Índice

Índice 1
Módulo 1 Conceptos Generales. 5
Fuentes de Energía 5
Combustibles Fósiles, Fuentes No renovables 5
Renovables 5
Aplicaciones prácticas de la energía solar 7
Transformándola en Electricidad 7
Transformándola en calor 7
Conceptos Básicos 7
Generación Distribuida 7
Sistema Eléctrico Nacional 8
Generador Fotovoltaico (GFV) 8
Subsistema de Acondicionamiento de Potencia 9
Inversor 9
Interfaz con la Red 9
Módulo Fotovoltaico (MFV) 10
Sistema Fotovoltaico (SFV) 11
Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (SFVI) 11
Módulo 1 ¿Por qué renovables? ¿Por qué Generación Distribuida? 13
¿Qué es el cambio climático? 13
Consideraciones iniciales 13
Cómo funciona el cambio climático 14
Consecuencias del cambio Climático 15
Acuerdos Internacionales 18
Breve historia y actualidad 18
Acuerdos sobre Cambio Climático 18
Mecanismos de Reducción de Emisiones 18
COMPROMISOS INTERNACIONALES CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO 19
ACCIONES DE POLÍTICA ENERGÉTICA 20
Breve historia de la industria eléctrica mexicana 20
CABEZAL 20

ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO 20
EVOLUCIÓN DEL ESQUEMA 21
DATOS RELEVANTES 21
Marco Regulatorio GD 22
DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL 23
EVOLUCIÓN 24
Módulo 2 Generación distribuida y Política Energética 29
¿Cómo ve la 4T las renovables? Intermitentes 29
Contexto 29
Cancelación de cuarta subastas de energía eléctrica de largo plazo. 29
Cancelación de licitaciones de líneas de transmisión. 29
No conclusión de temporada abierta de transmisión. 29
Obstrucción de Participación en Suministro Básico 30
Acuerdo de CENACE 30
Política de Confiabilidad. 30
Expectativas para cumplir el Acuerdo de Paris. 30
Regiones CFE 31
Áreas CFE 31
Nodos P – PML 32
PML La Paz 32
Despacho Eléctrico 33
¿Qué necesitamos? 35
Estructura del Sector 36
ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO 36
Módulo 3 Fundamentos teóricos, geometría solar 37
El Sol 37
Los movimientos relativos entre el Sol y la Tierra 38
Distribución de la Radiación Solar 40
Radiación Solar directa, difusa y albedo 41
Geometría Solar 41
Recorrido Solar (Sun Path) 42
Irradiación Solar Global 43
Software METEONORM 43

Inclinación del panel según la aplicación 44
Célula Fotovoltaica 44
Efecto Fotovoltaico 44
Glosario 45
Bibliografía 46
Módulo 4 Componentes de un Generador Fotovoltaico – paneles 47
Configuración General 47
Módulos fotovoltaicos 49
Celda fotovoltaica 50
Tipos de celdas fotovoltaicas 53
Módulo fotovoltaico 55
Tipo de módulos 56
Clasificación de módulos fotovoltaicos 59
Estándares y códigos para revisar la calidad y seguridad de módulos fotovoltaicos 61
Selección de módulos fotovoltaicos 63
Análisis para módulos fotovoltaicos en módulos fotovoltaicos 64
Estadísticas de fallas en módulos fotovoltaicos 64
Tipo de módulos 68
Módulo 5 Análisis del Consumidor, Mix de marketing 69
Sociología del Consumidor 69
Sociología 69
Descripción básica 69
Psicología de compra 69
Perfiles del Consumidor de Energía Solar 70
Por modelo de Compra. 70
Generación de impulsos de compra 71
Mix de marketing 71
Módulo 6 Componentes de un Generador Fotovoltaico – inversores 72
Aplicación de inversores 72
Partes fundamentales de Inversores 72
Control principal 72
Etapa de potencia 72

Control de red 72
Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT) 72
Protecciones 73
Monitorización de datos 73
Inversores 73
Parámetros Eléctricos 74
Estándares y códigos para seguridad e interconexión de inversores 75
Clasificación 77
Eficiencia 80

CPEF
Cámara de profesionales
en energía fotovoltaica

Generalidades

Ofelia Coca

Módulo 1 Conceptos Generales.

Objetivo

El participante identificará el concepto de radiación solar y las características principales para su utilización como fuente de energía eléctrica y térmica.

Fuentes de Energía

Combustibles Fósiles, Fuentes No renovables

Son aquellas que se encuentran limitadas en el tiempo, su producción emite gases efecto invernadero y residuos nocivos para el medio ambiente. Provienen de depósitos de carbón fósil son **petróleo**, **gas natural** y **carbón**.

Renovables

Son aquellas fuentes de energía basadas en la utilización de recursos naturales: **el sol**, **el viento**, **el agua** o la **biomasa** vegetal o animal. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles, sino recursos naturales capaces de renovarse ilimitadamente.

Las energías limpias no generan residuos (o son residuos reciclables)
Las más comúnmente utilizadas son la energía geotérmica, que utiliza el calor interno de nuestro planeta, la energía eólica, la energía hidroeléctrica y la energía solar.

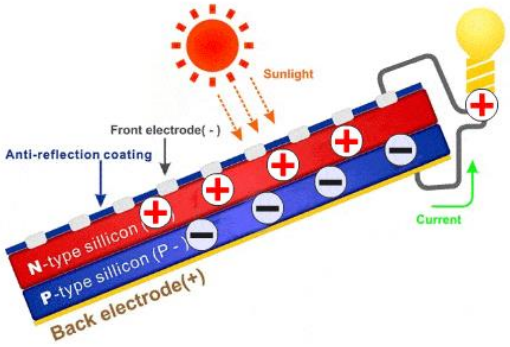
COMPLEJO EÓLICO OAXACA II-III-IV

HUERTO SOLAR JALISCO 1 & JALISCO 2

A la energía nuclear se le considera una fuente de energía verdaderamente muy eficiente, pero al mismo tiempo es una fuente no renovable de energía (el Uranio y Plutonio son limitados), y su manipulación conlleva enormes riesgos para el medioambiente y las personas.

Aplicaciones prácticas de la energía solar

Transformándola en Electricidad



Transformándola en calor

Conceptos Básicos

Basados en **CFE G100-04**

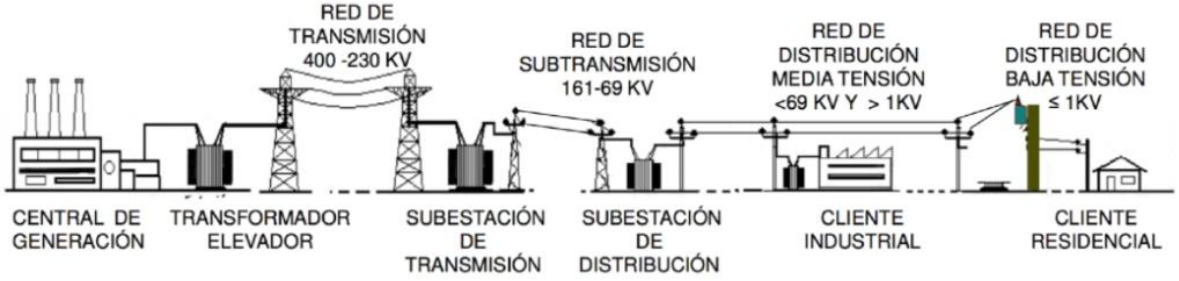
Generación Distribuida

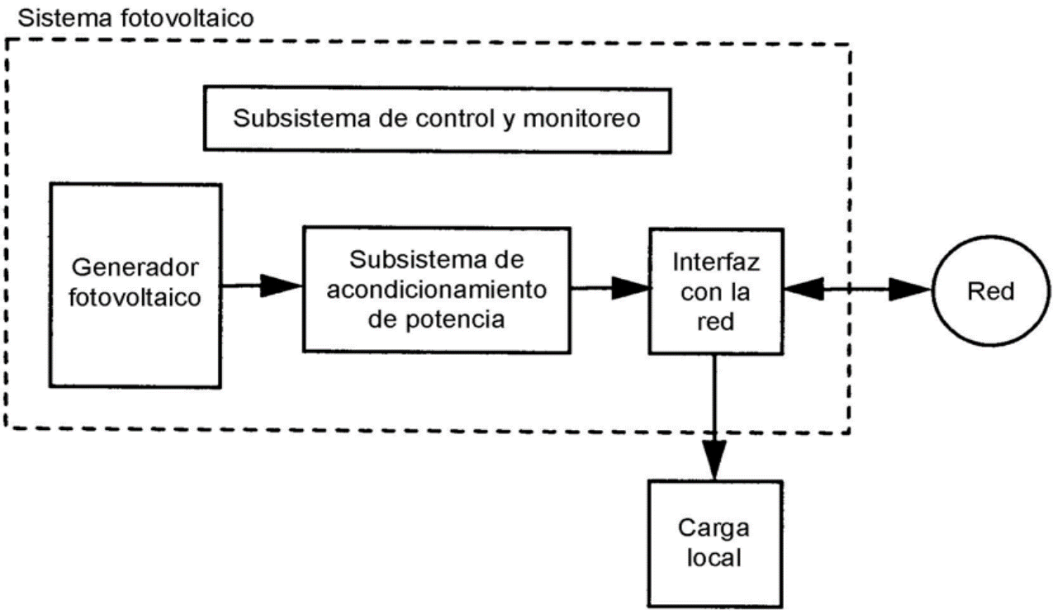
un alimentador de baja tensión.

Generadores Dispersos

Son sistemas que no forman parte del esquema convencional de generación centralizada, sino que pertenecen al esquema de **generación distribuida**. Normalmente son generadores de baja capacidad (1 kWp - 30 kWp) instalados en inmuebles residenciales, comerciales o públicos. Su conexión eléctrica se realiza a

Sistema Eléctrico Nacional





Cámara de profesionales en energía fotovoltaica

Generador Fotovoltaico (GFV)

Unidad generadora capaz de convertir la radiación solar incidente directamente en energía eléctrica en forma de corriente directa. Está constituido por la integración eléctrica y mecánica de los siguientes componentes:

a) Módulos fotovoltaicos.
b) Subarreglos (grupos de módulos fotovoltaicos).
c) Arreglo fotovoltaico (grupo de subarreglos).
d) Cajas de conexión.
e) Cables y conexiones eléctricas.
f) Dispositivos de protección.
g) Sistema de tierras.
h) Estructuras de montaje.

Subsistema de Acondicionamiento de Potencia

Es el subsistema que convierte la energía en c.d. proveniente del GFV, en energía en c.a. compatible con los requerimientos de la red. Esta conversión se realiza mediante un inversor y el subsistema puede estar constituido por uno o más inversores. Además de la conversión de energía, este subsistema puede incluir funciones de protecciones de c.d.,de c.a., al inversor, filtros para armónicos, compensación de FP., etc.

Inversor

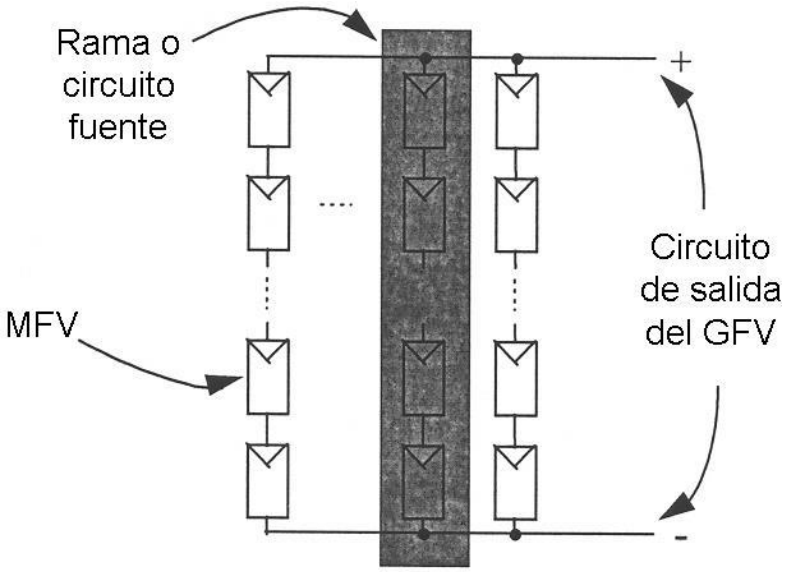
Dispositivo electrónico de potencia cuya función principal es convertir la señal de c.d. del GFV en una señal de c.a. sincronizada con la red. Constituye el elemento central de la interfaz entre el GFV y la red eléctrica. La salida de c.a. puede ser monofásica o trifásica. Adicionalmente realiza otras funciones de protección y control para el funcionamiento eficiente y seguro del SFVI. Este equipo también es referenciado como **subsistema de acondicionamiento de potencia**.

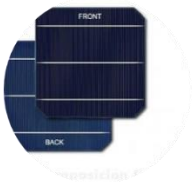
Interfaz con la Red

Interconecta la salida del inversor con las cargas locales de c.a. del inmueble y con el sistema eléctrico de distribución. Permite al SFV operar en paralelo con la red para que la energía pueda fluir en uno u otro sentido entre la red y la interfaz.

Módulo Fotovoltaico (MFV)

Grupo de celdas fotovoltaicas interconectadas eléctricamente entre sí, mecánicamente agrupadas y encapsuladas en una unidad para protegerlas del medio ambiente. Un MFV es la unidad de generación más pequeña lista para utilizarse.





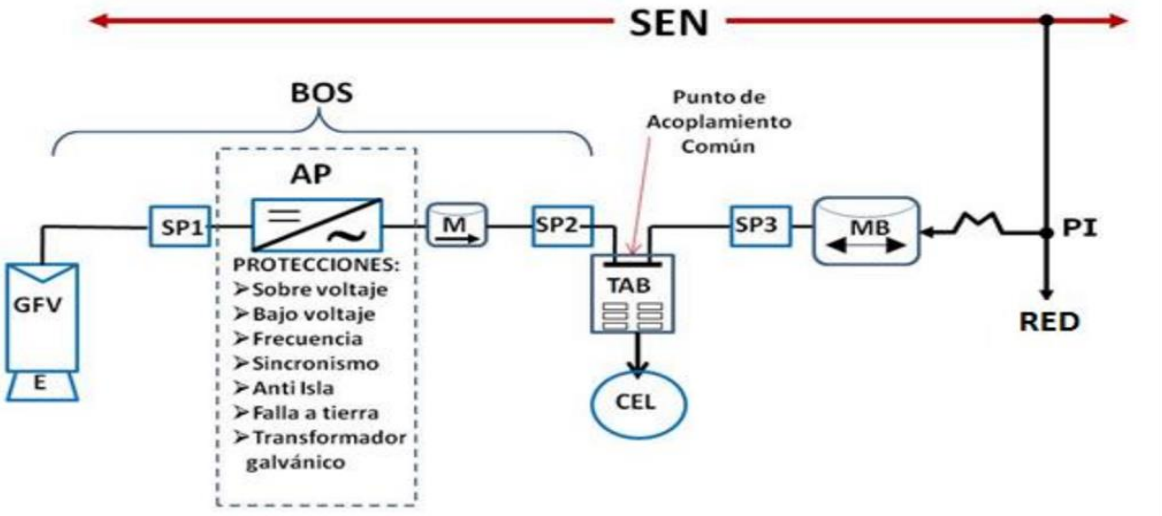
Sistema Fotovoltaico (SFV)

Sistema de generación que convierte la luz solar directamente en energía eléctrica, con las características apropiadas para ser utilizada por la carga destinada

Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (SFVI)

Sistema fotovoltaico de generación eléctrica en el que la energía en corriente directa del GFV es convertida en energía en corriente alterna (c.a.), a la tensión y frecuencia de la red eléctrica y sincronizada con ella. Al conectarse en paralelo con la red, el SFV contribuye al suministro de la energía demandada a la red. Si existe una carga local en el inmueble, ésta debe ser alimentada por cualquiera de las dos fuentes o por ambas simultáneamente, dependiendo de los valores instantáneos de la carga y de la potencia de salida del SFV.

Cualquier superávit de potencia del SFV es inyectado a la red eléctrica y cualquier déficit es demandado a ésta. La figura 2 muestra el diagrama de bloques de un SFVI; las flechas indican el flujo de la energía.



CPEF
Cámara de profesionales
en energía fotovoltaica

Política económica y estructura del sector energético.

Víctor Florencio Ramírez Cabrera

Objetivo

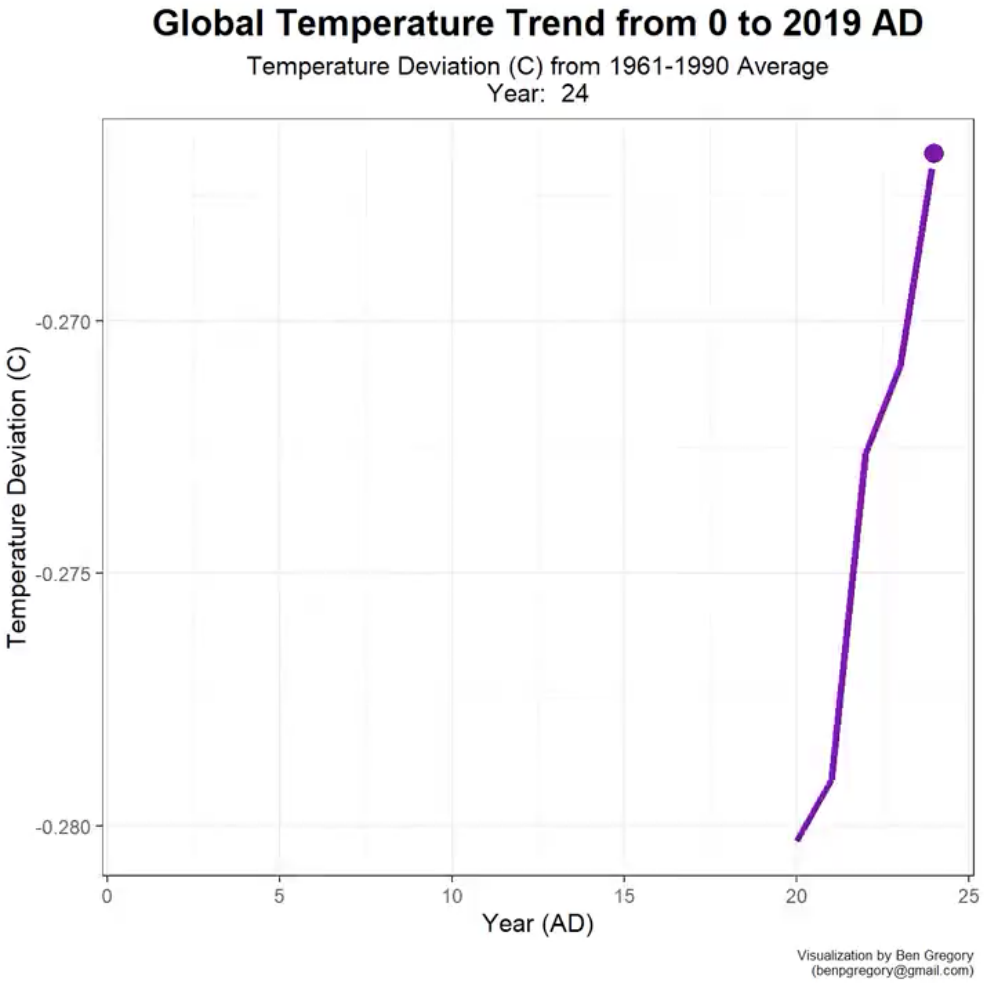
El participante identificará la situación geopolítica de la industria eléctrica en México, reconocerá contexto histórico de la reforma energética.

Módulo 1 ¿Por qué renovables? ¿Por qué Generación Distribuida?

¿Qué es el cambio climático?

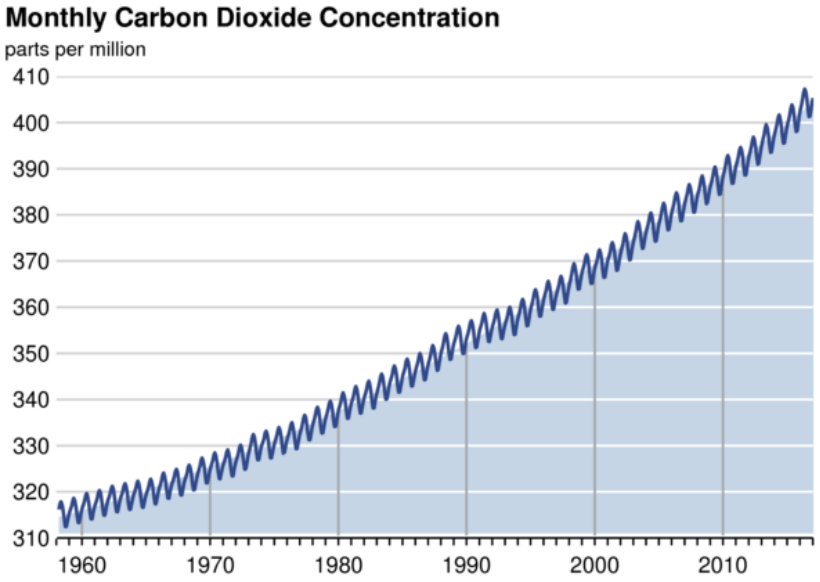
Consideraciones iniciales

- La tierra ha variado su temperatura de forma natural.
- Periodos de calentamiento y glaciación regulares.
- La actividad humana genera un calentamiento mayor

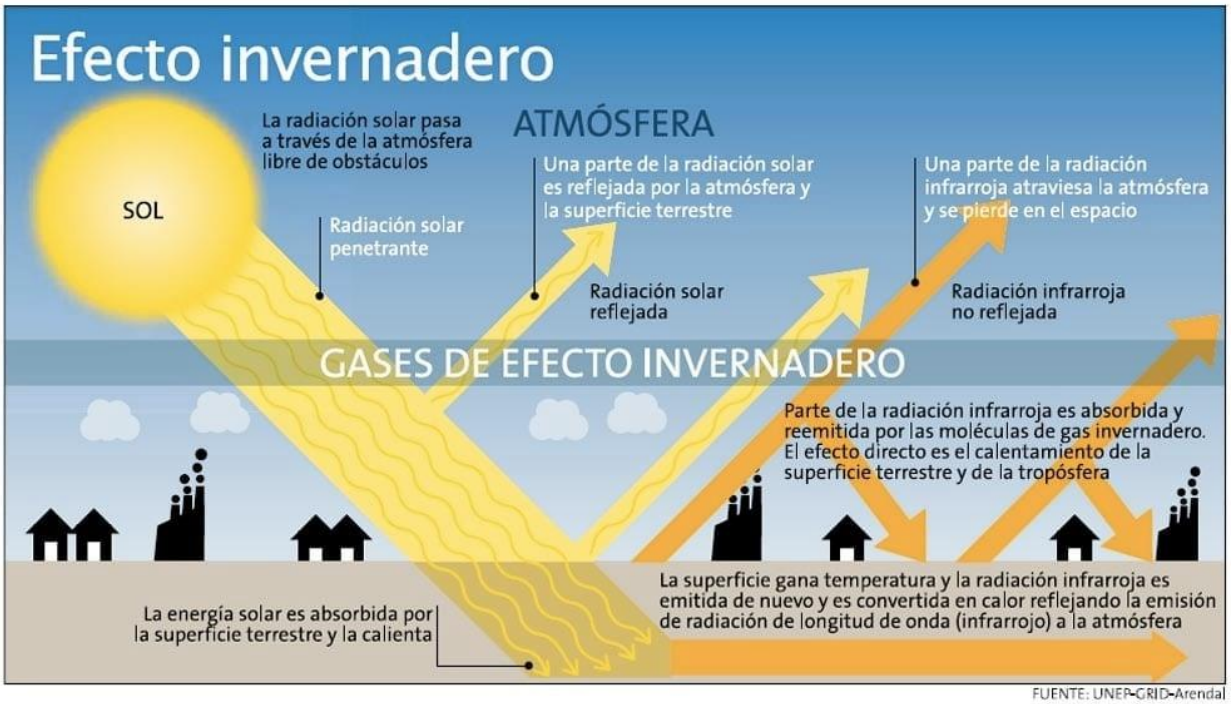


- -Alta concentración de Gases de Efecto Invernadero
- -CO2, CH4, principalmente.
- El petróleo estaba capturado bajo el suelo, ahora disuelto en la atmósfera.

Concentración mensual de GEI



Cómo funciona el cambio climático



Consecuencias del cambio Climático

Actual

+ 1.5ºC

+ 3ºC

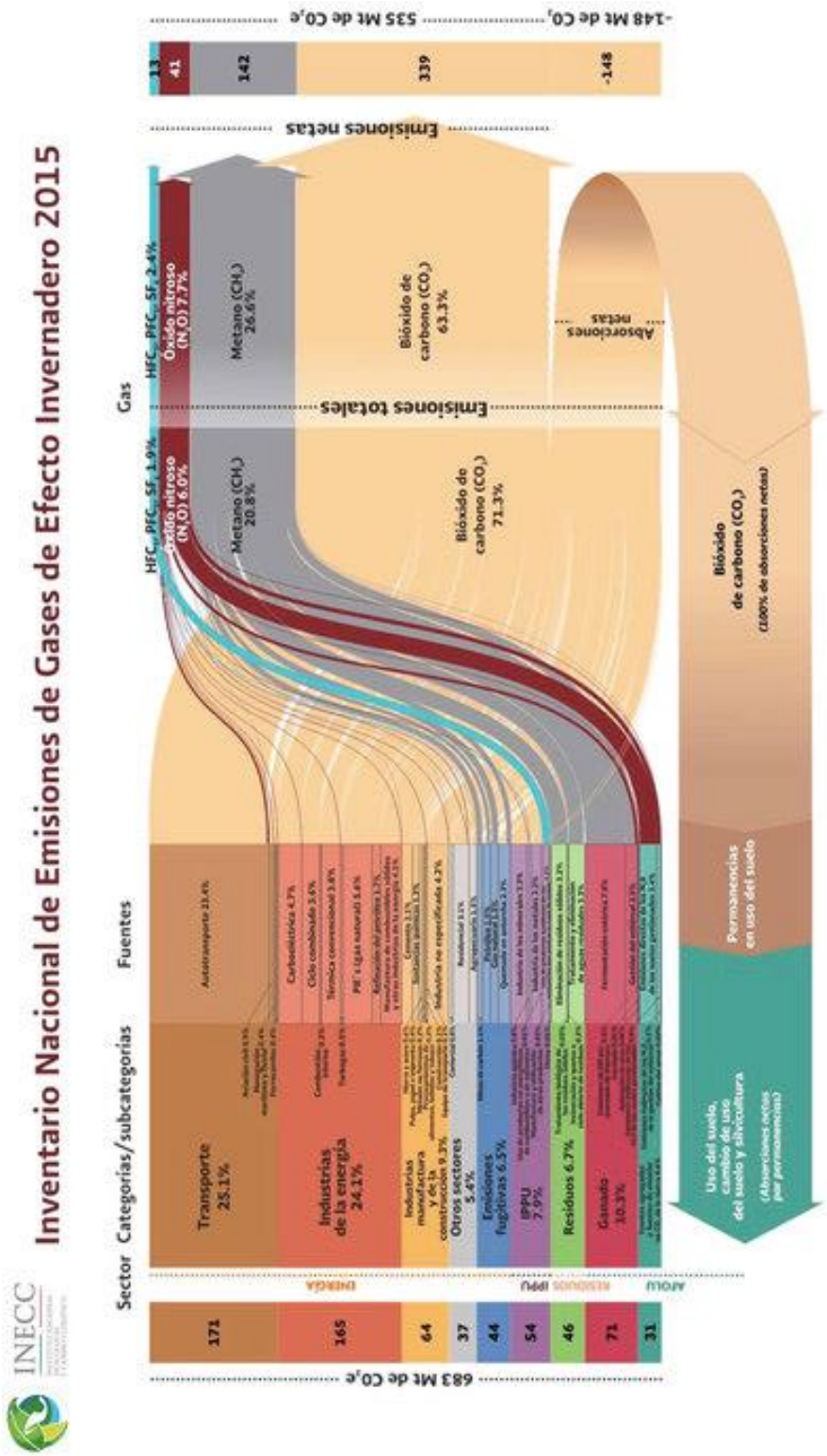
San Diego
Puebla
Tijuana
Juarez
Dallas
MS
AL
GA
TX
LA
Houston
New Orleans
FL
San Antonio
Chihuahua
Tampa
Golfo de California
Monterrey
Gulf of Mexico
Miami
Straits of Florida
Mexico
Havana
Cuba
Leon
Guadalajara
Mexico City
George Town
Belize
Guatemala
Honduras
Guatemala City
Tegucigalpa
San Salvador
Nicaragua

+ 4ºC

Puebla
Tijuana
Juarez
Dallas
MS
AL
GA
TX
LA
Houston
New Orleans
FL
San Antonio
Chihuahua
Tampa
Golfo de California
Monterrey
Gulf of Mexico
Miami
Straits of Florida
Mexico
Havana
Cuba
Leon
Guadalajara
Mexico City
George Town
Belize
Guatemala
Honduras
Guatemala City
Tegucigalpa
San Salvador
Nicaragua

¿Cómo se genera el cambio climático?

Inventario Nacional de Emisiones, 2015



Acuerdos Internacionales

Breve historia y actualidad

¿Sirven los acuerdos?

- Hoyo en capa de ozono (Mario Molina).
- Acuerdo de Montreal.
- Limitación de uso de agentes dañinos a la capa de ozono.
- México, país pionero.

Acuerdos sobre Cambio Climático

Protocolo de Kyoto

- Antecedente: Cumbre de Rio 1992.
- Firmado: 11 de diciembre de 1997 en Kyoto, Japón.
- Entra en vigor: 16 de febrero de 2005.
- Países Firmantes: 192.
- Anexión México: 29 de abril de 2000.
- Compromisos: Disminuir 5 % emisiones en 2008-2012, de línea base de 1990

Acuerdo de Paris

- Firmado: 12 de diciembre de 2015.
- Objetivo. Limitar el incremento de temperatura a 1.5ºC.
- Países firmantes: 185 (95 % de emisiones).
- Compromisos: emisiones máximas,
- neutralización de emisiones.

Ratificación: 22 de abril de 2016.

Mecanismos de Reducción de Emisiones

Energía

- Eficiencia energética.
- Sustitución de generadores por energía limpia
- Sustitución de combustibles por otros mas
- limpios
- Electrificación del transporte
- Disminución de venteo.

Otros

- REDD+
- Disminución o captura de emisiones en ganadería.
- Movilidad no motorizada.

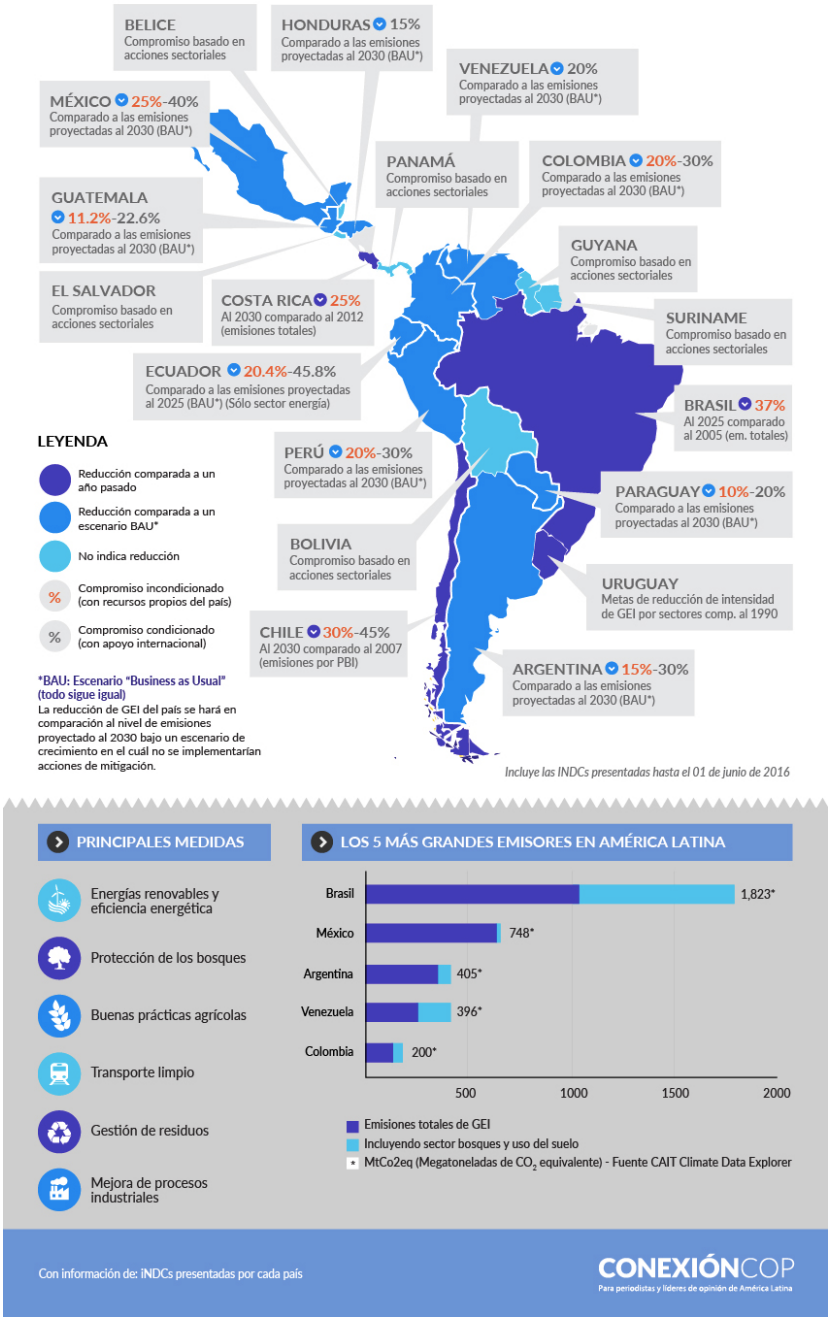
¿QUÉ PLANEA HACER EL MUNDO?

COMPROMISOS INTERNACIONALES CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

Compromisos Europa

- Gases de efecto invernadero: reducción del 40% como mínimo.
- Energías renovables: al menos un 32%.
- Eficiencia energética: al menos un 32,5 % de mejora (27 % 2018).

Compromisos de Reducción de Emisiones de América Latina



ACCIONES DE POLÍTICA ENERGÉTICA

EUROPA

- FEED-IN-TARIFF.
- Impuesto al sol (España, derogado).
- Plan de descarbonización Alemania 2035.
- Electrificación total.
- Carbon Tax.
- NatGas

América (México)

- GD Obligatoria en California (oeste).
- Generación térmica obligatoria (CDMx).
- Certificados de Energía Limpia.
- Certificaciones privadas
- Mercado de Bonos de Carbono.

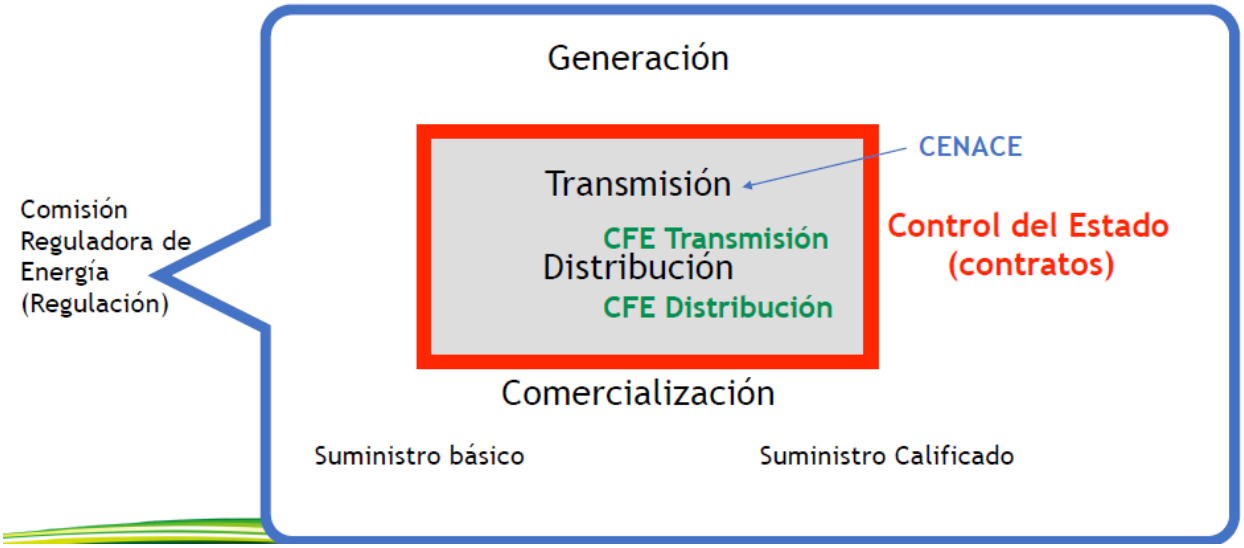
¿Qué cambio la historia?
¡Economía de Renovables!

Breve historia de la industria eléctrica mexicana

CABEZAL

- Surge Privada con Light and Power Company (Batopilas antes)
- 1960, nacionalización.
- Hasta 1992 se permite la entrada de generadores privados.
- En 1994 entran PIDIREGAS, PIE Y Autoabastecimiento
- En 2007 se permite entrada a generadores exentos.
- En 2009 se crea tarifa de porteo verde.
- En 2013 se abre el mercado (LIE).

ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO



EVOLUCIÓN DEL ESQUEMA

Años	Inicios - 1960	1960 - 1990	1990 - 2015	2015 - ¿?
Estructura	Mercado (Ley de la Industria Eléctrica)	Monopolio Auto regulado (LSPEE)	Mercado Mixto (LSPEE)	Mercado (Ley de la industria Eléctrica)
Participantes	Empresas verticalmente integradas	Dos monopolios: CFE, LyFC	Dos monopolios verticales de Transmisión a comercialización (CFE y LyF) Generadores privados y autoabastos	Competencia en generación y comercialización. Monopolio regulado en Transmisión y Distribución.

Monopolio con participantes privados	Mercado
La seguridad del SEN responsabilidad de CFE	Seguridad como responsabilidad compartida (código de red)
CENACE interno en CFE	CENACE independiente de CFE
Regulación interna de CFE	Regulación en CRE
Planeación vertical de CFE	Planeación por SENER, considerando el mercado.

DATOS RELEVANTES

- Ingreso retrasado de proyectos de subastas (2.5 GW anual promedio, 9 mMDD totales,
- 3 mMDD MEM de inversiones en MEM.
- Desconexiones manuales por falta de energía en BCS y Mérida, falta de energía en BC.
- Líneas de transmisión canceladas.
- Código de red en aplicación.
- Crecimiento de 282 MW de generación distribuida.
- Sin salidas de operación en 2018-2019

Marco Regulatorio GD.

Orden	Elementos normativos
Constitución	- Código de Red
⇩	- Manual de Interconexión
Ley de la Industria Eléctrica	- Disposiciones Administrativas de Carácter General (SSB).
⇩	- Normas constructivas locales*
Elementos Normativos (mismo nivel)	

CPEF Cámara de profesionales en energía fotovoltaica

DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL

DACG 2017

DIFERENCIAS

1. Regular venta de energía con SSB.
2. Establece metodología de cálculo de contraprestaciones.
3. Establece metodología de pago de contraprestaciones.
4. Crea nuevas figuras.

METODOLOGIAS DE INTERCONEXIÓN

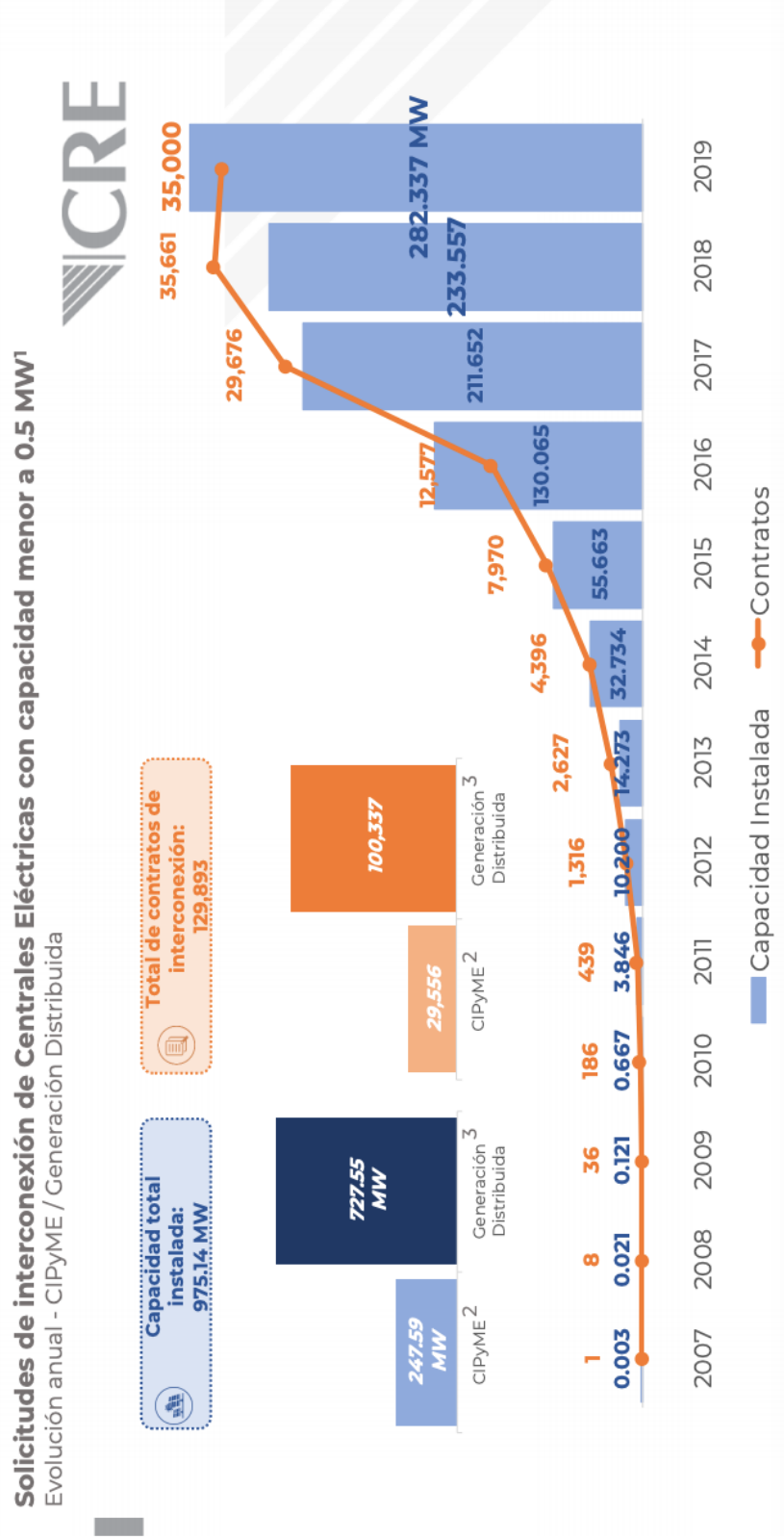
INTERCAMBIO NETO

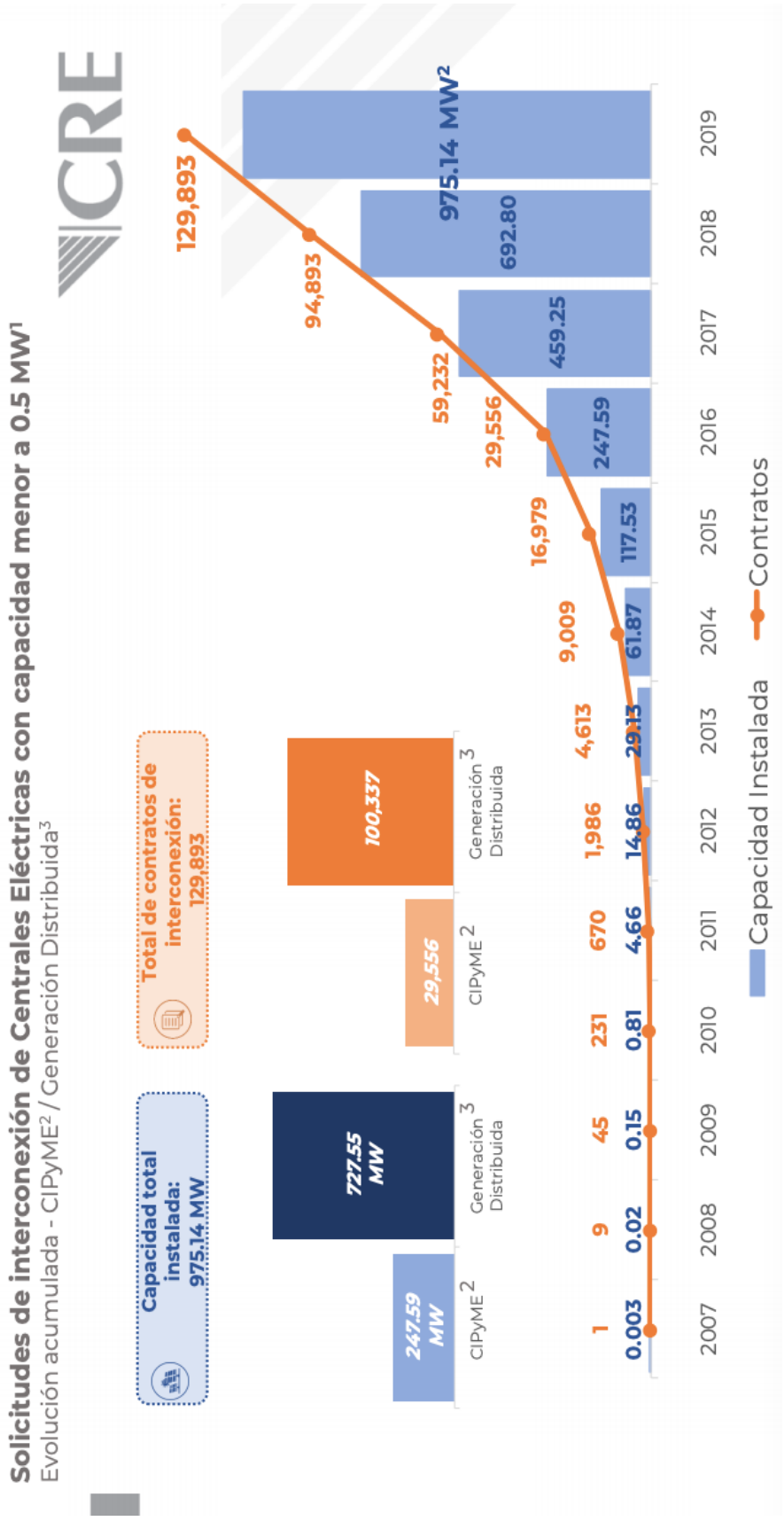
FACTURACIÓN NETA

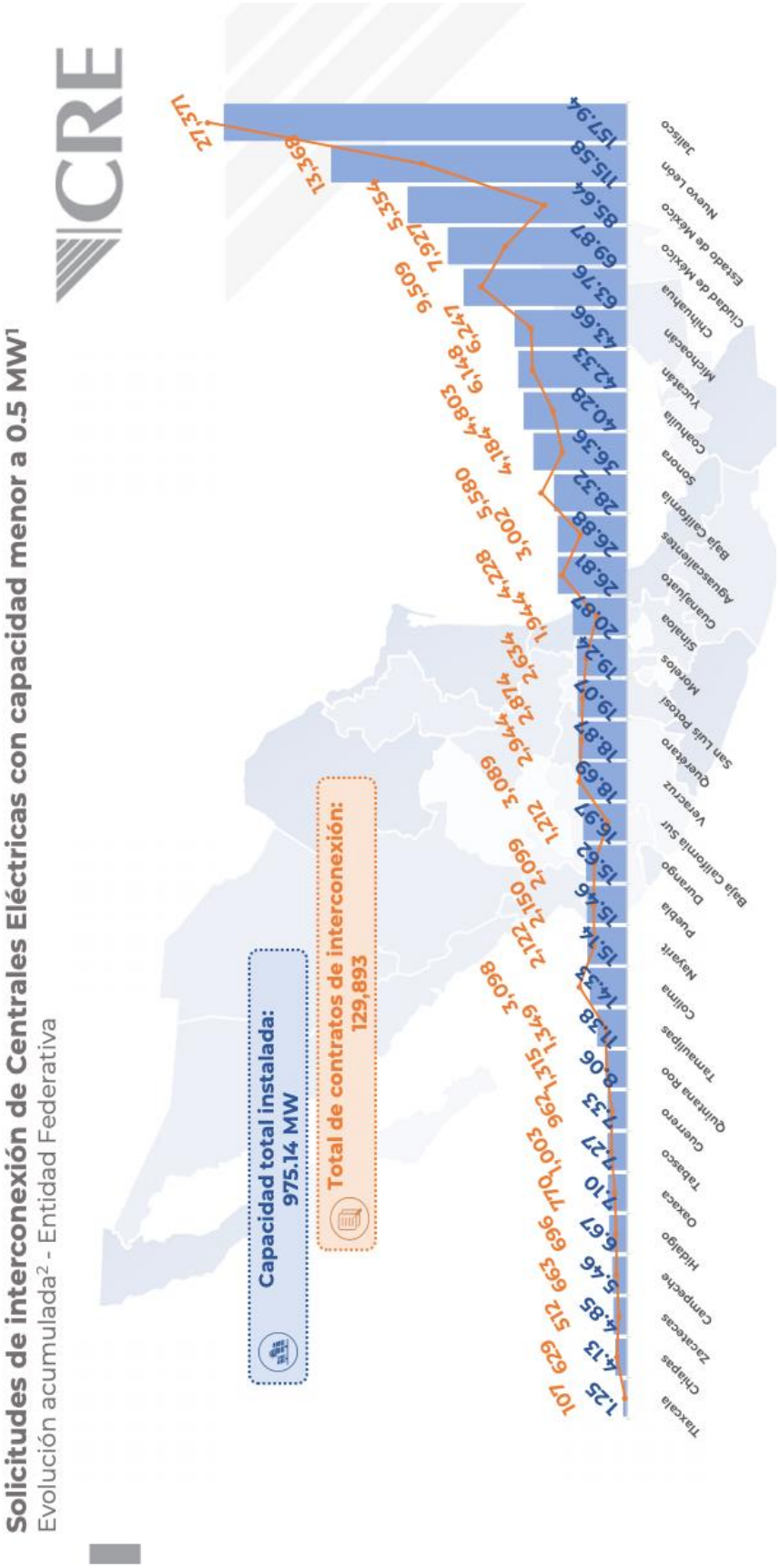
VENTA TOTAL

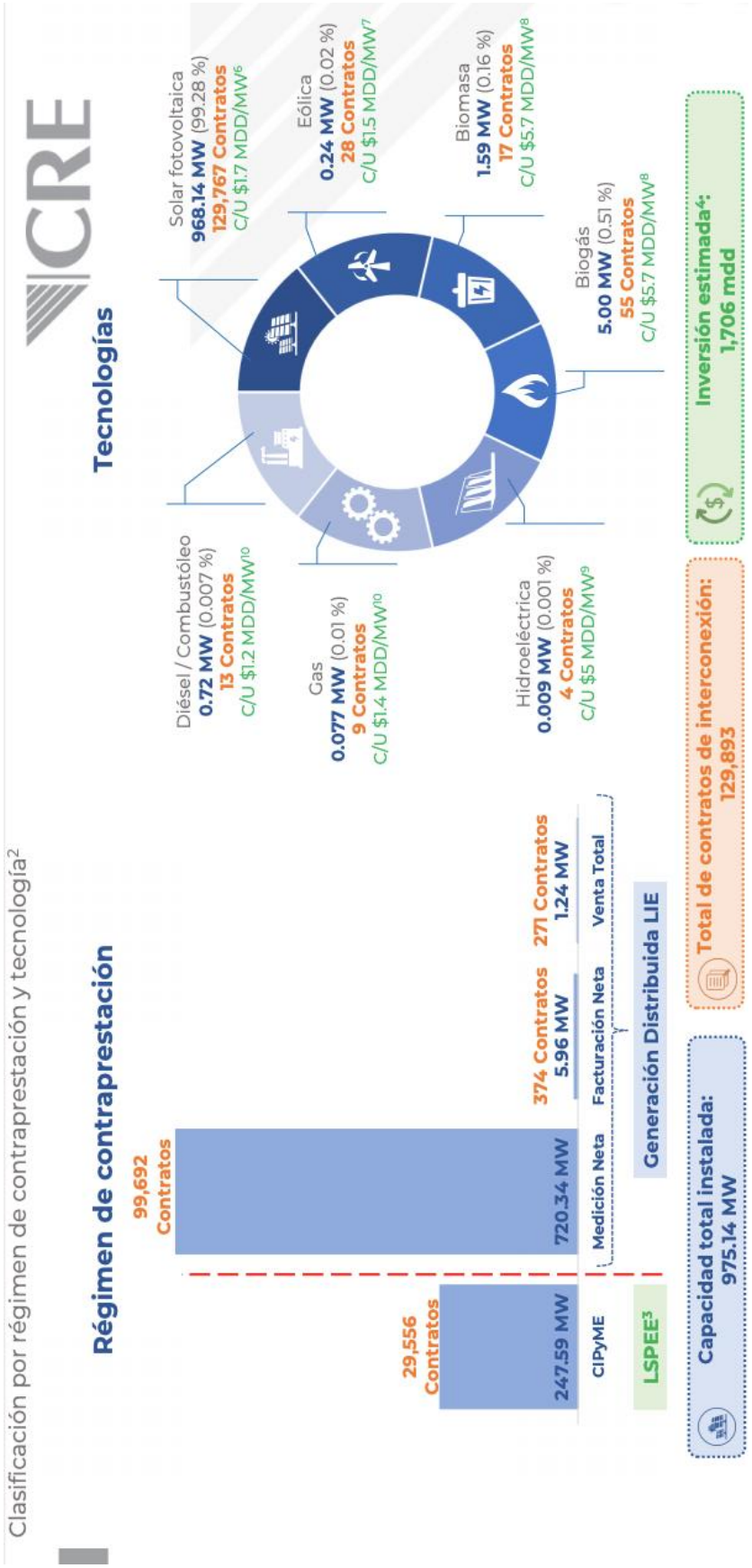
EVOLUCIÓN

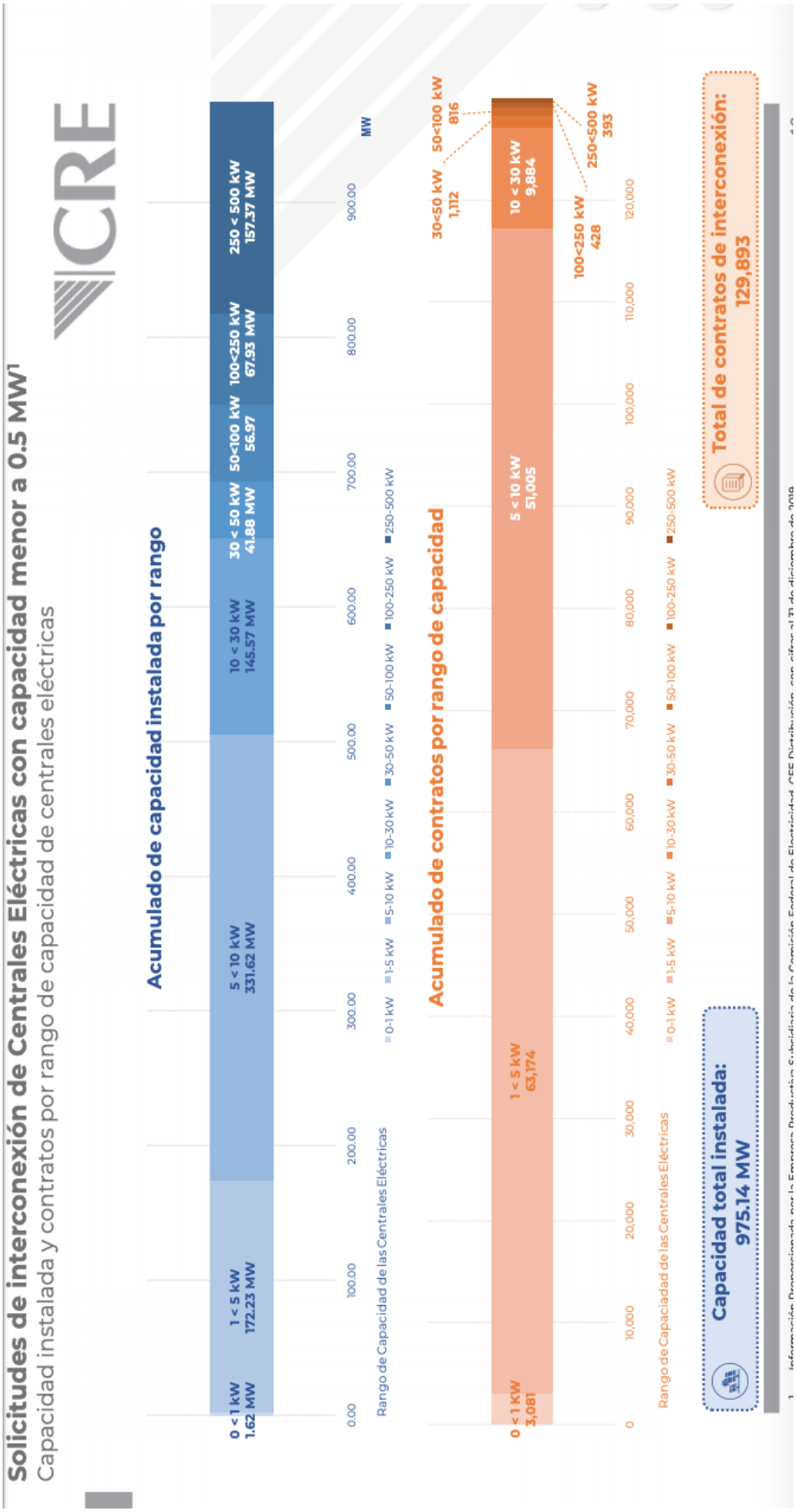
EVOLUCIÓN DE GD




Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW[1]
Evolución acumulada - CIPyME[2] / Generación Distribuida[3]
CRE
Capacidad total instalada: 975.14 MW
Total de contratos de interconexión: 129,893
247.59 MW
CIPyME[2]
727.55 MW
Generación[3] Distribuida
29,556
CIPyME[2]
100,337
Generación[3] Distribuida
Capacidad Instalada
Contratos
0.003
1
0.02
9
0.15
45
0.81
231
4.66
670
14.86
1,986
29.13
4,613
61.87
9,009
117.53
16,979
247.59
29,556
459.25
59,232
692.80
94,893
975.14 MW[2]
129,893
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019


CRE
Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW¹
Evolución acumulada² - Entidad Federativa
Capacidad total instalada:
975.14 MW
Total de contratos de interconexión:
129,893
Jalisco
Nuevo León
Estado de México
Ciudad de México
Chihuahua
Michoacán
Yucatán
Coahuila
Sonora
Baja California
Aguascalientes
Guanajuato
Sinaloa
Morelos
San Luis Potosí
Querétaro
Veracruz
Baja California Sur
Durango
Puebla
Nayarit
Colima
Tamaulipas
Quintana Roo
Guerrero
Tabasco
Oaxaca
Hidalgo
Campeche
Zacatecas
Chiapas
Tlaxcala
157.94
115.58
85.64
69.87
63.76
43.66
42.33
40.28
36.36
28.32
26.88
26.81
20.87
19.24
19.07
18.87
18.69
16.97
15.62
15.46
15.14
14.23
11.38
8.06
7.33
7.27
7.10
6.67
5.46
4.85
4.13
1.25
27,371
13,268
7,927
5,509
5,354
6,248
6,148
6,184
4,803
5,580
3,002
4,228
1,944
2,634
2,871
2,944
3,089
1,212
2,099
2,150
2,122
3,098
1,349
1,315
963
1,003
770
696
663
512
629
107


Clasificación por régimen de contraprestación y tecnología[2]
Régimen de contraprestación
99,692 Contratos
720.34 MW
Medición Neta
374 Contratos
5.96 MW
Facturación Neta
271 Contratos
1.24 MW
Venta Total
Generación Distribuida LIE
29,556 Contratos
247.59 MW
CIPyME
LSPEE[3]
Capacidad total instalada: 975.14 MW
Total de contratos de interconexión: 129,893
Inversión estimada[4]: 1,706 mdd
Tecnologías
CRE
Solar fotovoltaica
968.14 MW (99.28 %)
129,767 Contratos
C/U $1.7 MDD/MW[6]
Eólica
0.24 MW (0.02 %)
28 Contratos
C/U $1.5 MDD/MW[7]
Biomasa
1.59 MW (0.16 %)
17 Contratos
C/U $5.7 MDD/MW[8]
Biogás
5.00 MW (0.51 %)
55 Contratos
C/U $5.7 MDD/MW[8]
Hidroeléctrica
0.009 MW (0.001 %)
4 Contratos
C/U $5 MDD/MW[9]
Gas
0.077 MW (0.01 %)
9 Contratos
C/U $1.4 MDD/MW[10]
Diésel / Combustóleo
0.72 MW (0.007 %)
13 Contratos
C/U $1.2 MDD/MW[10]


Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW[1]
Capacidad instalada y contratos por rango de capacidad de centrales eléctricas
CRE
Acumulado de capacidad instalada por rango
0 < 1 kW 1.62 MW
1 < 5 kW 172.23 MW
5 < 10 kW 331.62 MW
10 < 30 kW 145.57 MW
30 < 50 kW 41.88 MW
50<100 kW 56.97
100<250 kW 67.93 MW
250 < 500 kW 157.37 MW
MW
0.00 100.00 200.00 300.00 400.00 500.00 600.00 700.00 800.00 900.00
0-1 kW 1-5 kW 5-10 kW 10-30 kW 30-50 kW 50-100 kW 100-250 kW 250-500 kW
Rango de Capacidad de las Centrales Eléctricas
Acumulado de contratos por rango de capacidad
0 < 1 kW 3,081
1 < 5 kW 63,174
5 < 10 kW 51,005
10 < 30 kW 9,884
30<50 kW 1,112
50<100 kW 816
100<250 kW 428
250<500 kW 393
0 10,000 20,000 30,000 40,000 50,000 60,000 70,000 80,000 90,000 100,000 110,000 120,000
0-1 kW 1-5 kW 5-10 kW 10-30 kW 30-50 kW 50-100 kW 100-250 kW 250-500 kW
Rango de Capacidad de las Centrales Eléctricas
Capacidad total instalada: 975.14 MW
Total de contratos de interconexión: 129,893

Módulo 2 Generación distribuida y Política Energética

¿Cómo ve la 4T las renovables? Intermitentes

Contexto

Actos legales de SENER

- Cancelación de cuarta subasta de energía eléctrica de largo plazo.
- Cancelación de licitaciones de líneas de transmisión.
- No conclusión de temporada abierta de transmisión.
- Obstrucción de Participación en Suministro Básico.
- Acuerdo de CENACE.
- Política de Confiabilidad.

Cancelación de cuarta subastas de energía eléctrica de largo plazo.

Actos legales de SENER

- Instruida por SENER sin facultades.
- Cancela inversión por unos 3 mil mdd y 2.5 GW.
- No se presentaron opciones para satisfacer la demanda creciente.
- CENACE no argumentó más allá del oficio de SENER.

Cancelación de licitaciones de líneas de transmisión.

Actos legales de SENER

- Dos contratos, uno de SENER y uno de CFE transmisión.
- Contratos en arrendamiento financiero.
- Tecnología HVDC.
- Interconexión Sonora - Mexicali, Ixtepec - Yautepec.
- Inversión por alrededor de 2,400 MDD totales.
- Cancelación legal, pero limita interconexiones en Oaxaca y mantiene aislado a BC.

No conclusión de temporada abierta de transmisión.

Actos legales de SENER

- Temporada abierta de transmisión en Noreste.
- Generadores eólicos con inversiones en transmisión.
- Permitiría desahogar eólica de Tamaulipas (freno en 2021).

No se ha concluido y por tanto no hay inicio.

Obstrucción de Participación en Suministro Básico

Actos legales de SENER

- Suspensión de inscripciones como Participantes del Mercado a permisos de suministro Básico.
- Sin facultades legales.
- Violatorio del derecho Constitucional a la libre concurrencia.

Acuerdo de CENACE

Actos legales de SENER

- Acuerdo de regulado contrario a Disposiciones del regulador (Código de Red).
- Acuerdo emitido sin consideraciones de temporalidad explícitas.
- Acuerdo violatorio del artículo 101 de la LIE.
- Acuerdo sin consideraciones técnicas reales ni vinculantes.

Política de Confiabilidad.

Actos legales de SENER

- Se puede actualizar en cualquier momento.
- Debe ser acorde al PND
- Debe ser acorde al marco legal.
- Es un instrumento de política pública NO regulatorio.

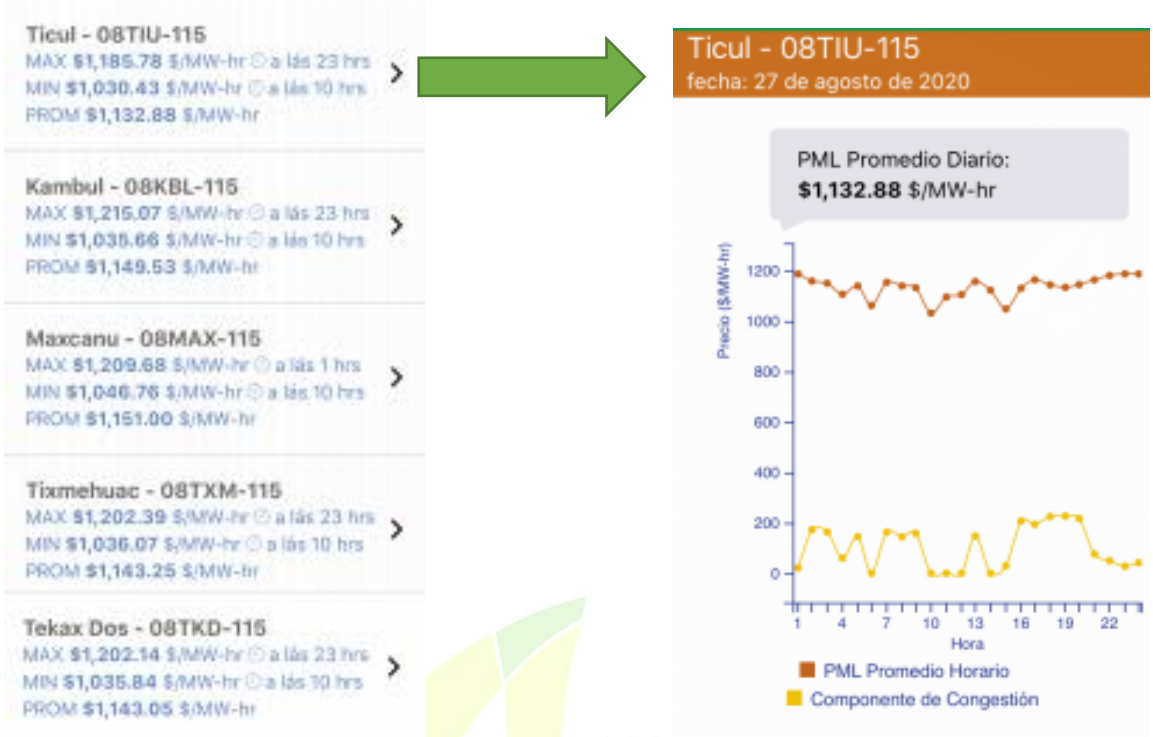
Expectativas para cumplir el Acuerdo de Paris.

- Eficiencia energética: 78 % de reducción a CONUEE
- No hay mercado de CEL activo (penalizaciones).
- No hay mecanismos para agregar generación masiva de renovables (subastas).
- Generación distribuida aporta máximo 400 MW/año (1/6 de lo requerido)

Regiones CFE

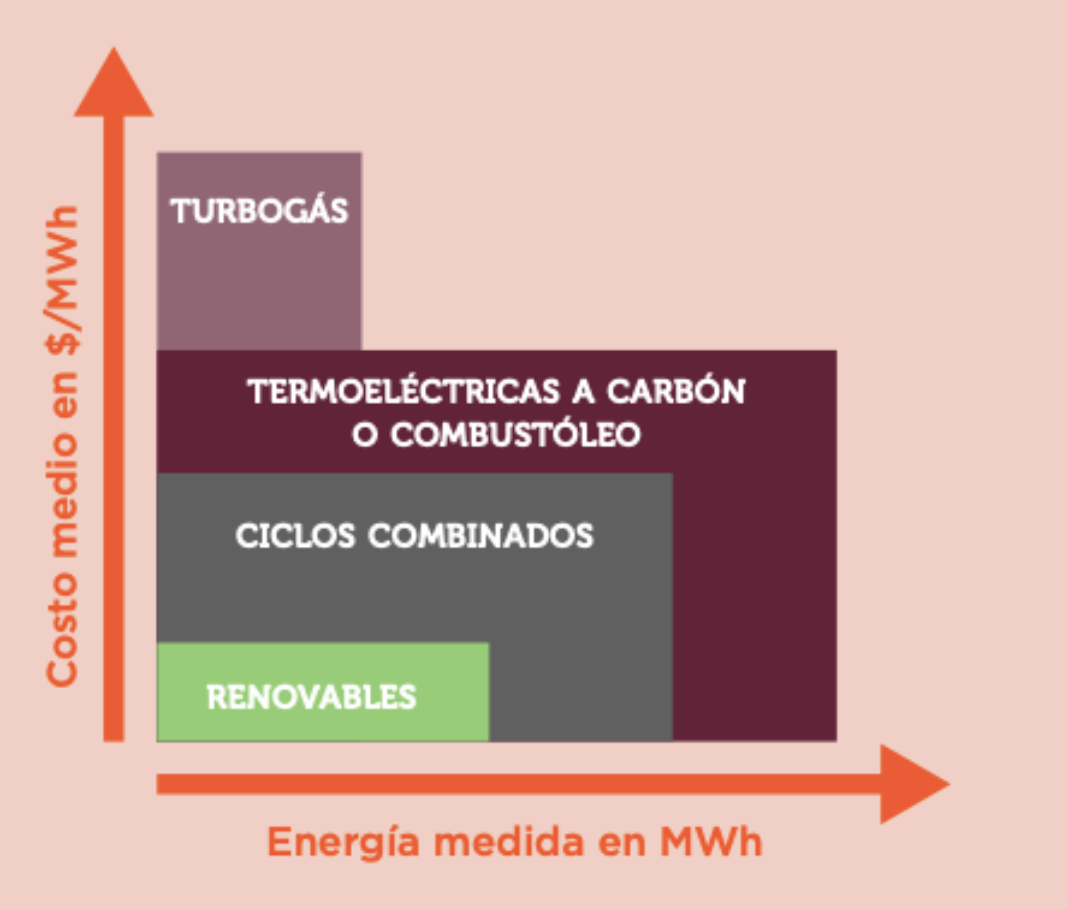
Áreas CFE

Nodos P – PML

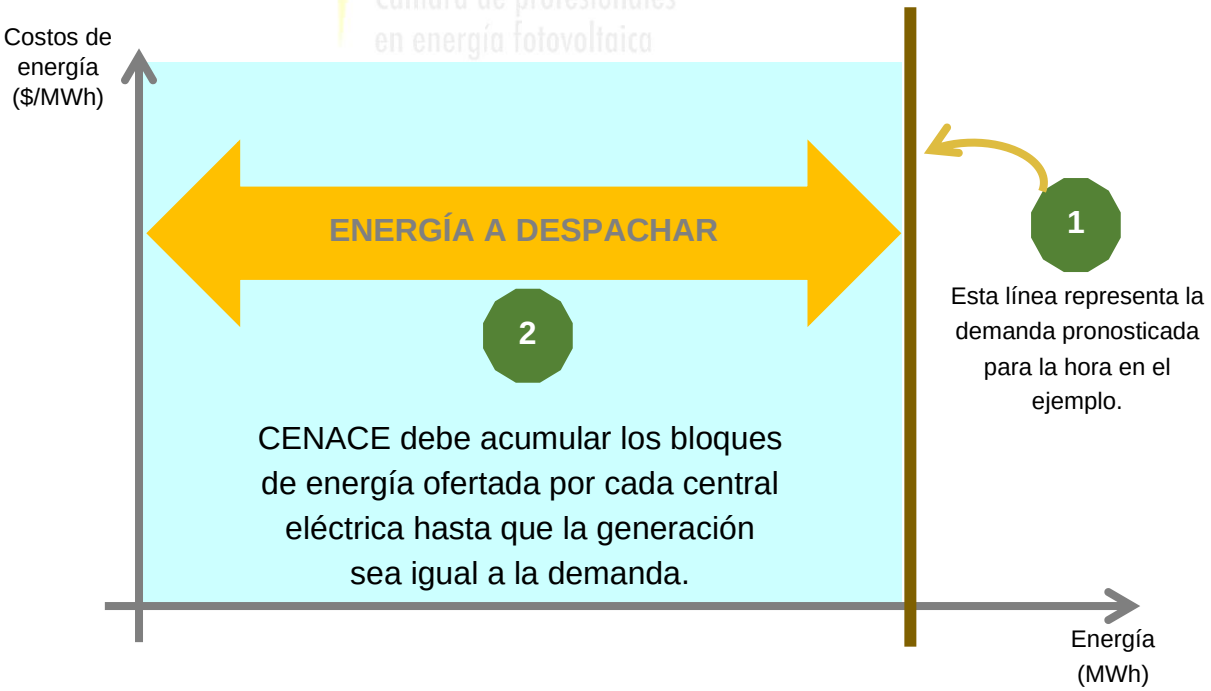


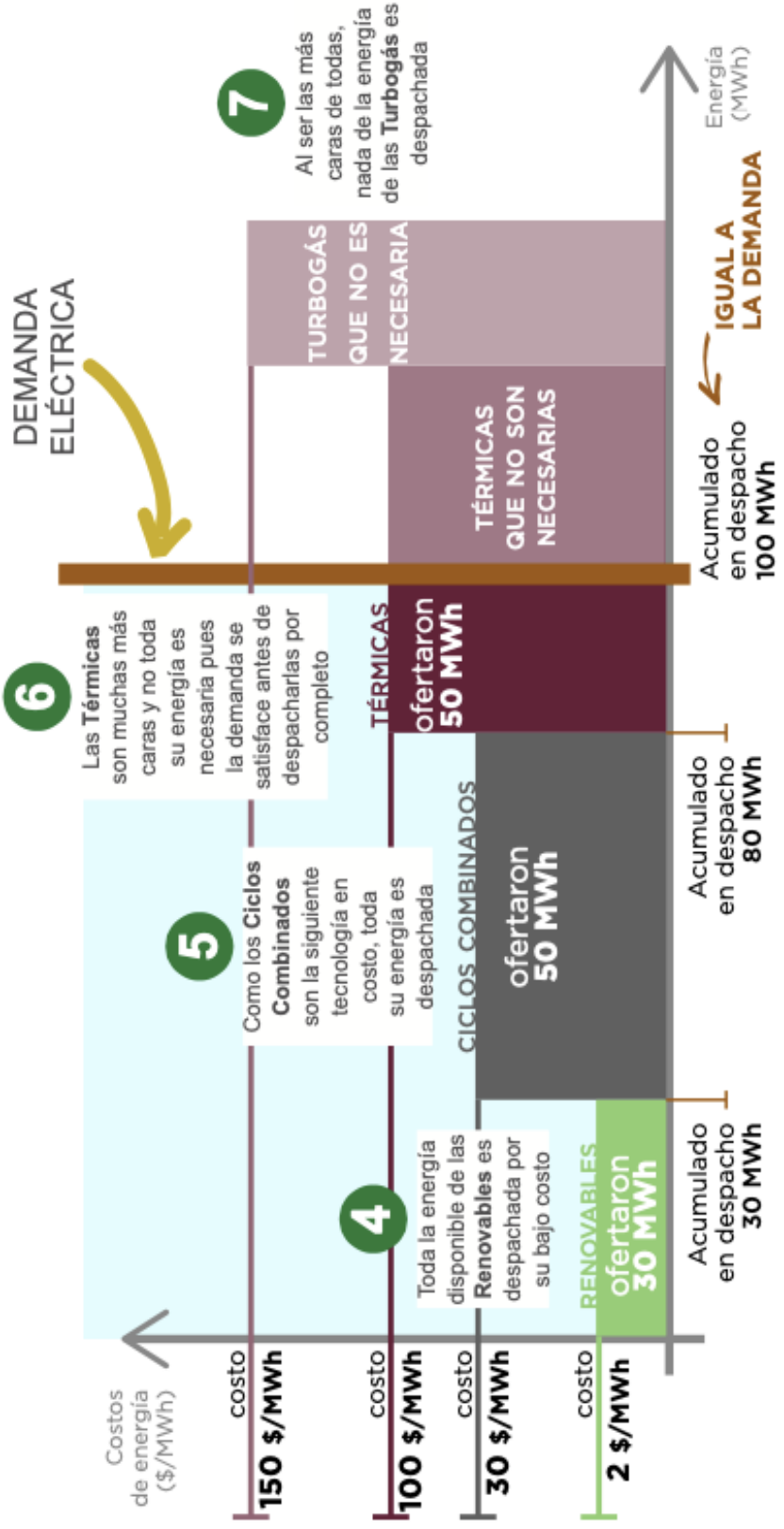
PML La Paz

Despacho Eléctrico

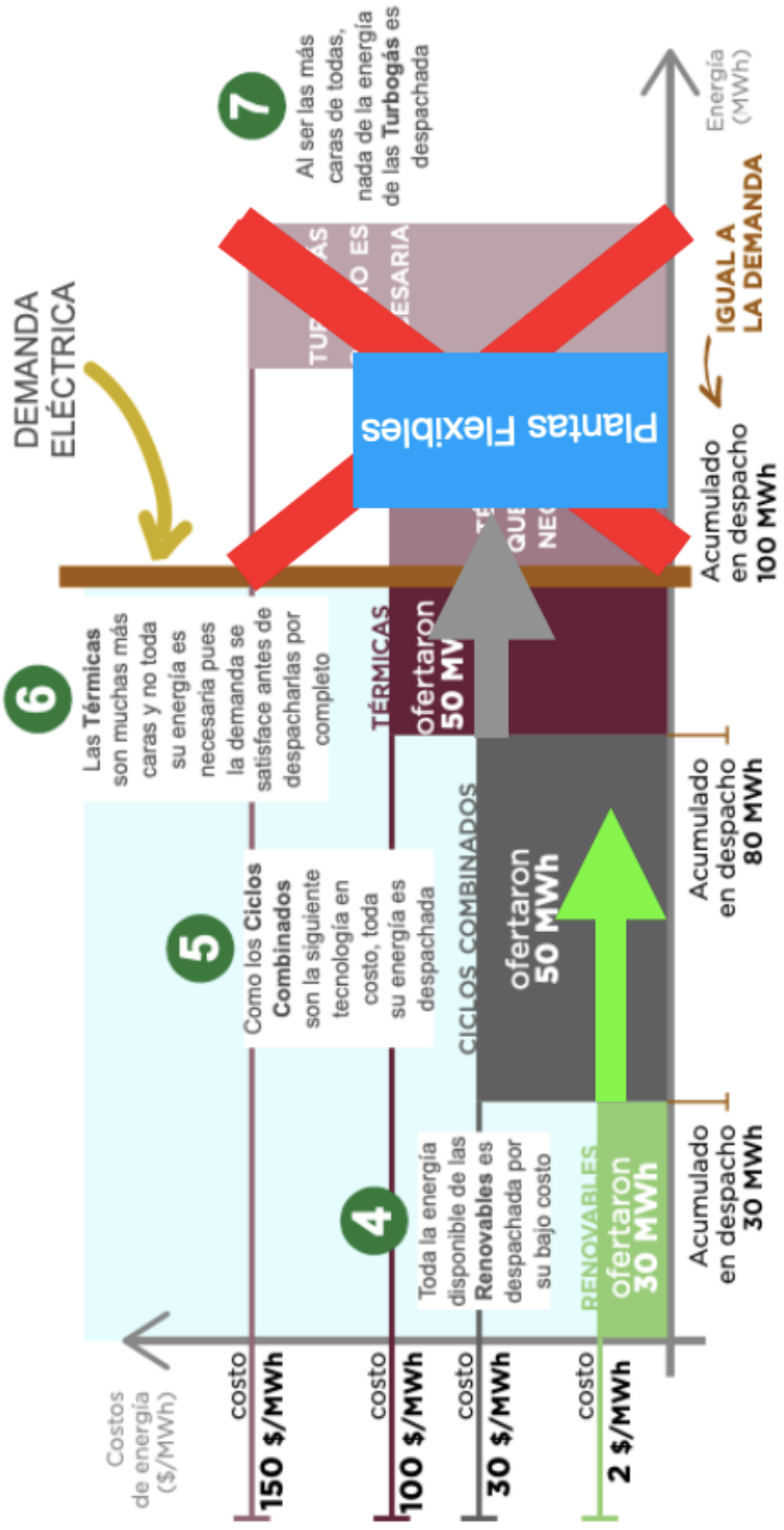


Cámara de profesionales en energía fotovoltaica




DEMANDA ELÉCTRICA
7
Al ser las más caras de todas, nada de la energía de las Turbogás es despachada
TURBOGÁS QUE NO ES NECESARIA
TÉRMICAS QUE NO SON NECESARIAS
IGUAL A LA DEMANDA
Acumulado en despacho 100 MWh
6
Las Térmicas son muchas más caras y no toda su energía es necesaria pues la demanda se satisface antes de despacharlas por completo
TÉRMICAS
ofertaron 50 MWh
5
Como los Ciclos Combinados son la siguiente tecnología en costo, toda su energía es despachada
CICLOS COMBINADOS
ofertaron 50 MWh
Acumulado en despacho 80 MWh
4
Toda la energía disponible de las Renovables es despachada por su bajo costo
RENOVABLES
ofertaron 30 MWh
Acumulado en despacho 30 MWh
Energía (MWh)
Costos de energía ($/MWh)
costo 150 $/MWh
costo 100 $/MWh
costo 30 $/MWh
costo 2 $/MWh

¿Qué necesitamos?



Estructura del Sector

ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO

SENER: Política Energética.
CRE: Regulación
CENACE: Operación
CFE: 11 empresas
INEEL: I+D

CPEF
Cámara de profesionales
en energía fotovoltaica

Solarimetría

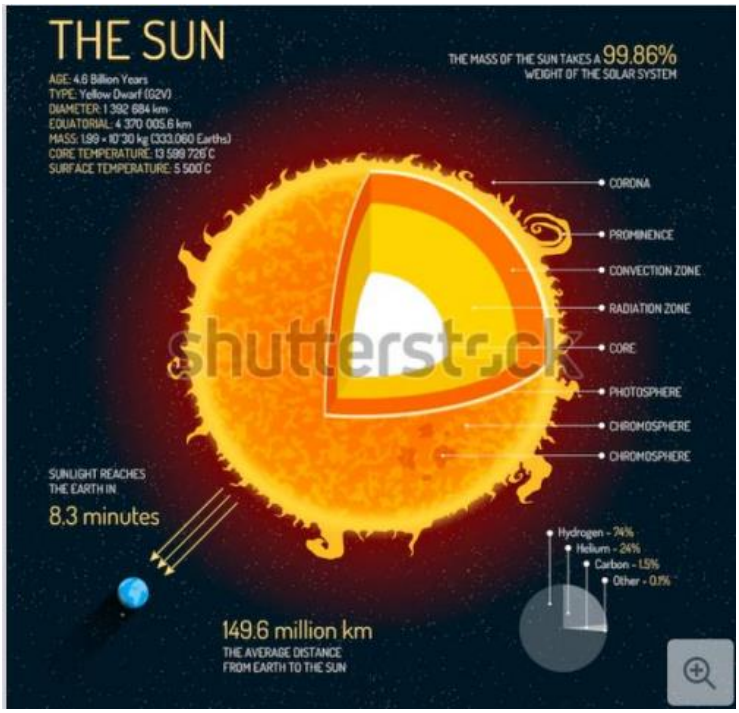
Ramón Agustín Flores Ramos

Objetivo

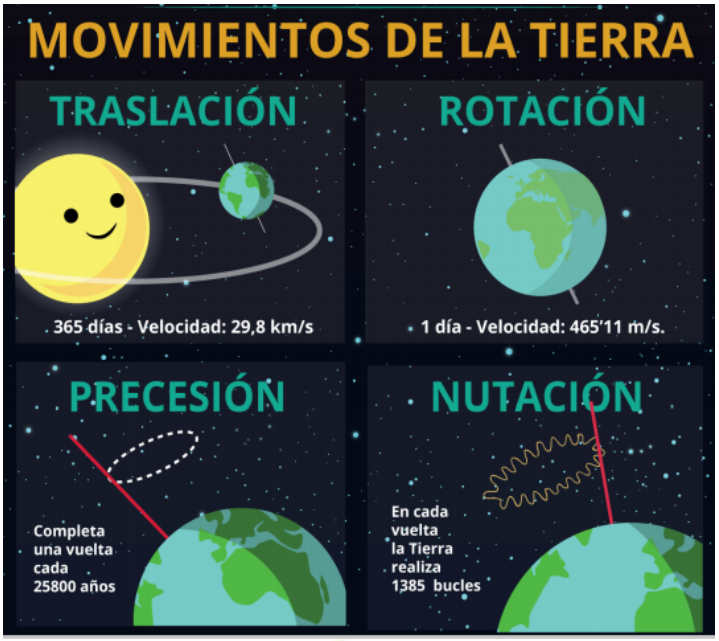
El participante reconocerá los fundamentos de un Generador Solar Fotovoltaico, los factores físicos y geográficos que coadyuvan e intervienen en el diseño y aplicación del mismo.

Módulo 3 Fundamentos teóricos, geometría solar

El Sol

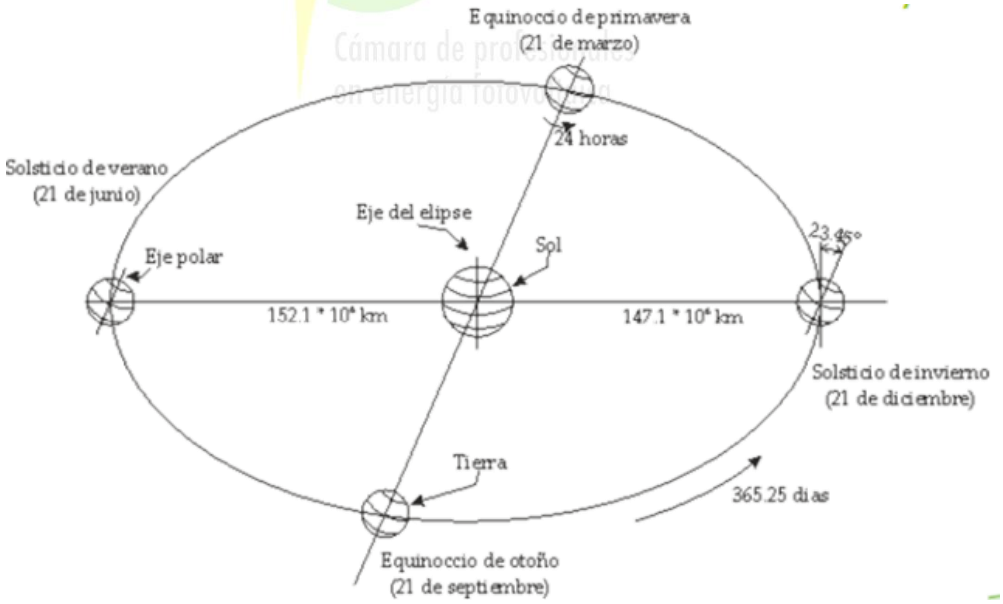


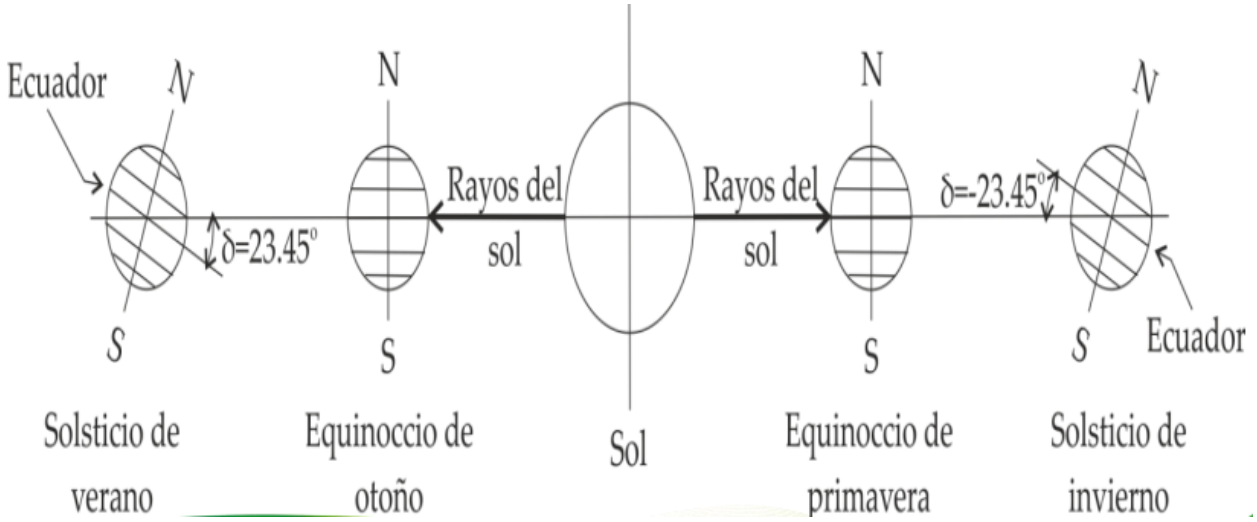
- Reacción Termonuclear del H2 - H2 formando He, liberando energía.
- 564 millones de Tn de H2 se transforman en 560 Tn de He por segundo.

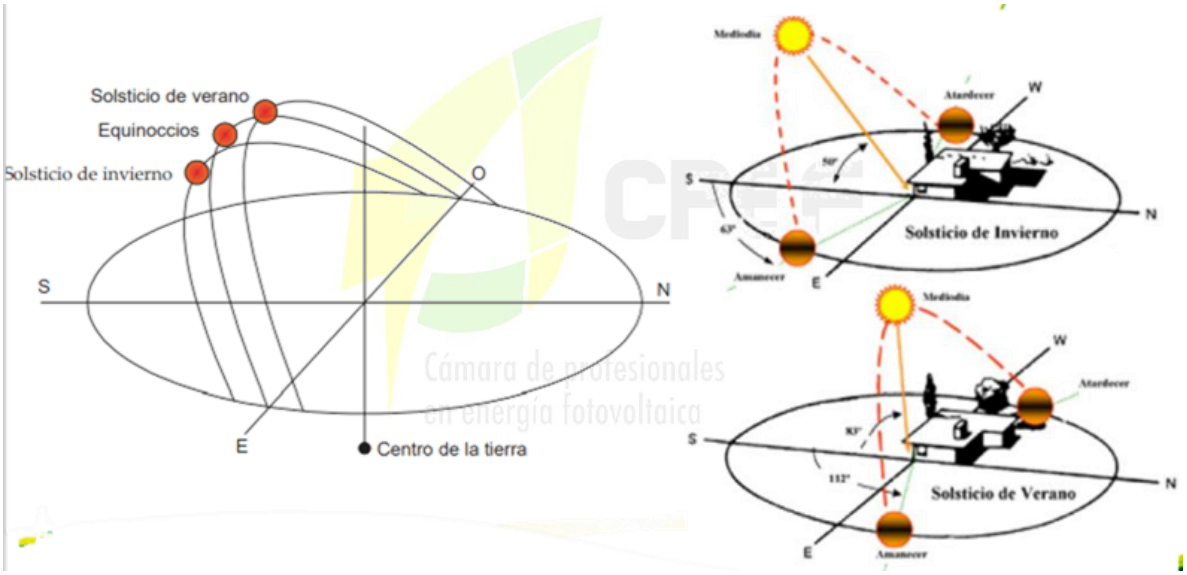


- Translación 365.25 días = año
- Rotación 23:56 HH:MM = día
- Precesión=Posición del eje de rotación de la Tierra.
- Nutación="Vibraciones" durante la precesión.

Los movimientos relativos entre el Sol y la Tierra

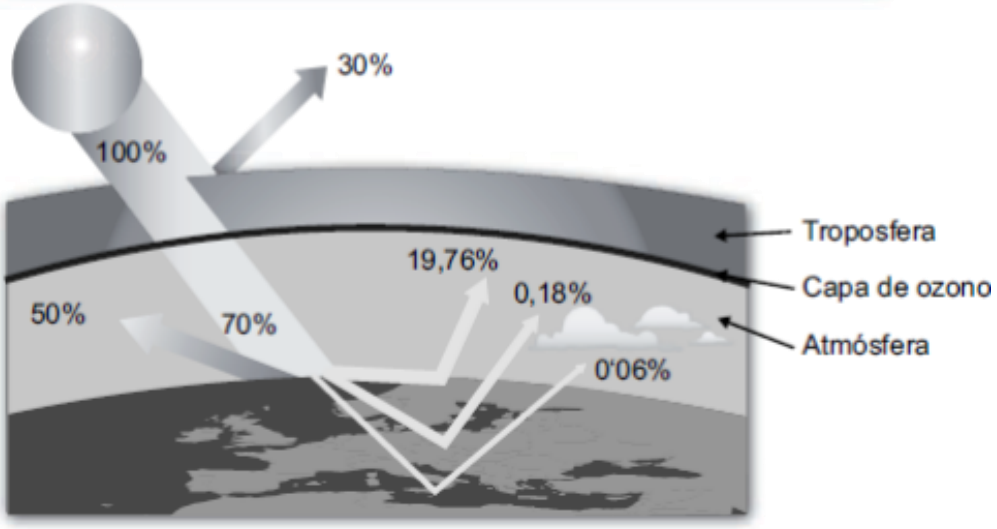


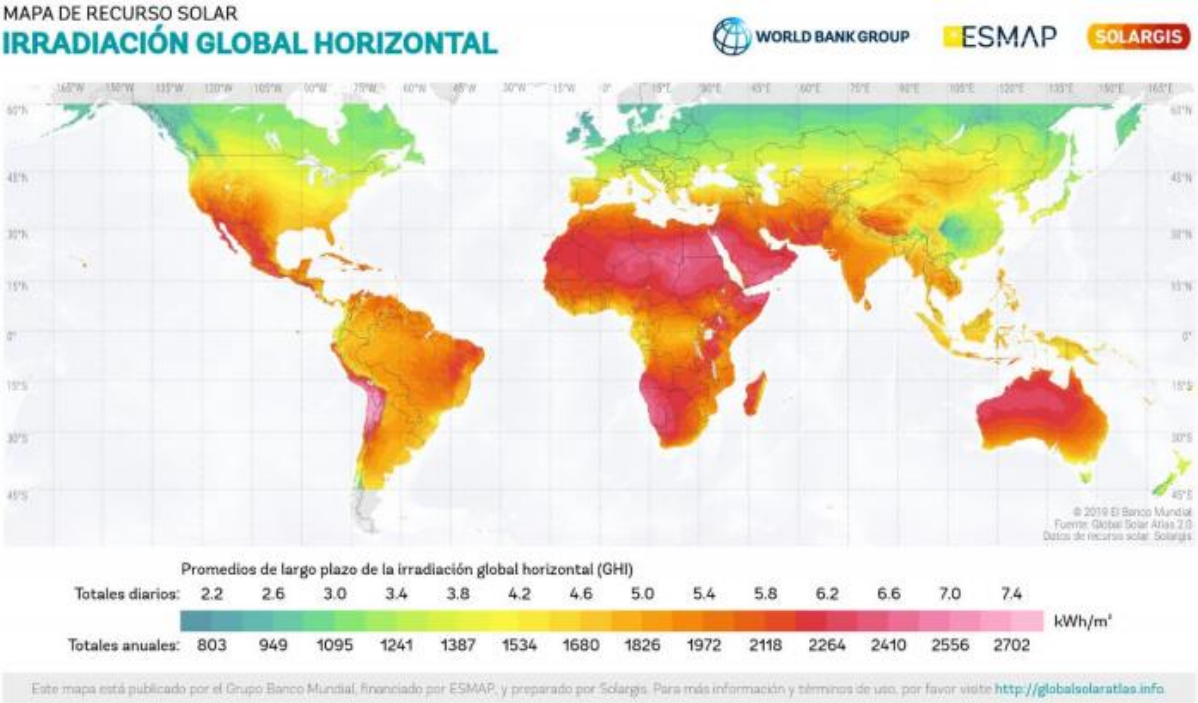

Ecuador
N
S
δ=23.45°
N
S
Rayos del sol
Rayos del sol
N
S
δ=-23.45°
N
S
Ecuador
Solsticio de verano
Equinoccio de otoño
Sol
Equinoccio de primavera
Solsticio de invierno


Solsticio de verano
Equinoccios
Solsticio de invierno
O
S
N
E
Centro de la tierra
Mediodía
Atardecer
W
S
N
E
Amanecer
Solsticio de Invierno
Mediodía
Atardecer
W
S
N
E
Amanecer
Solsticio de Verano

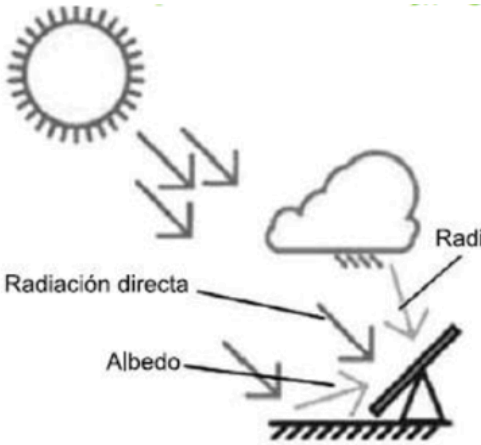
Distribución de la Radiación Solar

100,00%	Energía solar: 1.559.280 TWh/año
30,00%	Energía reflejada por la atmósfera: 467.784 TWh/año
50,00%	Absorbida y rerradiada por la tierra: 799.640 TWh/año
20,00%	Ciclo hidrológico: 311.856 TWh/año
19,76%	Evaporación: 269.263 TWh/año
0,18%	Viento: 2.806,7 TWh/año
0,06%	Fotosíntesis: 935,5 TWh/año





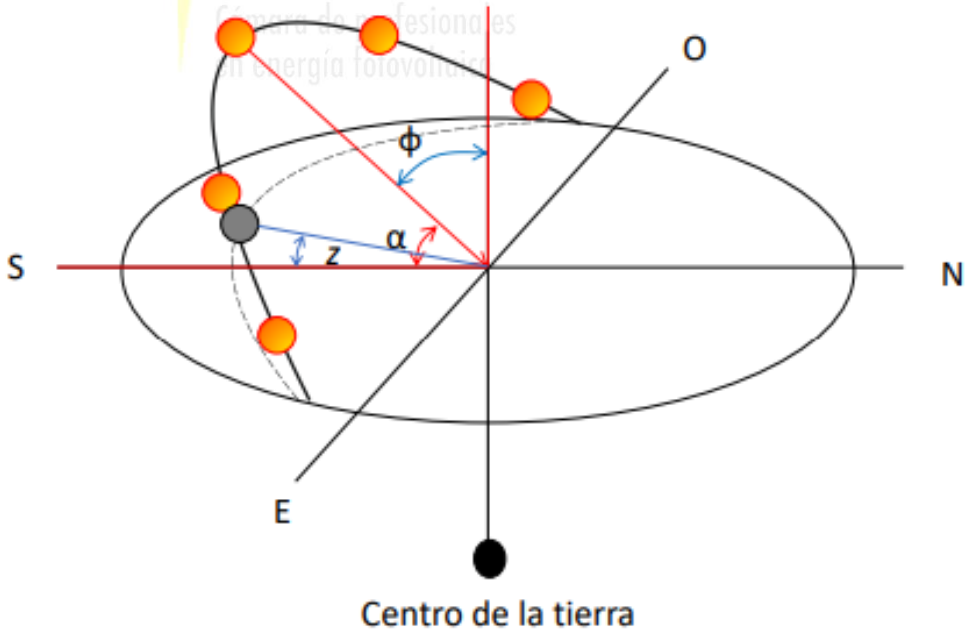
Radiación Solar directa, difusa y albedo

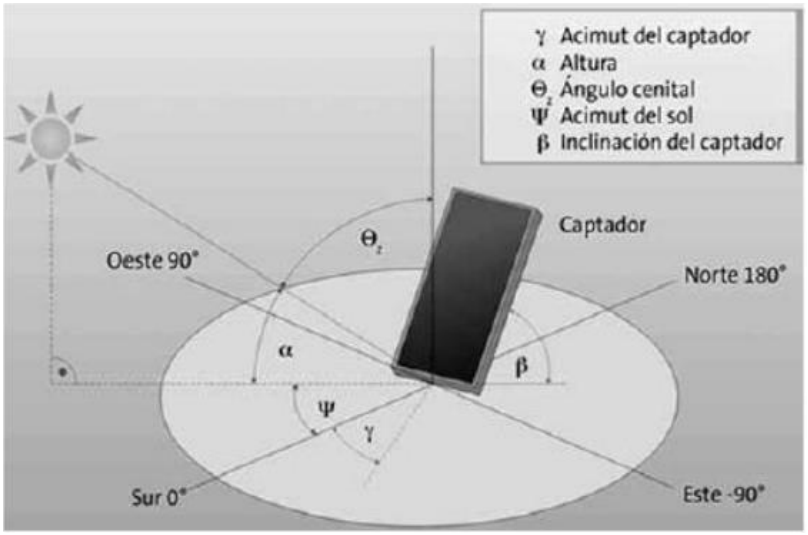


Valores típicos del coeficiente de albedo	
Entorno urbano "Urban situation"	0,14 – 0,22
Hierba "Grass"	0,15 – 0,25
Hierba fresca "Fresh Grass"	0,26
Nieve pura "Fresh snow"	0,82
Nieve húmeda "Wet snow"	0,55 – 0,75
Asfalto seco "Dry asphalt"	0,09 – 0,15
Asfalto húmedo "Wet asphalt"	0,18
Hormigón "concrete"	0,25 – 0,35
Tejados rojos "red tiles"	0,33
Aluminio "aluminium"	0,85
Cobre "copper"	0,74
Acero galvanizado reciente "New galvanised steel"	0,35
Acero galvanizado oxidado o sucio "Very dirty galvanised"	0,08

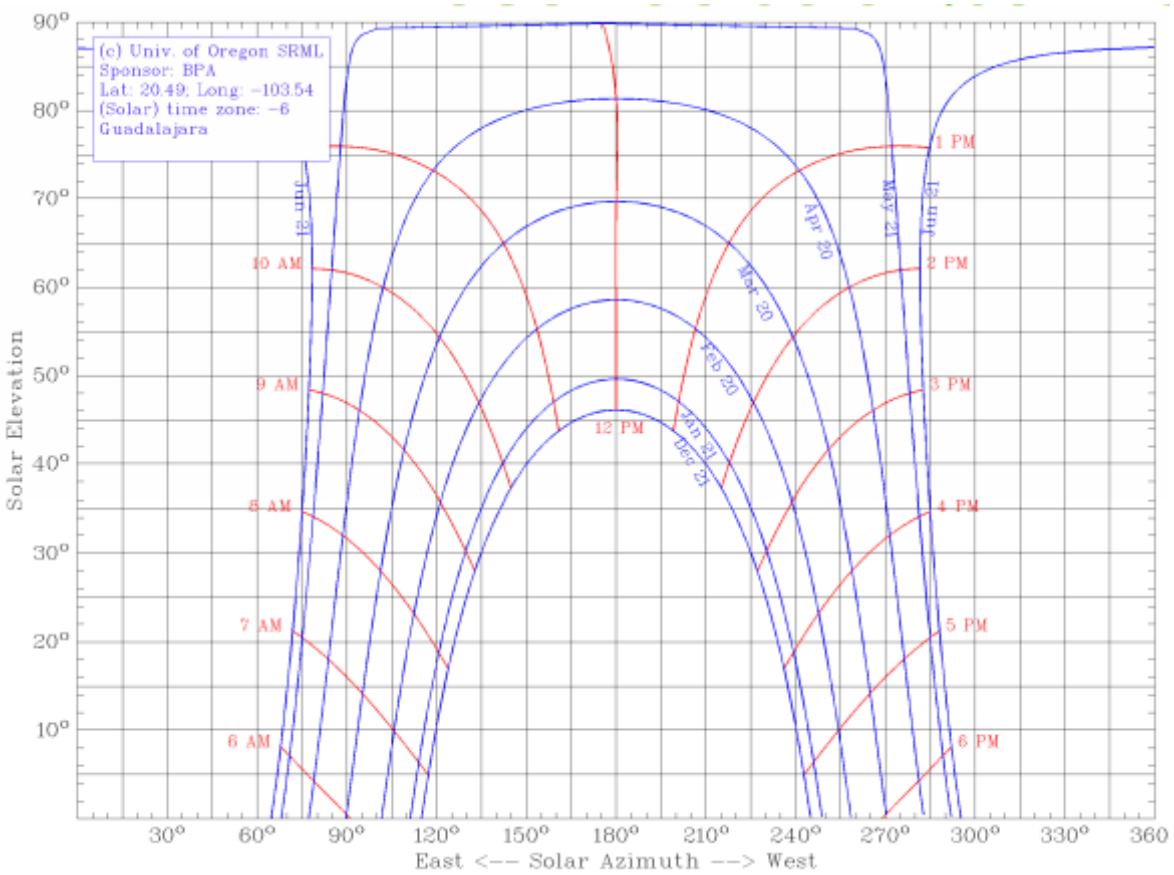
Geometría Solar

Recorrido diario del sol





Recorrido Solar (Sun Path)

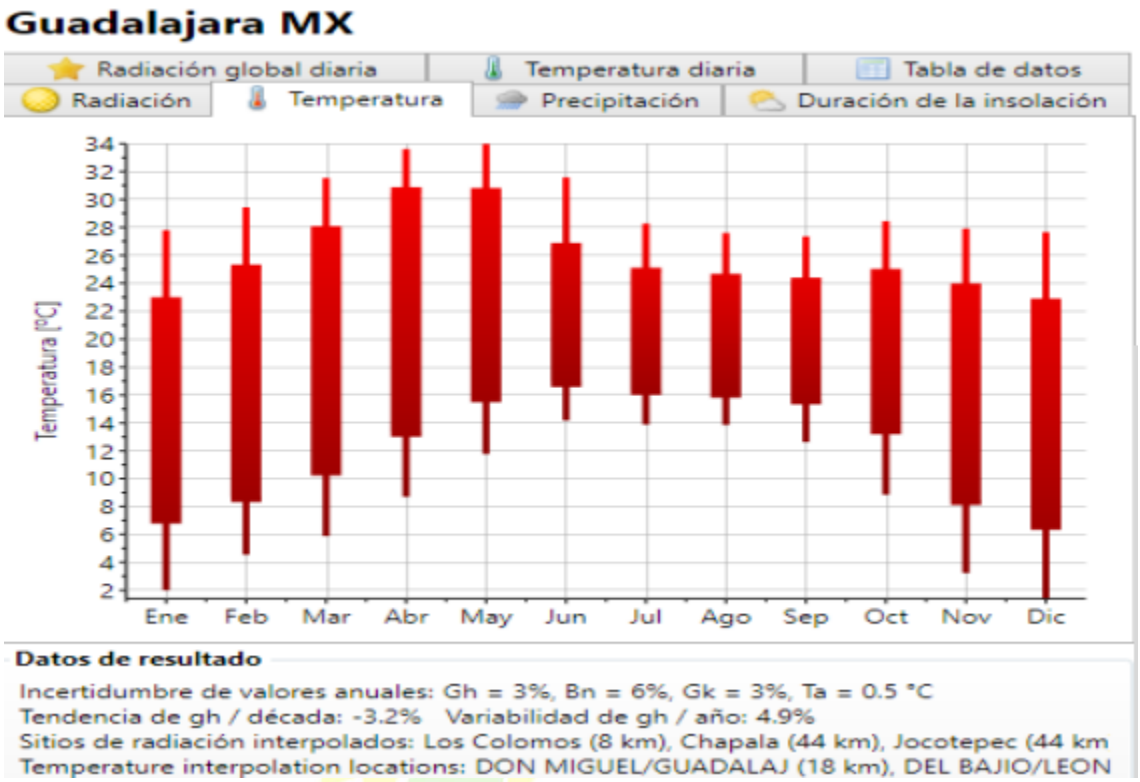


http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html
http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html

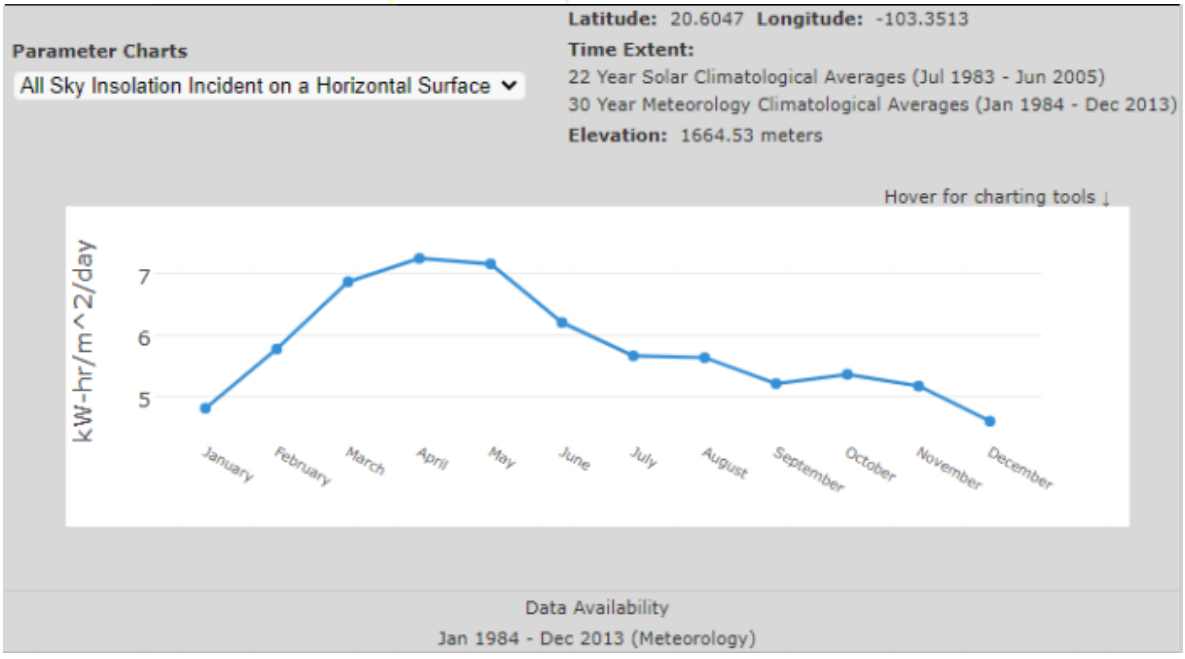
Ejemplo Sombras.skp

Irradiación Solar Global

Software METEONORM



https://power.larc.nasa.gov/dataaccess-viewer/



Inclinación del panel según la aplicación

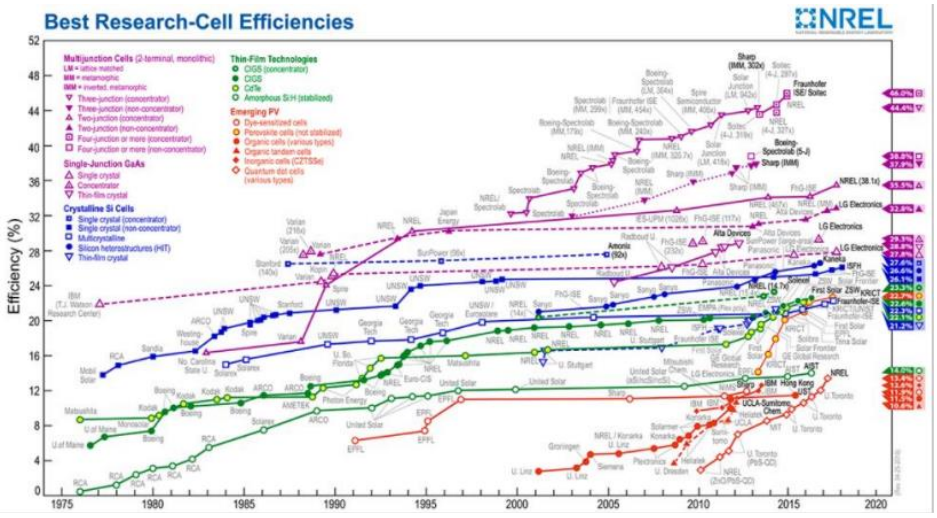
Cargas iguales todo el año = Ángulo de inclinación igual a Latitud

Cargas en Invierno = Ángulo de inclinación igual a Latitud hasta + 15°

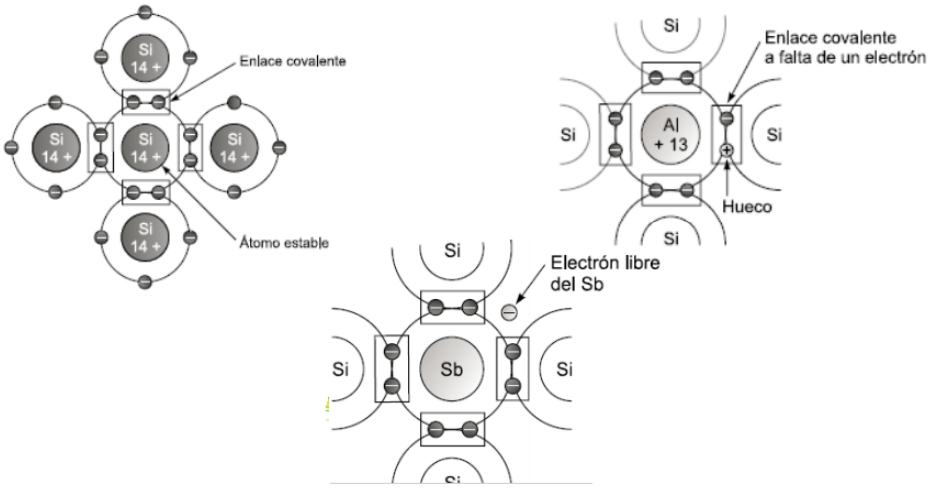
Cargas en Verano = Ángulo de inclinación igual a Latitud hasta – 15°

Actividad: Obtener el recurso solar mensual de una ciudad que empiece con la primera letra de su primer apellido en los ángulos de inclinación, igual a la latitud, con consumo para invierno y para verano, obtenerlos en Excel y realizar un solo gráfico con cada recurso solar para comparar el recurso.

Célula Fotovoltaica



Efecto Fotovoltaico



Glosario

ALTURA SOLAR (α, h): Es el ángulo formado por la recta Sol-Tierra respecto al plano que contiene a la superficie del lugar. La altura se establece por tanto si se traza un cuarto de círculo entre el cénit y el punto de salida del Sol, y pasando por éste.

ÁNGULO ACIMUTAL O ACIMUT (Ψ, A): Es el ángulo formado por la proyección sobre la superficie horizontal del lugar, de la recta sol-Tierra, con respecto a la recta Norte-Sur terrestre. En el hemisferio norte se mide hacia el Sur y es positivo hacia el Oeste, siendo todo lo contrario para el hemisferio sur.

ÁNGULO CENITAL O DISTANCIA CENITAL (θZ,θ): Es el ángulo que forma la línea Sol-Tierra con la vertical del lugar, su complementario es la altura solar (α, h).

ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA SUPERFICIE CAPTADORA (β): Definido como el ángulo que forma el plano que contiene a la superficie captadora con el plano horizontal.

ACIMUT DEL PANEL (ɣ): Ángulo de desviación del plano que contiene a la superficie captador con respecto a la recta Norte-Sur terrestre. Sigue las mismas reglas que para al ángulo acimutal.

CELDA SOLAR: Dispositivo fotovoltaico básico que genera electricidad cuando está expuesto a la luz solar.

CÉNIT: Punto del hemisferio celeste superior al horizonte, corresponde al punto de la vertical del observador en la superficie.

NADIR: punto opuesto de la esfera celeste al cénit. Si se une el punto sur del lugar de observación con el cénit se obtiene el meridiano celeste.

RADIACIÓN DIFUSA: Es una radiación que incide indirectamente, como reflejo de la radiación solar que es absorbida por el polvo y el aire (es la radiación típica de los días nublados). La difusión se produce al desviarse los rayos solares, debido a las partículas sólidas y las moléculas, como el vapor de agua, que existen en la atmósfera.

RADIACIÓN DIRECTA: Es la radiación que incide sobre los objetivos iluminados por el sol sin haber interaccionado con nada y sin cambiar de dirección.
RADIACIÓN REFLEJADA O ALBEDO: Es la radiación procedente de la reflexión de la radiación directa en los elementos del entorno (es importante cerca del mar y de las zonas con nieve).

Bibliografía

1. Delta Volt SAC. (2020). Paneles Solares, Tipos y Eficiencias. Obtenido de https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares
2. Carta González, J. A., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., Castro Gil, M.-A., & Collado Fernández, E. (2013).
3. Centrales de energías renovables. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
4. MarsH, D. (2014). SUN PATH 3D. Obtenido de http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html
5. METEONORM - Meteotest. (03 de Marzo de 2020). Meteonorm Software. Obtenido de Worldwide irradiation data: https://meteonorm.com/en/download
6. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources. (25 de Febrero de 2020). The POWER Project. Obtenido de https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/
7. SOLARGIS. (28 de 08 de 2020). Descargue mapas de recursos solares y datos GIS para más de 180 países. Obtenido de Global Horizontal Irradiation: https://solargis.com/es
8. TRIMBLE SketchUP. (2020). Software de Diseño 3D. Obtenido de https://www.sketchup.com/es/plans-and-pricing/sketchup-free
9. UO Solar Radiation Monitoring Laboratory. (2007). Sun path chart program. Obtenido de http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html

CPEF
Cámara de profesionales en energía fotovoltaica

Elementos y Dimensionamiento Sistemas Interconectados

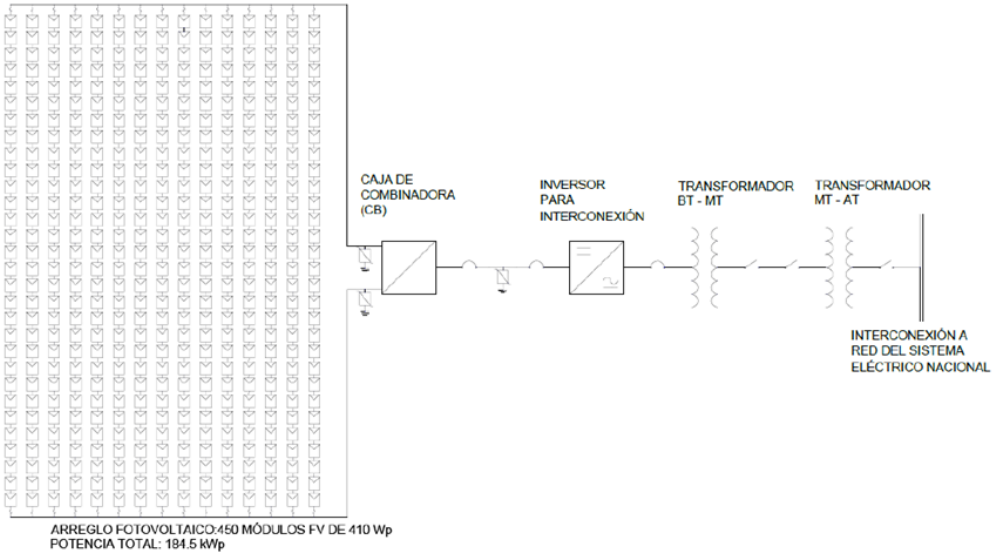
Rodolfo Alvarado Castañeda

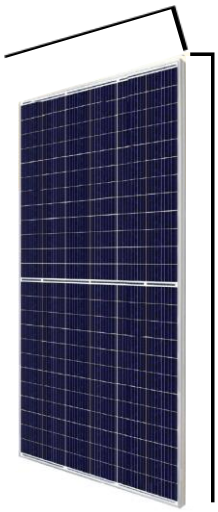
Objetivo

El participante reconocerá los paneles fotovoltaicos de acuerdo a las pruebas de calidad y certificaciones

Módulo 4 Componentes de un Generador Fotovoltaico – paneles

Configuración General





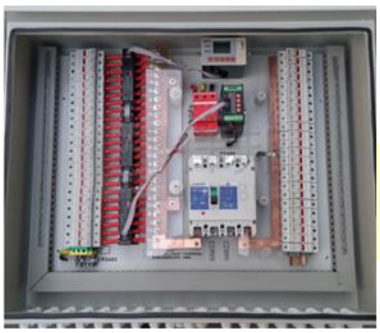
Arreglo fotovoltaico
Transformación de la energía solar en energía eléctrica.
Material semiconductor.
Conexión en serie (strings).
Conexión en paralelo.
Afectación por la temperatura de operación.
Efectos físicos como PID afectan de manera indirecta infraestructura vinculada al sistema de tierras.

Inversor

Adecuación de la energía eléctrica de CC a CA.
Sincronización con las características de tensión y frecuencia de la Red.
Cumplimiento con aspectos de Código de Red.
Control y monitoreo de los AFV.

Subestación elevadora

Conservación de la infraestructura eléctrica de las líneas de transmisión.
Elevación y adecuación de la tensión para interconexión.
Garantía de entrega de energía con el desfasamiento apropiado de las fases.



Elementos de conducción, conexión y protección

Concentración de arreglos FV.
Protecciones eléctricas para sobrecorrientes y sobretensiones en CC.
Diseño para permitir el desarrollo seguro de pruebas de desempeño de AFV.
Alta hermeticidad para proteger las conexiones eléctricas.

Elementos de monitoreo y control

Concentración de arreglos FV.
Protecciones eléctricas para sobrecorrientes y sobretensiones en CC.
Diseño para permitir el desarrollo seguro de pruebas de desempeño de AFV.
Alta hermeticidad para proteger las conexiones eléctricas.

Cámara de profesionales

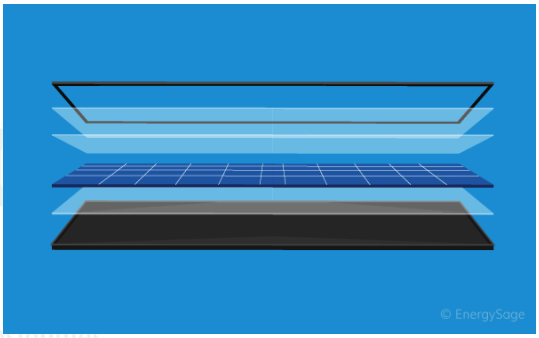
Módulos fotovoltaicos

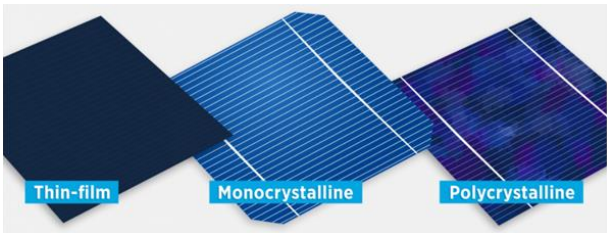
Arreglo
Ensamble mecánicamente integrado de módulos o paneles con una estructura y bases de soporte, sistema de orientación y otros componentes, según se necesite para formar una unidad de generación de energía eléctrica de corriente continua.

Arreglo fotovoltaico bipolar
Arreglo fotovoltaico que tiene dos salidas, cada una con polaridad opuesta con respecto a un punto común de referencia o derivación central.

Panel
Conjunto de módulos unidos mecánicamente, alambrados .

Módulo, que consta de celdas continua cuando es expuesta a la luz solar.

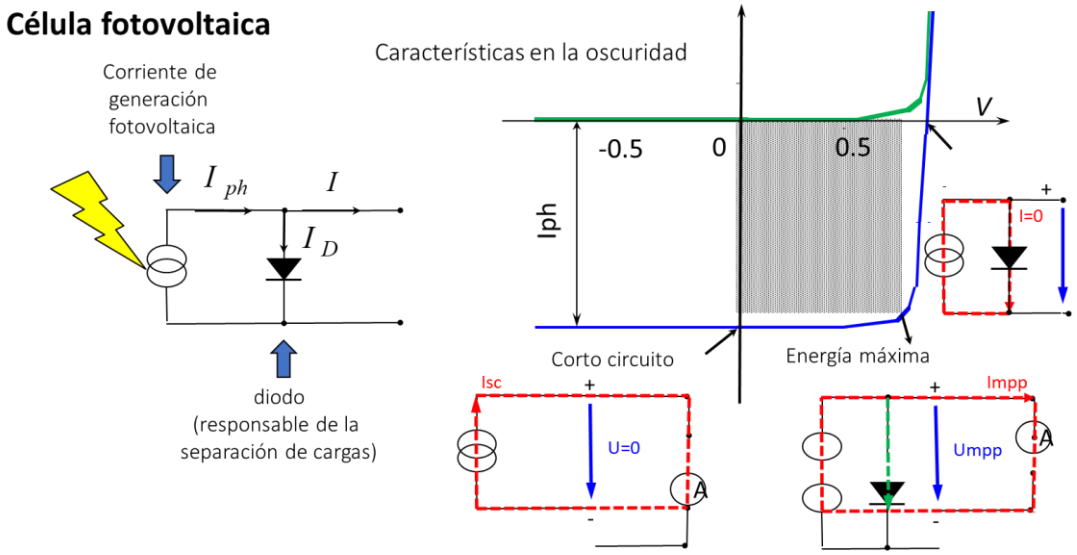


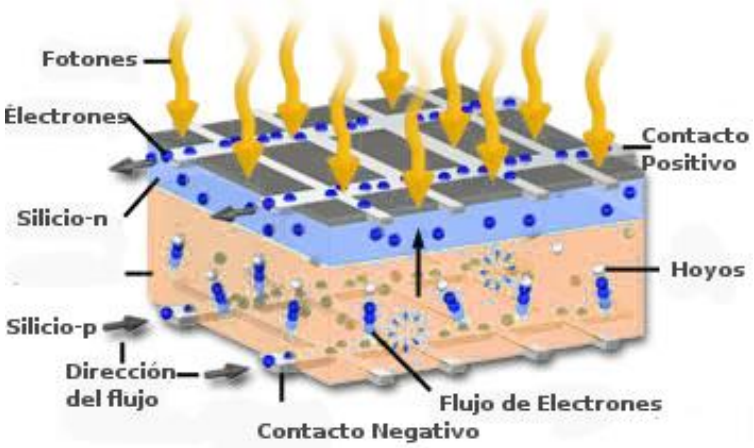


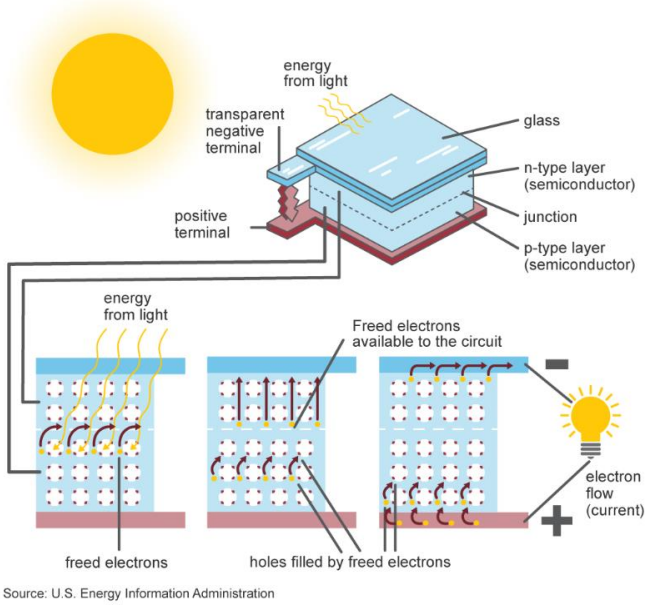
Celda solar

Dispositivo fotovoltaico básico que genera electricidad cuando está expuesto a la luz solar.

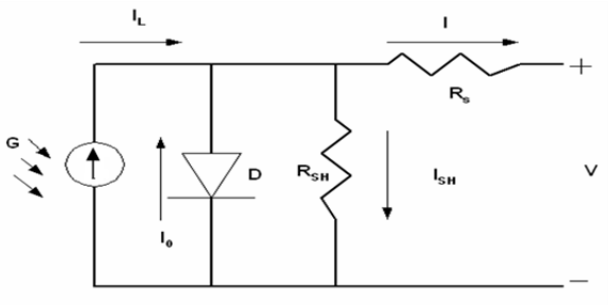
Celda fotovoltaica





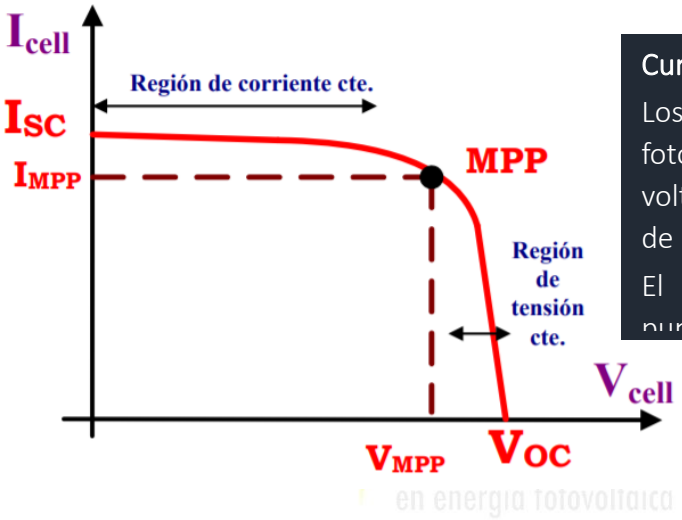


Source: U.S. Energy Information Administration



Celda fotovoltaica

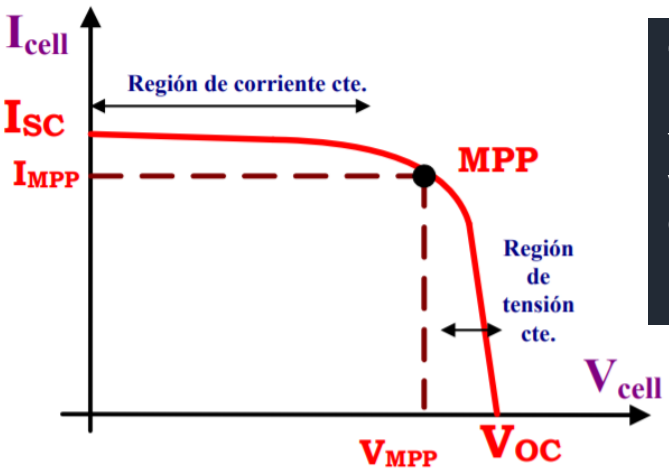
Semiconductor con un material con electrones libres N y un material con huecos P. La luz solar excita a los electrones para liberarlos de la capa de valencia y son capturados dentro de un circuito eléctrico.
Mientras no hay presencia de luz se comporta como un diodo.



Curva I-V

Los parámetros físicos de una celda fotovoltaica están limitados por el voltaje de circuito abierto y la corriente de corto circuito.

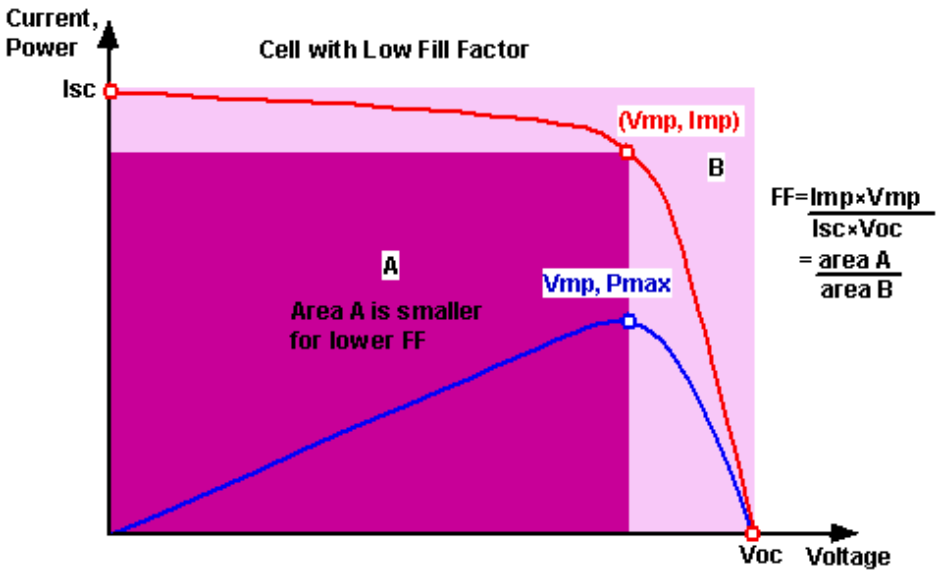
El punto de máxima potencia es el punto de saturación de electrones



Curva I-V

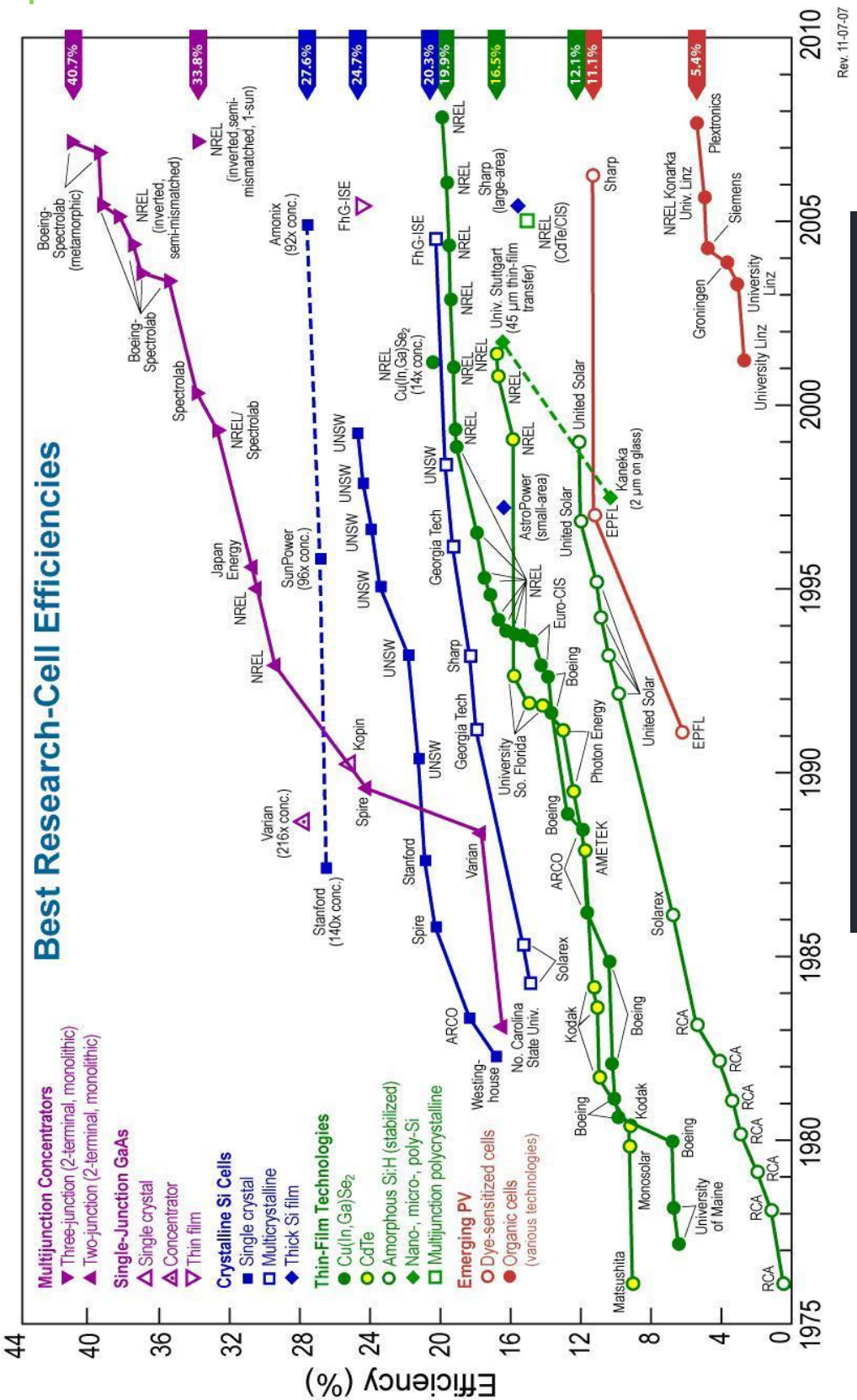
Los parámetros físicos de una celda fotovoltaica están limitados por el voltaje de circuito abierto y la corriente de corto circuito.

El punto de máxima potencia es el punto de saturación de electrones



http://pveducation.org

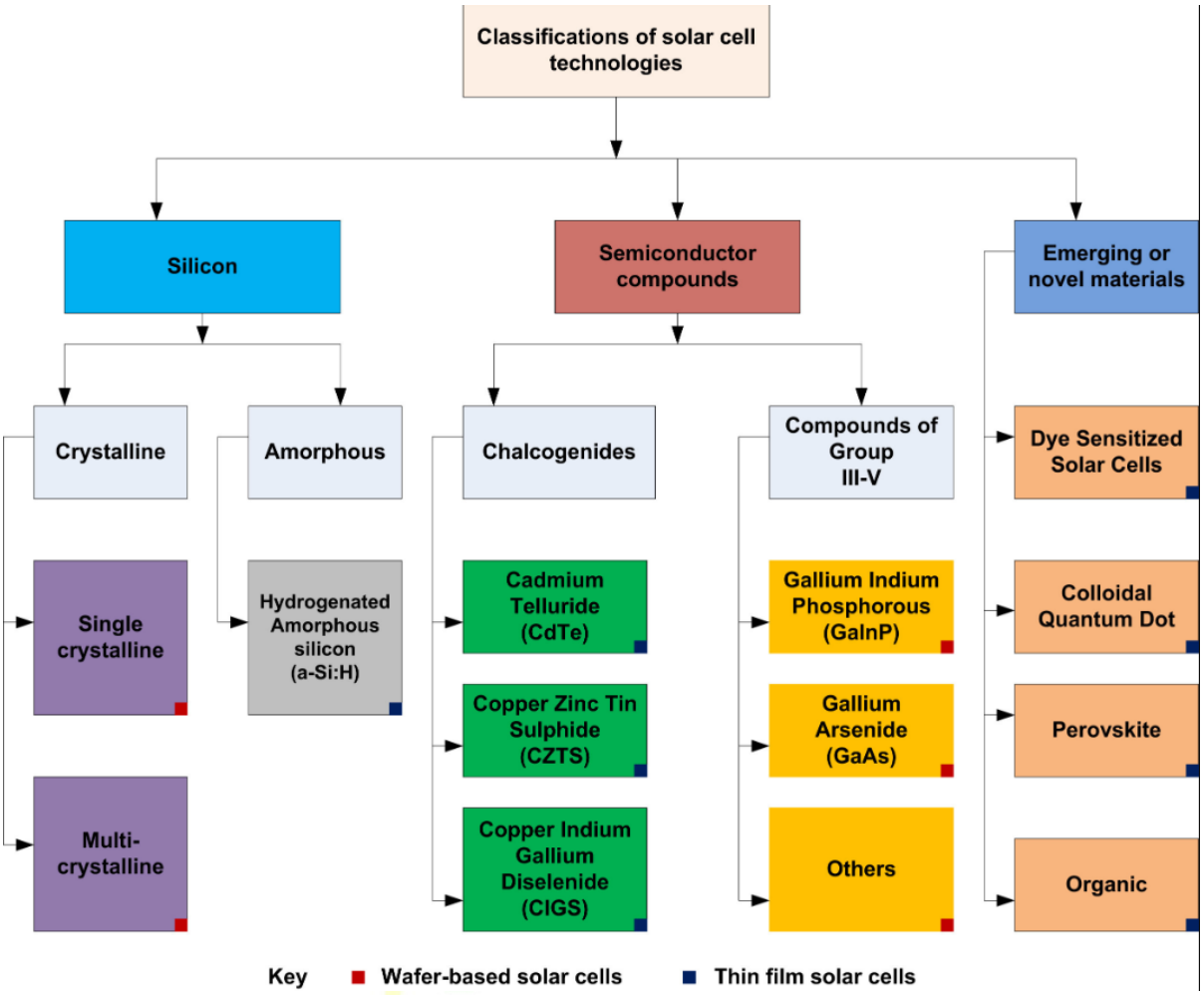
Tipos de celdas fotovoltaicas



Curva I-V

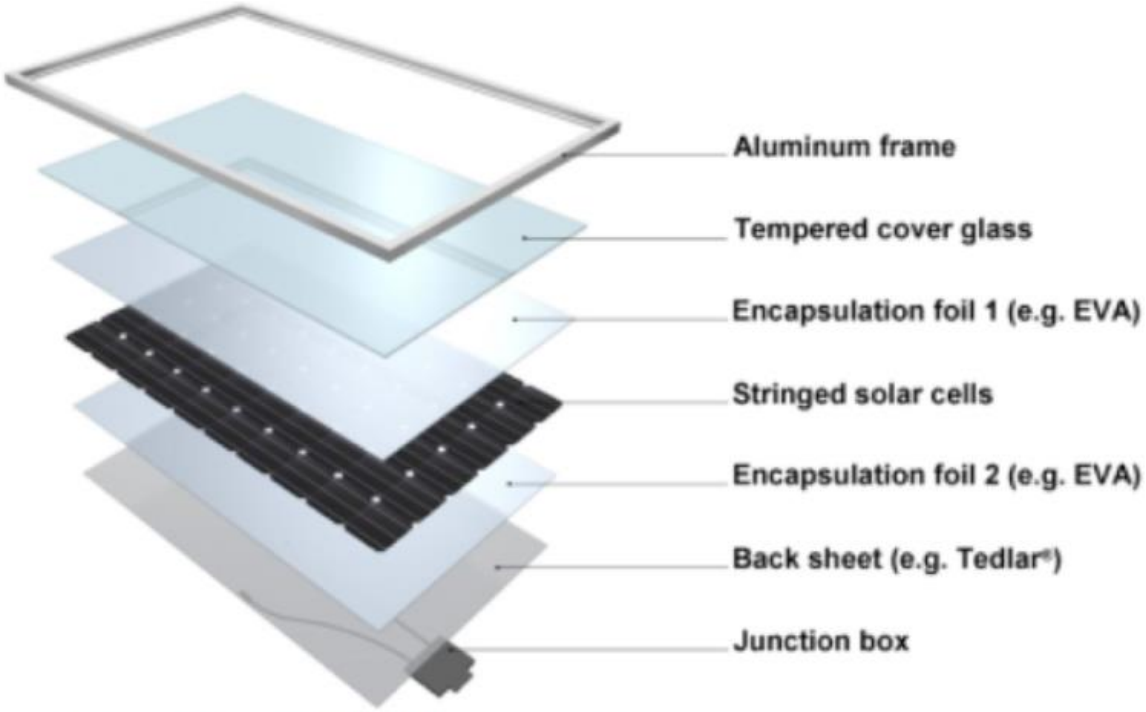
Las celdas de primera generación fueron las celdas monocristalinas y policristalinas.

Estas celdas no han sido desplazadas por otras tecnologías, pese a que otras tecnologías emplean menos material para su fabricación.



https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117307311

Módulo fotovoltaico

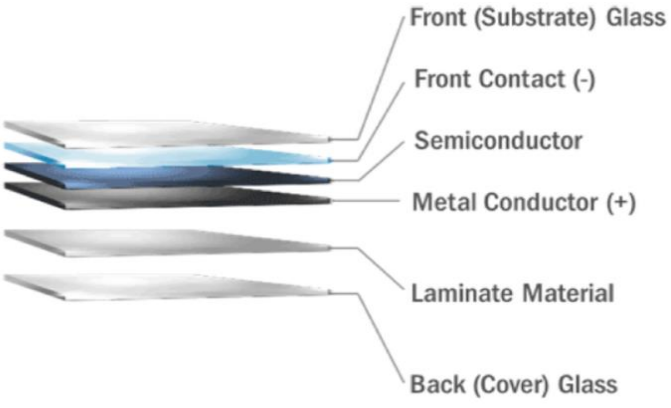


Questions & Answers Ground-Mounted Solar Photovoltaic Systems
www.mass.gov/eea/docs/doer/renewables/solar/solar-pv-guide.pdf

Módulo fotovoltaico

Es un material compuesto, las características de ensamblado dependen del tipo de célula.

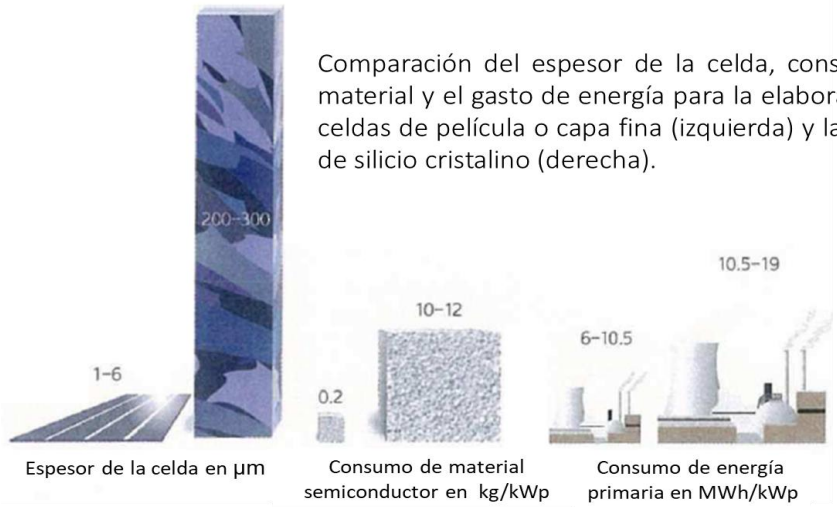
Varía el tipo de encapsulado, el marco y los conductores.



First Solar's Series 4 CdTe Thin Film Module

CdTe PV: Facts and Handy Comparisons Vasilis Fthenakis, Brookhaven National Laboratory
www.bnl.gov/pv/files/pdf/art_165.pdf

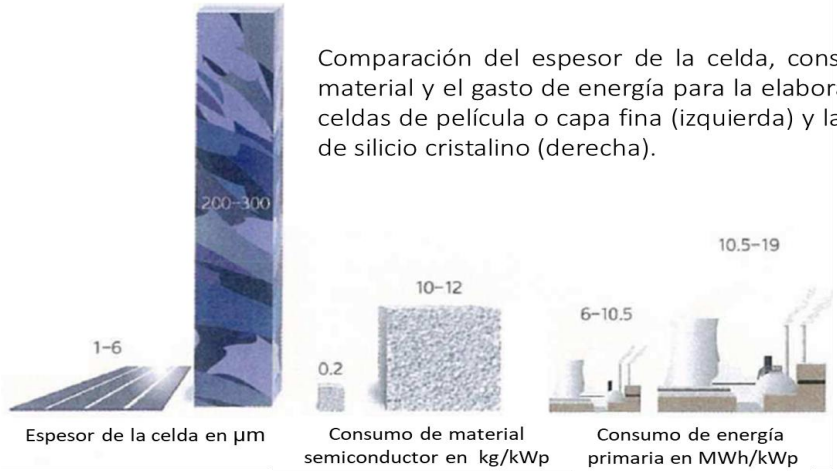
Tipo de módulos



Comparación del espesor de la celda, consumo de material y el gasto de energía para la elaboración de celdas de película o capa fina (izquierda) y las celdas de silicio cristalino (derecha).

Fuente: Manufacturers information, Solarpraxis

Planning and Installing Photovoltaic Systems: A guide for installers, architects and engineers.



Comparación del espesor de la celda, consumo de material y el gasto de energía para la elaboración de celdas de película o capa fina (izquierda) y las celdas de silicio cristalino (derecha).

Fuente: Manufacturers information, Solarpraxis

Planning and Installing Photovoltaic Systems: A guide for installers, architects and engineers.

Las celdas Thin-film han intentando disminuir el costo de producción en función del uso de menos material, sin embargo, las celdas en base a silicio, a partir de una mayor eficiencia, han mantenido la hegemonía de implementación

Complete List of Tier-1 Solar Panels July 2019

1. Jinko	19.Phono Solar
2. Canadian Solar	20. Jinneng
3. Risen	21. REC
4. JA Solar	22. Waaree
5. Q-Cells	23. HT-SAAE
6.Trina	24. Adani
7. Longi	25. Vikram Solar
8. GCL	26. ET Solar
9. Talesun	27. Neo Solar
10. Seraphim	28. Lightway
11. Suntech	29. Boviet
12. Renesolar	30. Hansol technics
13, ZNShine	31. S-Energy
14. First Solar	32. AU Optronics
15. Chint	33. Shinsung
16. LG	34. Heliene
17. BYD	35. Sharp
18. Eging	

La posición en el listado depende de aspectos financieros, sin descuidar aspectos de calidad.

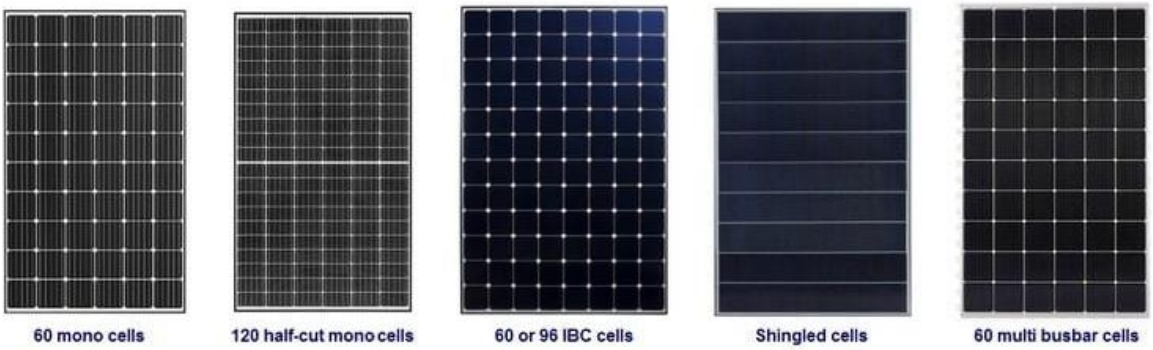
Most Efficient Solar Panels 2020 *				
Manufacturer	**Model**	**Max power (W)**	**Cell Type**	**Efficiency %**
SUNPOWER	Maxeon 3	400W	N-type IBC	22.6
LG	Neon R	370W	N-type IBC	21.7
REC Solar	Alpha	380W	N-type HJT	21.7
LG	Neon 2	355W	N-type Mono	20.7
LONGi Solar	Hi-MO 4	375W	P-Type Mono Half-cut	20.6
Trinasolar	Honey DE08M	375W	P-Type Mono Half-cut	20.5
SOLARIA	Power XT	370W	P-Type Mono Half-cut	20.5
JinKO Solar	Tiger Pro 6RL3	390W	N-Type Mono Half-cut	20.4
SUMEC Phono Solar	TwinPlus M4-9B-R	375W	P-Type Mono Half-cut	20.4
CanadianSolar	HiKU CS3L	375W	P-Type Mono Half-cut	20.3
ASTRONERGY	AstroSemi 60M	375W	P-Type Mono Half-cut	20.3
HYUNDAI	HiE-S350SG	355W	P-Type Mono Shingled	20.2
JA SOLAR	JAM60S10	345W	P-Type Mono Half-cut	20.2
SERAPHIM	SII - Shingled	365W	P-Type Mono Shingled	20.2
Q CELLS	Q.Peak Duo G8+	360W	P-Type Mono Half-cut	20.1

* List of the most efficient solar panels announced and expected to reach high volume production during 2020 - Residential 60 cell size format size panels only - **Updated July 2020**

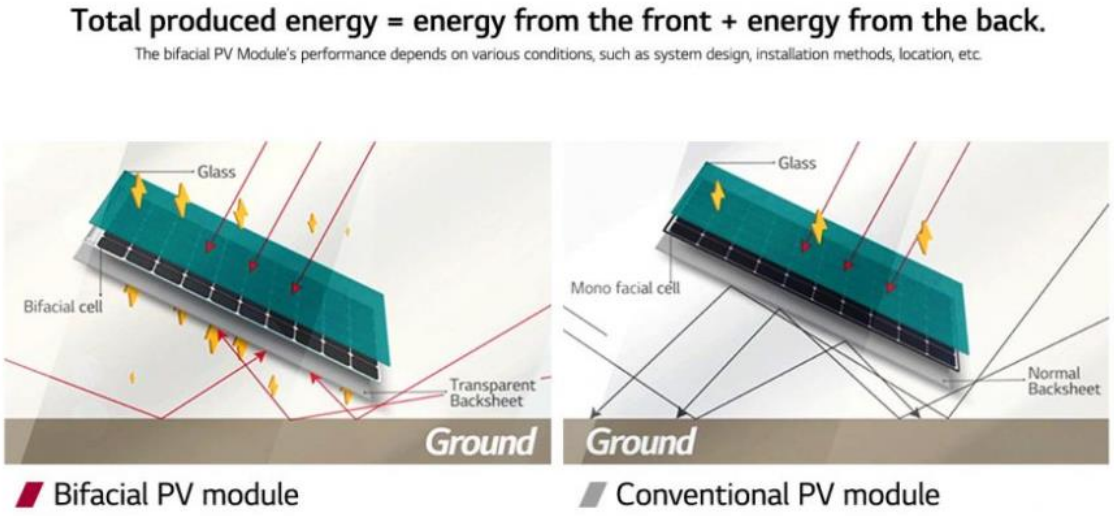
La tecnología no siempre está asociada a las mejores condiciones técnicas.

Clasificación de módulos fotovoltaicos

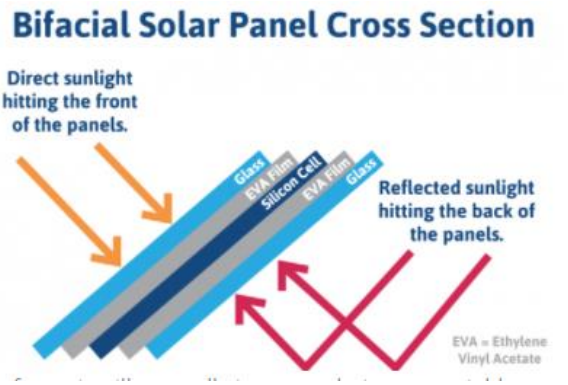
Categoría	Tipo de módulo
Tipo de celda	Módulos monocristalinos
	Módulos policristalinos
	Módulos de capa delgada
Material de encapsulado/ tecnología	Módulos de Teflón
	Módulos Polivinilo Butiral (PVB)
	Módulos de Resina (Etil, Vinil, Acetato, EVA)
Estructura del marco	Módulos enmarcados
	Módulos sin marco
Sustrato	Módulos de película
	Módulos de película de vidrio (o módulos de vidrio/Tedlar
	Módulos de película de metal
	Módulos de plástico acrílico
	Módulos de vidrio-vidrio
Construcción, funciones específicas adicionales	Módulos de vidrio de seguridad templado (TSG)
	Módulos de vidrio de seguridad laminado (LSG)
	Módulos de vidrio aislante
	Módulos de vidrio aislante para acristalamiento elevado
	Módulos de vidrio aislante escalonado
	Módulos de vidrio laminado



Para la aplicación de módulos bifaciales se recomienda realizar un análisis del albedo de la superficie y una proyección de la energía adicional a generar.



https://www.altenergymag.com/article/2019/04/trend-to-watch-bifacial-modules/30830



https://regenpower.com/news/bifacial-solar-panels-technology/

Estándares y códigos para revisar la calidad y seguridad de módulos fotovoltaicos

Estándar	Descripción	Comentarios
IEC 61215	Crystallinesilicon (c-Si) terrestrial PV modules – Design qualification and type approval (Módulos FV terrestres de silicio cristalino (c-Si) - Certificación de diseño y tipo de aprobación).	Incluye pruebas de ciclos térmicos, humedad, congelamiento, esfuerzos mecánicos y resistencia a torsión y granizo.
IEC 61646	Thin-film terrestrial PV modules - Design qualification and type approval (Módulos FV terrestres de capa delgada).	Similar a la IEC 61215, pero con una prueba adicional que considera a degradación en los módulos de capa delgada.
EN/IEC 61730	PV module safety qualification (Certificación de la seguridad del módulo FV)	La parte 2 de la certificación define las tres diferentes clases de aplicación: 1) Clase seguridad 0 - Aplicaciones de acceso restringido. 2) Clase de seguridad II - Aplicaciones generales. 3) Aplicaciones de baja tensión (BT)
IEC 60364-4-41	Protection shock. (Protección contra descargas eléctricas)	Evaluación de la seguridad de los módulos de acuerdo con: 1) Durabilidad. 2) Alta robustez dieléctrica. 3) Estabilidad mecánica. 4) Distancia y espesor de aislamientos.

Estándar	Descripción	Comentarios
IEC 61701	Resistance to saltmist and corrosion (Resistencia a brisa salina y corrosión)	Requerimiento para módulos que se instalarán cerca de las costas y aplicaciones marítimas.
IEC 61853-1	Photovoltaic Module Performance Testing and Energy Rating (Pruebas de desempeño y calificación de la energía de módulos fotovoltaicos).	Describe los requerimientos para evaluar el desempeño de módulos FV en términos de capacidad de potencia bajo un rango de irradiancias y temperaturas.
IEC 62804	Photovoltaic (PV) modules - Test methods for the detection of potential-induced degradation - Part 1: Crystalline silicon (Módulos FV - métodos para la detección de degradación por potencial inducido - Parte 1: Silicio cristalino)	Describe el procedimiento de evaluación y las condiciones para pruebas PID. Se considera que el módulo FV es resistente a PID si las pérdidas de potencia son menores al 5% después de someterse a las pruebas definidas.
UL 1703	Comply with the National Electric Code, Occupational Safety and Health Administration and the National Fire Prevention Association. (Certificación de cumplimiento con NEC,USA)	Cumplimiento con los criterios de seguridad y cuidados de la salud definidos en la NEC.

Selección de módulos fotovoltaicos

a) Certificados de calidad y seguridad de los módulos fotovoltaicos.
b) La eficiencia del módulo. A mayor eficiencia se disminuye el área a instalar, el número de módulos, la longitud de la canalización y el cableado, la cantidad de estructura, la mano de obra y los recursos necesarios para la entrega de materiales en sitio.
c) Analizar la degradación de los módulos fotovoltaicos. Los equipos certificados deben cumplir con un valor mínimo de degradación anual, en módulos de silicio cristalino normalmente se considera una degradación mínima de 3% en el primer año y 0.7% anual en los siguientes años. En el mercado existen módulos con mejores condiciones y la ligera mejora en este parámetro tiene un alto impacto en la generación de energía, ya que, impacta a lo largo de la vida de la Central Eléctrica Fotovoltaica.
d) Analizar los aspectos térmicos de los módulos.
e) La garantía del producto. La garantía mínima es de 10 años, pero en el mercado hay fabricantes que ofertan hasta 12 años.
f) Analizar el tipo de tecnología de célula a emplear. Existen tecnologías con mejores condiciones eléctricas o térmicas, sin embargo, no están difundidas de manera comercial.
g) Revisar con el fabricante que tenga la disponibilidad del material considerando los tiempos de ejecución de obra. El material ofertado debe conservar las especificaciones de diseño.
h) Analizar las características propias de los marcos de aluminio de cada módulo. Existen en el mercado módulos que cumplen con los requerimientos mínimos establecidos en los estándares internacionales, sin embargo, las condiciones de los sitios, donde se desarrollan la mayoría de las Centrales Eléctricas Fotovoltaicas en México, someten a la infraestructura a esfuerzos cercanos a los máximos permitidos. Considerando que el Sistema debe tener una vida útil de por lo menos 25 años, se recomienda escoger módulos que sobrepasen los requerimientos mínimos y uno de estos aspectos es la rigidez del marco de los módulos.
i) Verificar que las características físicas del módulo coincidan con los datos descritos en la hoja de datos técnicos de los módulos.
j) Buscar el mayor respaldo por parte del fabricante para el suministro e indicaciones para la instalación.

Análisis para módulos fotovoltaicos en módulos fotovoltaicos

Temperatura del módulo en sitio:

$$Temperatura\ del\ módulo\ en\ sitio = T\ del\ sitio + \frac{(T\ celda_{NOCT} - T\ ambiente_{NOCT}) \times Irradiancia_{STC}}{Irradiancia_{NOCT}}$$

$$Delta\ T = T\ módulo\ en\ sitio - [\![T\ módulo]\!]_STC$$

$$Pérdida\ de\ potencia = Coeficiente\ térmico\ potencia \times Delta\ T$$

STC

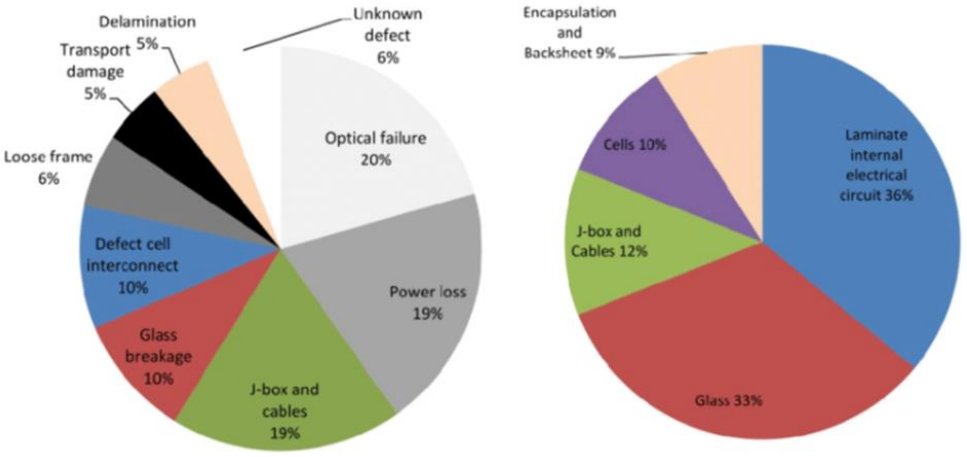
Irradiancia: 1,000 W/m2
Temperatura de la celda: 25° C
Masa de aire: 1.5

NOCT

Irradiancia: 800 W/m2
Temperatura del medio ambiente: 20° C
Temperatura de la celda (fabricante): 45° C
Masa de aire: 1.5
Velocidad del viento: 1 m/s

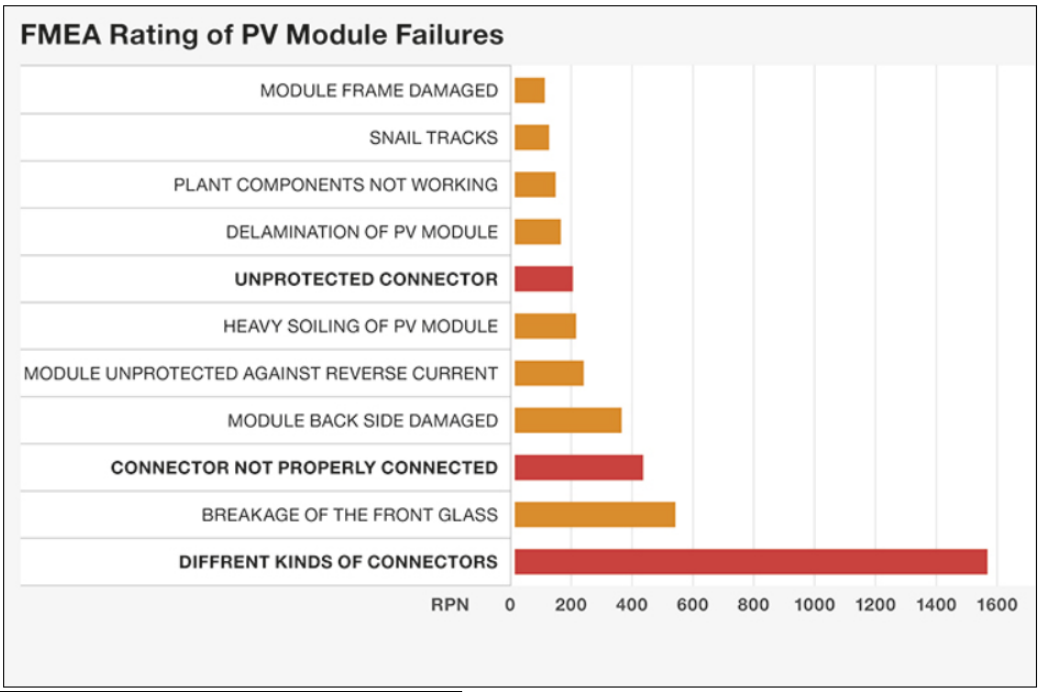
Estadísticas de fallas en módulos fotovoltaicos

Fallas de manipulación y fabricación de módulos

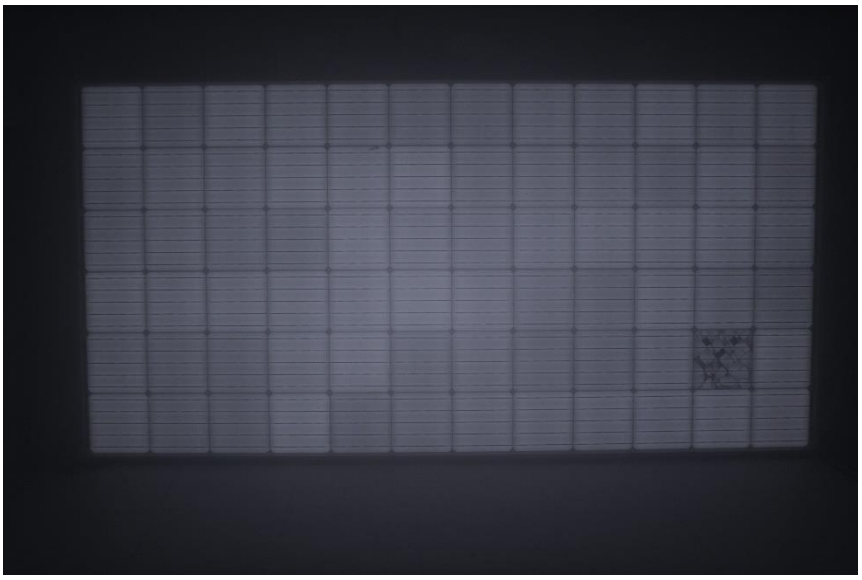


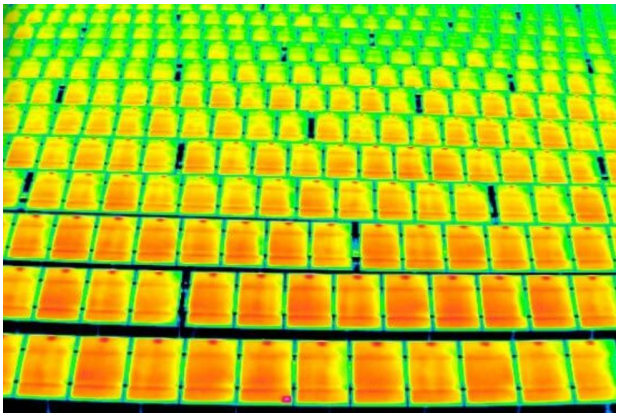
TÜVRheinland®
Precisely Right.

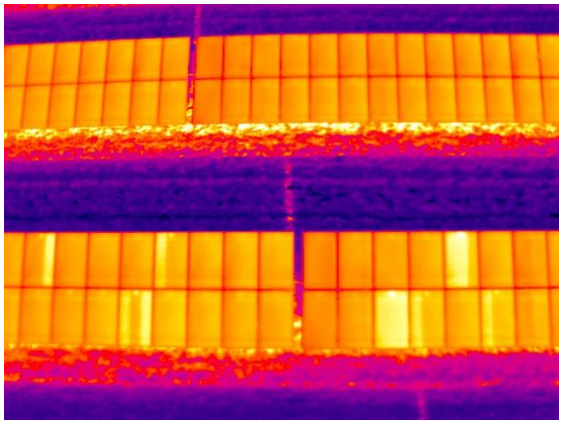
Fallas en la integración de módulos

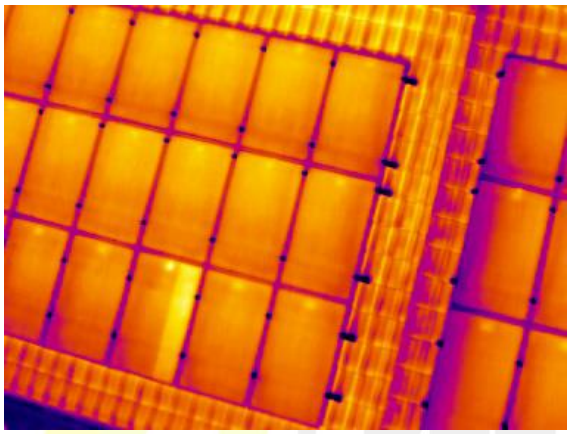


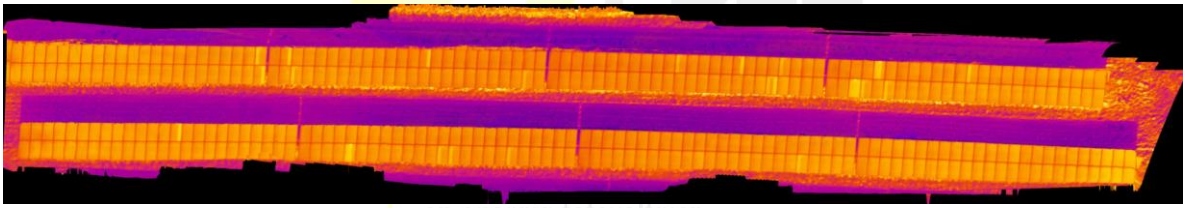
A través de la prueba de electroluminiscencia es posible detectar celdas con defectos de fábrica o daños en el proceso de instalación.







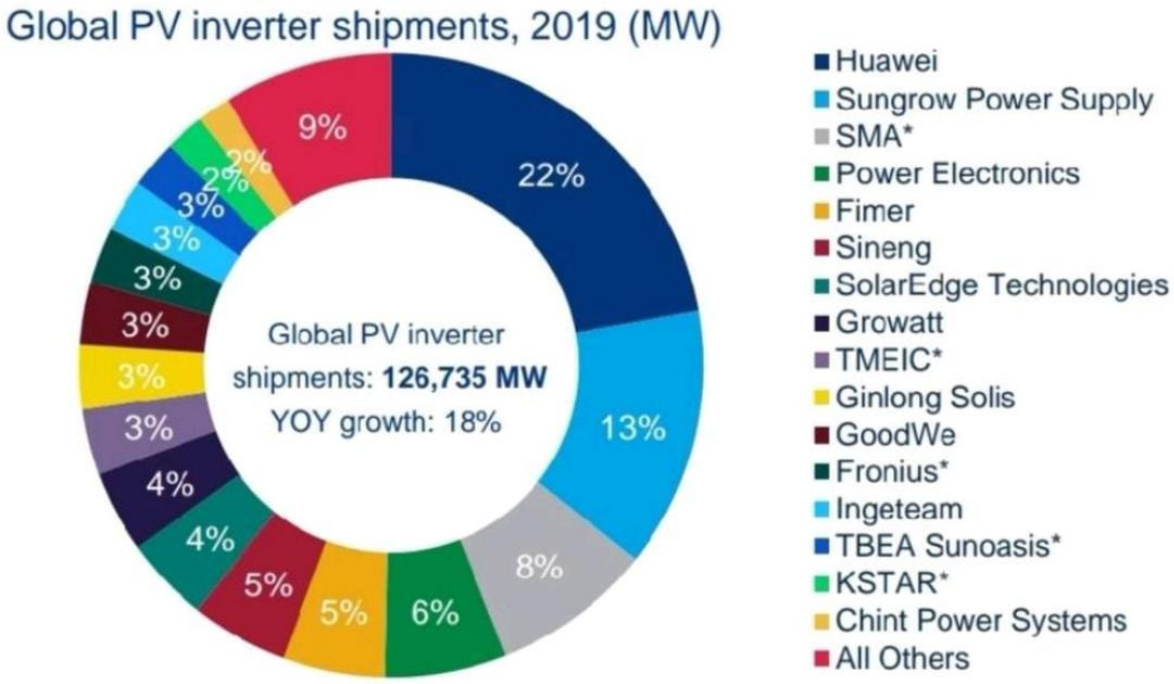




El uso de drones y cámaras termográficas facilita la inspección de arreglos fotovoltaicos en operación.

La simple observación es importante para prevenir daños mayores.

Tipo de módulos



Marketing y Ventas

Rafael Dávila Vergara

Módulo 5 Análisis del Consumidor, Mix de marketing

Objetivo:

El participante sera capaz de identificar los diferentes tipos de consumidores de sistemas fotovoltaicos de acuerdo a la sociología de compra, así como también identificará los elementos de marketing y de mercado relativos a GD.

Sociología del Consumidor

Sociología

Nombre fenemino

1. Estudio de las sociedades humanas y de los fenómenos religiosos, económicos, artísticos, etc.
2. . Circunstancia social en la que se desarrolla un acontecimiento.
   “la sociología del obrerismo no se explica sin la revolución industrial”

Descripción básica

El consumo es un fenómeno social, cuya importancia radica en su carácter simbólico y significativo y su instrumentación para la expresión y construcción de la identidad. Consumo, diferenciación y distinción social.

Psicología de compra

Psicología, sensibilidad y precio en las decisiones de compra. El cliente es un ser humano con cargas psicológicas, las que influyen en el proceso de **compra**… El precio refleja el valor del producto o servicio que percibe el comprador.

Perfiles del Consumidor de Energía Solar

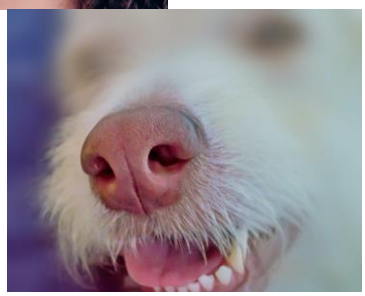
- Early Adopters
- Tecnólogos
- Ahorrador
- Snob
- Afectado
- Sorprendido
- Escéptico
- Negativo

Por modelo de Compra.

- Cash…
- Proyectos comerciales
- Financiamiento Bancario
- Préstamos y Cash-flow Positivo
- PPA

Generación de impulsos de compra

Mix de marketing



Elementos y Dimensionamiento Sistemas Interconectados

Rodolfo Alvarado Castañeda

Módulo 6 Componentes de un Generador Fotovoltaico – inversores

Objetivo

El participante reconocerá los inversores fotovoltaicos de acuerdo a sus características de confiabilidad y seguridad establecido en las certificaciones.

Aplicación de inversores

Las tareas de los inversores para interconexión a la Red son:

a) Convertir la Corriente Continua generada en el Arreglo Fotovoltaico en Corriente Alterna.
b) Sincronizar tanto la Tensión como Frecuencia con las condiciones de la Red.
c) Cumplir con aspectos de Código de Red. ¿En qué casos es necesario cumplir con Código de Red?

Partes fundamentales de Inversores

Control principal

Incluye todos los elementos de control general, los sistemas de generación de onda basados en sistemas de modulación de anchura de pulsos (PWM) y parte del sistema de protecciones.

Etapa de potencia

Esta etapa puede ser única o modular en función de la potencia deseada. Se opta por la tecnología en baja frecuencia ya que ofrece buenos resultados con una alta fiabilidad y bajo coste. Además, debe incorporar un filtro de salida (LC), para filtrar la onda y evitar el rizado en el voltaje procedente de los módulos.

Control de red

Es la interfase entre la red y el control principal. Proporciona el correcto funcionamiento del sistema al sincronizar la forma de onda generada a la de la red eléctrica, ajustando tensión, fase, sincronismo, etc.

Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT)

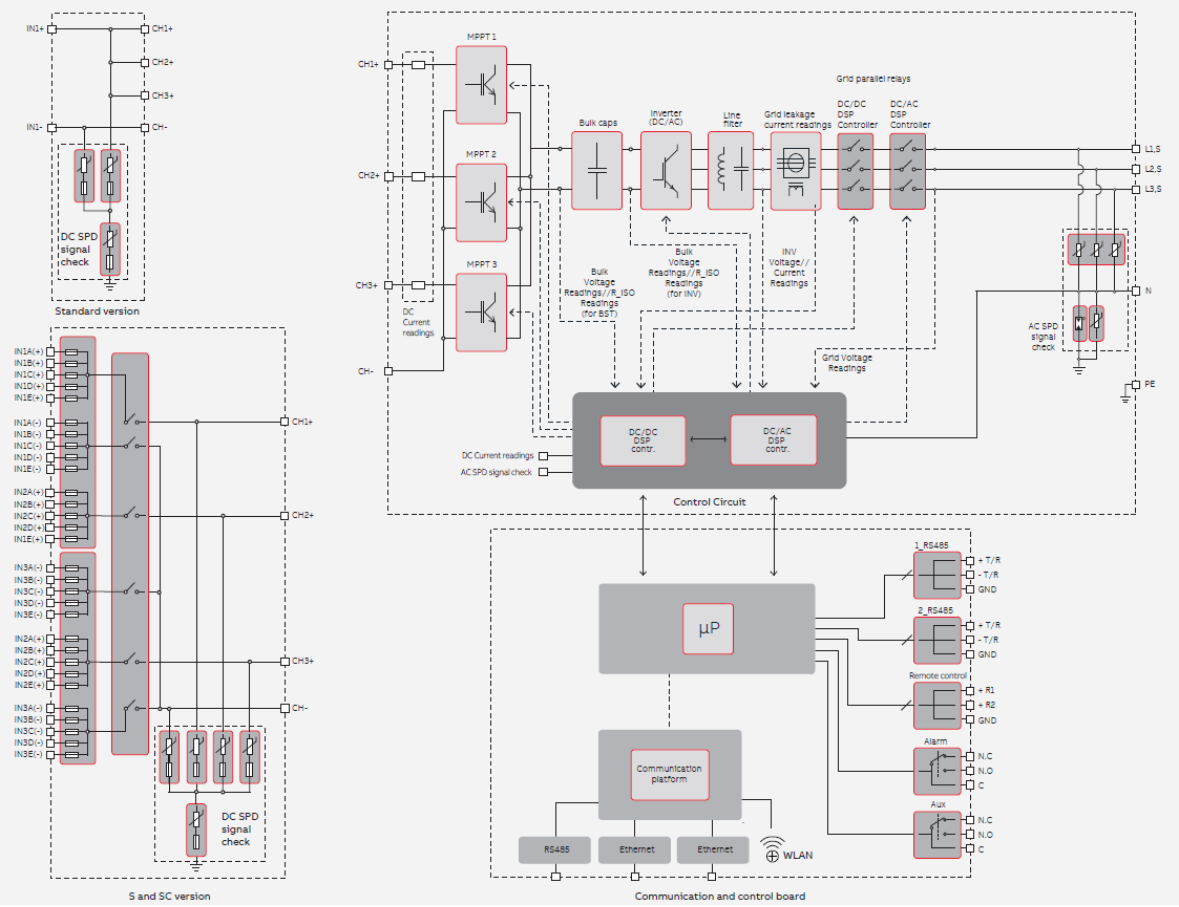
Es uno de los factores más importantes en un inversor. Su función es acoplar la entrada del inversor a los valores de potencia variables que produce el generador, obteniendo en todo momento la mayor cantidad de energía disponible, la máxima potencia.

Protecciones

De manera general, los inversores deben estar protegidos ante tensión de red fuera de márgenes, frecuencia de red fuera de márgenes, temperatura de trabajo elevada, tensión baja del generador, intensidad del generador fotovoltaico insuficiente, fallo de la red eléctrica y transformador de aislamiento, además de las protecciones pertinentes contra daños a personas y compatibilidad electromagnética.

Monitorización de datos

Los inversores dispondrán de microprocesadores que les facilite una gran cantidad de datos tanto de los parámetros habituales (tensión, corriente, frecuencia, etc.) como de parámetros externos (radiación, temperatura ambiente, etc.) e internos p.e . temperaturas de trabajo).



Inversores

La base de los inversores es el desarrollo tecnológico que se ha alcanzado en los semiconductores, ya que, se requiere una alta capacidad de intermitencia a alta velocidad.

Parámetros Eléctricos

Tensión nominal (V).

Tensión que debe aplicarse en bornes de entrada del inversor.

Potencia nominal (VA).

Potencia que suministra el inversor de forma continuada.

Potencia activa (W).

Potencia real que suministra el inversor teniendo en cuenta el desfase entre tensión y corriente.

Capacidad de sobrecarga.

Capacidad del inversor para suministrar una potencia superior a la nominal y tiempo que puede mantener esa situación.

Factor de potencia.

Cociente entre potencia activa y potencia aparente a la salida del inversor. En el caso ideal, donde no se producen pérdidas por corriente reactiva, su valor máximo es 1, es decir, estas condiciones son inmejorables para el suministro de corriente del inversor.

Eficiencia o rendimiento.

Relación entre las potencias de salida y entrada del inversor.

Autoconsumo.

Es la potencia, en tanto por ciento, consumida por el inversor comparada con la potencia nominal de salida.

Armónicos.

Un armónico ideal es una frecuencia de onda múltiplo de la frecuencia fundamental. Tener en cuenta que, sólo a frecuencia fundamental, se produce potencia activa.

Distorsión armónica.

La distorsión armónica total o THD (Total Harmonic Distortion) es el parámetro que indica el porcentaje de contenido armónico de la onda de tensión de salida del inversor.

Rizado de corriente.

Pequeña variación que se produce sobre el valor de la onda de corriente alterna al rectificarse o invertir una señal de CC a CA.

Estándares y códigos para seguridad e interconexión de inversores

Estándar	Descripción	Comentarios
EN 50524	Data sheet and Name Plate for Photovoltaic Inverters (Hoja de datos técnicos y datos de placa de inversores).	Describe la información mínima necesaria expresada en la hoja de datos técnicos y en la placa de datos de los inversores trabajando en paralelo con la red eléctrica. Se presenta la información mínima requerida para configurar de manera segura y óptima sistemas con inversores fotovoltaicos.
EN 50530	Overall Eficiency of Photovoltaic Inverters (Eficiencia general de Inversores Fotovoltaicos).	Procedimiento para la medición de la precisión de los inversores en el seguimiento del Máximo Punto de Potencia (MPPT), cuando son empleados en sistemas fotovoltaicos interconectados a la red.
UL 1741	Standar for Inverters, Converters, Controllers and Interconecttion System Equipment for Use With Distributed Energy Resourcces (Inversores, Convertidores, Controladores y Equipo para Sistemas de Interconexión para su Uso con Recursos de Energía Distribuida).	Los productos que cumplen con los requisitos definidos en esta norma están diseñados para ser instalados de acuerdo con NEC, NFPA 70.
IEC 61683	Power conditioners - Procedure for measuring efficiency (Acondicionadores de potencia - procedimiento para medir la eficiencia).	Guía para medir la eficiencia de acondicionadores de potencia empleados en sistemas fotovoltaicos aislados e interconectados.
IEC 62109-1	Safety of Power Converters for Use In Photovoltaic Power Systems - Part 1: General Requirements (Seguridad de Convertidores de Potencia para su uso en Sistemas de Potencia Fotovoltaicos - Parte 1: Requerimientos generales).	Establece los requerimientos mínimos para el diseño y manufactura de convertidores de Potencia para su protección ante: descargas eléctricas, energía, fuego, aspectos mecánicos y otros riesgos.

Estándar	Descripción	Comentarios
IEC 62109-2	Safety of Power Converters for Use In Photovoltaic Power Systems - Part 2: Particular Requirements for Inverters (Seguridad de Convertidores de Potencia para su uso en Sistemas de Potencia Fotovoltaicos Parte 2: Requerimientos Particulares para Inversores).	Requerimientos de seguridad para inversores de CC a CA diseñados para el uso en sistemas fotovoltaicos de potencia.
IEC 62116	Utility-Interconnected Photovoltaic Inverters - Test Procedure Of Islanding Prevention Measures (Inversores fotovoltaicos interconectados - Procedimiento de prueba para medidas de prevención de operación aislada).	Evalúa el desempeño de las medidas para prevenir la operación aislada de inversores PV interconectados.
UL 1998	Standard for Programmable Componentes (Estándar para Componentes Programables).	Requisitos que aplican al software integrado no conectado a la red reside en componentes programables que realizan funciones relacionadas con la seguridad, cuya falla puede provocar un riesgo de incendio, descarga eléctrica o lesiones personales.
IEEE 1547	Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. Estándar para la interconexión e Interoperabilidad de Fuentes de Energía Distribuida con Interfases asociadas a Sistemas Eléctricos de Potencia.	Establece requisitos para el rendimiento, operación, prueba, consideraciones de seguridad y mantenimiento de la interconexión. Establece requerimientos de: respuesta ante situaciones atípicas, calidad de potencia, operación aislada y especificaciones de prueba; establece requerimientos para el diseño, producción, evaluación de la instalación, puesta en marcha y pruebas periódicas.

Clasificación

Los inversores, además de proporcionar una frecuencia correcta, deben regular la tensión de salida, haciéndola coincidir con unos valores de trabajo determinados. Para ello, dependiendo de la potencia y el nivel de funcionamiento, se emplean convertidores CC/CC antes del inversor, sistemas que regulen las ondas senoidales mediante la modulación de ancho de pulso (PWM), o bien, utilizando un auto-transformador variable que ajuste el voltaje de salida.

Todo esto es posible empleando materiales semiconductores como:

- Mosfet: transistores de efecto de potencia,
- Transistores bipolares,
- GTO: tiristores desconectables de hasta 1K,
- IGBT: transistores bipolares de puerta aislada.

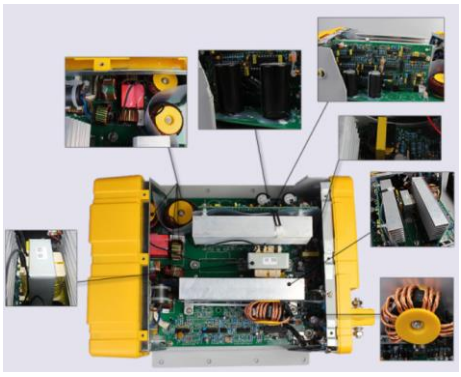
Inversores como fuente de corriente.

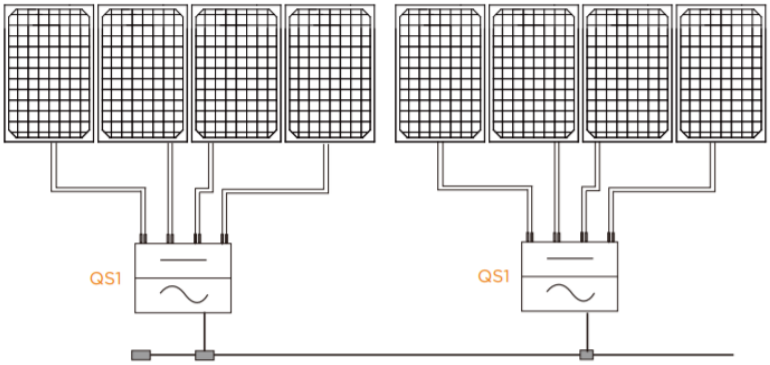
Este tipo de inversores tiene una fuerte dependencia de la carga para funcionar correctamente. Para funcionar dentro de los márgenes de seguridad, precisan de una carga mínima conectada permanentemente.

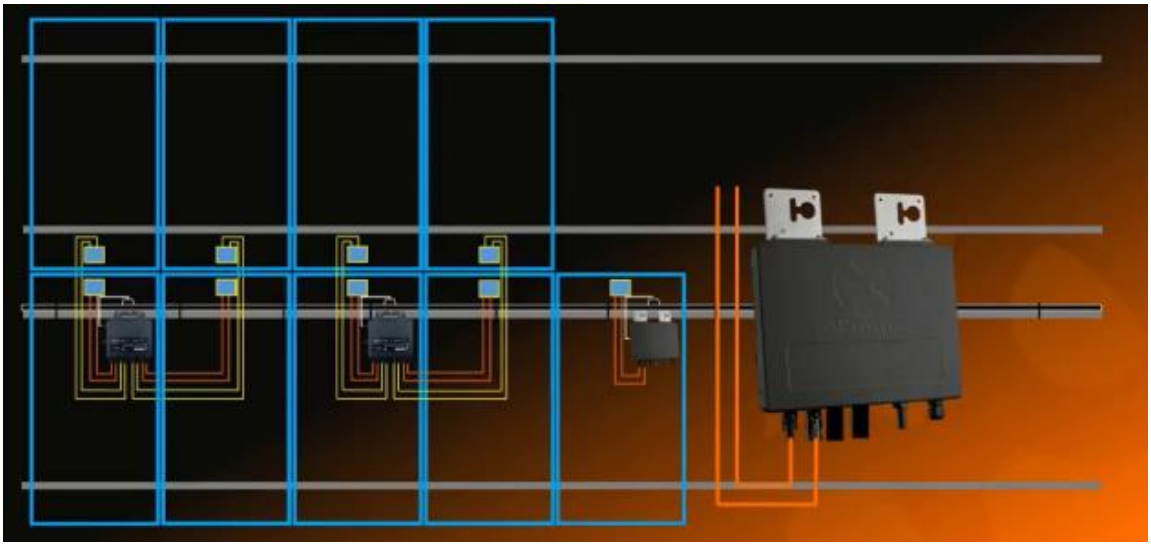
Sin embargo, ofrecen la ventaja de soportar cortocircuitos a la salida o unas demandas puntuales muy altas para el arranque del motor, sin que él sufra daños en sus componentes.

Inversores como fuente de tensión

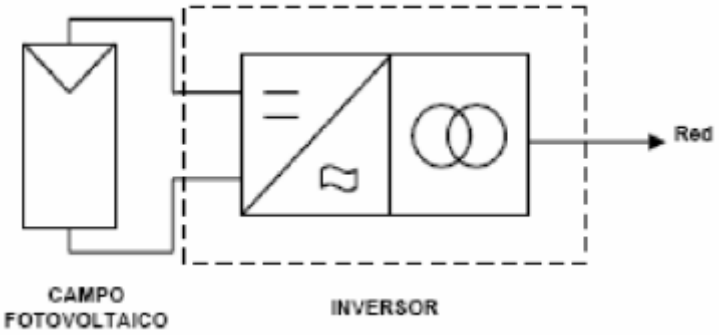
Este tipo de inversores no depende de una carga para su funcionamiento. Precisa de protección ante cortocircuitos mediante un sistema de limitación de corriente.



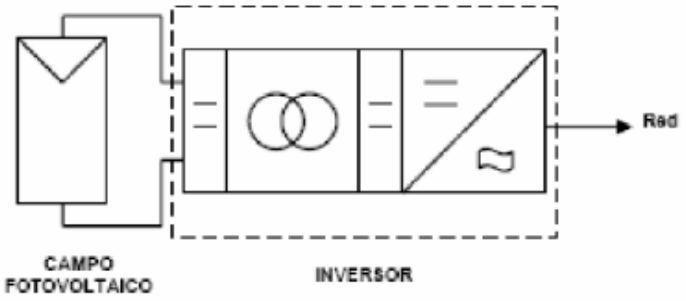




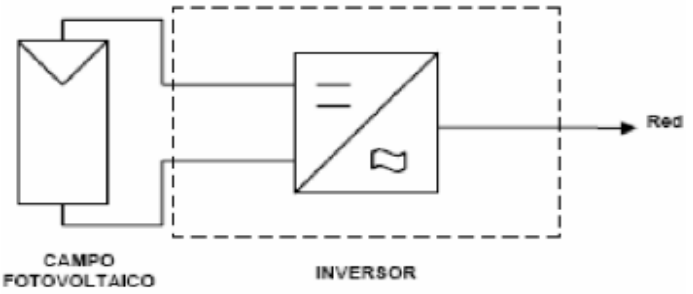
Aislamiento galvánico en baja frecuencia:



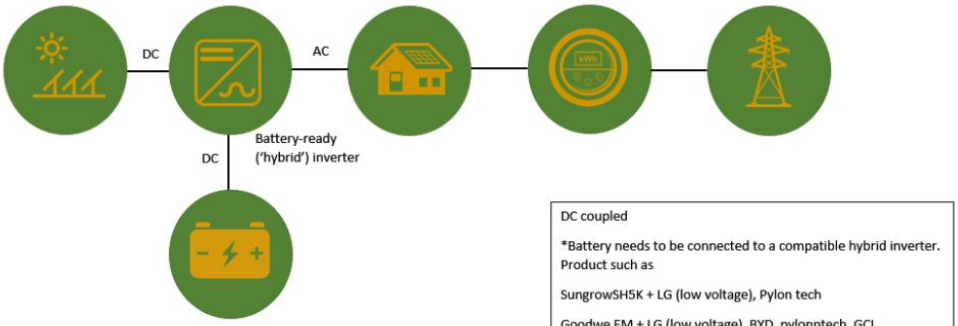
Aislamiento galvánico en alta frecuencia:



Sin aislamiento galvánico:



Híbridos

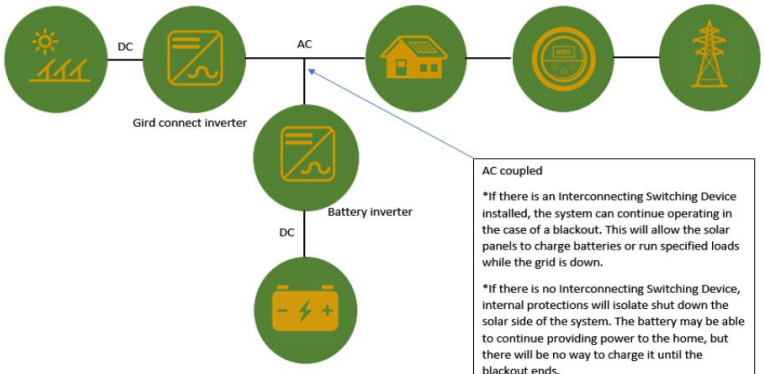


DC coupled

*Battery needs to be connected to a compatible hybrid inverter. Product such as

SungrowSH5K + LG (low voltage), Pylon tech

Goodwe EM + LG (low voltage), BYD, pylonntech, GCL

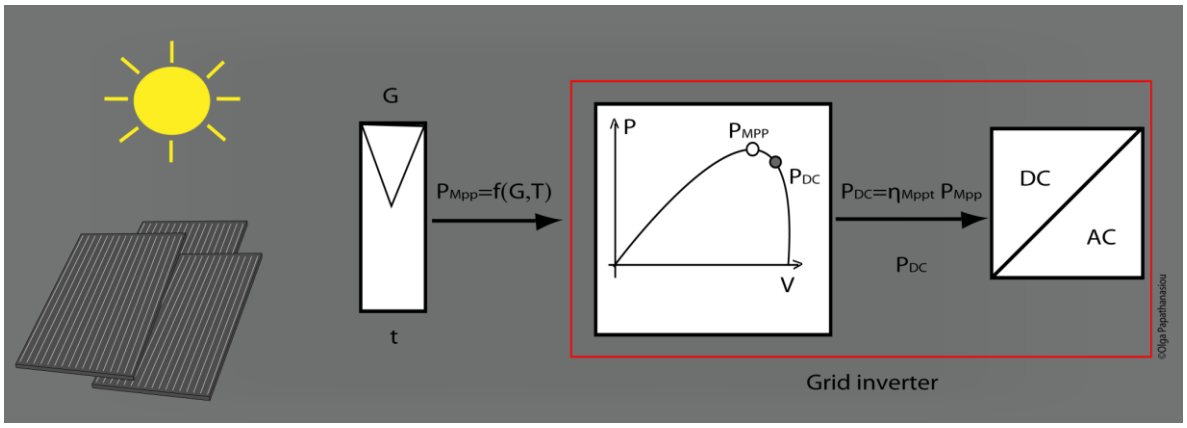


AC coupled

*If there is an Interconnecting Switching Device installed, the system can continue operating in the case of a blackout. This will allow the solar panels to charge batteries or run specified loads while the grid is down.

*If there is no Interconnecting Switching Device, internal protections will isolate shut down the solar side of the system. The battery may be able to continue providing power to the home, but there will be no way to charge it until the blackout ends.

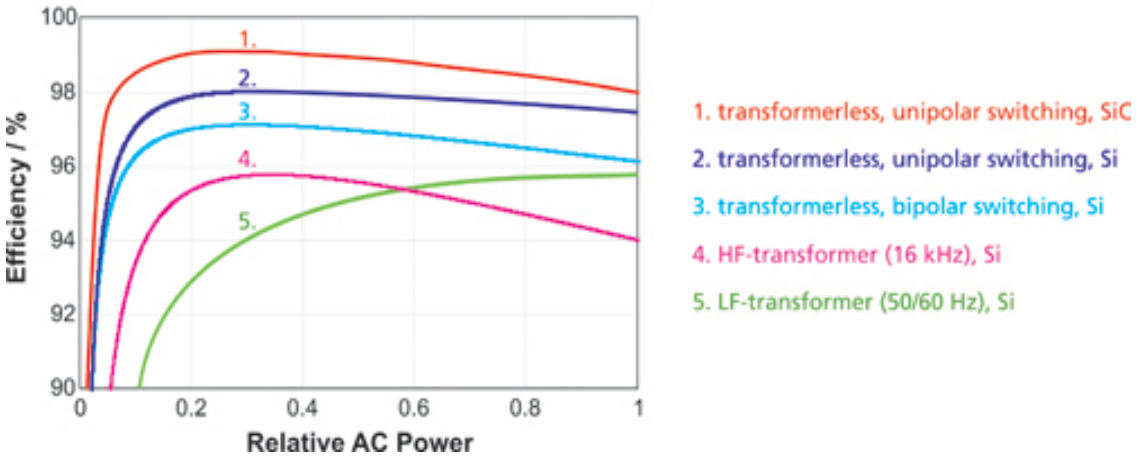
Eficiencia



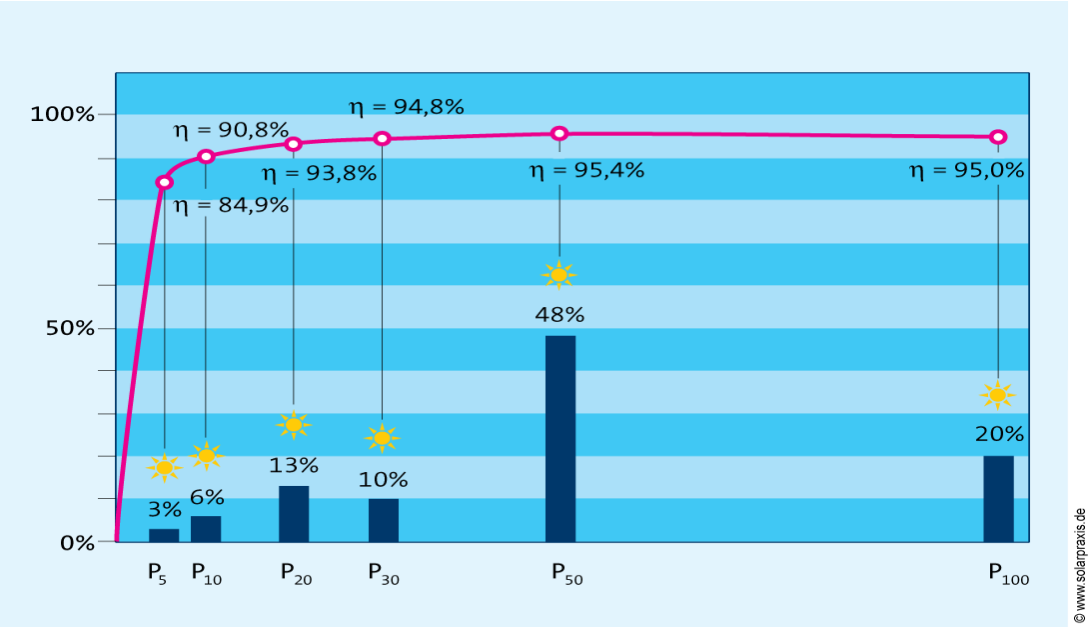
- La eficiencia total de un inversor se basa en:
- La eficiencia en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia de conversión que describe las pérdidas que surgen al convertir la corriente continua en corriente alterna.

$$\eta_{tot} = \eta \cdot \eta_{MPPt} = \frac{P_{AC}}{P_{MPP}}$$

- Las curvas de eficiencia característica dependen de la potencia de entrada instantánea en el dispositivo.
- Debido a los cambios en la irradiación, el inversor trabaja a menudo en modo de carga parcial y sólo en pocas ocasiones a su carga nominal.
- Por lo tanto, las curvas de eficiencia característica ofrecen una mejor imagen que la eficiencia nominal indicada en la hoja de datos del inversor.



Eficiencia tipo europeo



- Con el fin de tomar en cuenta las diferentes condiciones climáticas, se definen eficiencias ponderadas para los diferentes climas.
- Así, por ejemplo, para calcular la eficiencia en Europa, se ponderan seis eficiencias en diferentes cargas parciales de acuerdo al clima de Europa central.
- La eficiencia se calcula solamente a la tensión nominal y por lo tanto no tiene en cuenta el efecto de tensión de entrada en la eficiencia.

$$\eta_{euro} = 0.03 \times \eta_{5\%} + 0.06 \times \eta_{10\%} + 0.13 \times \eta_{20\%} + 0.1 \times \eta_{30\%} + 0.48 \times \eta_{50\%} + 0.2 \times \eta_{100\%}$$

Eficiencia CEC

j	1	2	3	4	5	6
P_{CEC}/P_{nom}	10%	20%	30%	50%	75%	100%
$g_{CEC,j}$	0.04	0.05	0.12	0.21	0.53	0.05

$$\eta = \frac{1}{3}\sum_{k=1}^{3}\ \sum_{j=1}^{6} g_{CEC,j} \cdot \eta_{Inverter}\left(P_{CEC,j}, V_k\right)$$

La definición de la CEC para la eficiencia del inversor tiene en cuenta el efecto de la tensión de entrada en la eficiencia, por lo tanto, la eficiencia se calcula para los tres siguientes voltajes:

- Voltaje mínimo de entrada
- Voltaje nominal
- Máx. 90% del voltaje de entrada

Además, seis eficiencias en diferentes cargas parciales se ponderan de acuerdo al clima de California (similar al clima mexicano).

Selección de inversores.

a) Certificados de calidad y seguridad de los inversores, para la implementación de los inversores en México, se recomienda que los equipos cumplan con la certificación UL 1741, ya que, es la certificación que cumple con las condiciones técnicas del Código de Red Nacional.
b) Configuración del sistema fotovoltaico desde la perspectiva de la transmisión de la energía. Definir en qué niveles de tensión se conducirá la electricidad dentro de la Central Eléctrica Fotovoltaica, normalmente, se diseña sobre los límites máximos de tensión permisibles, ya que, dentro del diseño eléctrico se cuida el aspecto de disminuir las pérdidas de energía y esto es posible al incrementar la tensión y disminuir la corriente. Se debe corroborar que el inversor cuenta con las protecciones suficientes para cuidar su infraestructura en el momento de que se presente un nivel de tensión mayor a lo especificado.
c) Número de módulos por inversor y configuración de las series. El concentrar una importante cantidad de módulos, incrementa el riesgo de perder una mayor cantidad de energía en el momento que se presente una falla en los inversores, siendo estos equipos uno de los elementos que estadísticamente presentan más fallas dentro de los sistemas fotovoltaicos, principalmente, provocado por su interacción con la red eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional.
d) Tensión eléctrica máxima de entrada de los inversores.
e) El número de seguidores del Máximo Punto de Potencia (MPPT). Este aspecto le otorga al Sistema la posibilidad de un mejor rendimiento, ya que, divide el Arreglo Fotovoltaico en circuitos de generación independientes, por lo que se mitigan los efectos de sombras y de suciedad que se puedan presentar en los módulos.

f) Sistema de refrigeración. Dentro de zonas desérticas el sistema de refrigeración debe ser altamente confiable y además con una respuesta ágil dentro de la operación del inversor. Existen inversores con refrigeración natural, convección forzada con aire o algún refrigerante. Se recomienda seleccionar un inversor que presente un sistema integral y cuente con un sistema robusto de control para que en el caso de que falle el sistema de refrigeración evite ponerse en riesgo.

g) Accesorios de los inversores. Se recomienda revisar que la mayor cantidad de accesorios estén incluidos al adquirir los inversores, ya que, en ocasiones para cerrar la venta de este tipo de equipos los distribuidores y fabricantes ofrecen los inversores sin todos los accesorios, sino que en función de las condiciones del sitio de instalación y la capacidad de monitoreo se ofrecen equipos sin algunos accesorios que realmente ayudan a tener mejores condiciones de operación de los inversores, más allá de una cuestión económica, el tener mejor equipado los inversores permite tener un mayor grado de seguridad en la infraestructura de todo el Parque Fotovoltaico.

h) Sistema de comunicación y control. Cada fabricante de inversores desarrolla su propia topología de red, por lo que debe presentar los planos y detalles de la instalación para tener la mayor confiabilidad en la operación del sistema. El personal deberá de recibir la capacitación apropiada para familiarizarse con la estructura de comunicación. Cuando se elige una configuración de inversores por cadena o string (inversores con potencias nominales menores a 500 kW) se requiere de una red de comunicación con mayor capacidad de administración de datos.

i) Grado de protección de las envolventes o cubiertas de los inversores. Los Parque Fotovoltaicos en México se han instalado en zonas con condiciones ambientales extremas, por lo que se recomienda elegir inversores con la mayor capacidad de protección de sus envolventes o cubiertas.