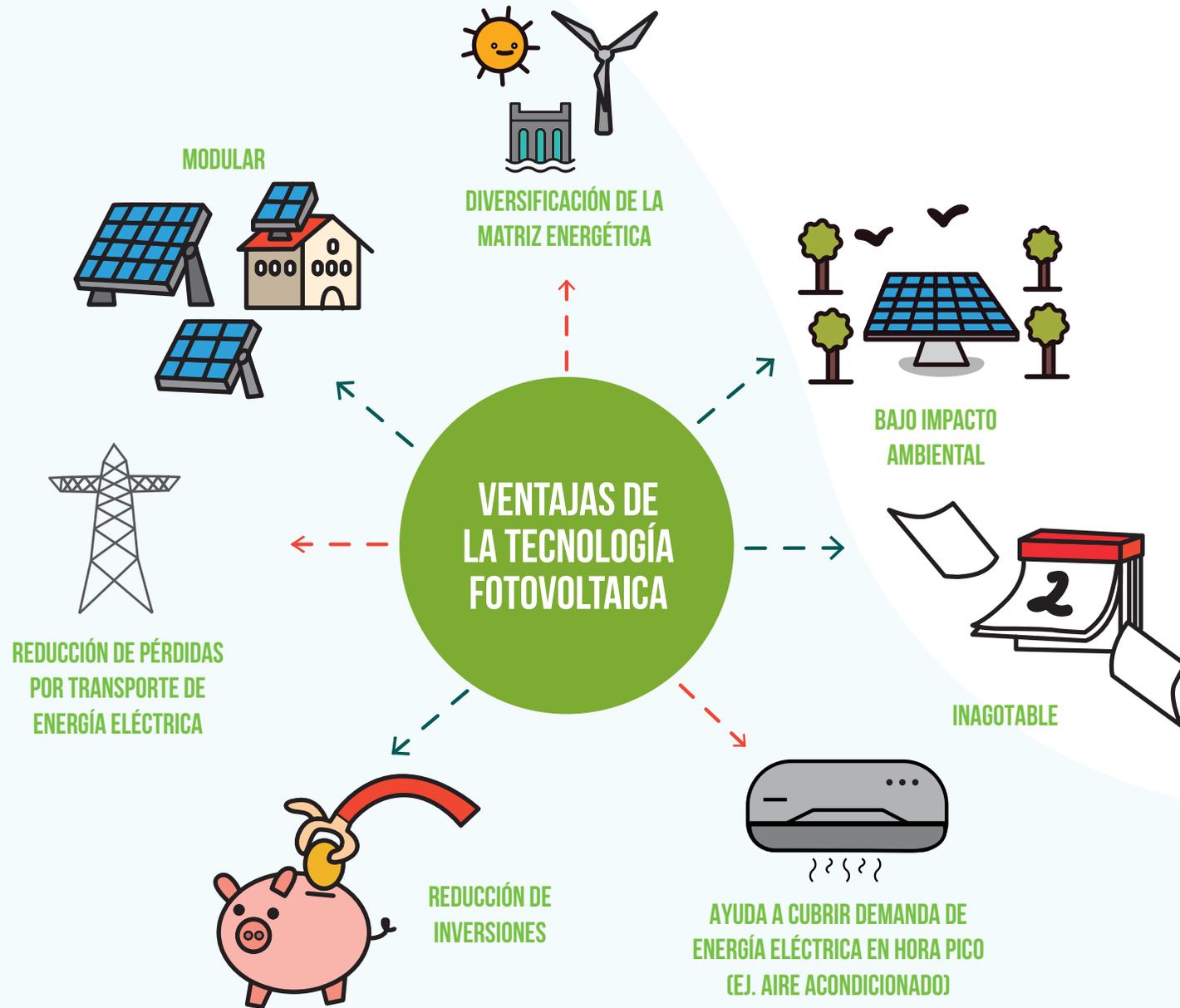
Generación Distribuida



Generación centralizada convencional



Ventajas de la Generación Distribuida



Sistema de compensación

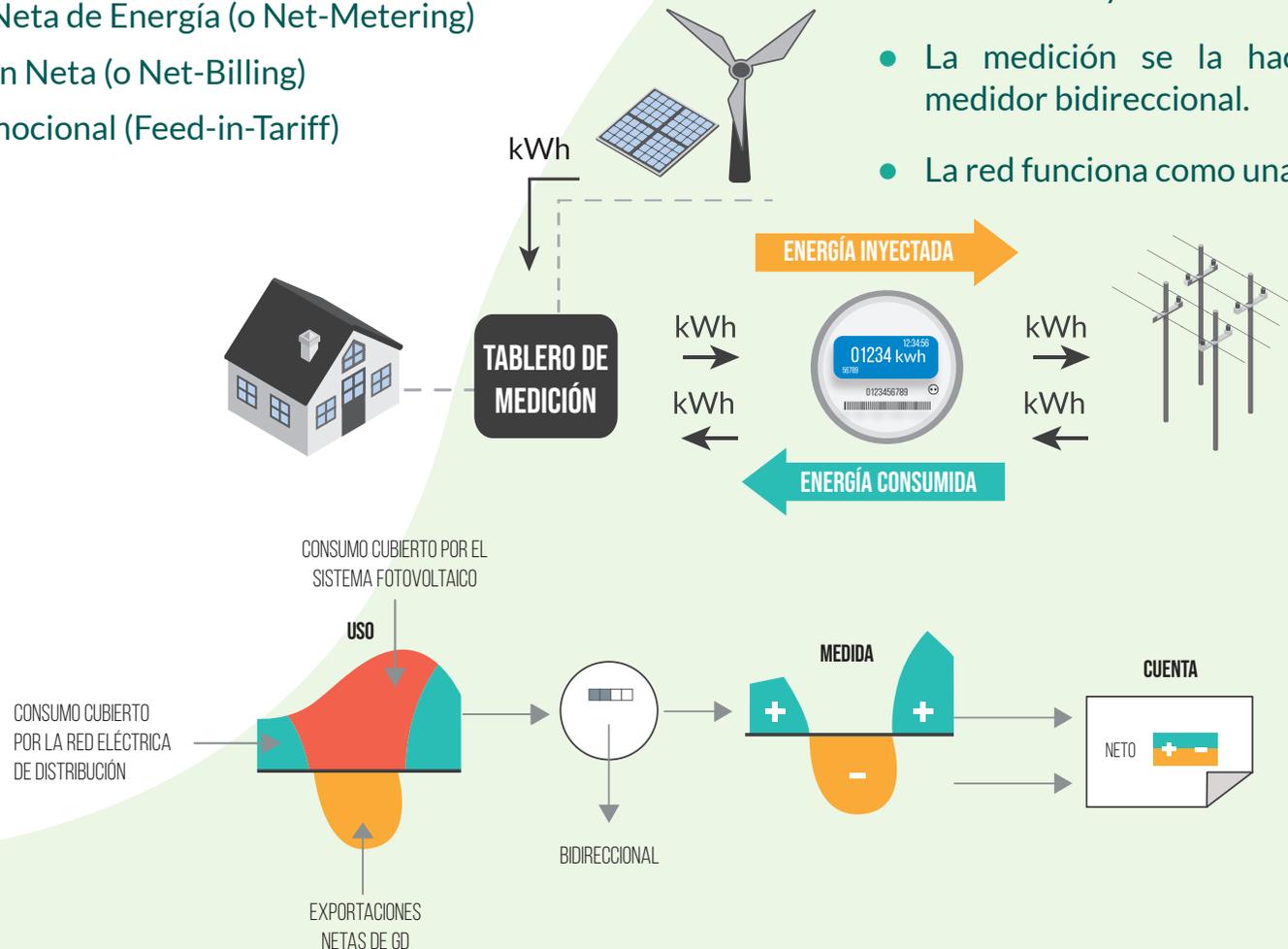
Un sistema de compensación es una retribución que incentiva la implementación y conexión de los sistemas de Generación Distribuida, existen los siguientes tipos de compensación:

1. Medición Neta de Energía (o Net-Metering)
2. Facturación Neta (o Net-Billing)
3. Tarifa promocional (Feed-in-Tariff)

1

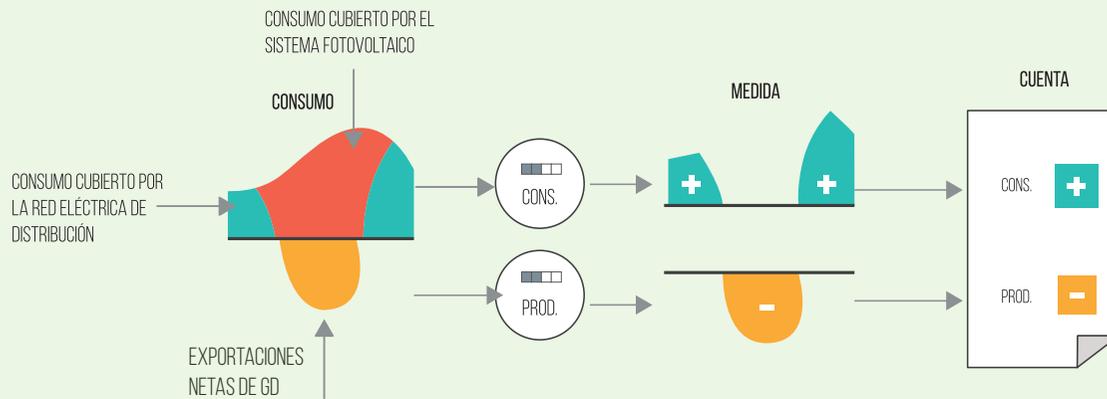
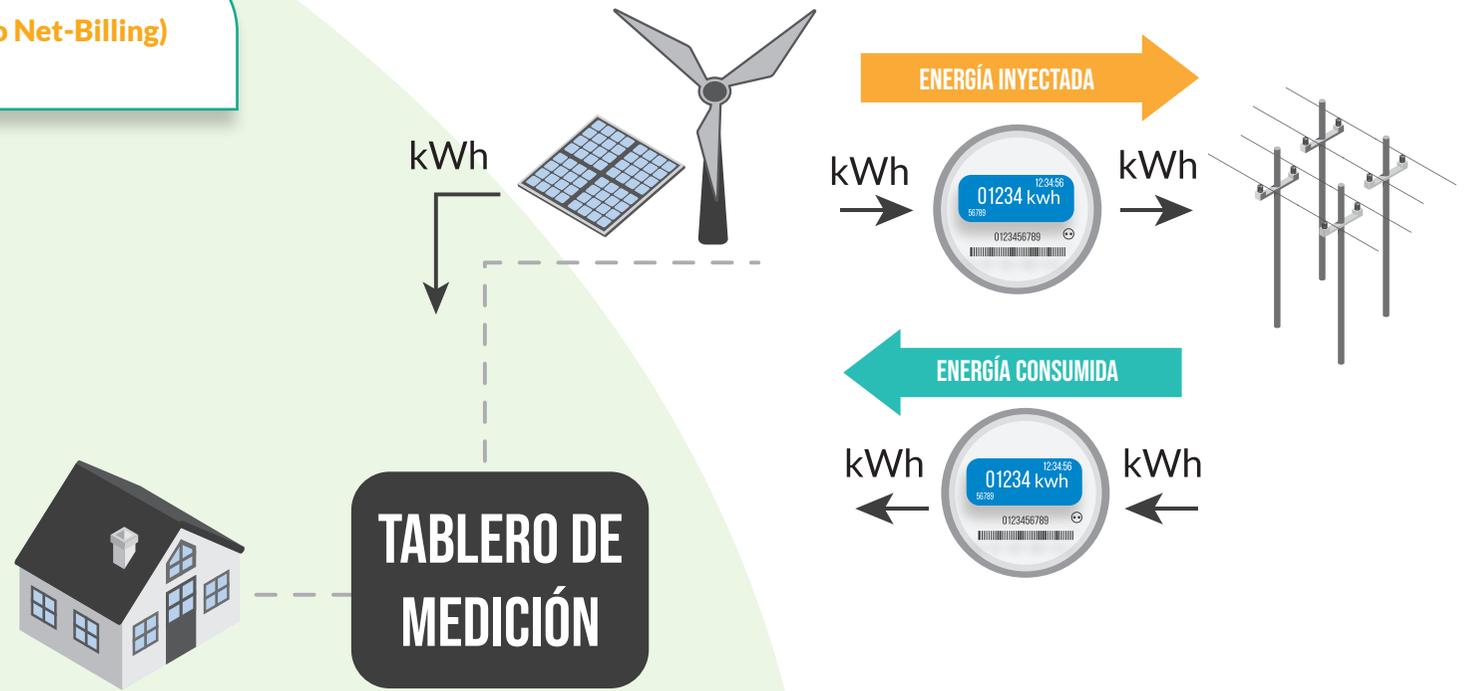
Medición Neta de Energía (o Net-Metering)

- No existe precio por la energía inyectada, es solo un intercambio de energía entre el consumidor y la distribuidora.
- La medición se la hace mediante un medidor bidireccional.
- La red funciona como una batería virtual



2

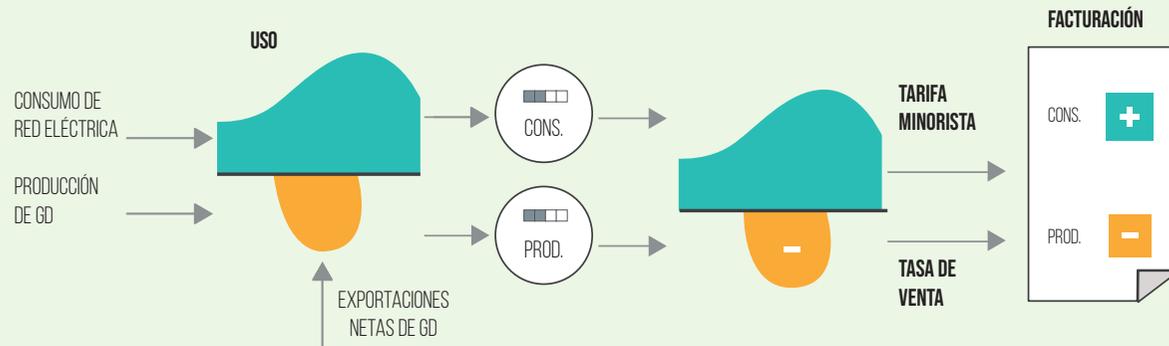
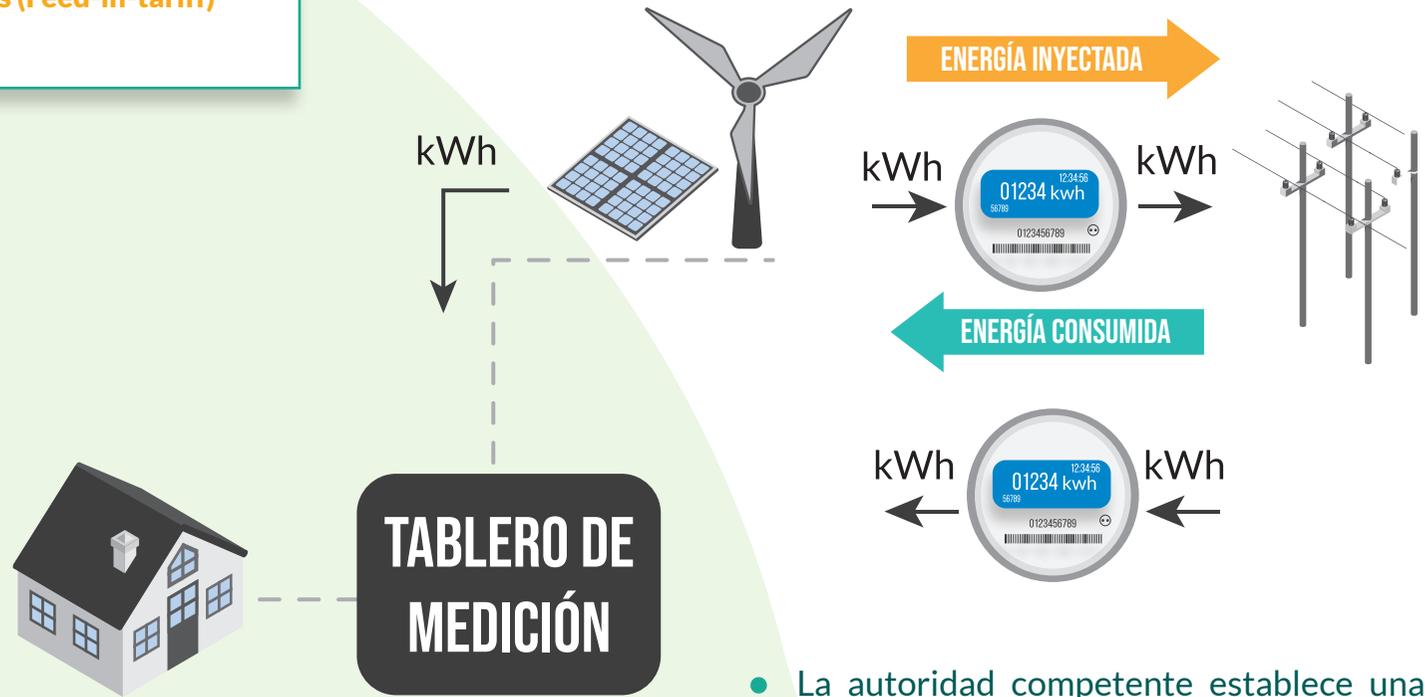
Facturación Neta (o Net-Billing)



- Consiste en determinar los montos a favor o en contra teniendo en cuenta el precio de la energía consumida del sistema versus el precio de la energía inyectada.
- Se necesita siempre que la energía inyectada y la recibida se cuantifique individualmente mediante dos medidores.

3

Tarifas promocionales (Feed-in-tariff)



- La autoridad competente establece una tarifa mínima, sobre precio o premio para la electricidad inyectada proveniente de energías alternativas renovables.
- Se establece una obligación de acceso a las redes eléctricas a las centrales de energías alternativas, para de esta forma asegurar que los generadores estarán en condiciones de entregar su producto.
- Debe existir una obligación de compra de toda la electricidad inyectada al sistema.

¿Qué necesita para ser un Generador Distribuido?



Paso 1 Como usuario

Usted necesita verificar si su proyecto será factible, para esto necesitará asesoramiento especializado.

Podrá encontrar una lista de las empresas inscritas ante el Ente Regulador en la página web:
www.aetn.gob.bo



Paso 2 Como empresa instaladora

Es necesario que su empresa se encuentre inscrita en el Ente Regulador cumpliendo todos los requisitos de acuerdo con la resolución **AETN N° 345/2021** "Procedimiento para la inscripción de empresas dedicadas a la elaboración de proyectos e instalación de Generación Distribuida, en el registro de empresas instaladoras del Ente regulador". Esta información podrá encontrarla en la página web:
www.aetn.gob.bo



Paso 3 Como empresa distribuidora

Las empresas distribuidoras u operadores eléctricos estarán a cargo de recibir las solicitudes de acceso para la conexión de Generadores Distribuidos a su red eléctrica de distribución, y acompañarán a los usuarios durante todo el proceso para cumplir los requisitos técnicos exigidos de acuerdo a la normativa.

Para más información visite la página web www.aetn.gob.bo y consulte la Guía de "Procedimientos de Retribución, Registro, Inscripción de Empresas Instaladoras y Recolección de Información de Generadores Distribuidos".



Fotografías: Paneles solares en el techo del Hospital Arcoiris.



Fotografías: Paneles solares en la Escuela Militar de Ingeniería (EMI).



Fotografías: Instalación de paneles solares en el Hospital Arcoiris.



Fotografías: Techo de la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN).



Fotografías: Instalación de paneles solares en el Hospital Arcoiris.



Fotografías: Vista panorámica del Hospital Arcoiris.



Fotografías: Explicación sobre el funcionamiento de los paneles solares en la Escuela Militar de Ingeniería (EMI).



Fotografías: Vista panorámica de la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN).



Implementada por:



Programa de Energías
Renovables - PEERR II