

Índice

Índice.....	1
Módulo 1 Conceptos Particulares de la GD?.....	8
¿Qué es el cambio climático?	8
Consideraciones iniciales	8
Cómo funciona el cambio climático	9
Consecuencias del cambio Climático.....	10
Acuerdos Internacionales	13
Breve historia y actualidad	13
Acuerdos sobre Cambio Climático	13
Mecanismos de Reducción de Emisiones.....	13
COMPROMISOS INTERNACIONALES CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO	14
ACCIONES DE POLÍTICA ENERGÉTICA	15
Breve historia de la industria eléctrica mexicana	15
CABEZAL.....	15
ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO	15
EVOLUCIÓN DEL ESQUEMA	16
DATOS RELEVANTES	16
Marco Regulatorio GD.....	17
DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL	18
EVOLUCIÓN	19
Módulo 2 Situación de la Generación Distribuida.....	24
Números reales para mercado	24
Generación distribuida	24
LESE.....	25
Programa de energía	25
Regiones CFE.....	26
Áreas CFE.....	26
Nodos P – PML	27
PML La Paz.....	27
Despacho Eléctrico	28
¿Qué necesitamos?	30

Fijación de precios de energía.....	31
Como desplaza GD?	33
Modelo Reforma 2024	33
Conflictos	33
Módulo 3 El Sector Energético.....	34
Instituciones.....	34
¿Quiénes intervienen?	34
¿Qué se creó en el 2014?	34
Cambios.....	34
SENER	34
¿Cómo se integra?.....	34
¿Qué hace?	34
CRE	35
¿Cómo se integra?.....	35
¿Qué hace?	35
CONUEE	35
¿Cómo se integra?.....	35
¿Qué hace?	35
CFE	35
¿Cómo se integra?.....	35
¿Qué hace?	35
CENACE.....	36
¿Cómo se integra?.....	36
¿Qué hace?	36
FIDE	36
¿Cómo se Integra?	36
¿Qué hace?	36
NAFIN-CSolar.....	36
¿Cómo se integra?.....	36
¿Qué hace?	36
Módulo 3 Asociaciones del Sector	37
¿Qué asociaciones se interesan?.....	37
COPARMEX.....	37

CCE.....	37
Cámara de Comercio	38
ANES	38
ASOLMEX.....	39
AMIF.....	39
AMFEF	40
AMERMAAC	40
FAMERAC.....	40
SOTECOSOL.....	40
Asociación Mexicana de Energía	41
Certificados de energía limpia	41
Mecanismo y actualidad	41
CEL	41
Preguntas sobre CEL.....	42
CEL Piratas.....	42
Evolución normal de Energía limpia.....	43
Módulo 4 Fundamentos teóricos, geometría solar	44
El Sol	44
Capas Solares	45
Reacciones en el Sol	46
Capas Solares	46
Fotón	47
Espectro Electromagnético	47
Movimientos de la tierra.....	48
Relación Tierra-Sol	48
Movimientos de la tierra	48
Nutación y Precesión	49
Inclinación de la Tierra	49
Solsticios.....	49
Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio.....	50
Equinoccios.....	50
Tipos de Radiación en la Atmósfera	51
Definiciones.....	51

Irradiancia e Irradiación.....	51
Constante Solar	51
Atmósfera.....	51
Masa de Aire	52
Ángulos Solares.....	52
Puntos de Referencia.....	52
Ángulo Zenith	53
Altura Solar y el Ángulo Azimut.....	54
Declinación.....	55
Ángulo Horario	57
Ejercicio.....	57
Latitud	57
Latitud y Longitud.....	58
Dispositivos de Medición: Geometría Solar	59
Irradiación	59
Adquisición de Datos	59
Instrumentos de medición.....	59
Piranómetro.....	60
Heliógrafo de Campbell-Stokes.....	60
Sensor de Radiación.....	61
Seguidor Solar	61
Radio Astronomía Solar	62
Medidores de Radiación Solar	62
Estación Meteorológica	62
Diagrama de Estación Meteorológica	63
Gráficas.....	63
Medición de Radiación	64
Estimación del Recurso Solar.....	64
Red Solarimétrico Mexicana	64
Datos.....	65
CONAGUA	68
RUOA.....	69
NREL-SENER	71

SENER.....	71
NASA	72
NREL.....	73
SOLARGIS.....	74
WORLDBANK.....	75
Módulo 5 Componentes de un Generador Fotovoltaico – Paneles	76
Configuración General.....	76
Módulos fotovoltaicos.....	78
Celda fotovoltaica.....	79
Tipos de celdas fotovoltaicas	82
Módulo fotovoltaico	84
Tipo de módulos.....	85
Clasificación de módulos fotovoltaicos.....	88
Estándares y códigos para revisar la calidad y seguridad de módulos fotovoltaicos	90
Selección de módulos fotovoltaicos	92
Análisis para módulos fotovoltaicos en módulos fotovoltaicos	93
Estadísticas de fallas en módulos fotovoltaicos	93
Tipo de módulos.....	97
Módulo 6 Componentes de un Generador Fotovoltaico – Inversores para Interconexión.....	98
Aplicación de inversores.....	98
Partes fundamentales de Inversores	98
Control principal	98
Etapa de potencia	98
Control de red	98
Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT).....	98
Protecciones	99
Monitorización de datos	99
Inversores	99
Parámetros Eléctricos.....	100
Estándares y códigos para seguridad e interconexión de inversores	101
Clasificación.....	103

Eficiencia.....	106
Módulo 7 Tipología y Diseño de Instalaciones Solares Fotovoltaicas	110
Protecciones generales	111
Protecciones contra sobre corrientes	111
Coordinación de protecciones	112
Protecciones contra sobretensiones.....	113
Protecciones de falla por arco eléctrico	114
Protecciones de falla por arco eléctrico	115
Selección de conductores eléctricos.....	116
Medios de conexión.....	117
Gabinetes	118
Especificación IEC	118
Sistema de Puesta a tierra y pararrayos.....	122
Estaciones meteorológicas	122
Selección de transformadores	124
La potencia aparente máxima de salida de los inversores.....	124
La tensión eléctrica nominal de los inversores.....	124
Rango de impedancia.....	124
Temperatura ambiente.....	124
Altura y zona de operación.....	124
El tipo de transformador.....	125
Estructuras para Arreglos Fotovoltaicos	125
Módulo 8 Diseño y Modelado de un Sistema Interconectado	127
De lo general a lo particular.....	127
Análisis del Rendimiento en el Arreglo Fotovoltaico.....	128
Análisis del Rendimiento en el inversor.....	130
Análisis del Rendimiento en conductores.....	131
Módulo 9 Análisis del Consumidor, Marketing.....	132
Sociología del consumidor:.....	132
La calidad y el Marketing son una misma cosa.....	133
Análisis de mercado. Información complementaria.....	134
La clave detrás de los procesos.....	135
Modelos de venta basados en precio. ¿Están destinados a morir?	136

Módulo 10 Modelos de Venta, Análisis de Mercado.....	137
¿Qué es la bancabilidad?	137
Entonces qué quiere decir bancable realmente.....	137
Módulo 12 LCOE (Costo nivelado de energía).....	139
Costo nivelado de la energía	139
Cómo calcular el Costo Nivelado de la Energía (LCOE)	139
¿Qué información podemos obtener del LCOE?	140
LCOE y otras herramientas disponibles	140
Para qué sirve el LCOE.....	141
Diferenciarse.	141
Algunos libros recomendados:	141



Generalidades

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 Conceptos Particulares de la GD?

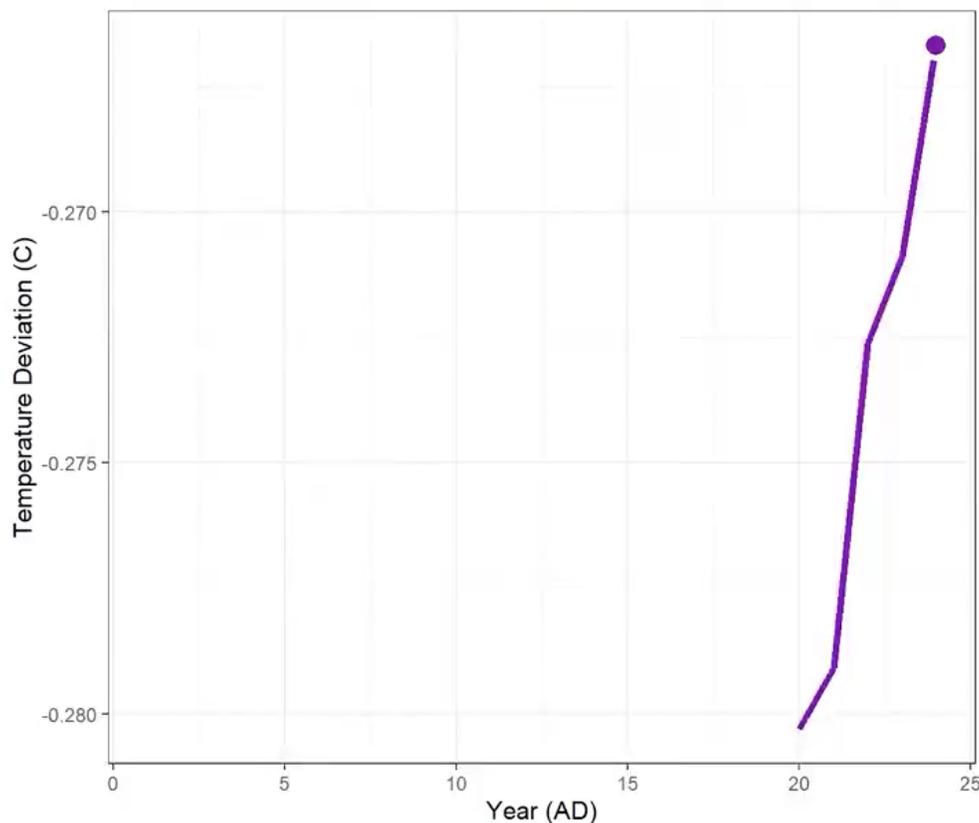
¿Qué es el cambio climático?

Consideraciones iniciales

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

Global Temperature Trend from 0 to 2019 AD

Temperature Deviation (C) from 1961-1990 Average
Year: 24



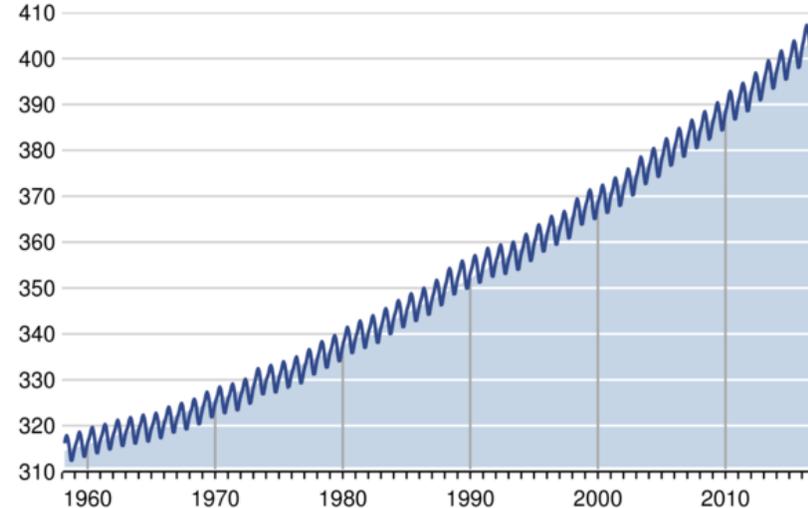
Visualization by Ben Gregory
(benpgregory@gmail.com)

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

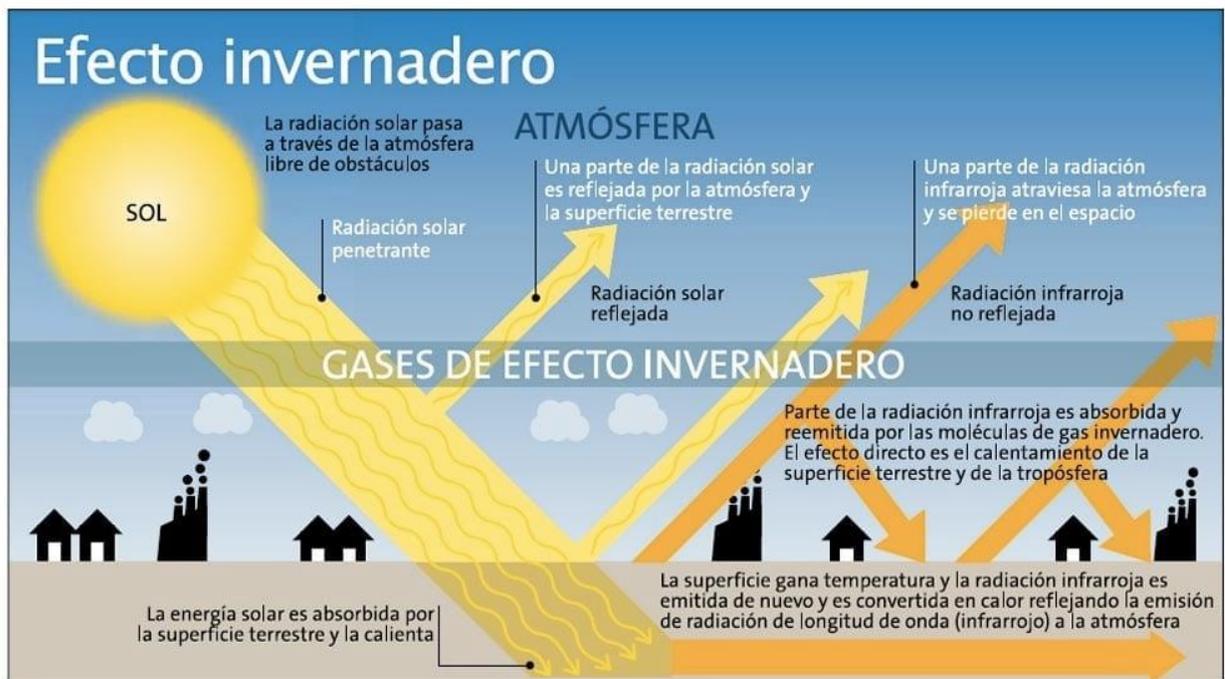
Concentración mensual de GEI

Monthly Carbon Dioxide Concentration

parts per million



Cómo funciona el cambio climático



Consecuencias del cambio Climático

Actual



+ 1.5°C



+ 3°C

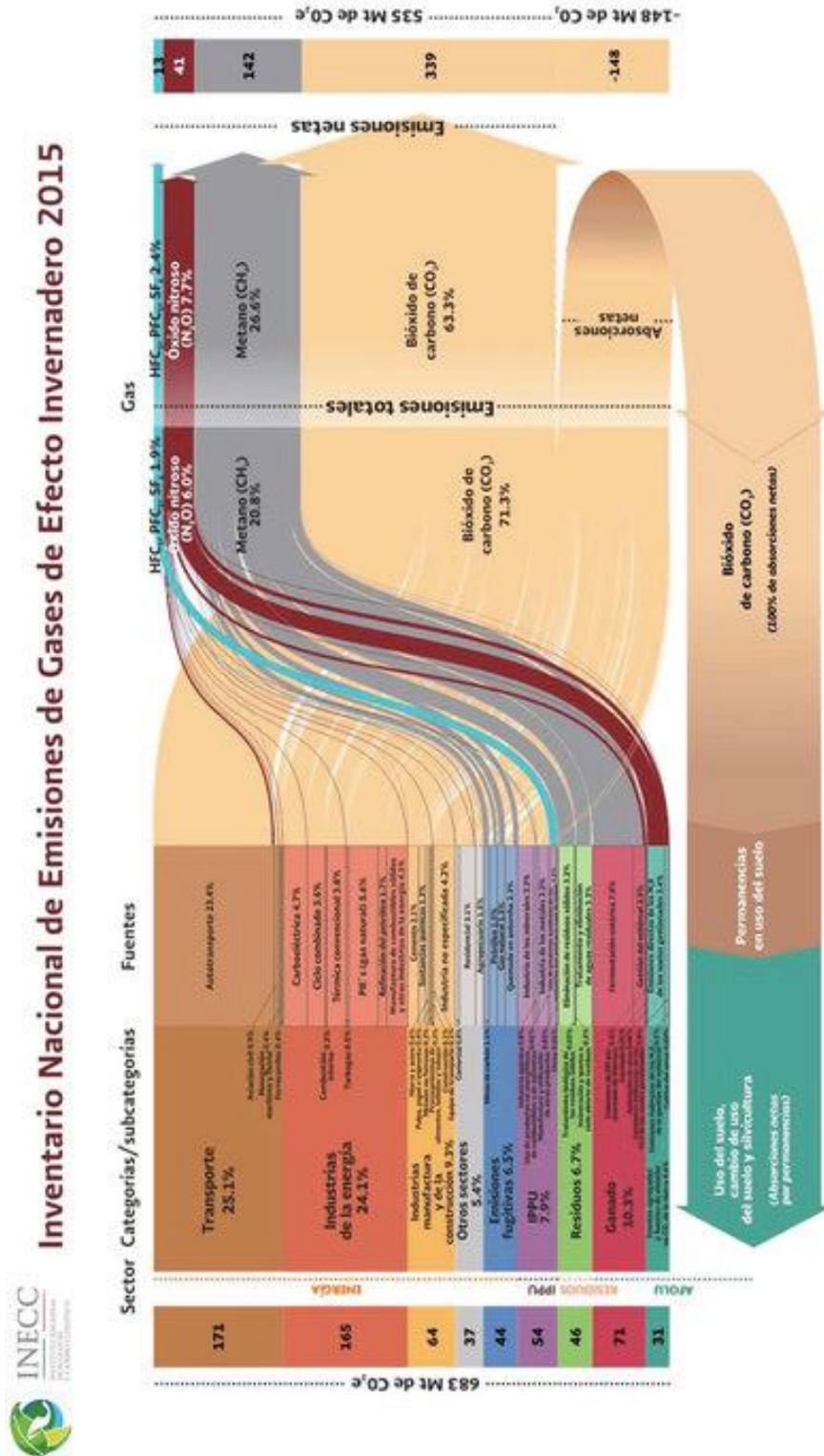


+ 4°C



¿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).
- Establece cumbre 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 Río 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 1.5°C.
- 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.

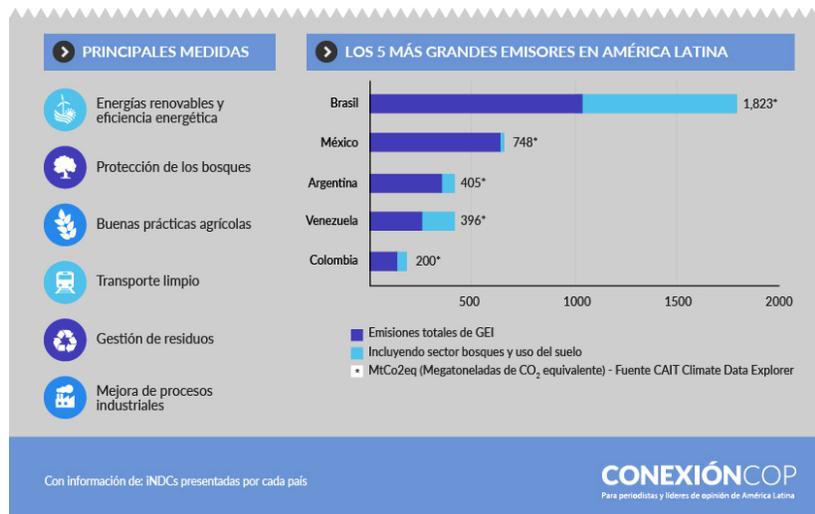
¿QUÉ PLANEA HACER EL MUNDO?

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.

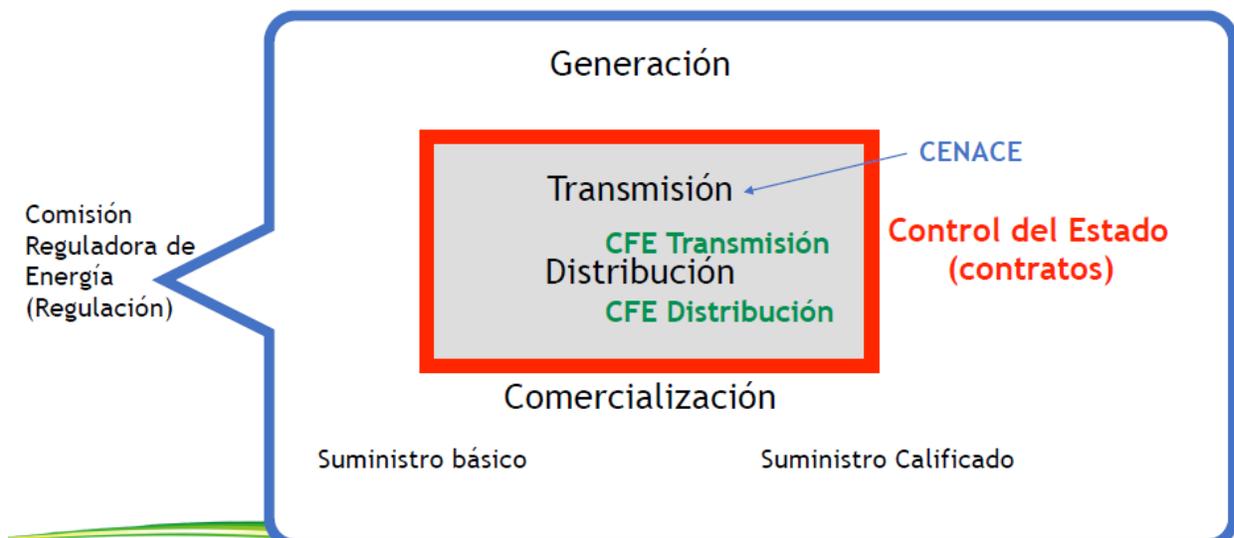
¿Qué cambio la historia? ¡Economía de Renovables!

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

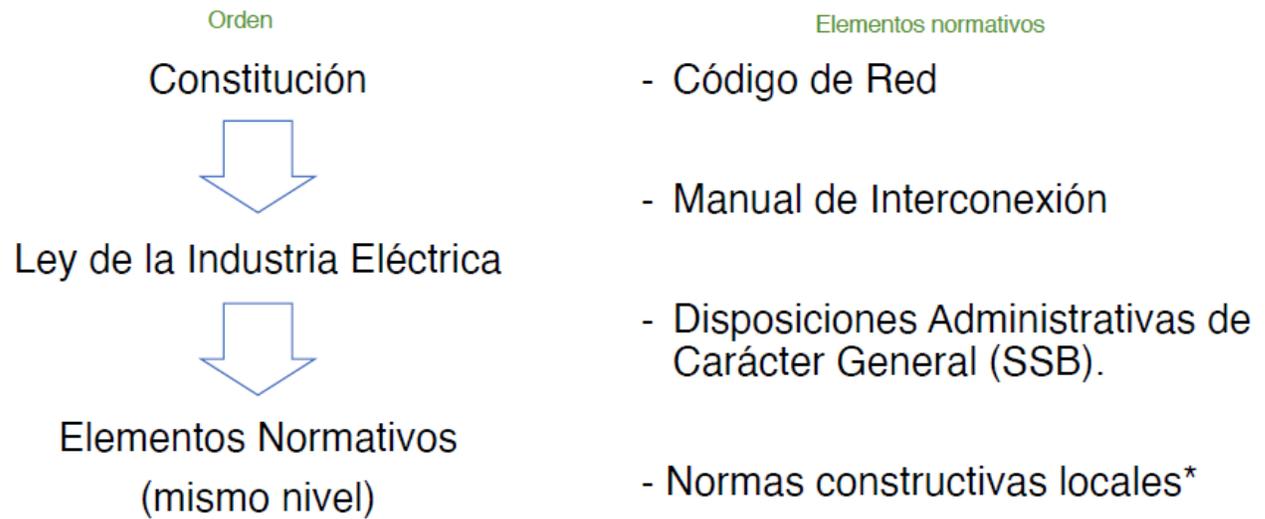
Años	Inicios - 1960	1960 - 1990	1990 - 2015	2015 - ¿?
Estructura	Mercado (Ley de la Industria Eléctrica)	Monopolio Auto regulado (LSPEE)	Mercado Mixto (LSPEE)	Mercado (Ley de la industria Eléctrica)
Participantes	Empresas verticalmente integradas	Dos monopolios: CFE, LyFC	Dos monopolios verticales de 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
<p>La seguridad del SEN responsabilidad de CFE</p> <p>CENACE interno en CFE</p> <p>Regulación interna de CFE</p> <p>Planeación vertical de CFE</p>	<p>Seguridad como responsabilidad compartida (código de red)</p> <p>CENACE independiente de CFE</p> <p>Regulación en CRE</p> <p>Planeación por SENER, considerando el mercado.</p>

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.



DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL

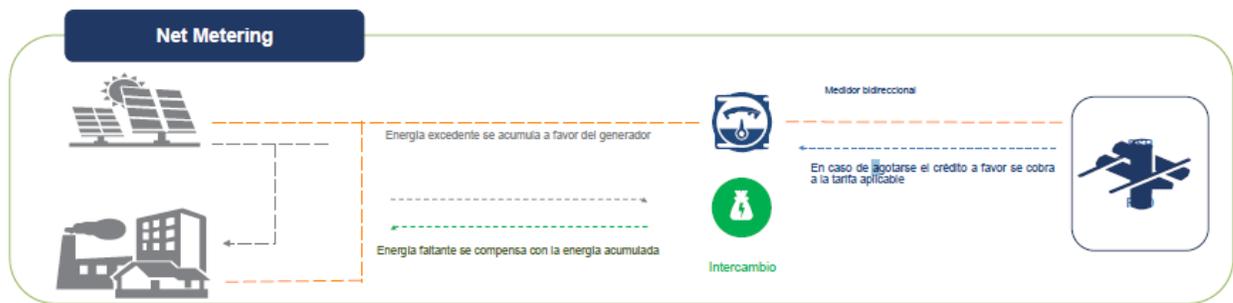
DACG 2017

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

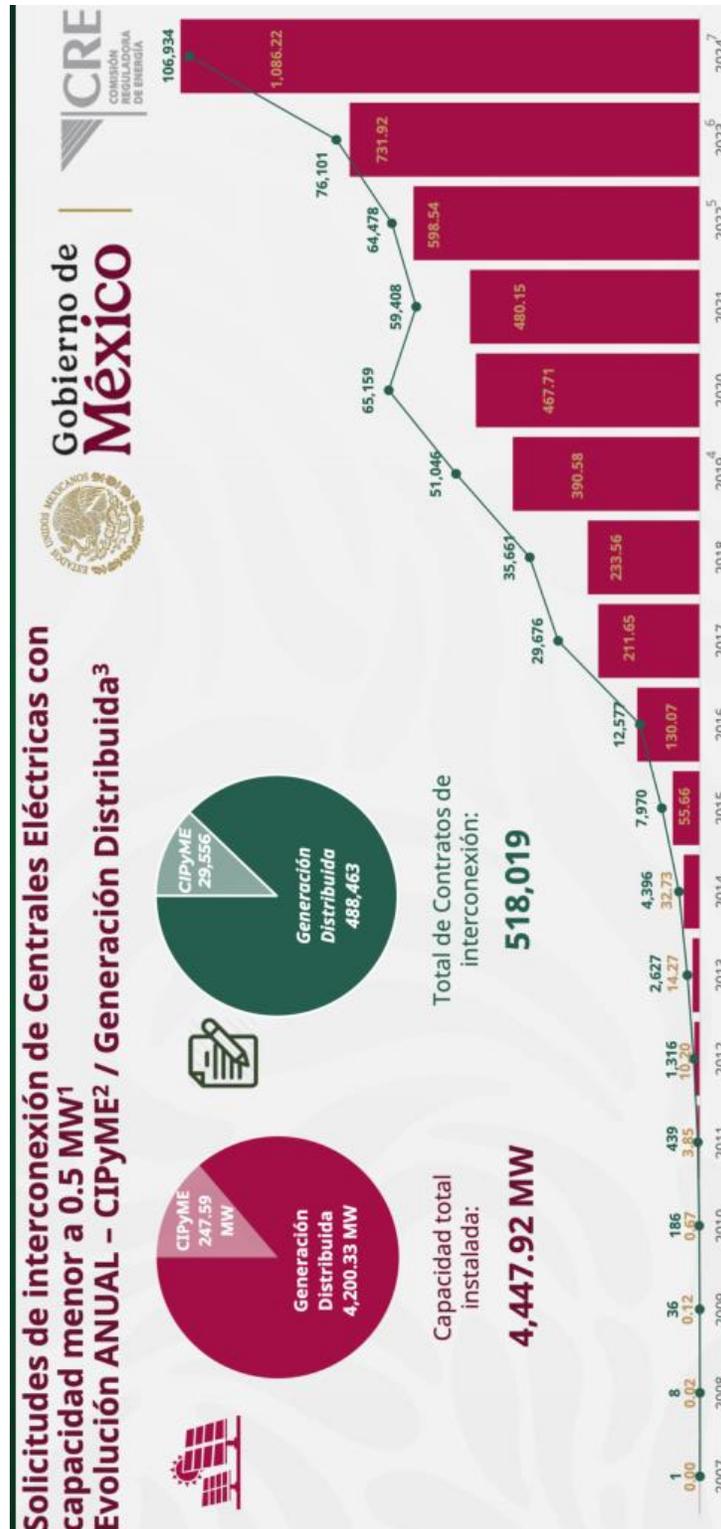


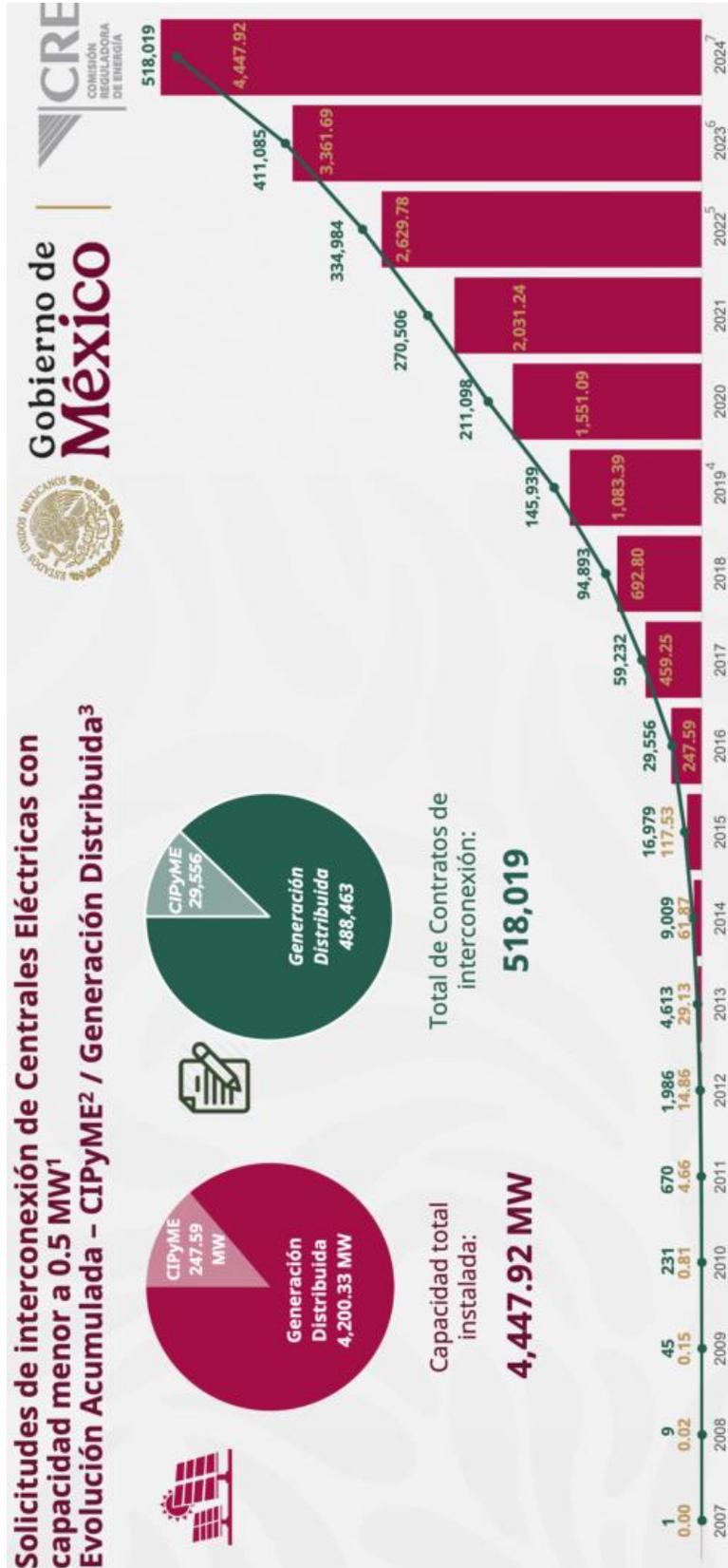
VENTA TOTAL

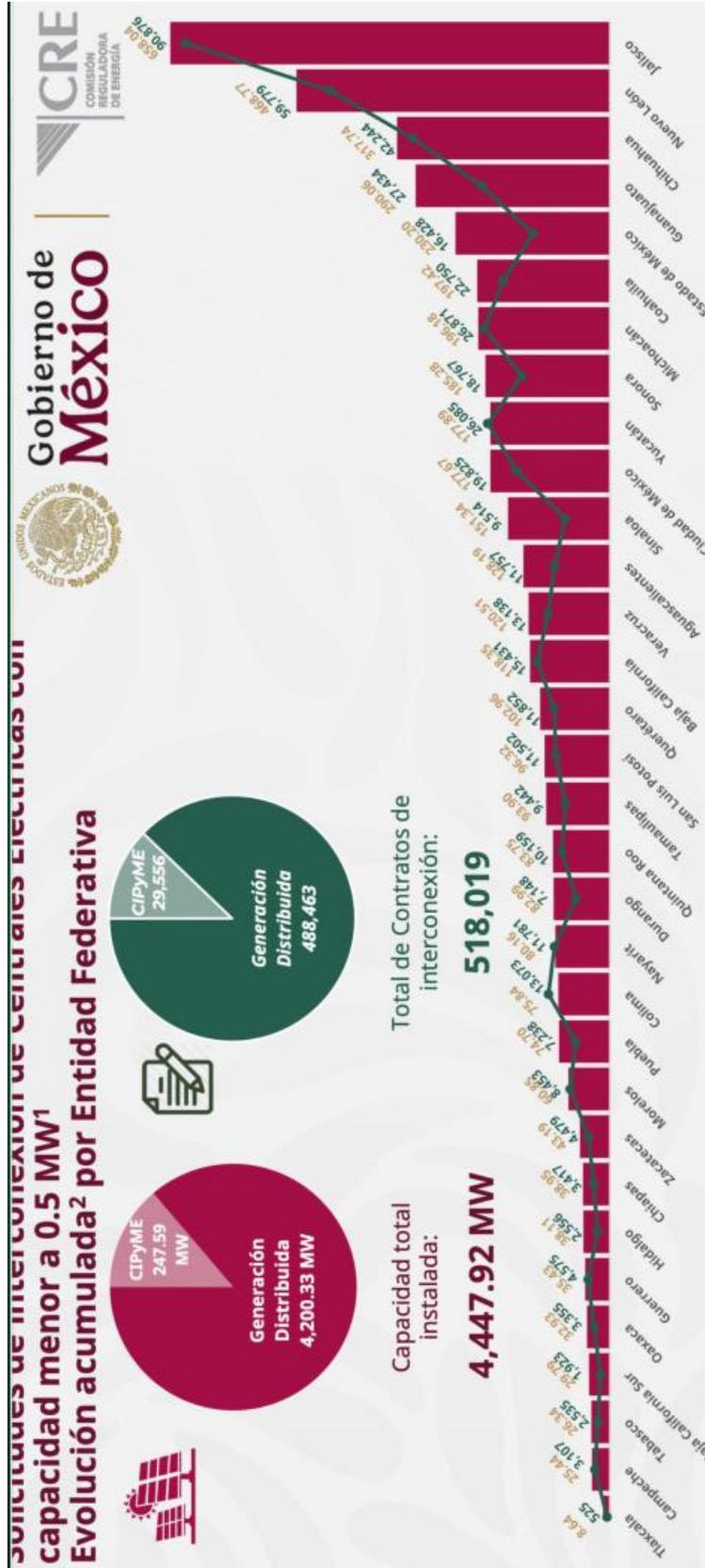


EVOLUCIÓN

EVOLUCIÓN DE GD







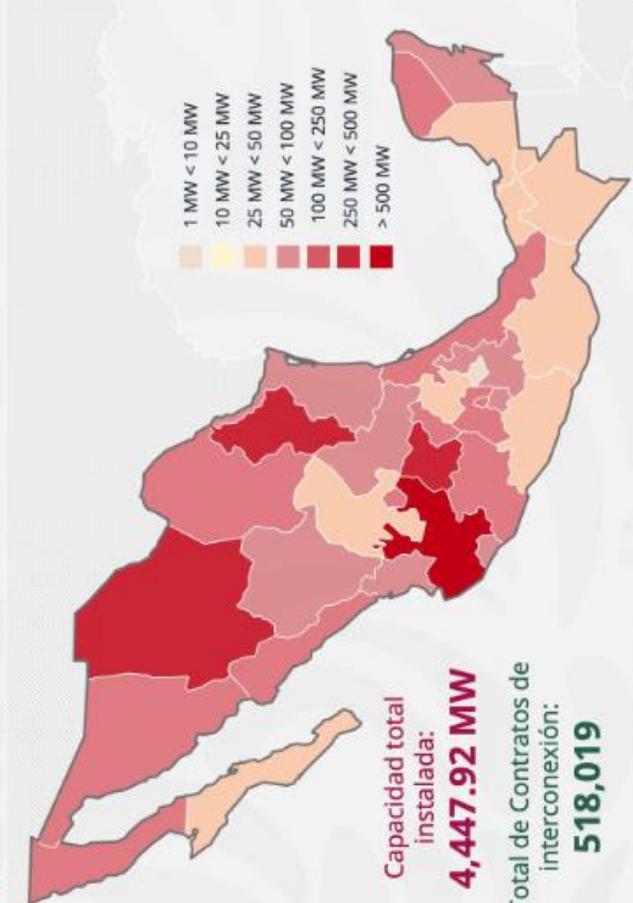
Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW¹ Distribución de la capacidad instalada² por Entidad Federativa



Gobierno de **México**



Entidad Federativa	No. de contratos	Capacidad Instalada (MW)
Tlaxcala	525	8.64
Campeche	3,107	25.44
Tabasco	2,535	26.34
Baja California Sur	1,923	29.79
Oaxaca	3,355	32.93
Guerrero	4,575	35.43
Hidalgo	2,556	38.11
Chiapas	3,417	38.95
Zacatecas	4,479	43.19
Morales	8,453	60.85
Puebla	7,238	74.70
Colima	13,073	75.84
Nayarit	11,781	80.16
Durango	7,148	82.99
Quintana Roo	10,159	83.75
Tamaulipas	9,442	93.90
San Luis Potosí	11,502	96.32
Querétaro	11,852	102.96
Baja California	15,431	118.35
Veracruz	13,138	120.51
Aguaascalientes	11,757	128.19
Sinaloa	9,514	151.34
Ciudad de México	19,825	177.67
Yucatán	26,085	177.89
Sonora	18,767	185.28
Michoacán	26,871	196.18
Coahuila	22,750	197.42
Estado de México	16,428	230.20
Guajuato	27,434	290.06
Chihuahua	42,244	317.74
Nuevo León	59,779	468.77
Jalisco	90,876	658.04
Total general	518,019	4,447.92

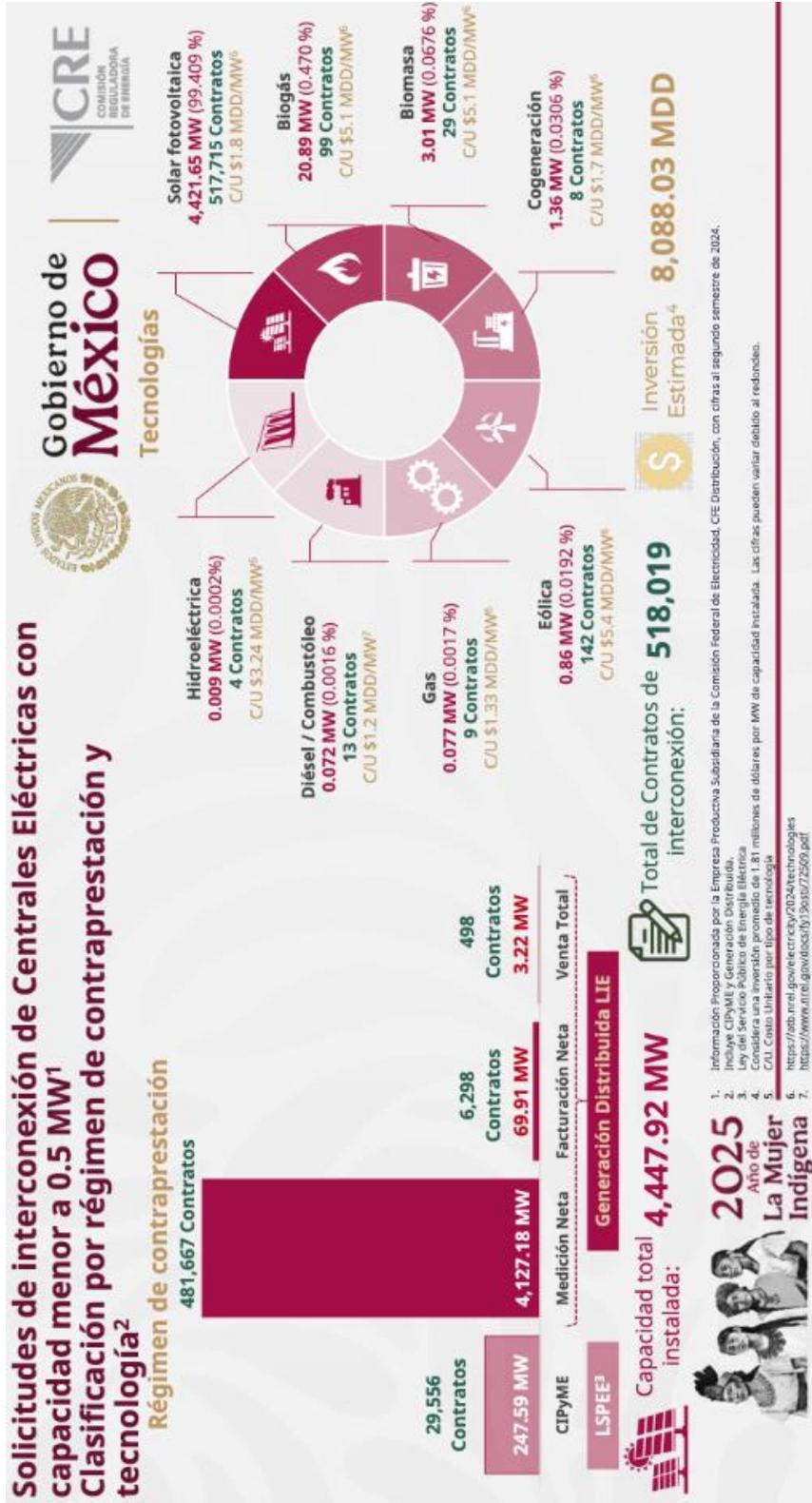


Capacidad total instalada:
4,447.92 MW

Total de Contratos de interconexión:
518,019



1. Información Proporcionada por la Empresa Productiva Subsidiaria de la Comisión Federal de Electricidad, CFE Distribución, con cifras al segundo semestre de 2024.
2. CFIYME. Contratos de Interconexión de Pequeña y Mediana Escala. Solicitudes de interconexión ataridadas de 2007 a 2016.

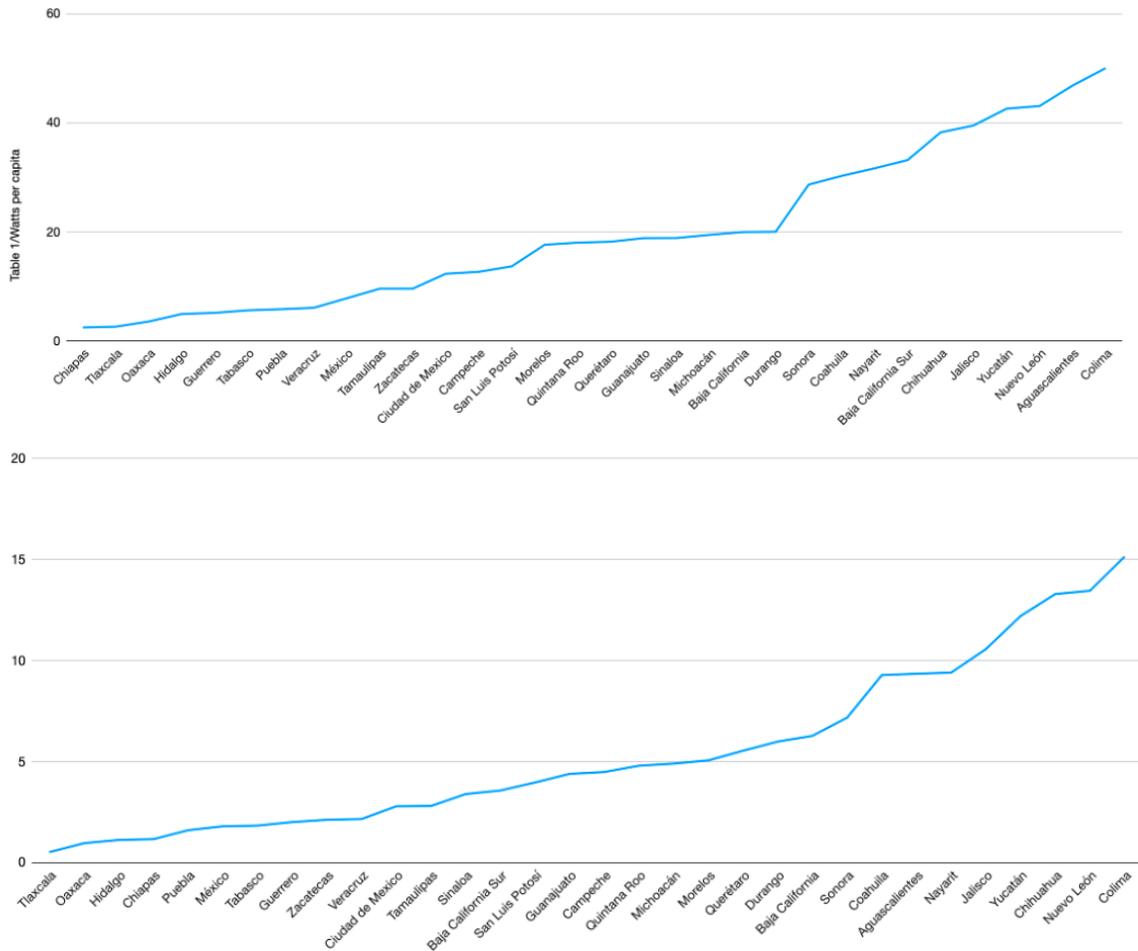


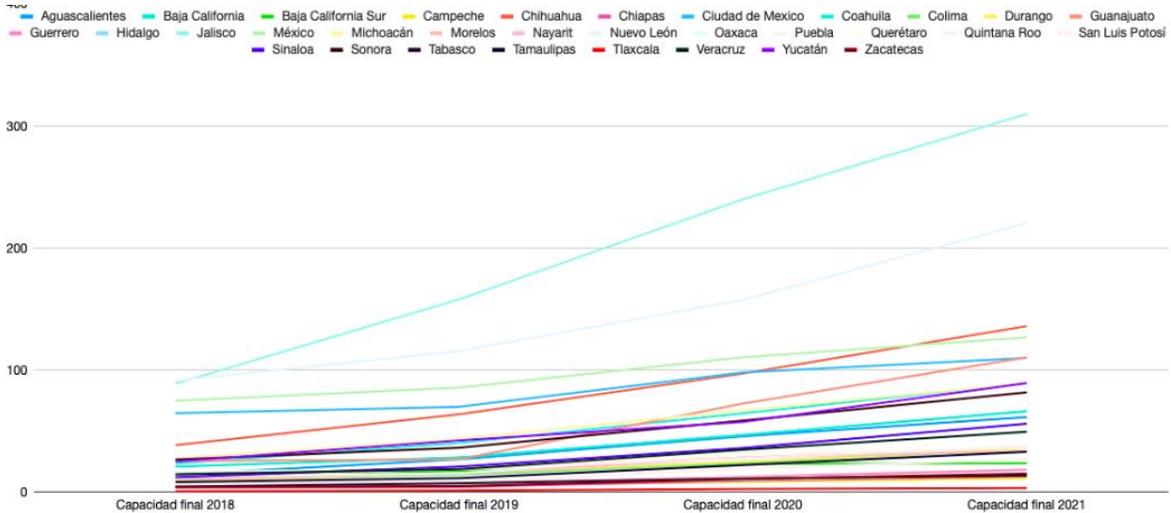
Módulo 2 Situación de la Generación Distribuida

Números reales para mercado

- Watts per cápita
- Avance por potencial (números de contratos, usuarios potenciales)
- Evolución por entidades

Generación distribuida





Acciones del gobierno respecto a renovables

LESE.

- CFE pierde la caracterización
- CFE se reintegra
- CFE adquiere monopolio en SSB
- Se mantiene el mercado eléctrico
- Mantiene vigencia de autoabastecimiento
- Permisos rápidos

Programa de energía

- Agregarán hasta 28 GW de capacidad de generación
- 13 GW CFE
- 9.5 GW privados
- Eleva generación exenta a 0.7
- Obliga al uso de baterías a generadores de mercado renovable

Expectativas de cumplimiento LIE-Paris

- Proyección de incrementos se queda lejos de las necesidades de energía limpia
- Eficiencia energética
- Se rehace mercado de CEL
- Generación distribuida aporta máximo 1500 MW/año

Precio de la energía

Regiones CFE

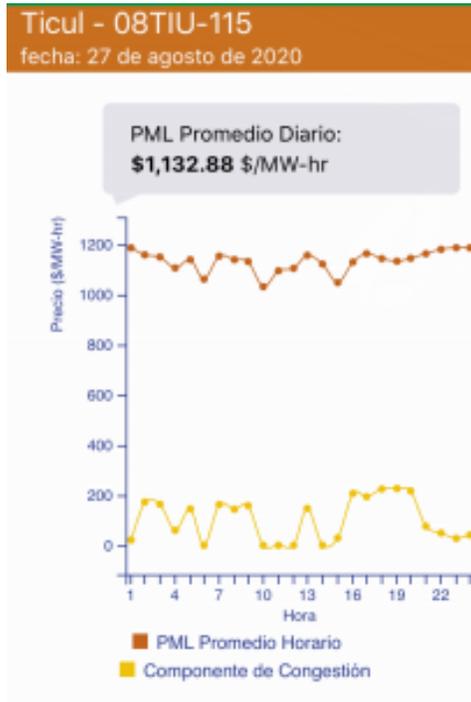


Áreas CFE



Nodos P – PML

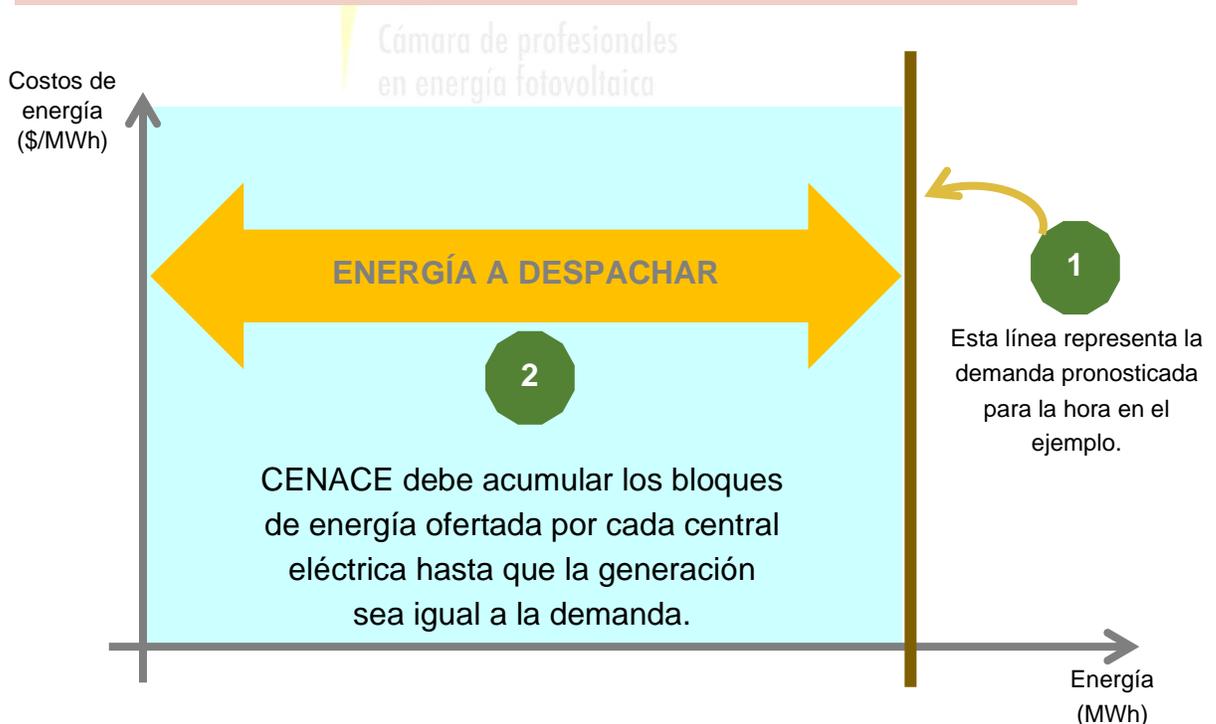
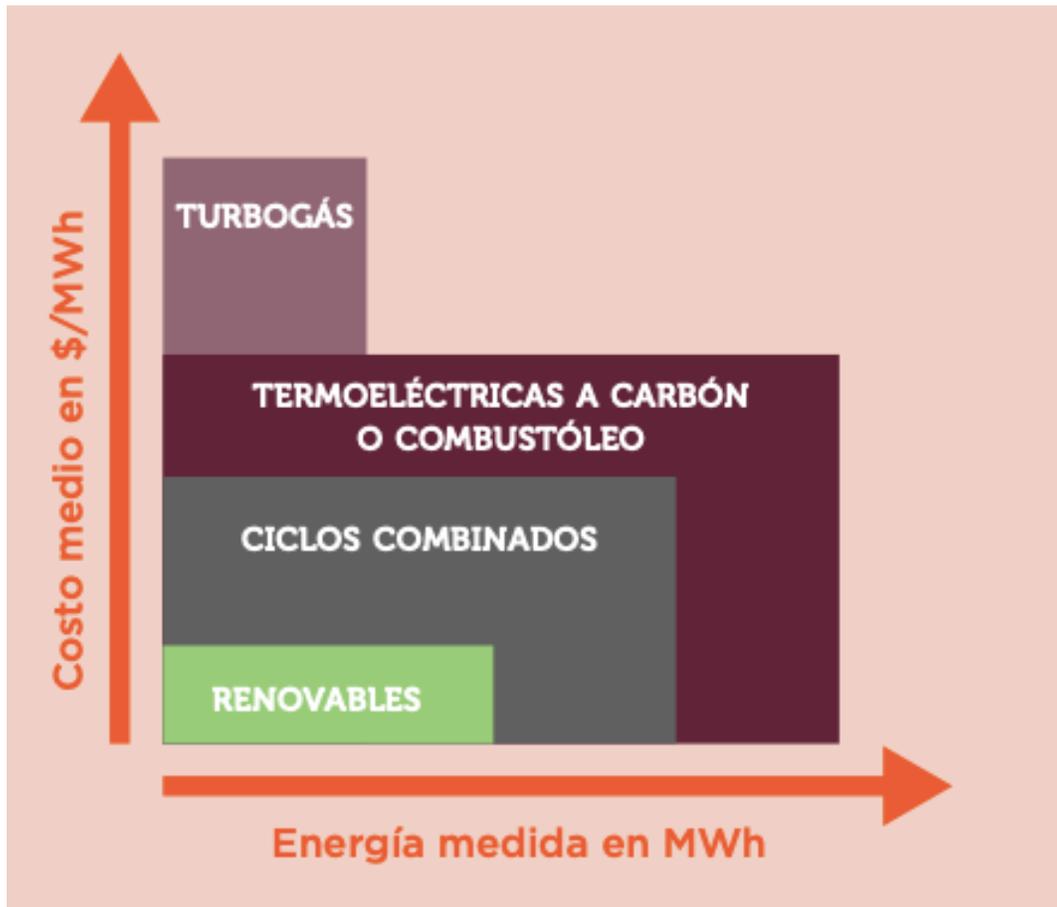
<p>Ticul - 08TIU-115 MAX \$1,185.78 \$/MW-hr ☉ a las 23 hrs MIN \$1,030.43 \$/MW-hr ☉ a las 10 hrs PROM \$1,132.88 \$/MW-hr</p>	>
<p>Kambul - 08KBL-115 MAX \$1,215.07 \$/MW-hr ☉ a las 23 hrs MIN \$1,035.66 \$/MW-hr ☉ a las 10 hrs PROM \$1,149.53 \$/MW-hr</p>	>
<p>Maxcanu - 08MAX-115 MAX \$1,209.68 \$/MW-hr ☉ a las 1 hrs MIN \$1,046.76 \$/MW-hr ☉ a las 10 hrs PROM \$1,151.00 \$/MW-hr</p>	>
<p>Tixmehuac - 08TXM-115 MAX \$1,202.39 \$/MW-hr ☉ a las 23 hrs MIN \$1,036.07 \$/MW-hr ☉ a las 10 hrs PROM \$1,143.25 \$/MW-hr</p>	>
<p>Tekax Dos - 08TKD-115 MAX \$1,202.14 \$/MW-hr ☉ a las 23 hrs MIN \$1,035.84 \$/MW-hr ☉ a las 10 hrs PROM \$1,143.05 \$/MW-hr</p>	>

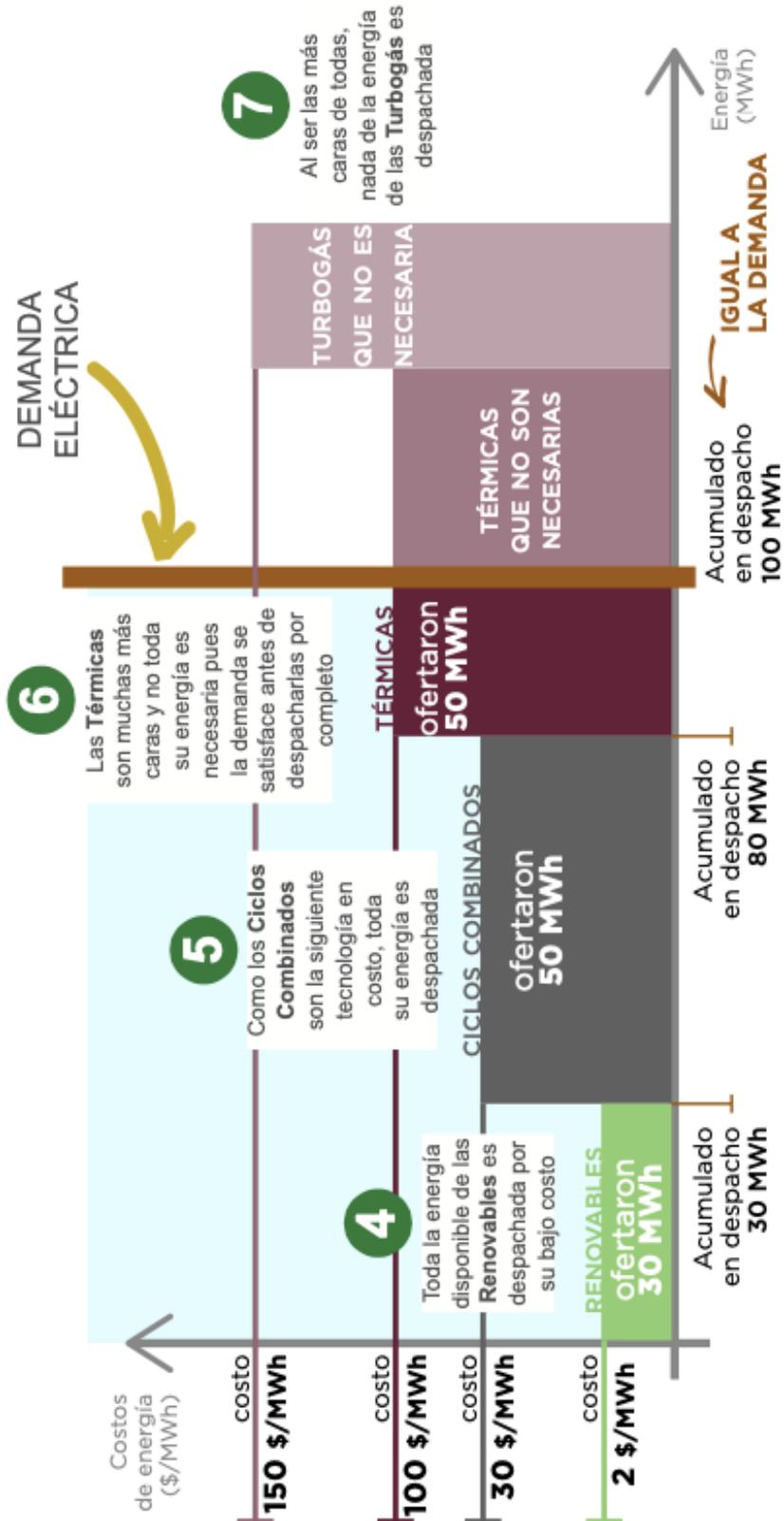


PML La Paz

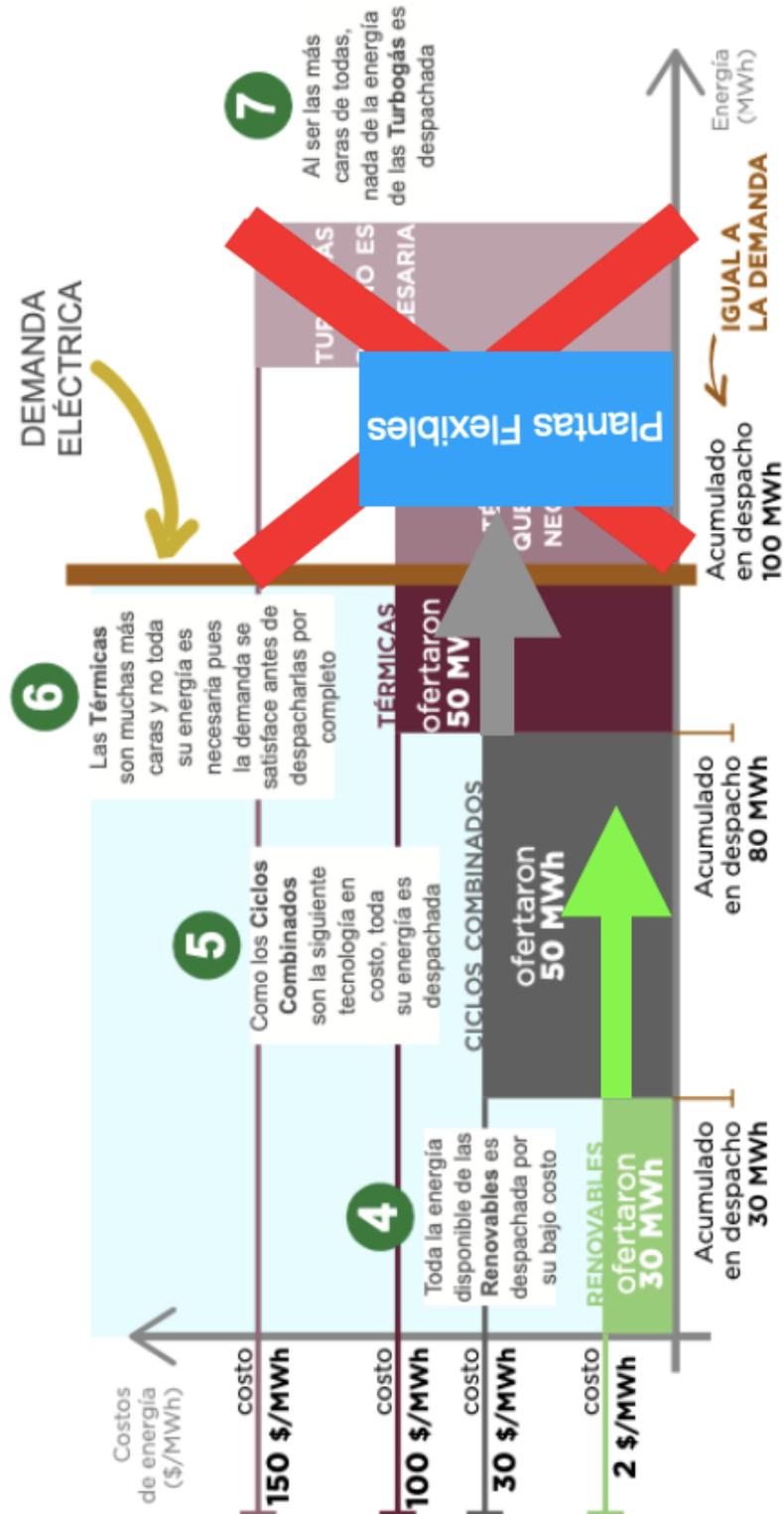


Despacho Eléctrico



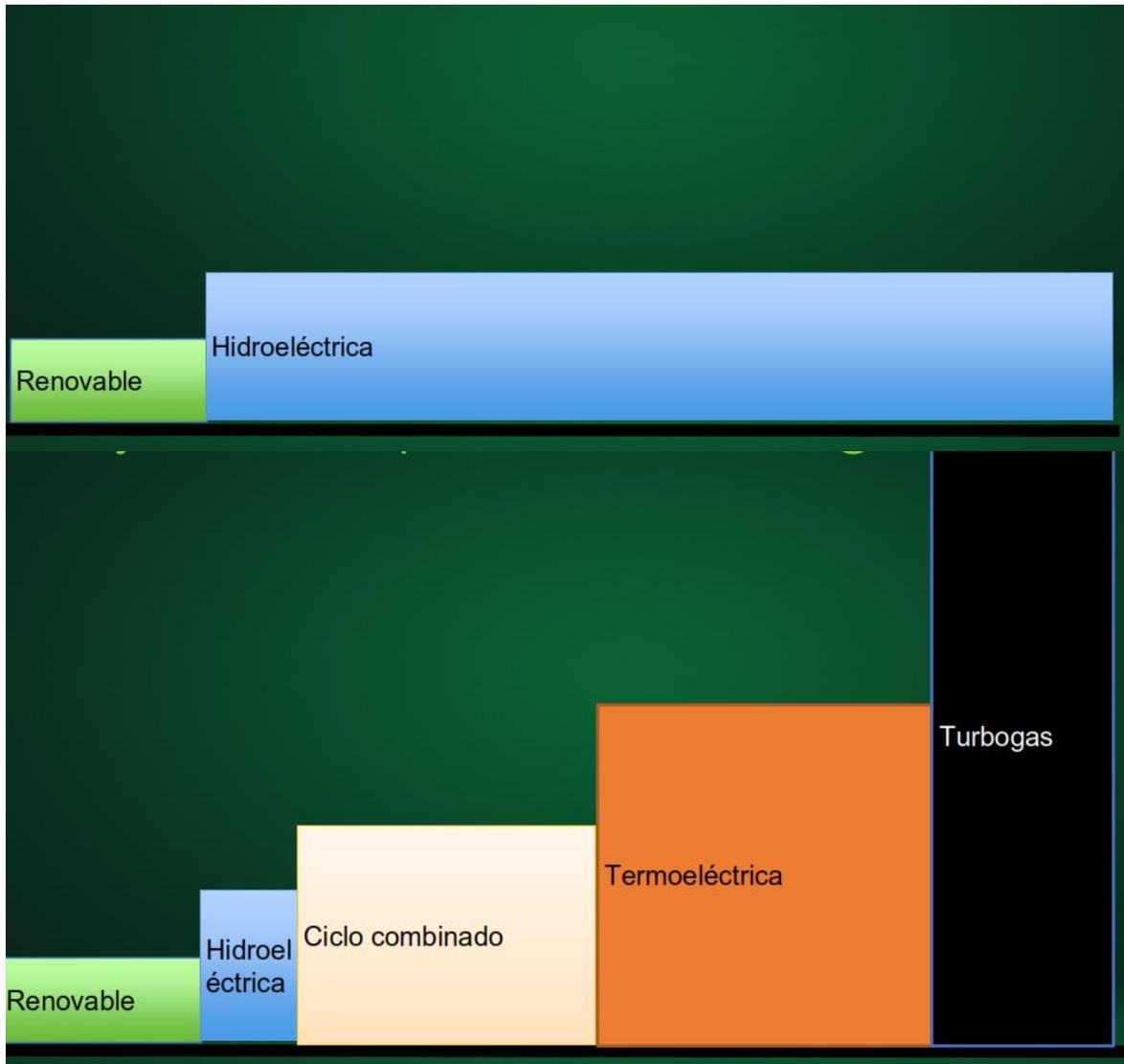


¿Qué necesitamos?



Fijación de precios de energía

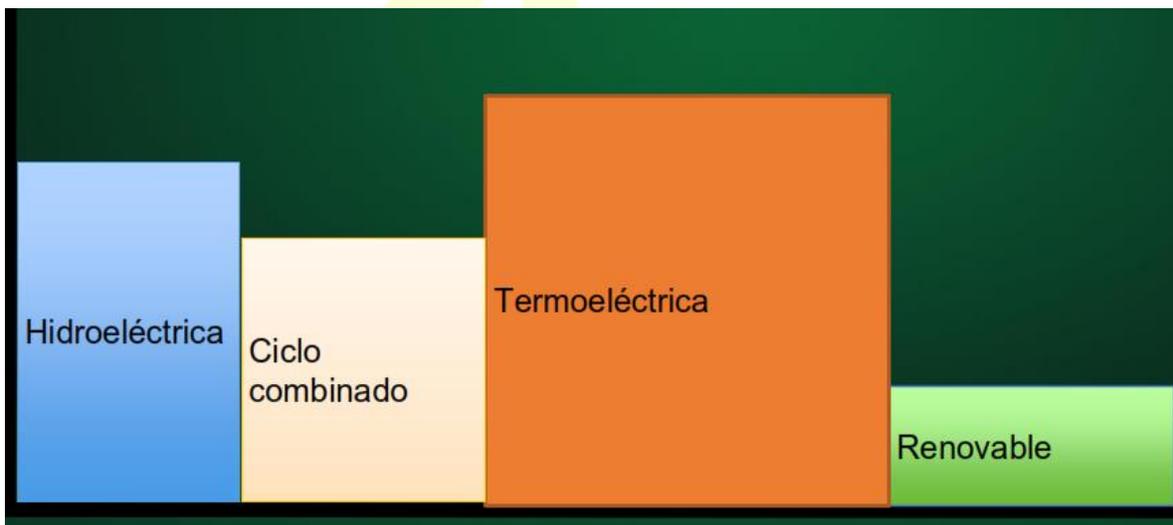




Como desplaza GD?



Modelo Reforma 2024



Conflictos

- Como mercado marginalista, no marginaría el costo más alto
- Disminuiría disponibilidad de agua en sequias

Política económica y estructura del sector energético

Víctor Florencio Ramírez Cabrera

Módulo 3 El Sector Energético

Objetivo

El participante identificará las Entidades Gubernamentales participantes en el sector energético en México.

Instituciones

¿Quiénes intervienen?

- SENER
- CRE
- CONUEE
- CFE
- CENACE
- FIDE
- CSolar- NAFIN

¿Qué se creó en el 2014?

Cambios

- Autonomía operativa del CENACE
- Autonomía CRE
- División vertical/Horizontal de CFE
- Creación del MEM.

SENER

¿Cómo se integra?

- Secretaría de Energía.
- Subsecretaría de Planeación y Transición Energética.
 - CONUEE
 - FIDE
 - CENACE
 - INEEL

¿Qué hace?

- Política Energética
- PROSENER *
- PRODESEN
- Impulso a transición energética
- Fondo del Servicio Universal Eléctrico (CFE/FIDE)
- Política de Confiabilidad
- Normas Oficiales

CRE

¿Cómo se integra?

- Órgano de Gobierno
- Comisionados.
- Unidad de Electricidad.
- Dirección de Análisis Económico (tarifas).
- Dirección de regulación eléctrica.

¿Qué hace?

- Preside normalización.
- Emite regulación.
- Manuales
- Disposiciones Administrativas.
- Realiza Inspección y sanción.
- Código de red.
- *Consulta Pública*.

CONUEE

¿Cómo se integra?

- Dirección General.
- Direcciones:
 - Gestión para la eficiencia.
 - Fomento, difusión e innovación.
 - Normalización.
 - Políticas públicas.

¿Qué hace?

- Emite normas (CNPURREE)
- Realiza proyectos con municipios.
- Estructura financiamientos.
- Promueve.
- Supervisa.

CFE

¿Cómo se integra?

- División vertical.
- Generadoras, transportista, distribuidor, suministradoras.
- Para fines de generación Distribuida:
 - Distribución.
 - Suministro básico.

¿Qué hace?

- Distribución.
 - Contrato de interconexión.
 - Supervisión y estado de la red.
 - Cálculo de contraprestaciones.
 - Administración de la red.
 - Medición.
 - Suministro básico.
 - Contacto directo con cliente.
 - Cobro y pago de contraprestaciones.

CENACE

¿Cómo se integra?

- Dirección general.
 - Operación y planeación.
 - Operación del MEM.
 - Administración.
 - Jurídico.
 - TIC
 - Normalización

¿Qué hace?

- Despacho eléctrico.
- Planeación del sistema.
- Control de contratos.
- Estudio y pruebas de conexión.
- Liquidación de contratos.

FIDE

¿Cómo se Integra?

- Fideicomiso privado.
- Subdirección general.
- Subdirección financiera.
- Subdirección de programas.
- Subdirección técnica.

¿Qué hace?

- Financiamiento a:
 - Industria.
 - Hogares.
 - Municipios.
- Capacitación.
- Certificación.

NAFIN-CSolar

¿Cómo se integra?

- Nacional Financiera.
- Iniciativa Climática de México.
- FOTEASE

¿Qué hace?

- Nacional Financiera.
 - Administración del fondo de garantías.
 - Promoción y acuerdo crediticio con bancos.
- Iniciativa Climática de México.
 - Certificación de la calidad (debida diligencia).

Política económica y estructura del sector energético

Víctor Florencio Ramírez Cabrera

Módulo 3 Asociaciones del Sector

Objetivo

El participante identificará las principales asociaciones que agremian a las empresas y personas del sector fotovoltaico en México.

¿Qué asociaciones se interesan?

- Generales:
 - Confederación Patronal Mexicana (COPARMEX)
 - Consejo Coordinador Empresarial (CCE).
 - Cámara de Comercio
- Especializadas
 - ANES
 - ASOLMEX
 - AMIF
 - AMERMAAC
 - FAMERAC
 - AMFEF
 - SOLTECSOL
 - AME

COPARMEX

¿Cómo y qué hace?

- Comisión de Energía y Comisión de Sustentabilidad Energética.
- Cabildeo legislativo.
- Cabildeo con ejecutivos estatales y nacional.
- Acuerdos de cooperación internacionales.
- Gestión institucional.
- Análisis prospectivo.



CCE

¿Cómo y qué hace?

- CESPEDES Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable.
- Cabildeo ejecutivo y legislativo.
- Estudios sectoriales de desarrollo del país.
 - Estudio de potencial de renovables con ICM, AMDEE y ASOLMEX.
- Vinculación internacional.



Cámara de Comercio

¿Cómo y qué hace?

- Capacitación.
- Cabildeo.
- Representación.



ANES

¿Cómo y qué hace?

- Asociación Nacional de Energía Solar
- Fundada en 1970 por investigadores de la UNAM.
- Presidenta: Angélica Quiñones, pronto Karla Cedano.
- Secretaría de Capacitación.
- Secretaría de Asuntos Industriales.
- Secretaría de Vinculación.
- Secretaría de asuntos financieros.
- Semana Nacional de Energía Solar, MIREC, Intersolar
- Revista solar.
- Capacitación básica y avanzada para SFV y ST.
- Gestión y cabildeo ante CFE, CRE y congreso.
- Consejos Consultivos (CONUEE, FIDE).
- Asesoría en programas gubernamentales
- Presencia en GD y sector térmico.
- Forma parte de comités de CONOCER.
- 147 socios.



Asociación Nacional de Energía Solar

ASOLMEX

¿Cómo y qué hace?

- Asociación Solar Mexicana.
- Fundada en 2014.
- 115 asociados
- Presidente: Héctor Olea.
- Presente en sector GD y gran escala solar.
- Programa social “ilumínate”.
- Aliado MIREC-INTERSOLAR-SPM.
- Comisión de Asuntos Internacionales.
- Comisión de Asuntos Regulatorios.
- Comité de Responsabilidad Social.
- Comité de Generación Distribuida.
- Comité Técnico.
- Comité de almacenamiento.
- Comité de Seguridad industrial.
- Comité Fiscal y Comercio Exterior.
- Servicio de gestión ante CFE.
- Cabildeo.
- Consultivo en CCE.
- Capacitación
- Cabildeo en reguladores.
- Forman parte del consejo consultivo de CRE.



AMIF

¿Cómo y qué hace?

- Fundada en 2013.
- Presidente: Leonardo Velasco.
- Representación y cabildeo.
- Gestión de trámites.
- Capacitación.
- Aliado de Solar Power Mexico.
- 48 socios.



A M I F

ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA
INDUSTRIA FOTOVOLTAICA A.C.

AMFEF

¿Cómo y qué hace?

- Representa a fabricantes de paneles solares.
- Presidente y director ejecutivo.
- Agrupa teóricamente a 12 fabricantes mexicanos.
- Soportado por IUSASOL

AMERMAAC

¿Cómo y qué hace?

- Fundada en 2018
- Presidente Ing. Raul Monforte
- Presencia en Península de Yucatán.



FAMERAC

¿Cómo y qué hace?

- Fabricantes Mexicanos en las Energías Renovables AC.
- Presidente: Daniel García.
- Capacita y cabildea.
- Forma parte de comités de regulación.
- Forma parte de comités de CONOCER.
- Vinculación internacional.
- Participante en INTERSOLAR
- 18 socios

FAMERAC



FABRICANTES MEXICANOS EN LAS ENERGÍAS RENOVABLES, A.C.

en energía fotovoltaica

SOTEC SOL

¿Cómo y qué hace?

- Presidente:
- Asociación Civil Y/o Sociedad De Tecnología Solar Avanzada
- Representantes de importadores de tubos evacuados.
- Representación ante colegios de normalización.
- 10 socios.
- Participan de forma intermitente en el sector Fotovoltaico.
- Guerra regulatoria con FAMERAC.

Asociación Mexicana de Energía

¿Cómo y qué hace?

- Fundada en 1997.
- Presidente: Enrique Alba Carcelén.
- Monitoreo y supervisa.
- Informa y actualiza.
- Divulgación.
- 14 socios y 6 afiliados.
- Representan a empresas integrales del sector.



Certificados de energía limpia Mecanismo y actualidad

¿Qué dice la ley?

CEL

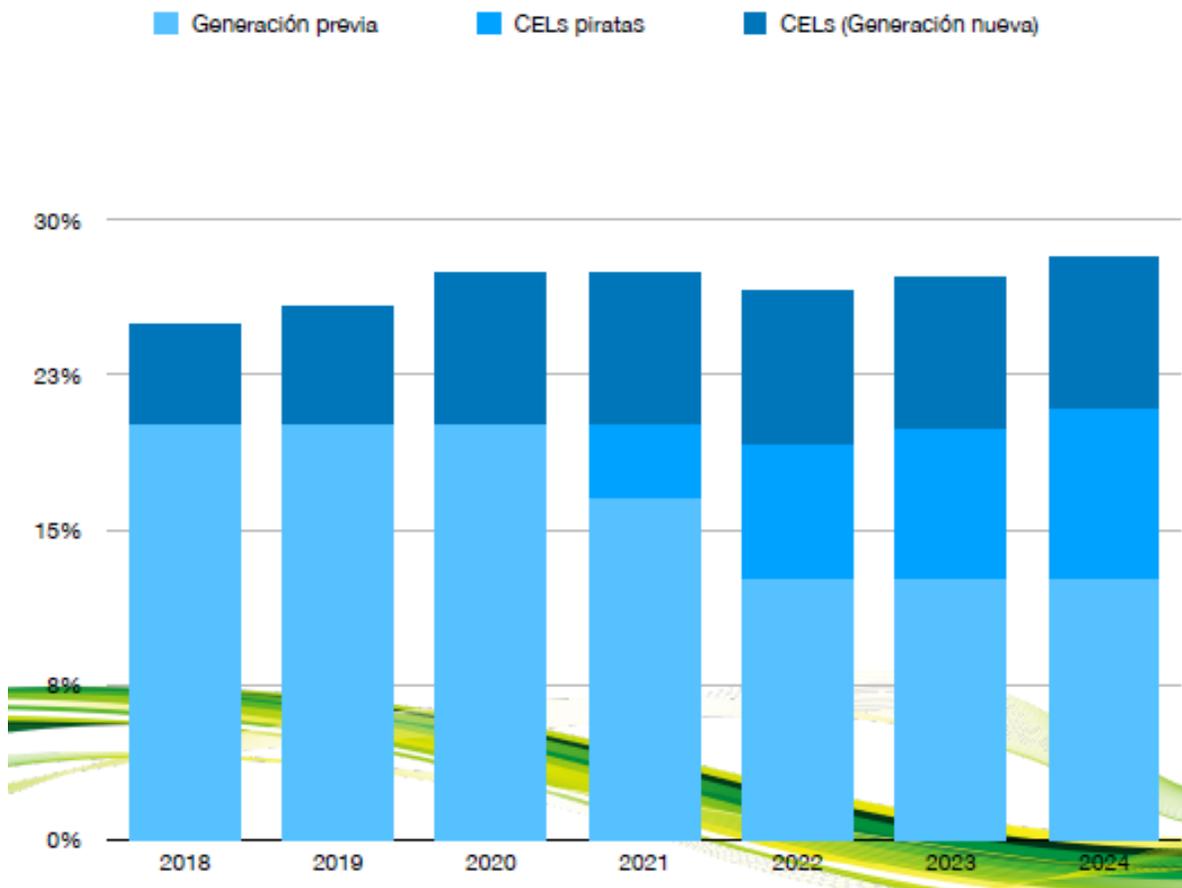
- **Definición:**
 - Título emitido por la CRE que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de Energías Limpias y que sirve para cumplir los requisitos asociados al consumo de los Centros de Carga;
 - Producto asociado
- **SENER:**
 - Establecer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías Limpias
 - Establecer los criterios para el otorgamiento de los Certificados de Energías Limpias.
- **CRE**
 - Otorgar los Certificados de Energías Limpias;
 - Emitir la regulación para validar la titularidad de los Certificados de Energías Limpias;
 - Verificar el cumplimiento de los requisitos relativos a los Certificados de Energías Limpias;
- **Reglas del MEM:**
 - Establece las reglas para su compraventa
- **Obligaciones SENER:**
 - Establecerá las obligaciones para adquirir Certificados de Energías Limpias e instrumentará los demás mecanismos que se requieran para dar cumplimiento a la política en la materia, y podrá celebrar convenios que permitan su homologación con los instrumentos correspondientes de otras jurisdicciones.

- Los requisitos para adquirir Certificados de Energías Limpias se establecerán como una proporción del total de la Energía Eléctrica consumida en los Centros de Carga.
- **CRE**
 - **Sistema-CEL.**

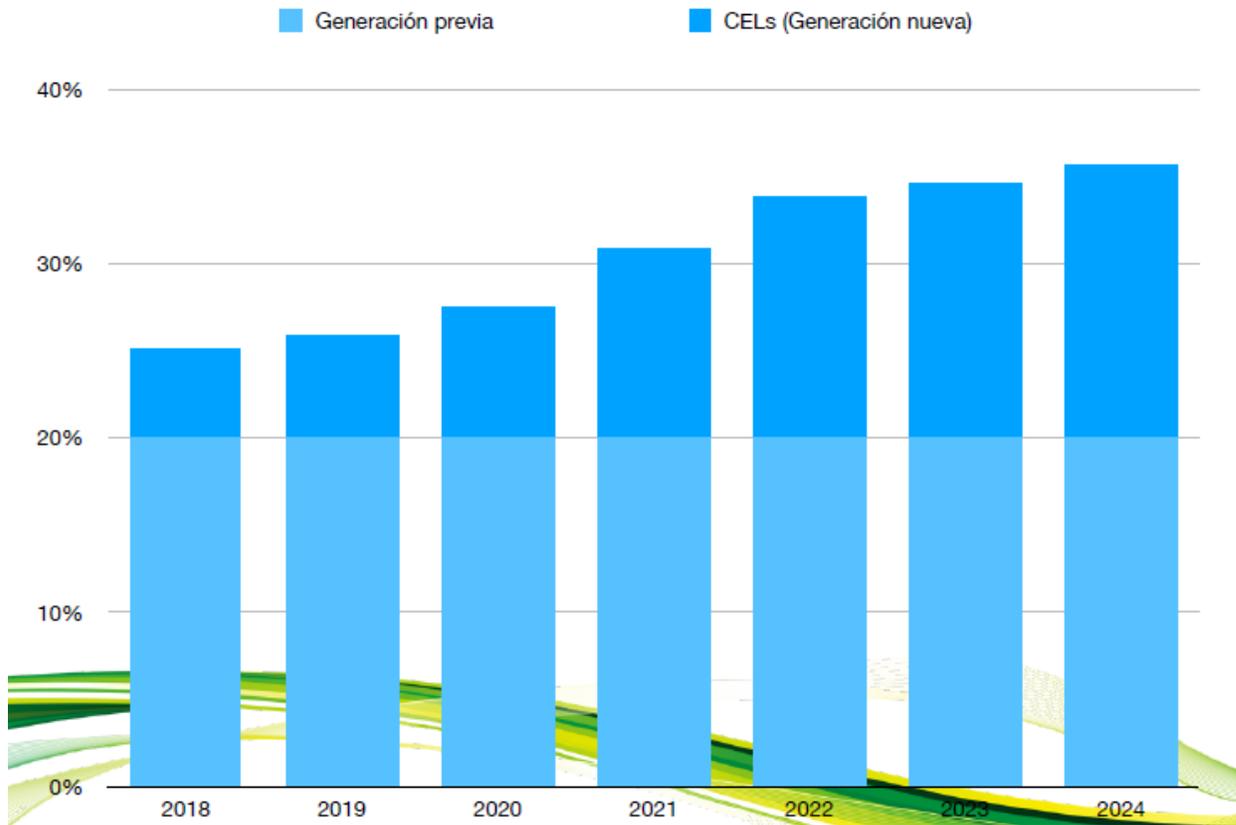
Preguntas sobre CEL

- ¿Qué buscan?
 - Cumplir con objetivos de generación limpia.
- ¿Tenía México generación limpia?
 - Sí.
- ¿Por qué esa no cuenta como CEL?
 - Porque se trata de incrementar, financiar proyectos.
- ¿CFE puede obtener CEL?
 - Sí.
- ¿Hay privados que generen energía limpia sin CEL?
 - Si
- Evitar agentes preponderantes.

CEL Piratas



Evolución normal de Energía limpia



Cámara de profesionales
en energía fotovoltaica

Solarimetría

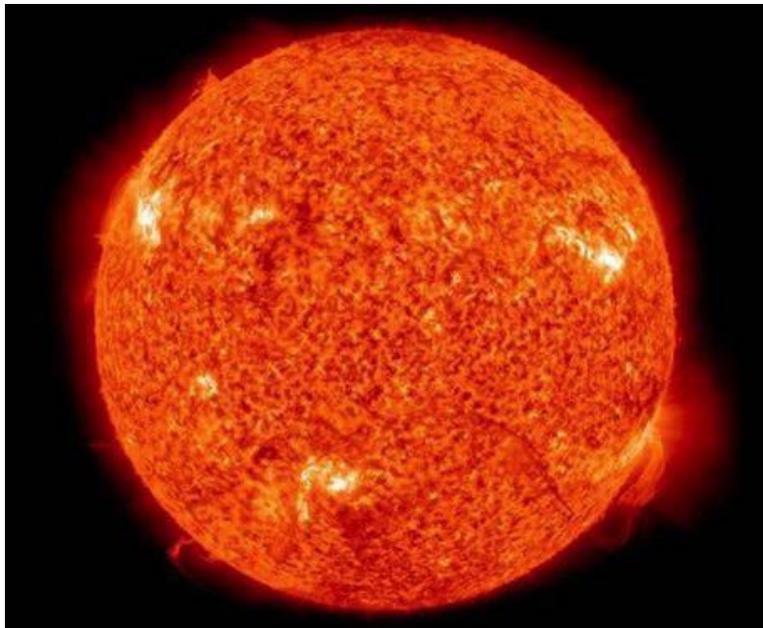
Alfredo Divanny López Catalán

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.

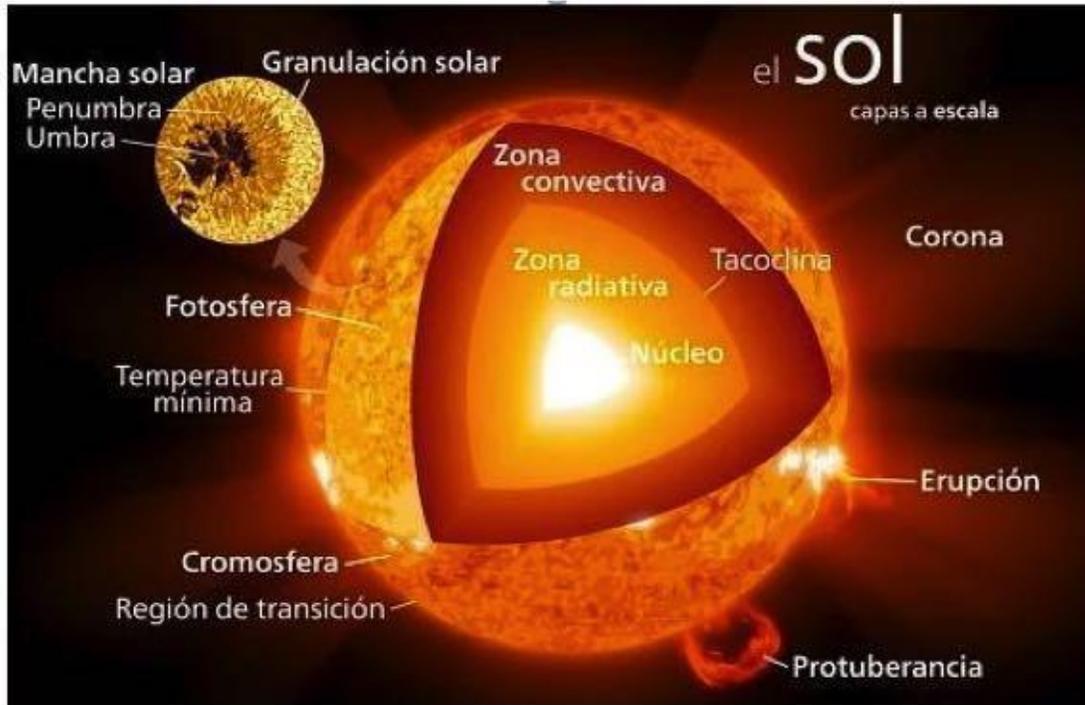
Módulo 4 Fundamentos teóricos, geometría solar

El Sol



- Es una estrella con un diámetro de 1.4 millones de kilómetros que mantiene unido al sistema solar.
- En el núcleo del Sol, se producen reacciones de fusión.
- Emite energía en forma de radiación electromagnética.
- La temperatura efectiva del sol es de 5777K.

Capas Solares

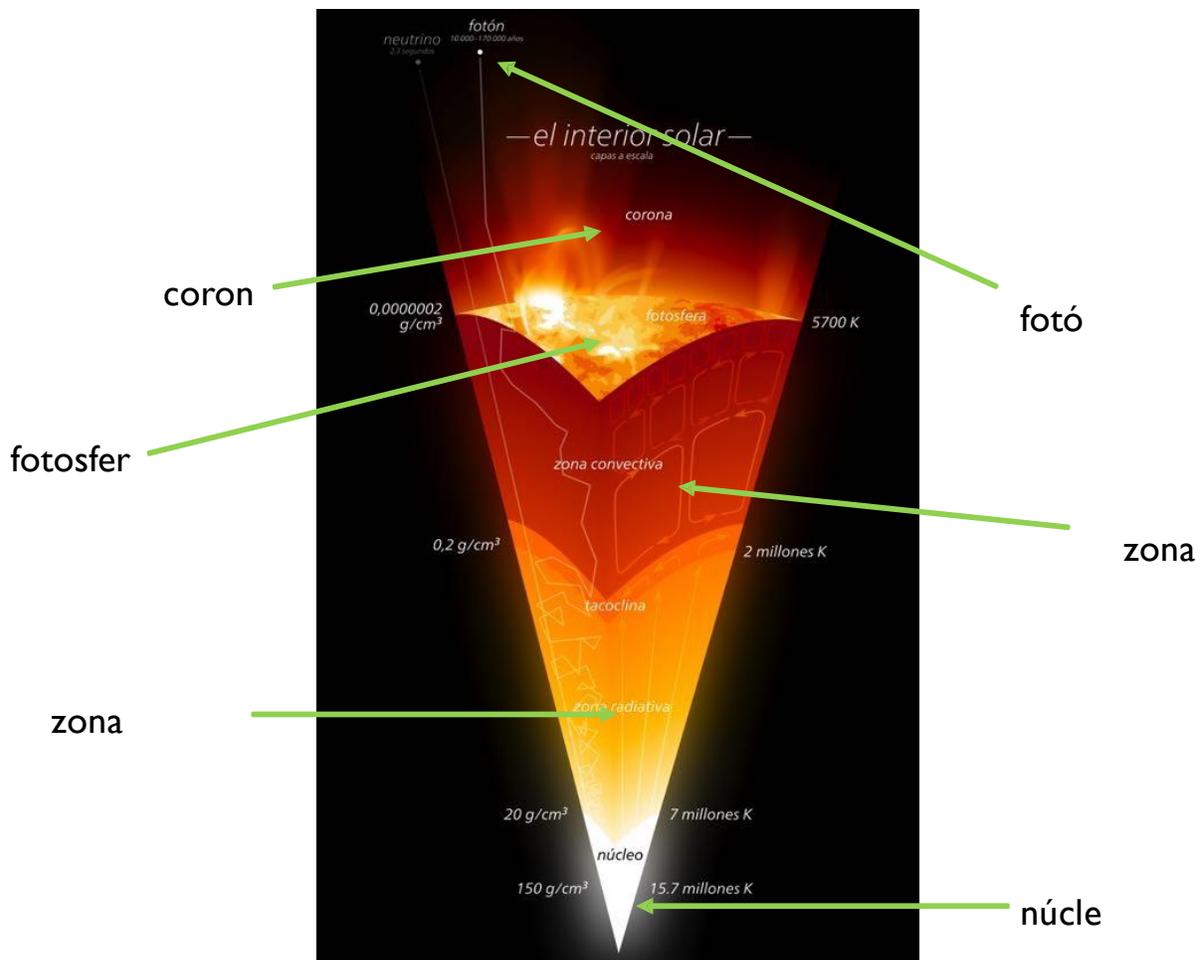


Elementos Químicos	Símbolo	%
Hidrógeno	H	92,1
Helio	He	7,8
Oxígeno	O	0,061
Carbono	C	0,03
Nitrógeno	N	0,0084
Neón	Ne	0,0076
Hierro	Fe	0,0037
Silicio	Si	0,0031
Magnesio	Mg	0,0024
Azufre	S	0,0015
Otros		0,0015

Reacciones en el Sol

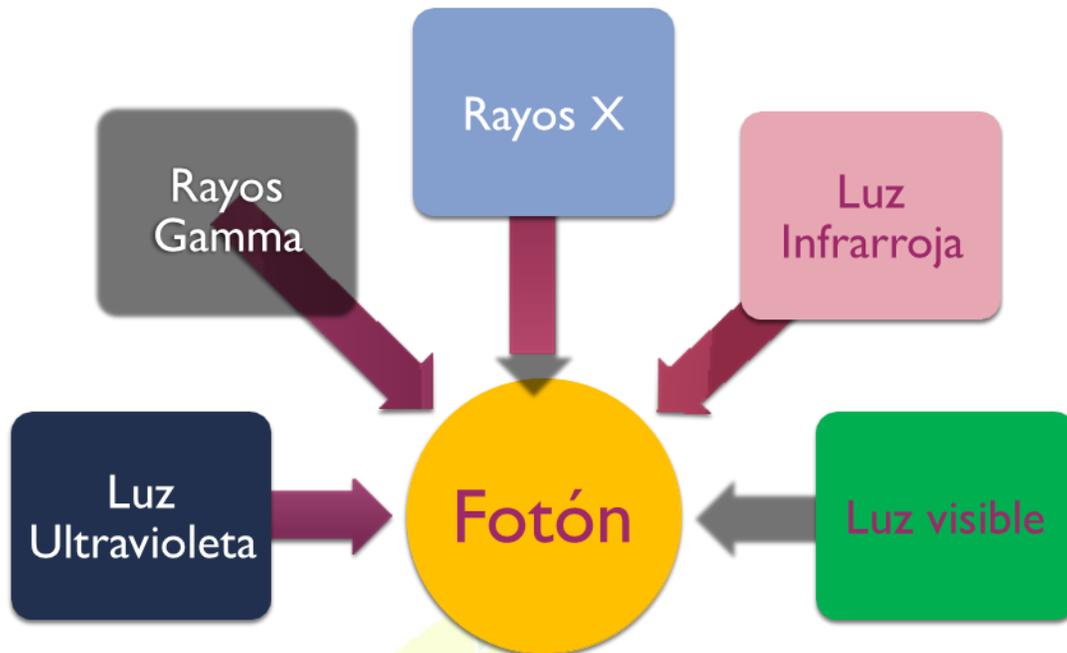
- **Fusión nuclear:** proceso por el cual los núcleos atómicos de carga similar se unen y forman un núcleo más pesado.
- Los núcleos de **Hidrogeno** chocan entre sí y se fusionan dando lugar a un núcleo más pesado de **Helio**.
- A las reacciones de fusión nuclear también se les llama **reacciones termonucleares** debido a las altas temperaturas que experimentan.
- **Fisión nuclear:** cuando un núcleo pesado se divide en dos o más núcleos más pequeños

Capas Solares



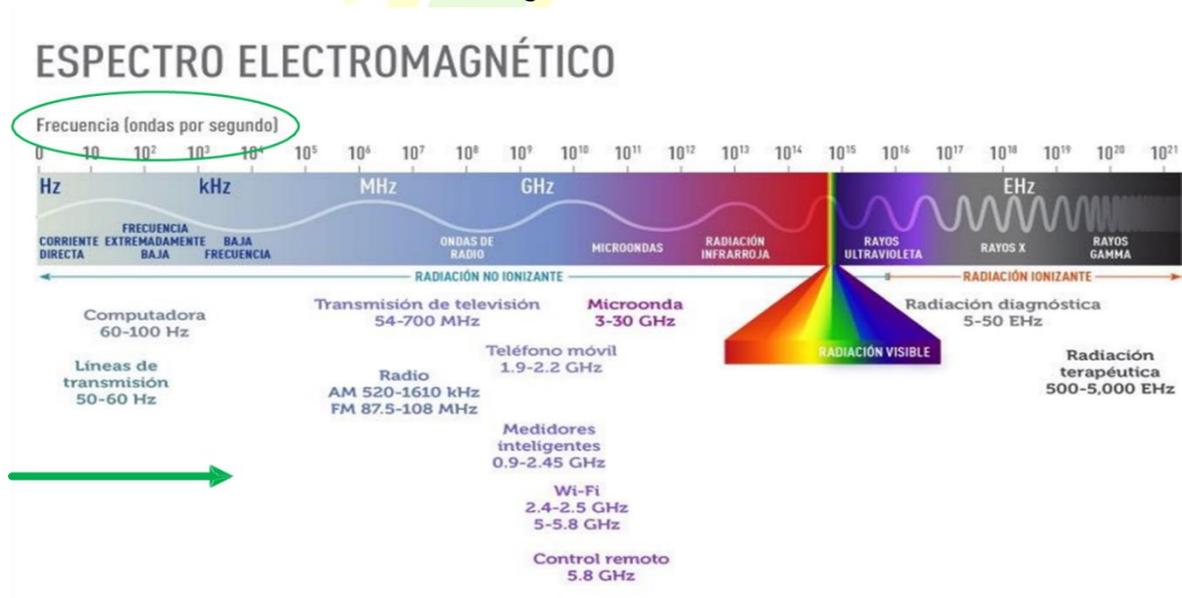
Fotón

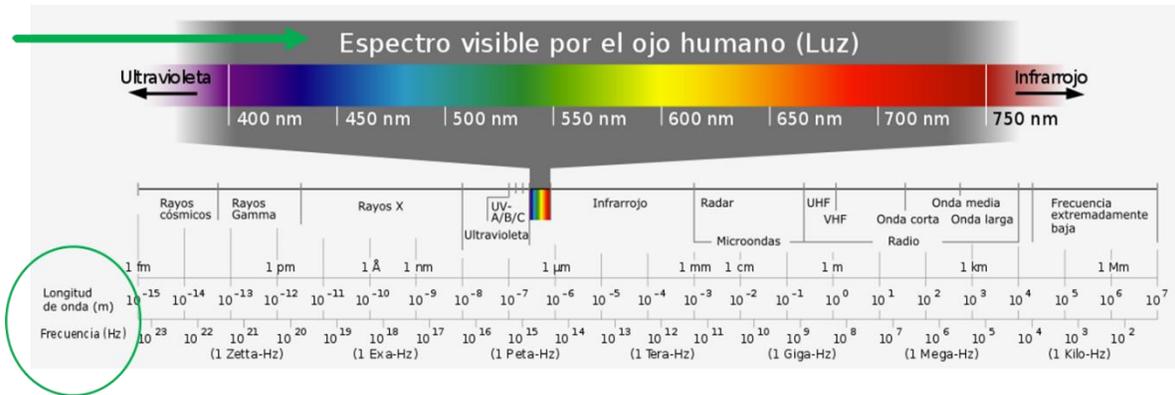
La partícula elemental que contiene todas las formas de radiación electromagnética.



Espectro Electromagnético

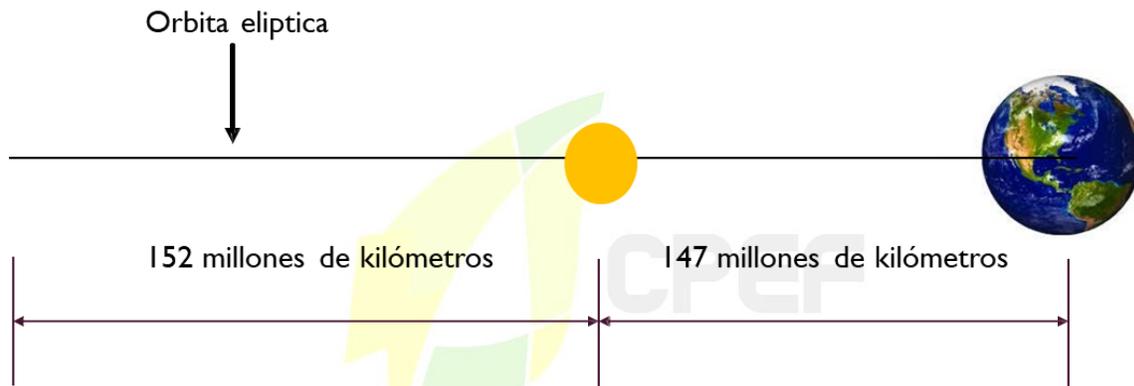
- Las ondas electromagnéticas son todas semejantes (independientemente de cómo se generen) y sólo se diferencian en su longitud de onda y frecuencia.
- La luz es una onda electromagnética.





Movimientos de la tierra

Relación Tierra-Sol

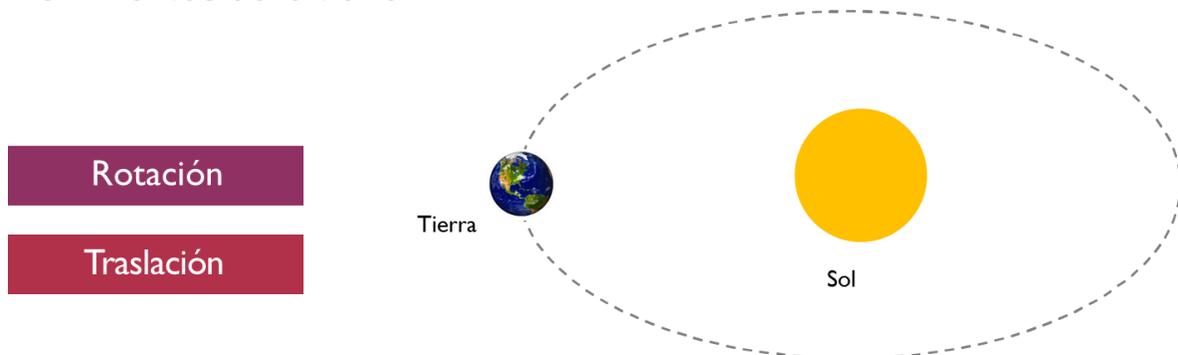


Afelio: Distancia más larga al Sol

Perihelio: Distancia más corta al Sol

La distancia media entre la Tierra y el Sol es de aproximadamente 149 597 870 km y se utiliza para definir la unidad de distancia denominada unidad astronómica (ua).

Movimientos de la tierra



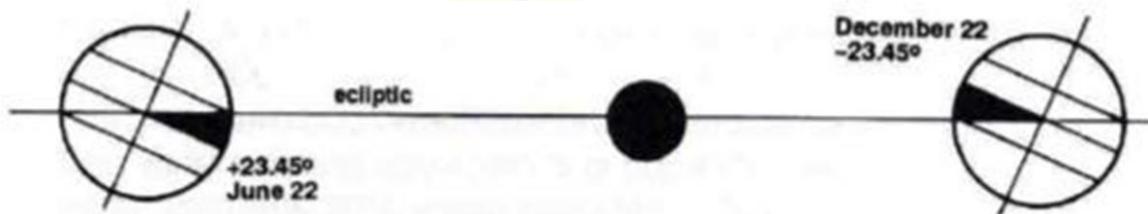
Datos del movimiento:

- El período de rotación de la Tierra, es decir, el tiempo que tarda en dar una vuelta completa sobre sí misma, es ligeramente inferior a un día, 23 h 56 min 4,099s.
- Llamamos año al tiempo que tarda la Tierra en recorrer la órbita descrita, invirtiendo en cada ciclo de traslación 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos, con pequeñas variaciones de un año a otro.
- El plano normal al eje de rotación se denomina plano ecuatorial o plano del ecuador (ecuador).

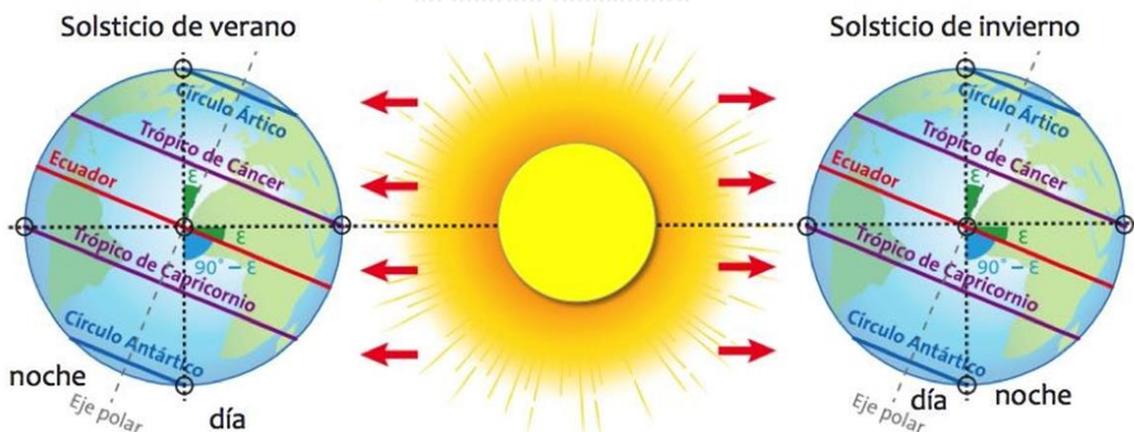
Nutación y Precesión

- Nutación: Es el movimiento ligero irregular en el eje de rotación de objetos que giran sobre su eje constantemente. Segundo ángulo de rotación en torno al eje.
- Precesión: es aquel movimiento constante del eje de rotación que mantiene su primer ángulo.

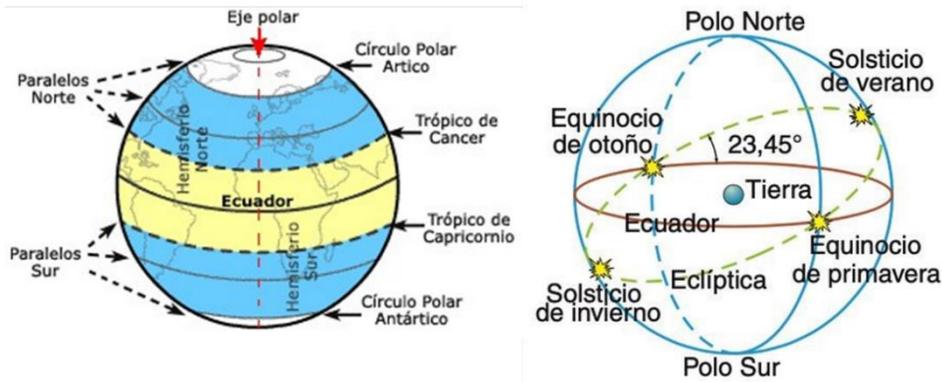
Inclinación de la Tierra



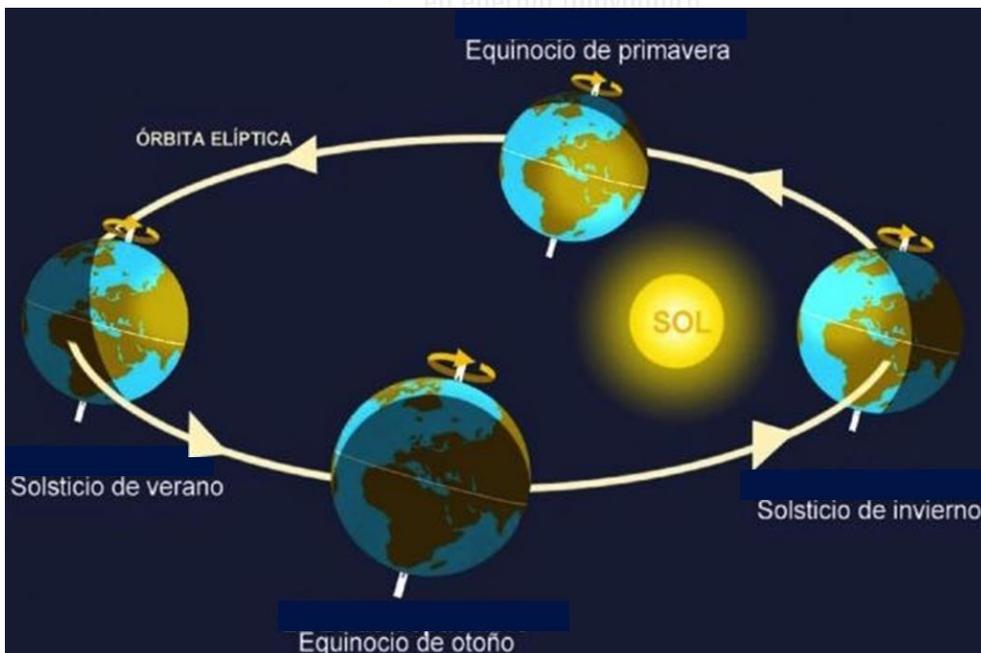
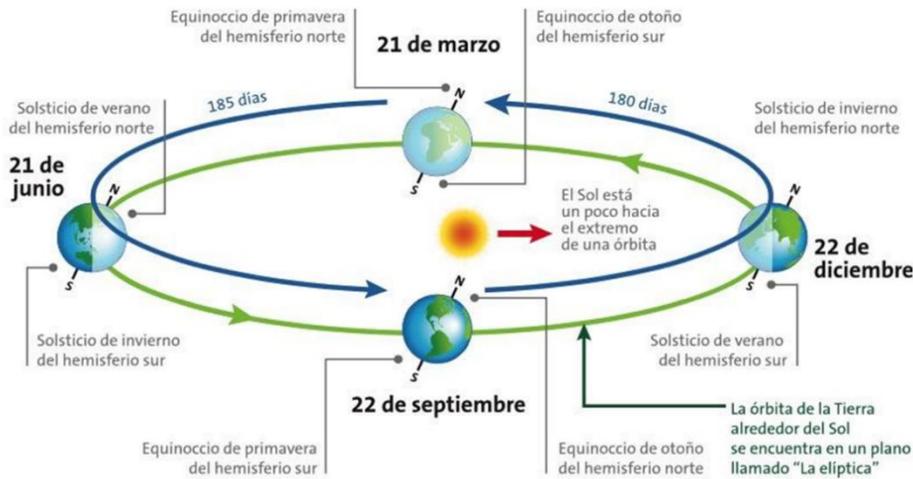
Solsticios



Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio



Equinoccios



Tipos de Radiación en la Atmósfera

Definiciones

- **Radiación directa:** la forman los rayos recibidos directamente del Sol.
- **Radiación difusa:** la forman los rayos dispersados por la atmósfera en dirección al receptor (por ejemplo, en un día completamente nublado toda la radiación recibida es difusa).
- **Radiación reflejada o de albedo:** reflejada por la superficie terrestre hacia el receptor. Depende directamente de la naturaleza de las montañas, lagos, edificios, etc. que rodean al receptor.
- **Radiación Global:** la suma de las anteriores descritas.

Irradiancia e Irradiación

- **Irradiancia:** potencia o radiación incidente por unidad de superficie. Indica la intensidad de la radiación solar. Se mide en Watts por metro cuadrado (W/m^2).
- **Irradiación:** integración o suma de las irradiancias en un periodo de tiempo determinado. Es la cantidad de energía solar recibida durante un periodo de tiempo. Se mide en julios por metro cuadrado por un periodo de tiempo (J/m^2 por hora, día, semana, mes, año, etc., según el caso).

Constante Solar

La cantidad de radiación por unidad de área que recibe la Tierra en el tope de la atmósfera es casi una constante.

Su valor es de $1553 W/m^2$

La energía de la constante se encuentra distribuida en diferentes longitudes de onda.

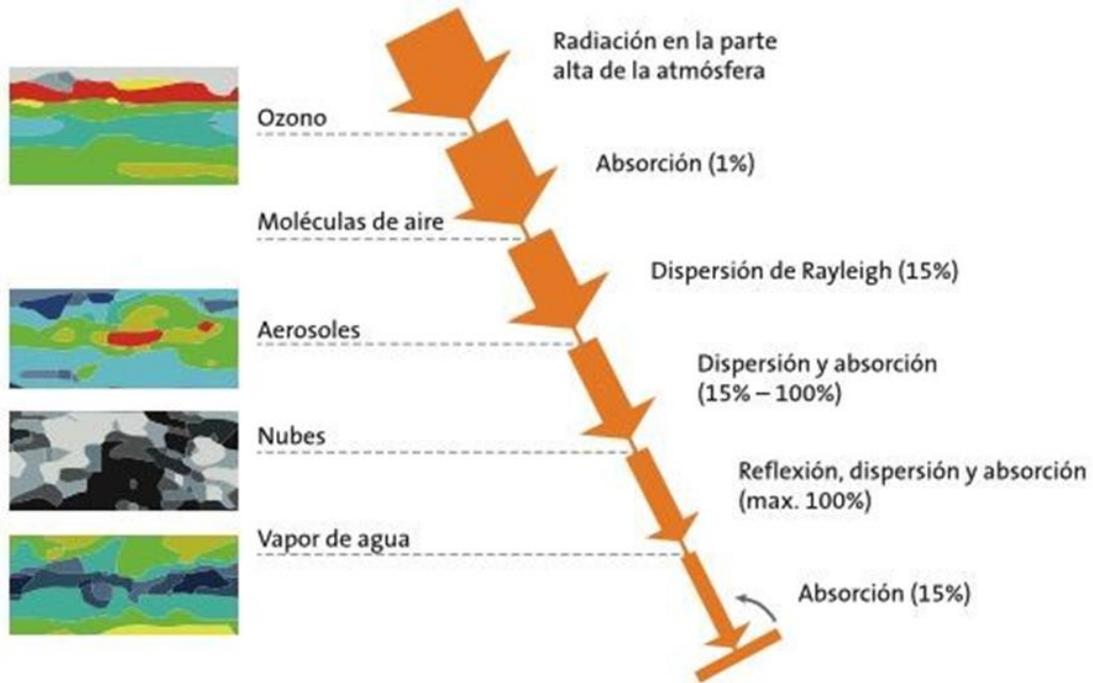
$$G_{sc} = 1553 W/m^2$$

Atmósfera

Fenómenos que se presentan durante la trayectoria de la radiación electromagnética proveniente del Sol a través de la atmósfera:

- La dispersión
- La reflexión
- La absorción

son los principales factores que atenúan la cantidad de radiación que viaja por las distintas capas atmosféricas



Factores que influyen en la atenuación de la radiación solar incidente.

Masa de Aire

Fenómeno de atenuación que experimenta la radiación solar a través de la atmósfera.

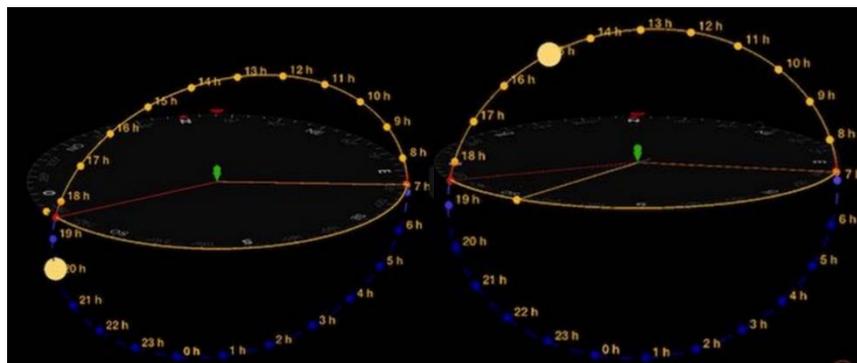
Se refiere a la razón del espesor de atmósfera a través de la cual el haz de radiación solar llega a la Tierra

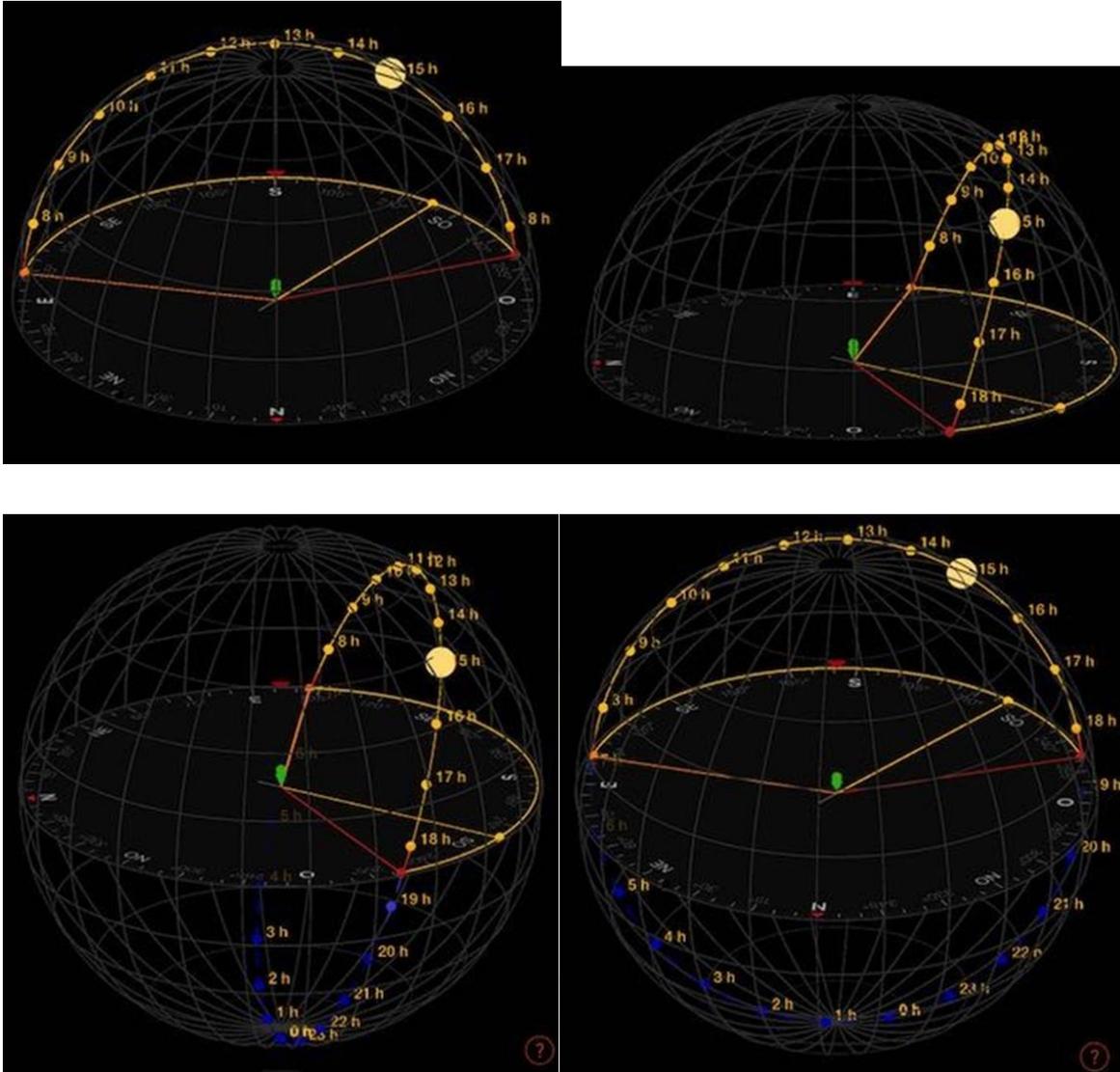
$$m = \frac{1}{\cos\theta z}$$

Donde θz es el ángulo zenital

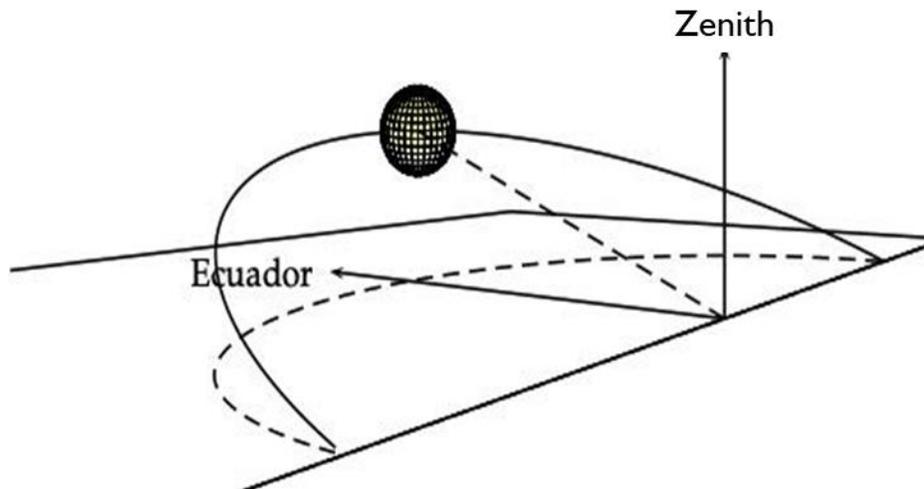
Ángulos Solares

Puntos de Referencia





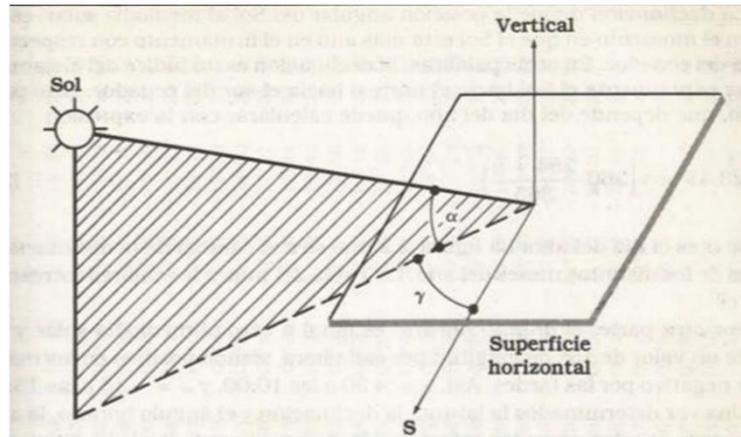
Ángulo Zenith



Altura Solar y el Ángulo Azimut

α = altura solar a partir de la horizontal

γ = ángulo azimut



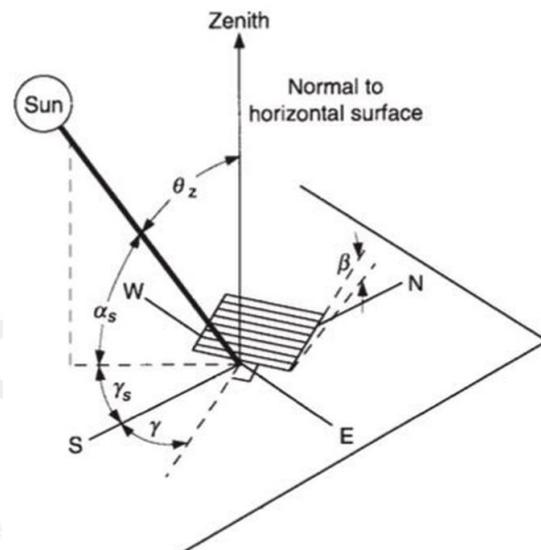
θ_z = ángulo zenith, ángulo de incidencia del haz de luz

β = ángulo de inclinación de la superficie en cusion, sobre el plano horizontal
Ángulos adicionales

θ_z = ángulo zenith, el ángulo entre la vertical y la línea de incidencia de la radiación del haz de luz

α_s = altura solar, el ángulo entre la horizontal y la línea de incidencia del haz de luz, es el complemento del ángulo θ_z

γ_s = ángulo azimut, el desplazamiento angular desde el sur de la proyección de la radiación del haz en el plano horizontal



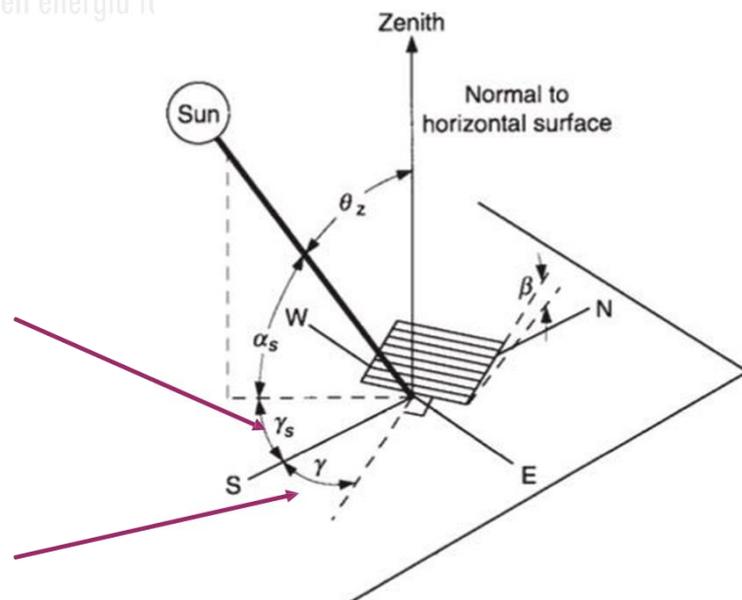
Cámara de profe
en energía fe

γ_s

Los desplazamientos al oeste del sur son positivos.

γ

Los desplazamientos al este del sur son negativos



Declinación

δ = declinación, define la posición angular del sol a medio día solar

$$-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$$

Este parámetro depende del día del año

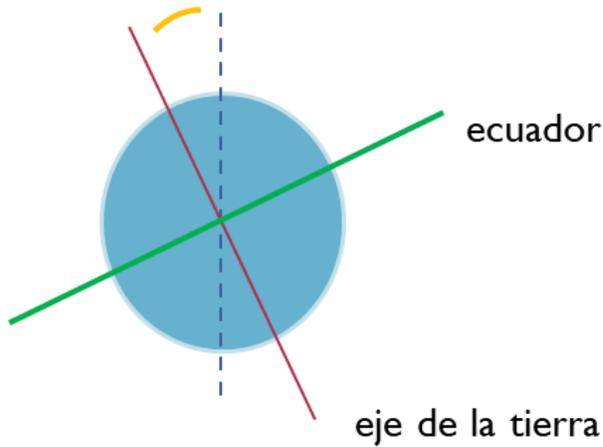
$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right)$$

Donde:

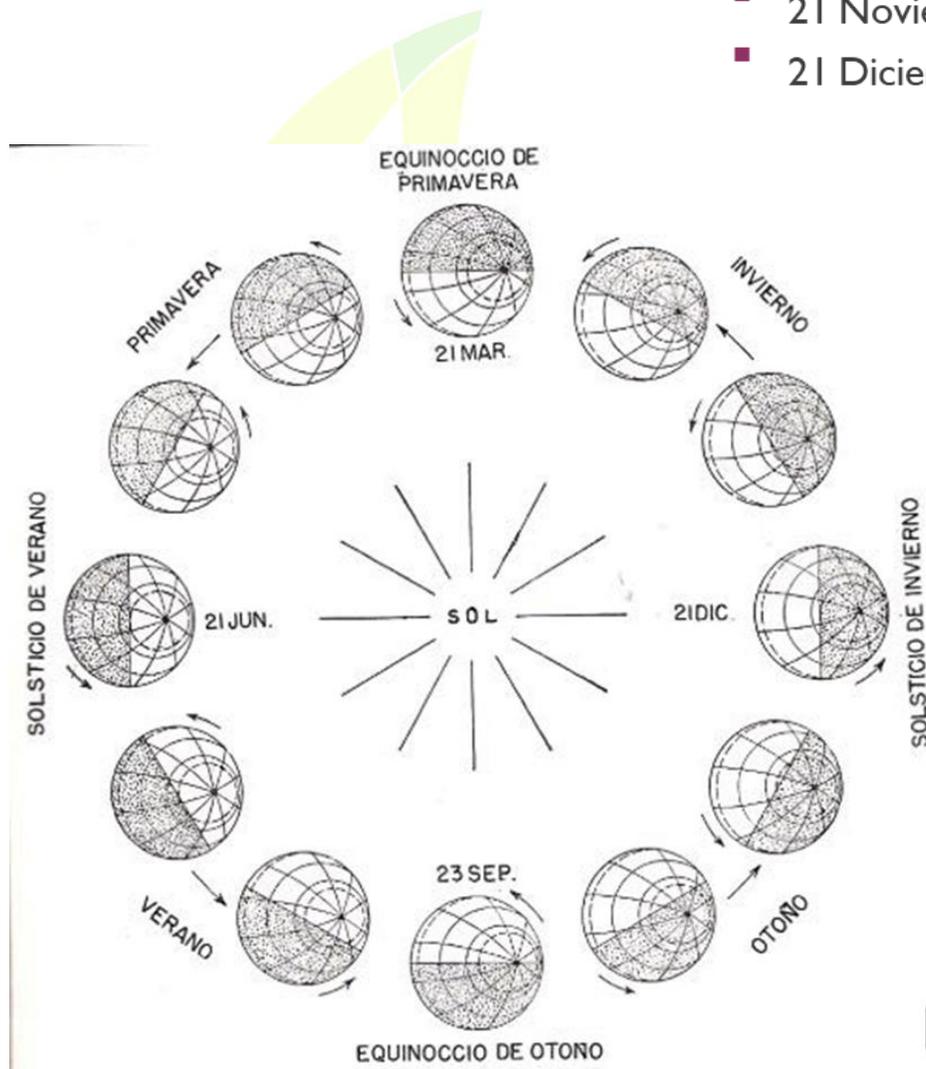
n = día del año

- $\delta = (180/\pi) (0.006918 - 0.399912 \cos B + 0.070257 \sin B - 0.006758 \cos 2B + 0.000907 \sin 2B - 0.002697 \cos 3B + 0.00148 \sin 3B)$

Month	<i>n</i> for <i>ith</i> Day of Month	For Average Day of Month		
		Date	<i>n</i>	δ
January	<i>i</i>	17	17	-20.9
February	31 + <i>i</i>	16	47	-13.0
March	59 + <i>i</i>	16	75	-2.4
April	90 + <i>i</i>	15	105	9.4
May	120 + <i>i</i>	15	135	18.8
June	151 + <i>i</i>	11	162	23.1
July	181 + <i>i</i>	17	198	21.2
August	212 + <i>i</i>	16	228	13.5
September	243 + <i>i</i>	15	258	2.2
October	273 + <i>i</i>	15	288	-9.6
November	304 + <i>i</i>	14	318	-18.9
December	334 + <i>i</i>	10	344	-23.0



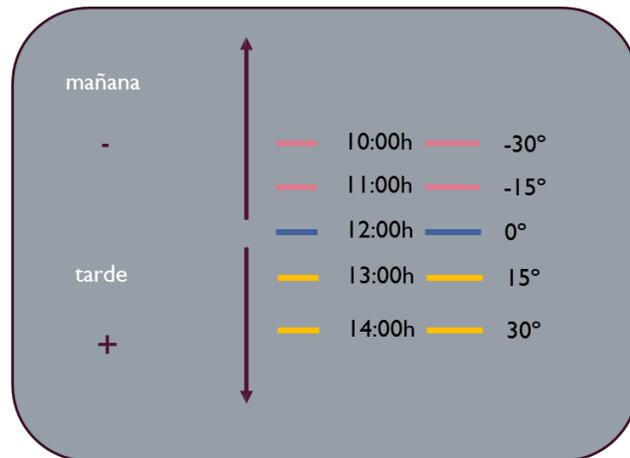
- 21 Enero
- 21 Febrero
- 21 Marzo
- 21 Abril
- 21 Mayo
- 21 Junio
- 21 Julio
- 21 Agosto
- 21 Septiembre
- 21 Octubre
- 21 Noviembre
- 21 Diciembre



Ángulo Horario

ω = ángulo horario

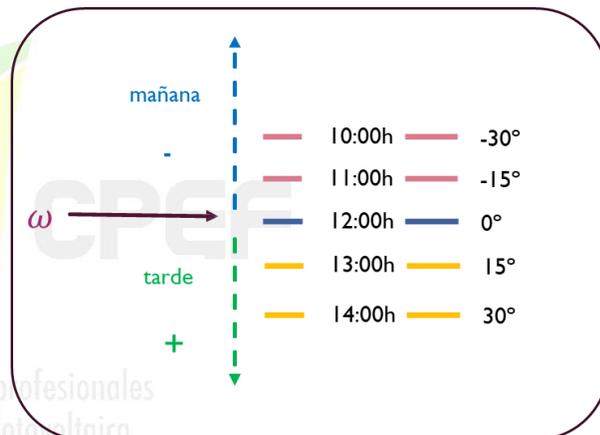
Es el desplazamiento angular del sol al este o al oeste del meridiano local debido a la rotación de la tierra sobre su eje a 15° por hora; mañana negativa, tarde positiva.



Ejercicio

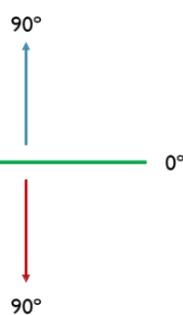
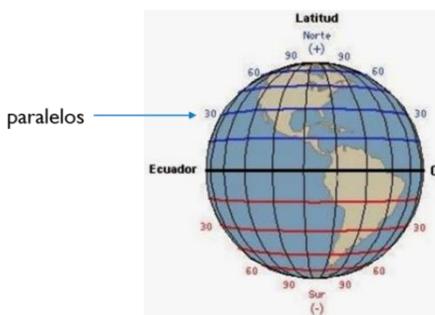
▪ Determina el ángulo horario para las siguientes horas:

1. 11:30h , -7.5°
2. 13:30h , 22.5°
3. 17:00h , 75°
4. 7:00h , -75
5. 9:30h , -37.5°
6. 16:30h , 67.5°
7. 15:00h , 45°
8. 15:45h , 56.25°



Latitud

ϕ = latitud, ubicación angular al norte o al sur del ecuador



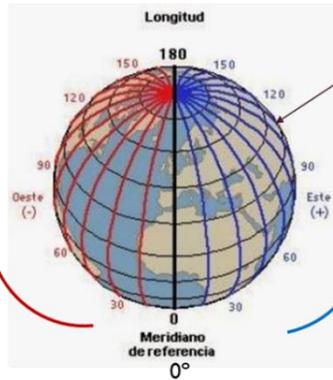
Distancia angular comprendida desde la línea del Ecuador hasta el punto medido de la Tierra a lo largo de un meridiano (de 0° a 90°)

NORTE= los valores son positivos

SUR= los valores son negativos

Distancia angular comprendida desde el meridiano de Greenwich hasta un punto de la tierra medido desde un meridiano (de 0° a 180°)

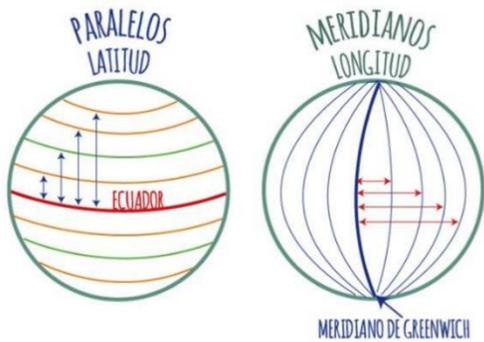
Oeste= los valores son negativo



Meridianos

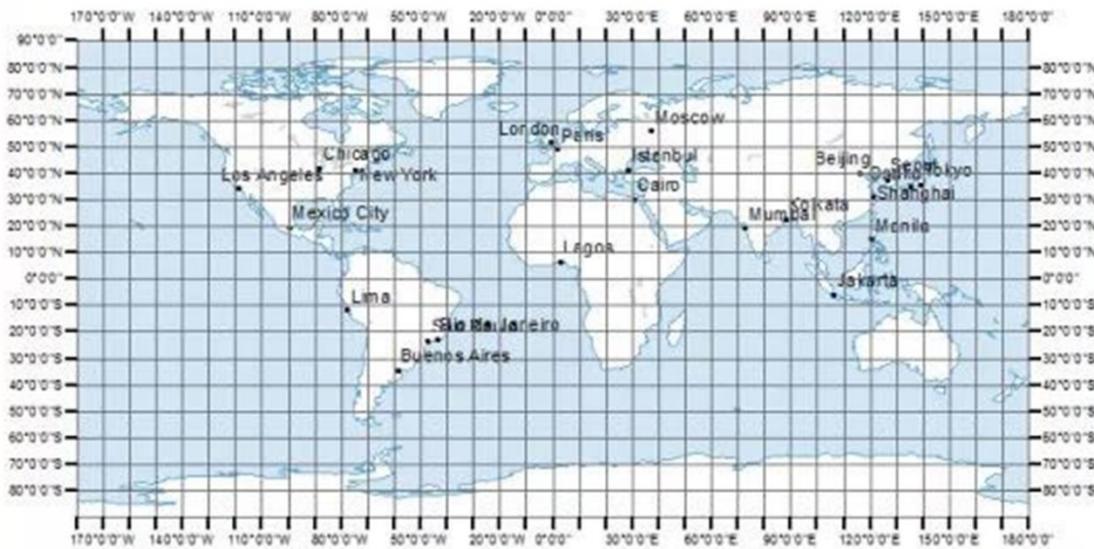
Este= los valores son positivo

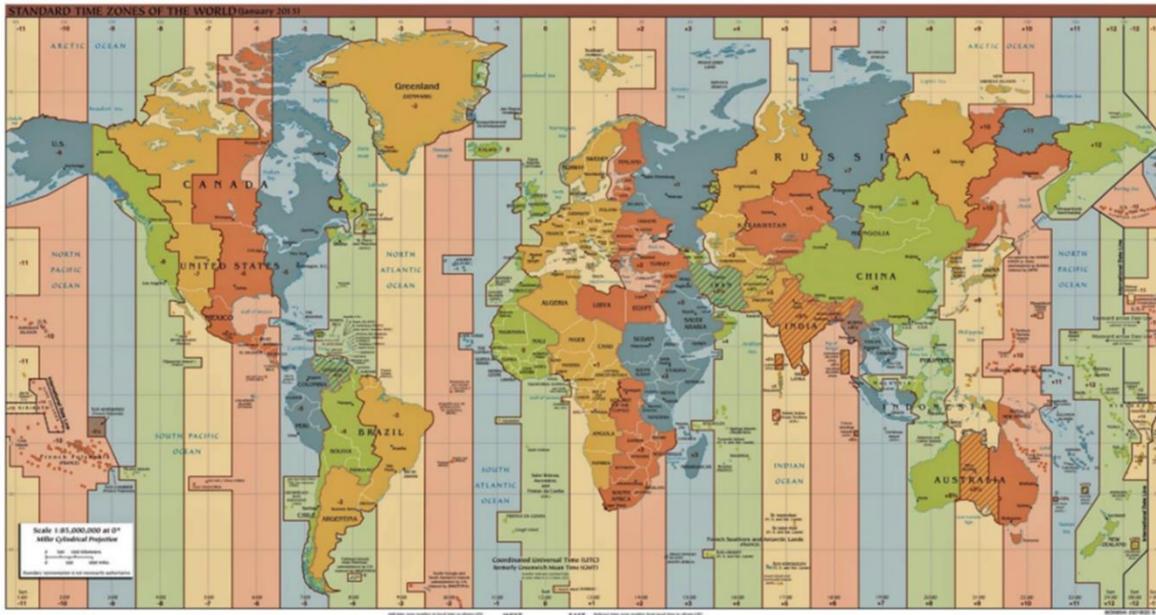
Latitud y Longitud



Ubicación: (latitud, longitud)

Cámara de profesionales
en energía fotovoltaica





Dispositivos de Medición: Geometría Solar

Irradiación

- ▶ **Irradiancia (G):** potencia o radiación incidente por unidad de superficie. Indica la intensidad de la radiación solar incidente por unidad de superficie. Se mide en W/m^2
- ▶ **Irradiación:** integración o suma de las irradiancias en un periodo de tiempo determinado. Es la cantidad de energía solar recibida durante un periodo de tiempo. Se mide en joules por metro cuadrado por un periodo de (J/m^2 por hora, día, semana, mes, año, etc)

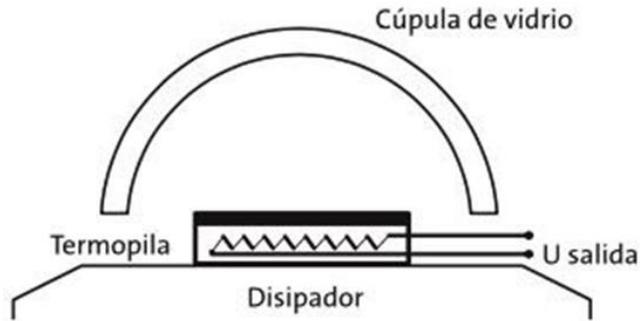
Adquisición de Datos

- ▶ Las bases de datos existentes utilizan registros históricos de varios años con los datos horarios o diarios de irradiancia solar sobre superficie horizontal o inclinada.
- ▶ Los datos se tratan para obtener un modelo de comportamiento anual que recoge, para cada mes, la media de todos los valores de radiación recogidos para ese mes a lo largo de los años
- ▶ Para la generación de energía eléctrica se utilizan unidades

$$Wh/m^2, kWh/m^2, MWh/m^2$$

Instrumentos de medición

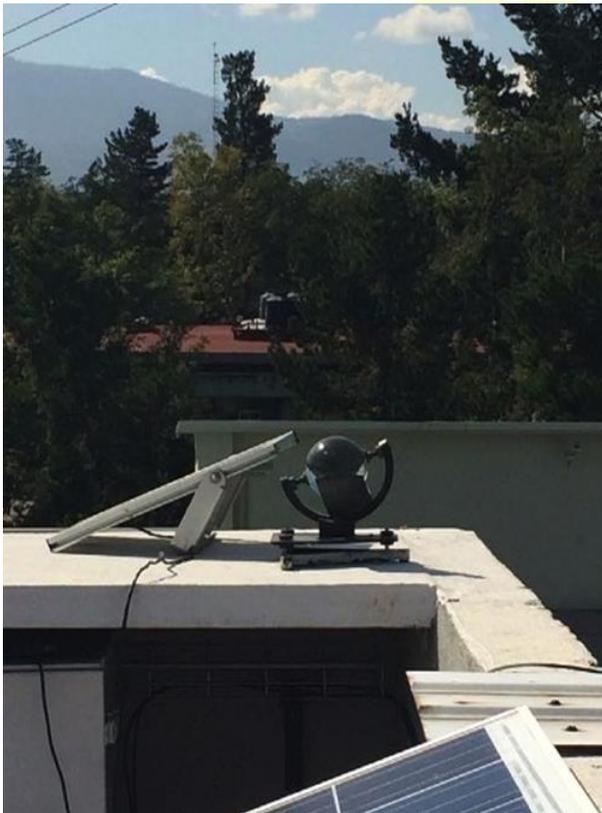
Piranómetro



- ▶ Son utilizados para medir la **radiación global** sobre una superficie plana.
- ▶ Dependiendo de sus accesorios **pueden medir también la radiación difusa y la total** sobre una superficie no horizontal incluyendo la reflejada por otras superficies.

Heliógrafo de Campbell-Stokes

Es un registrador de luz solar, consiste básicamente en una bola de vidrio macizo de unos 10 cm. de diámetro que, a modo de lente, concentra los rayos solares en un foco próximo a ella.

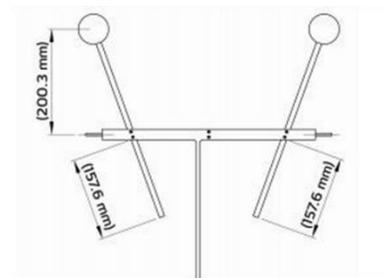
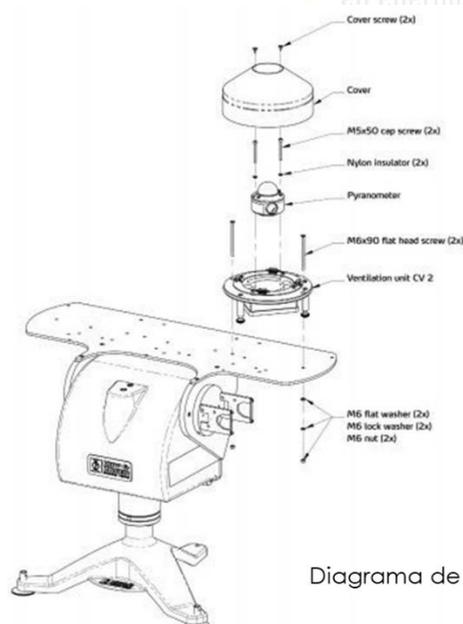


Sensor de Radiación

- ▶ Miden irradiancia en W/m^2 que son las unidades internacionales para la medición de la radiación solar.
- ▶ Los componentes del módulo se encuentran instalados en el interior de una caja, situada tras la célula calibrada



Seguidor Solar



Barras de unidad de sombreado

Diagrama de instalación del Piranómetro

Radio Astronomía Solar

El Radio Interferómetro Solar (RIS)

- ▶ Tiene cuatro canales que miden la radiación solar a una frecuencia de 7.5 GHz.
- ▶ Uno mide la Intensidad total, otro el grado de polarización y los dos canales interferométricos miden la posición de la fuente de emisión dentro del disco solar.



Con datos de: www.geofisica.unam.mx/ciencias_espaciales/archivos/RIS.pdf

Medidores de Radiación Solar

- ▶ Medidor de radiación solar con sensor integrado que determina el rendimiento energético en sistemas fotovoltaicos / también sirve para la búsqueda de una ubicación óptima para nuevas instalaciones



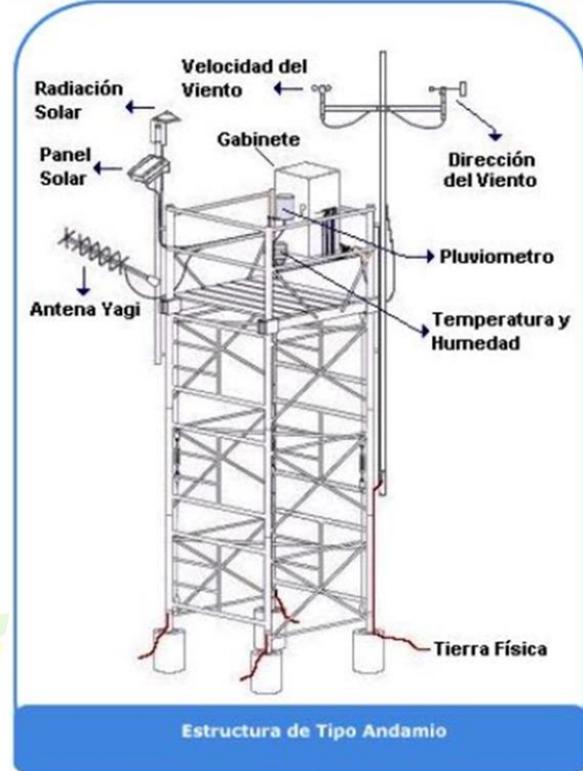
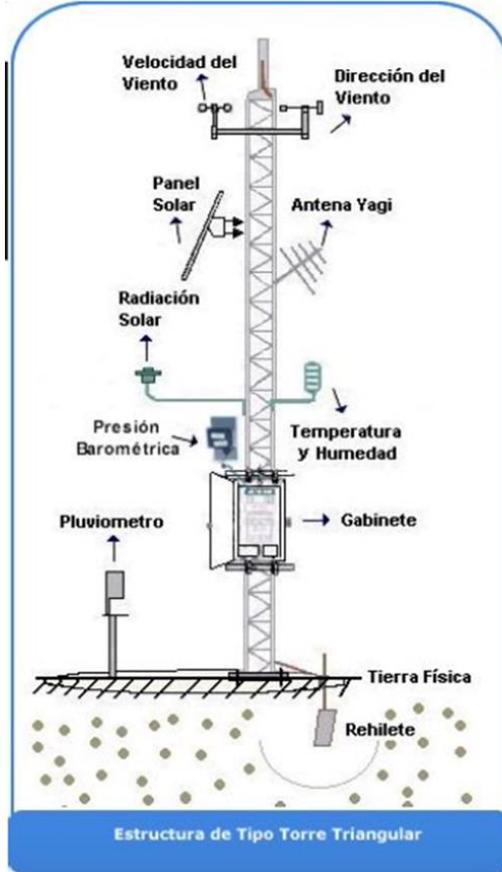
Especificaciones técnicas

Rango de medición	0... 2000 W/m ²
Resolución	1 W/m ²
Precisión	±10 W/m ² o ±5 % (válido el valor más alto)
Rango espectral	400 ... 1100 nm
Memoria	32.000 valores de medición
Cuota de medición	Regulable
Transmisión de datos	Puerto de serie RS-232
Pantalla	LCD
Rango de temperatura ambiental	0 ... +50 °C
Humedad máxima	<80 % H.r.
Alimentación	4 x pilas de 1,5 V Ion-Litio (en uso continuo aprox. 16 días)
Dimensiones	111 x 64 x 34 mm
Peso	165 g

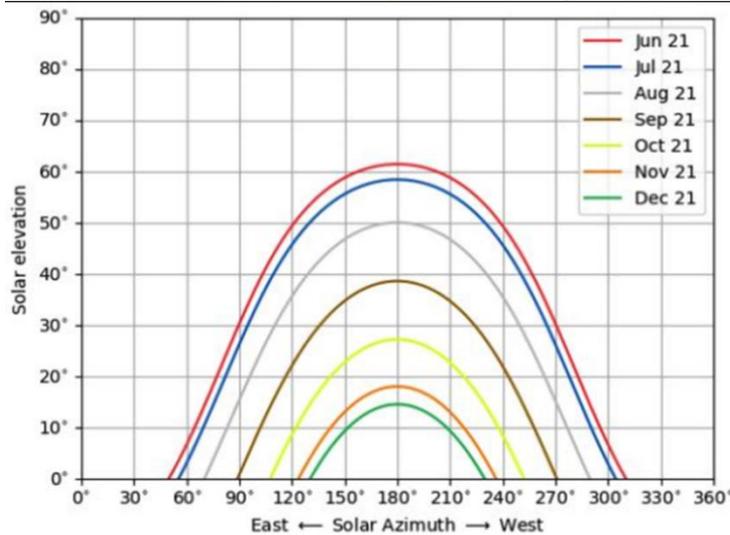
Estación Meteorológica

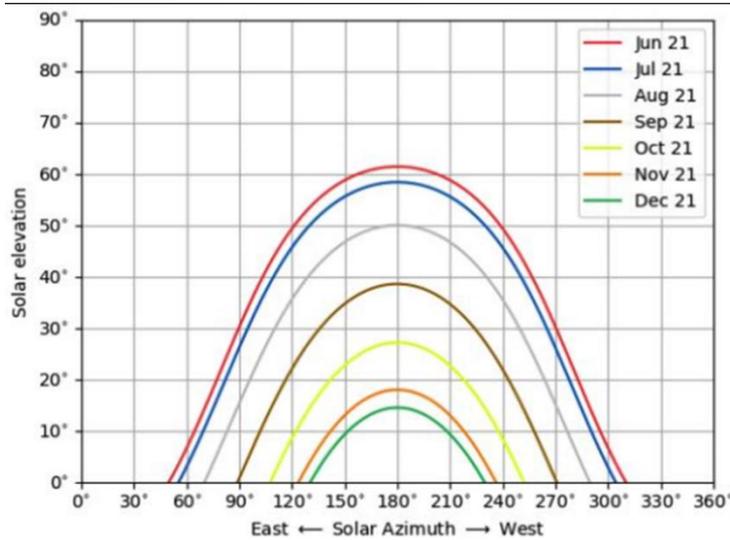


Diagrama de Estación Meteorológica

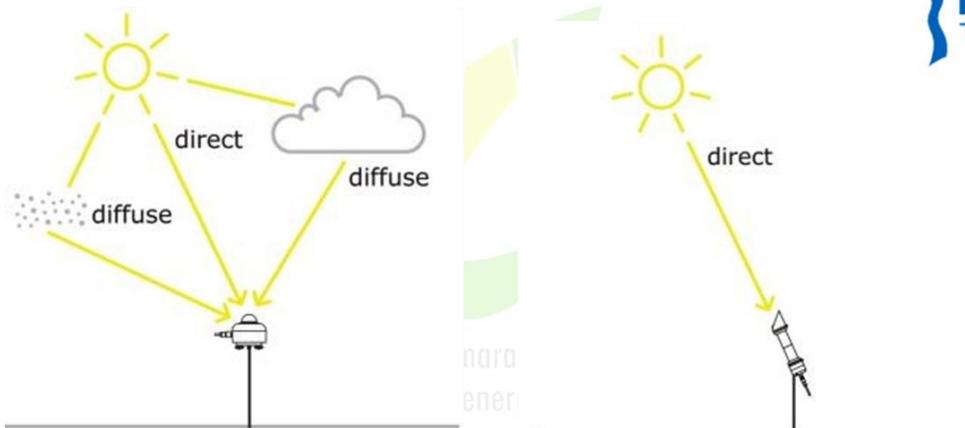


Gráficas





Medición de Radiación



Estimación del Recurso Solar

Red Solarimétrica Mexicana

Servicio Solarimétrico Mexicano

Antecedentes Red Solarimétrica Otros procesos Contacto

Estaciones Primarias

LOCALIZACIÓN	ETIQUETA	LOCALIZACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN	ZONA HORARIA	FECHA DE INSTALACIÓN
Ciudad Universitaria	UNAM	Ciudad Universitaria, CDMX	19.3262	-99.1760	2284	-6	11/09/15
Coeneo	COE	Coeneo, Michoacán	19.8137	-101.6946	1990	-6	28/10/15
Ciudad Cuahutémoc	CDC	Ciudad Cuahutémoc, Chih.	28.4504	-106.7942	2112	-7	22/10/15
Gómez Palacio	VEN	Ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo.	24.9568	-104.5704	1877	-6	19/11/15
Guerrero Negro	GRN	Guerrero Negro, BCS	28.0377	-113.9787	31	-7	14/04/16
Ixmiquilpan	IXM	Ixmiquilpan, Hgo.	20.4955	-99.1810	1761	-6	14/02/16
Morelos	MOR	José María Morelos	19.7590	-88.7243	17	-5	11/01/17
Nuevo Laredo	NVL	Nuevo Laredo, Tamps.	27.4526	-99.5185	128	-6	30/03/17
Selegua	SEL	Selegua, Frontera Comalapa, Chiaps.	15.7839	-91.9902	598	-6	12/11/17
Tepic	TEP	Tepic, Nay.	21.4916	-104.8947	959	-7	16/03/16
Zacatecas	ZAC	Zacatecas, Zac.	22.7725	-102.6436	2316	-6	17/11/15
Hermosillo	HMO	Hermosillo, Son.	29.0279	-111.1456	157	-7	27/06/18




Servicio
Solarimétrico Mexicano

[Antecedentes](#) [Red Solarimétrica](#) [Otros procesos](#) [Contacto](#)

Estaciones Secundarias

LOCALIZACIÓN	ETIQUETA	LOCALIZACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN	ZONA HORARIA	FECHA DE INSTALACIÓN
Ciudad Juárez	CDJ	Ciudad Juárez, Chih.	31.7432	-106.4316	1127	-7	18/11/15
La Primavera	PRI	Zopan, Jal.	20.6868	-103.4562	1686	-6	06/03/17
La Venta	VENT	La Venta, Oax.	16.5779	-94.8222	30	-6	20/06/17
Los Humeros	HUM	Los Humeros, Pue.	19.6307	-97.4126	2961	-6	18/11/16
Temixco	TEM	Temixco, Mor.	18.839814"	-99.236357"	1248	-6	09/02/16

Estaciones

- ▶ Las estaciones miden los parámetros descritos en la tabla.
- ▶ Los sensores están conectados a un adquisidor de datos, el cual mide cada 4 segundos todos los parámetros y graba el promedio de cada minuto

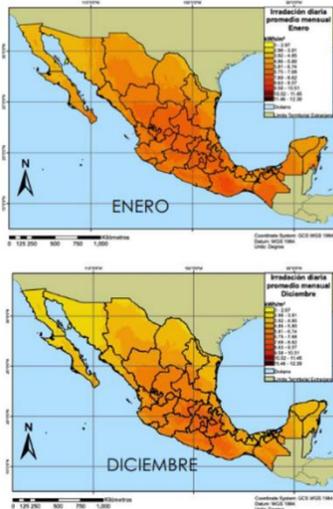
PARÁMETROS	SENSOR
radiación Solar Global	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
radiación Solar Difusa	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
radiación Solar Directa	Pirheliómetro Kipp & Zonen CHP1
radiación Solar Inclinada (latitud sitio)	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
radiación Solar Vertical Norte	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
radiación Solar Vertical Este	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
radiación Solar Vertical Sur	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
radiación Solar Vertical Oeste	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
radiación Solar Reflejada	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
radiación Onda Larga Atmosférica	Pirgeómetro Kipp & Zonen CGR4
radiación Onda Larga Emitida	Pirgeómetro Kipp & Zonen CGR4
radiación Solar Ultravioleta Banda "B"	Biómetro Solar Light 501A
radiación Solar Fotosintéticamente Activa	Li-Cor Quantum LI-190R
Iluminancia Global	Li-Cor Fotómetro LI-210R
Iluminancia Difusa	Li-Cor Fotómetro LI-210R
Temperatura Ambiente	Sensirion SHT75
Humedad Relativa	Sensirion SHT75
Dirección del Viento	Gill Instruments Wind Sonic 1405-PK-100
Rapidez del Viento	Gill Instruments Wind Sonic 1405-PK-100
Presión Atmosférica	Setra Mod. 278
Precipitación.	Texas Electronics Inc. TR-525M

Datos



CeMIE Sol
Centro Mexicano de
Innovación en Energía Solar





Irradiancia solar diaria promedio mensual

- Enero
- Febrero
- Marzo
- Abril
- Mayo
- Junio
- Julio
- Agosto
- Septiembre
- Octubre
- Noviembre

Red Solarimétrica Mexicana
Ciudad Universitaria, CDMX
Latitud: 19.326 Longitud: -99.176 Elevación: 2284 m.s.n.m.
Zona horaria: GMT-6
2018

Semanas (2018) Directa W/m2, Difusa W/m2, Global W/m2, Inclinada W/m2, AT °C, RH %, WS m/s

1	511.80	138.59	433.81	577.28	14.17	51.84	1.89
2	784.78	159.82	489.45	671.86	13.18	39.47	1.19
3	573.52	129.96	464.23	614.5	12.04	45.41	1.23
4	381.55	188.83	364.82	419.14	13.99	61.85	0
5	357.47	168.88	372.85	438.89	13.56	58.74	1.34
6	388.59	177.81	487.28	474.33	16.14	52.28	1.35
7	583.23	135.46	589.85	589.41	17.42	48.88	1.3
8	477.43	163.38	445.81	494.87	18.36	49.97	1.3
9	564.12	148.41	528.3	564.85	20.12	44.99	1.38
10	515.38	158.44	486.54	586.41	19.23	47.16	1.22
11	463.21	174.82	478.92	482.21	19.55	46.85	1.42
12	674.53	128.88	585.73	548.34	20.33	37.57	1.48
13	571.72	143.94	535.74	473.78	19.5	41.43	0
14	434.85	199.82	589.95	418.16	19.82	53.39	1.49
15	433.41	248.6	522.98	484.56	18.48	49.78	1.51
16	587.68	198.3	618.84	448.68	21.89	39.17	1.53
17	323.87	261.85	467.39	339.85	20.16	57.61	1.44
18	277.64	251.17	421.34	345.56	19.68	59.13	1.56
19	385.71	224.85	489.92	333.6	19.17	57.95	1.42
20	633.94	163.58	643.7	483.27	23.81	45.69	1.67
21	637.78	168.95	628.69	379.29	21.71	47.47	1.64
22	680.75	135.9	647.56	389.91	23.59	31.35	2.05
23	477.88	231.36	583.18	362.21	21.81	51.17	1.77
24	137.75	243.13	313.93	198.73	18.17	80.62	1.12
25	215.88	285.93	488.93	248.85	18.3	68.4	1.37
26	398.13	238.95	517.96	311.28	18.13	66.14	1.37
27	311.92	256.2	461.8	293.92	18.64	62.67	1.71
28	328.39	282.23	496.95	385.9	18.36	71.84	1.38
29	439.85	231.75	539.72	344.89	20.69	62.86	1.45
30	536.43	184.74	564.88	368.4	21.77	56.64	1.42
31	255.86	268.39	426.62	279.99	19.12	68.95	1.55
32	328.34	231.84	457.37	384.21	18.83	78.31	1.25
33	458.91	224.54	543.44	379.42	28.82	73.95	1.3
34	297.35	269.18	459.96	297.27	18.86	72.86	1.35
35	277.39	288.2	458.24	314.48	18.42	77.52	1.18
36	311.72	282.81	487.28	358.97	20.18	71.58	1.24
37	191.14	286.7	487.25	299.85	19.28	77.57	1.19
38	344.81	237.8	477.52	359.1	19.96	74.18	1.24
39	381.3	277.44	479.23	388.17	19.74	74.61	1.64
40	284.86	251.48	425.35	352.28	19.83	71.42	1.88
41	312.24	261.37	428.61	359.53	20.14	76.33	0
42	158.95	227.35	383.61	253	18.48	76.17	0
43	474.63	194.82	488.33	473.94	19.29	68.85	0
44	188.26	283.58	336.44	317.57	17.48	78.57	0
45	519.69	284.16	519.57	568	26.57	61.36	0
46	436.6	184.31	413.25	434.26	13.49	67.21	0

CMP21 Piranómetro



47,648.85	141.65	521.69	638.25	16.32	54.89	0
48,451.77	183.29	414.4	479.71	15.92	68.83	0
49,532.58	153	441.41	522.12	16.09	62.41	0
58,349.66	239.27	416.42	466.47	13.92	61.31	0
51,693.81	122.89	518.42	658.81	12.68	43.7	0
52,582.25	194.24	461.1	564.86	13.71	58.44	0
53,747.96	183.76	498.62	691.12	11.19	73.68	0

Radiación global, instrumento: CMP21 No. Serie: 188370
Sensibilidad: 8.88 Fecha calibración: 2018-06-04
Radiación difusa, instrumento: CMP21 No. Serie: 188399
Sensibilidad: 8.49 Fecha calibración: 2018-06-04
Radiación directa, instrumento: CHP1 No. Serie: 128916
Sensibilidad: 7.98 Fecha calibración: 2019-02-11
Radiación plano inclinado, instrumento: CMP11 No. Serie: 127528
Sensibilidad: n/d Fecha calibración: n/d

Red Solarimétrica Mexicana

Tabla de valores promedio semanal de irradiancia (W/m2)

Estación: Ciudad Universitaria, CDMX Año: 2018

Por favor espere, generando tabla de datos ...

Red Solarimétrica Mexicana							
Ciudad Universitaria, CDMX							
Latitud: 19.326		Longitud: -99.176		Elevación: 2284 m.s.n.m		Zona horaria: GMT-6	
2018							
Semanas (2)	Directa W/m ²	Difusa W/m ²	Global W/m ²	Inclinada W/m ²	AT °C	RH %	WS m/s
1	511.06	138.58	433.81	577.28	14.17	51.04	1.09
2	704.78	159.02	489.45	671.86	13.18	39.47	1.19
3	573.52	129.96	464.23	614.5	12.04	45.41	1.23
4	301.55	180.83	364.02	419.14	13.99	61.05	0
5	357.47	160.88	372.05	438.89	13.56	50.74	1.34
6	386.58	177.81	407.28	474.33	16.14	52.28	1.35
7	583.23	135.46	509.85	589.41	17.42	48.08	1.3
8	477.43	163.38	445.81	494.07	18.36	49.97	1.3
9	564.12	148.41	528.3	564.85	20.12	44.99	1.38
10	515.38	150.44	486.54	506.41	19.23	47.16	1.22
11	463.21	174.02	478.92	482.21	19.55	46.05	1.42
12	674.53	120.08	585.73	540.34	20.33	37.57	1.48
13	571.72	143.94	535.74	473.78	19.5	41.43	0
14	434.85	199.02	509.95	410.16	19.02	53.39	1.49
15	433.41	248.6	522.98	404.56	18.48	49.78	1.51
16	587.68	198.3	610.04	448.68	21.09	39.17	1.53
17	323.87	261.85	467.39	339.05	20.16	57.61	1.44
18	277.64	251.17	421.34	345.56	19.68	59.13	1.56
19	385.71	224.05	489.92	333.6	19.17	57.95	1.42
20	633.94	163.58	643.7	403.27	23.01	45.69	1.67
21	637.78	168.95	628.69	379.29	21.71	47.47	1.64
22	680.75	135.9	647.56	389.91	23.59	31.35	2.05
23	477.08	231.36	583.18	362.21	21.81	51.17	1.77
24	137.75	243.13	313.93	190.73	18.17	80.62	1.12
25	215.88	285.93	408.93	248.85	18.3	68.4	1.37

Proyecto y localidad

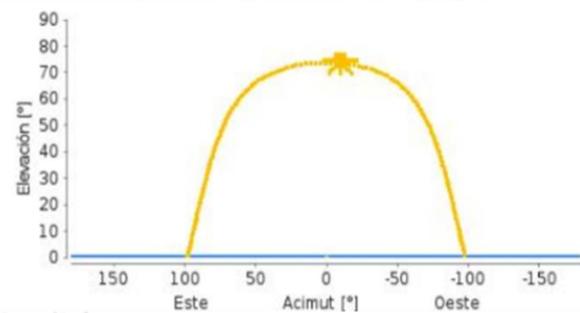
Define el nombre del proyecto y la localidad

Nombre del proyecto:

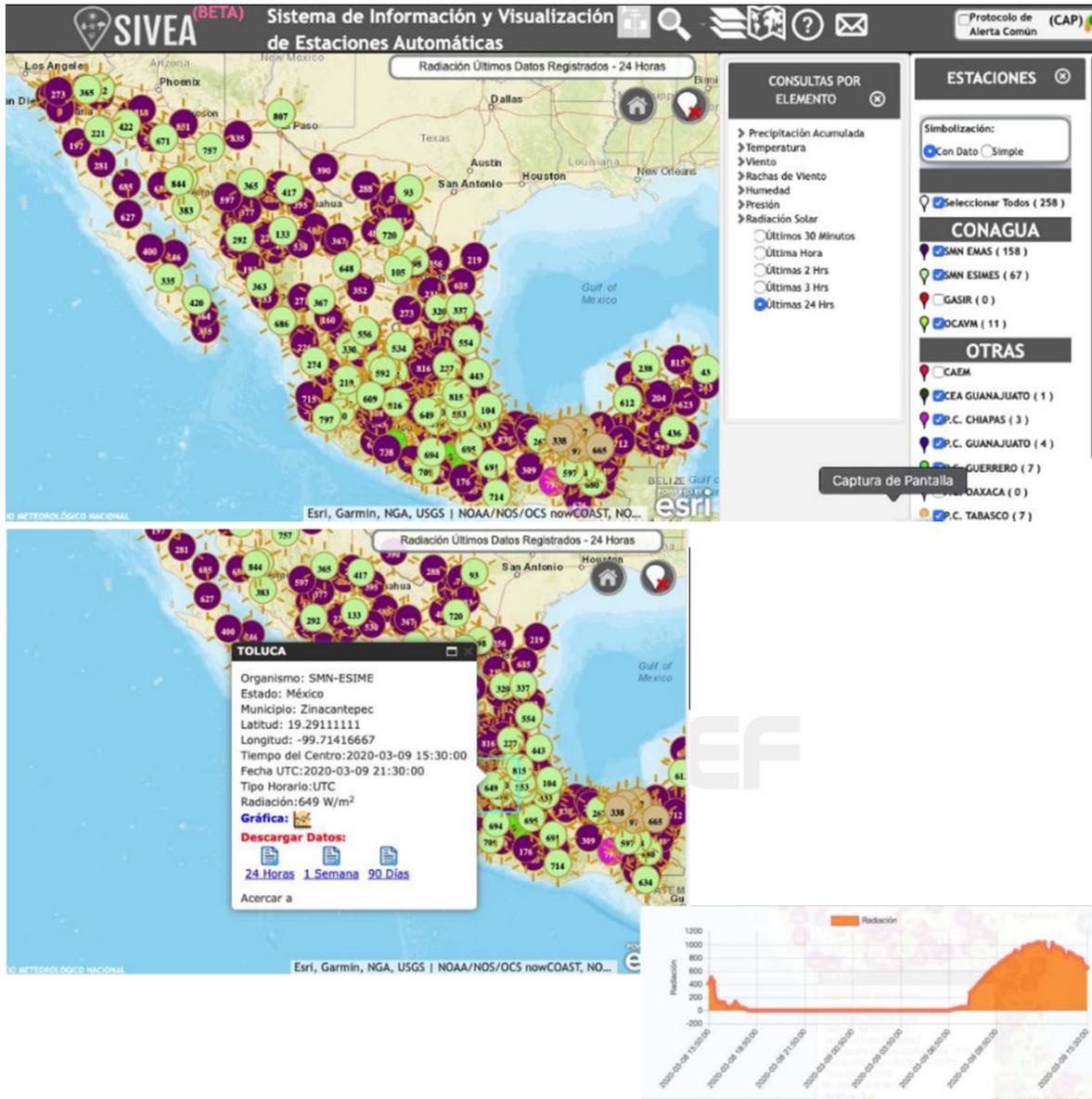
Descripción:

Imagen del objeto (máx. 500 kb): No se eligió archivo

Dirección:



CONAGUA



RUOA



**RED UNIVERSITARIA DE
OBSERVATORIOS ATMOSFERICOS**

Inicio | Acerca de | Líneas temáticas | Estaciones | Publicaciones y noticias | Proyectos participantes | Contacto

Observatorio Atmosférico UNAM



Ficha técnica	Galería de fotos	Archivo fotografico
Coordenadas:	19.3262°N	99.1761°W
Altitud	2,280 m.s.n.m.	

Meteorología

Fecha
16/11/2020 - 16/11/2020

Registros cada minuto, últimas 24 hrs.
Gráfica últimos 7 días
Descarga datos (cada minuto) (cada hora)
Ver condiciones internas en estación

Perfiles de viento Captura de Pantalla

Gases de efecto invernadero

Calidad del aire



Índice de /met/unam/L1/Hora

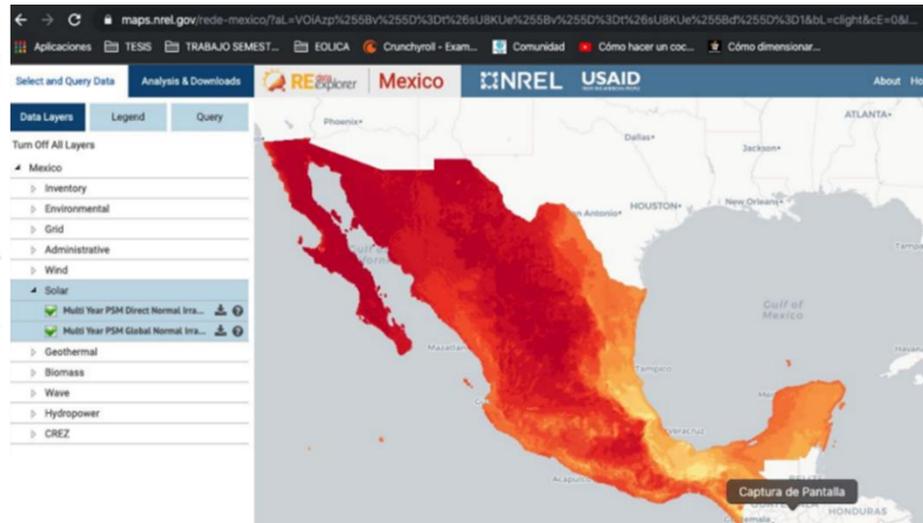
 [\[directorio principal\]](#)

	Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
	2014-04-unam_hora_L1.csv	46.0 kB	28/06/18 19:00:00
	2014-05-unam_hora_L1.csv	47.6 kB	28/06/18 19:00:00
	2014-06-unam_hora_L1.csv	46.1 kB	04/04/19 18:00:00
	2014-07-unam_hora_L1.csv	49.9 kB	04/04/19 18:00:00
	2014-08-unam_hora_L1.csv	49.9 kB	04/04/19 18:00:00
	2014-09-unam_hora_L1.csv	48.3 kB	04/04/19 18:00:00
	2014-10-unam_hora_L1.csv	49.8 kB	04/04/19 18:00:00
	2014-11-unam_hora_L1.csv	48.2 kB	04/04/19 18:00:00
	2014-12-unam_hora_L1.csv	49.8 kB	04/04/19 18:00:00
	2015-01-unam_hora_L1.csv	49.7 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-02-unam_hora_L1.csv	45.2 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-03-unam_hora_L1.csv	50.0 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-04-unam_hora_L1.csv	48.8 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-05-unam_hora_L1.csv	50.1 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-06-unam_hora_L1.csv	48.4 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-07-unam_hora_L1.csv	50.0 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-08-unam_hora_L1.csv	49.9 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-09-unam_hora_L1.csv	48.3 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-10-unam_hora_L1.csv	49.0 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-11-unam_hora_L1.csv	47.9 kB	28/06/18 19:00:00
	2015-12-unam_hora_L1.csv	49.5 kB	28/06/18 19:00:00
	2016-01-unam_hora_L1.csv	49.8 kB	28/06/18 19:00:00
	2016-02-unam_hora_L1.csv	46.2 kB	28/06/18 19:00:00
	2016-03-unam_hora_L1.csv	49.4 kB	28/06/18 19:00:00
	2016-04-unam_hora_L1.csv	48.2 kB	28/06/18 19:00:00
	2016-05-unam_hora_L1.csv	50.0 kB	28/06/18 19:00:00
	2016-06-unam_hora_L1.csv	48.4 kB	28/06/18 19:00:00

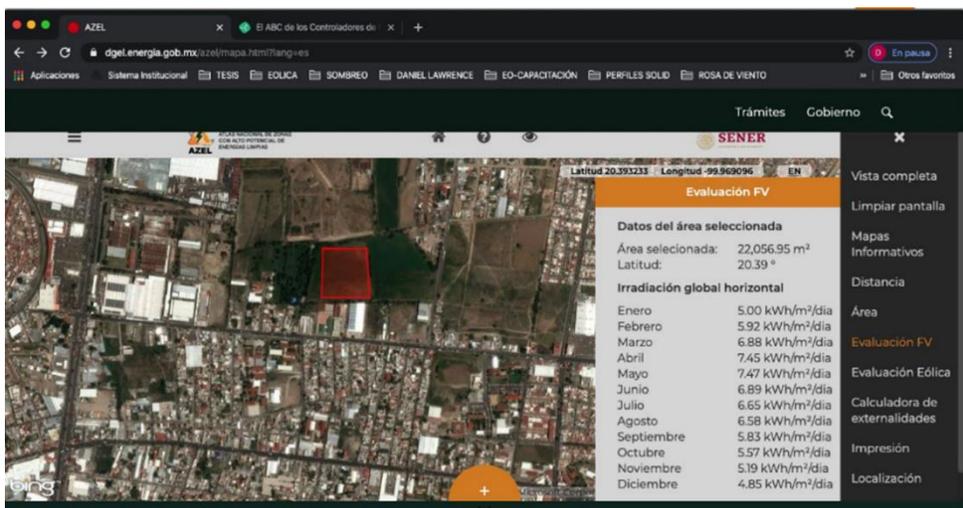
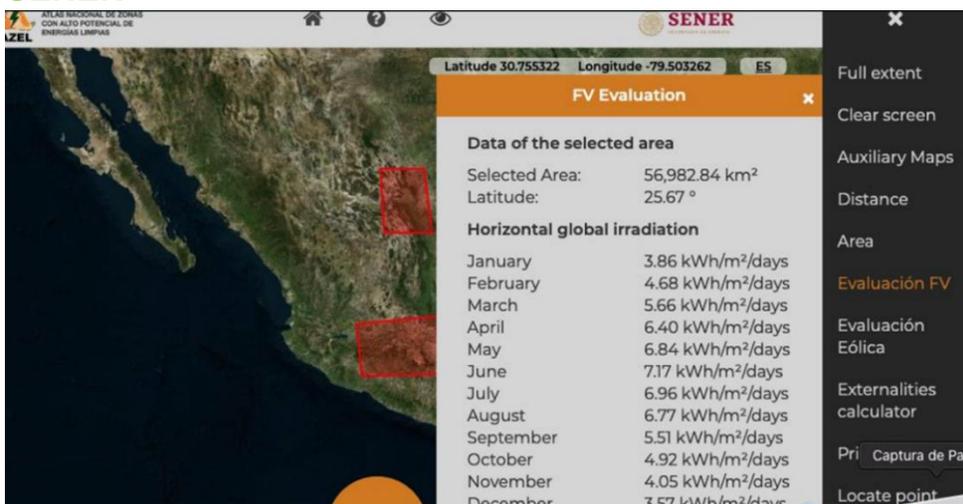
NREL-SENER

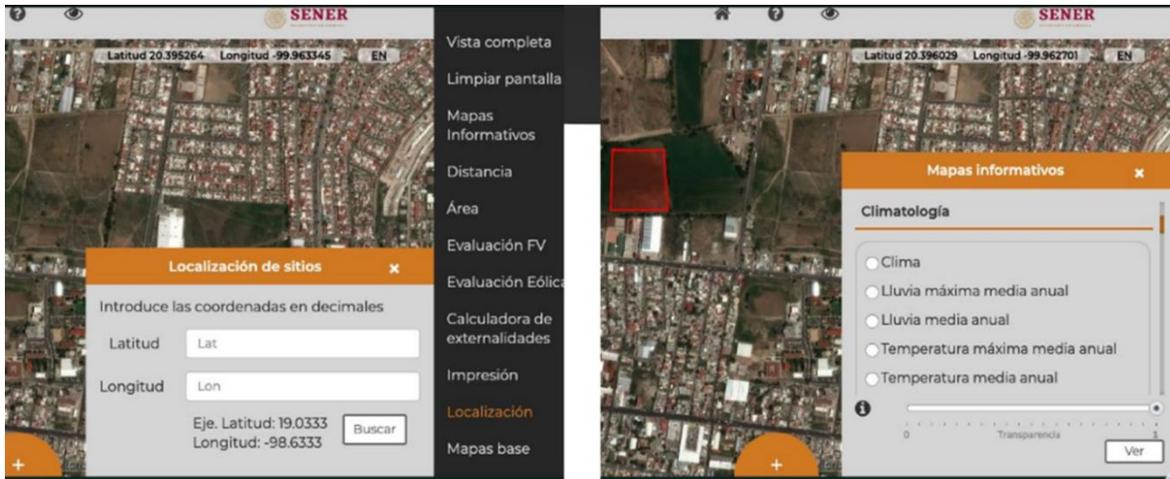
Renewable Energy Data Explorer-Mexico (RED-E MÉXICO) que evalúa e identifica las zonas con recursos renovables potenciales para el desarrollo de proyectos.

<https://maps.nrel.gov/gst-mexico/>



SENER





NASA



NREL

NSRDB: Base de datos nacional de radiación solar



HOGAR ACERCA DE CONJUNTOS DE DATOS RECURSOS VISOR NSRDB CONTACTENOS

Anuncio: La grabación del seminario web NSRDB del 6 de octubre de 2020 ya está disponible para su visualización.

Bienvenida a la
Base de datos
nacional de
radiación solar



TLAS SOLAR GLOBAL
LAS DE VIENTO GLOBAL | ENERGYDATA.INFO

Ubicaciones de búsqueda Mapa Sitios Estudio fotovoltaico Descargar Acerca de Contacto

Sitio: Bienvenido a Global Solar Atlas v2.3 lanzado en julio de 2020. ¿Qué hay de nuevo?

Zona:

Región:

Distancia:

22 ° 50'22 " , -101 ° 53'11"
Zona horaria: UTC-06, America / Mexico_City [CST], no se considera el horario de verano

INFORMACIÓN DEL SITIO

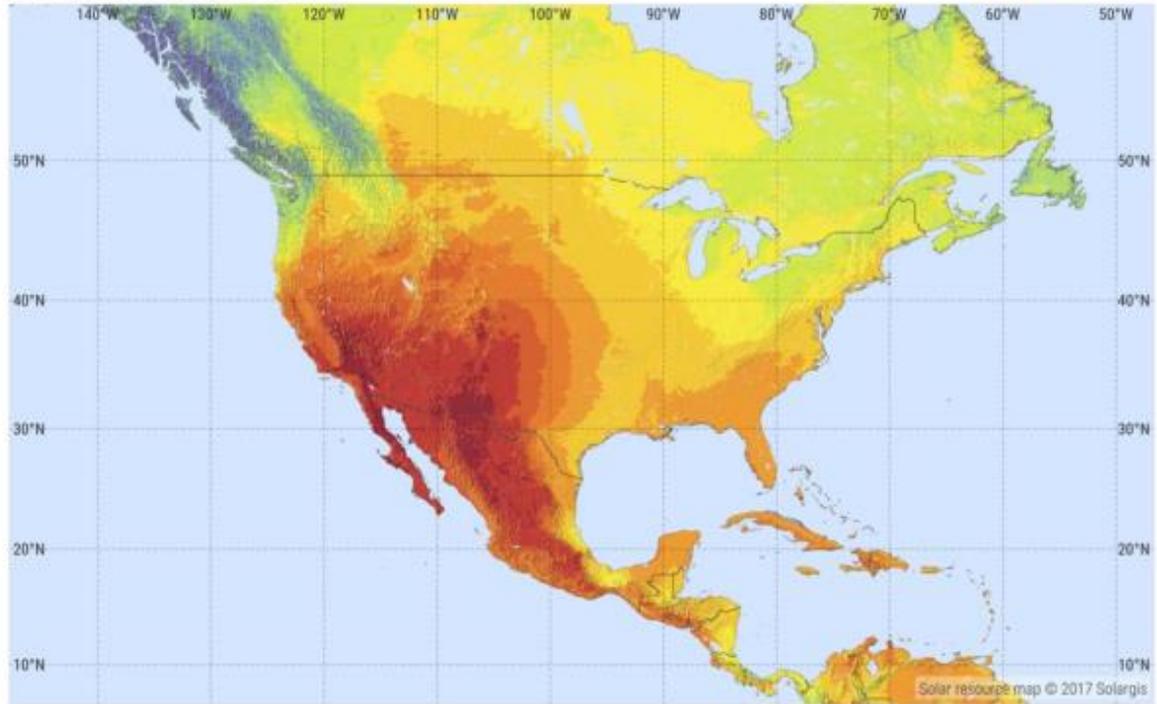
Datos del mapa Por año

<input checked="" type="checkbox"/> Irradiación normal directa	DNI	2568 kWh / m ² *
Irradiación horizontal global	GHI	2274 kWh / m ² *
Irradiación horizontal difusa	DIF	598 kWh / m ² *
Irradiación global inclinada en ángulo óptimo	GTI opta	2455 kWh / m ² *
Inclinación óptima módulos fotovoltaicos		25 / 180 °

SOLARGIS

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL NORTH AMERICA

SOLARGIS



Average annual sum of PVOUT, period 1999-2016



This map is licensed by Solargis under the Creative Commons Attribution license (CC BY-SA 4.0). You are encouraged to use content of the map to benefit yourself and others in creative ways. For more information, please visit <http://solargis.com/download>.

WORLDBANK

SOLAR RESOURCE MAP

GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION

MEXICO



Long term average of GHI, period 1999-2018



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>

Elementos y Dimensionamiento Sistemas Interconectados

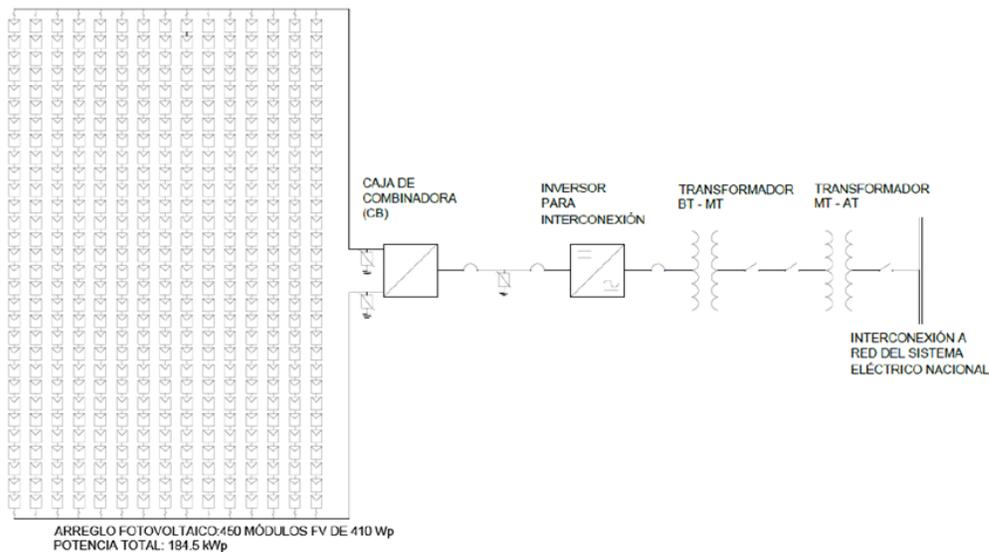
Rodolfo Alvarado Castañeda

Objetivo

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

Módulo 5 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.



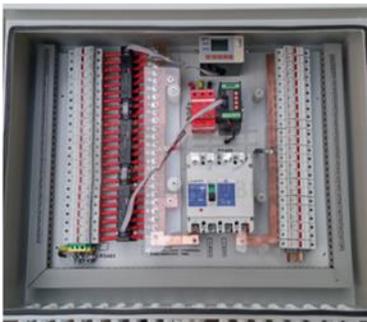
Inversor

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 desfaseamiento 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.

Cámara de profesionales



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.

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.

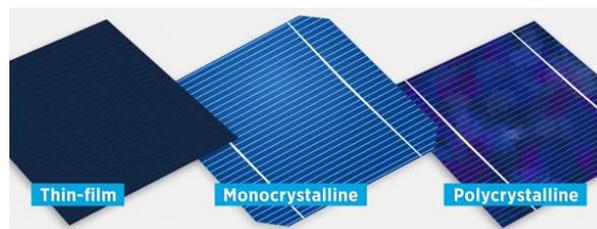
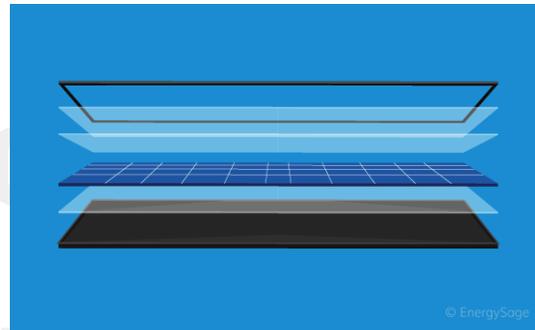
Arreglo fotovoltaico bipolar

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.

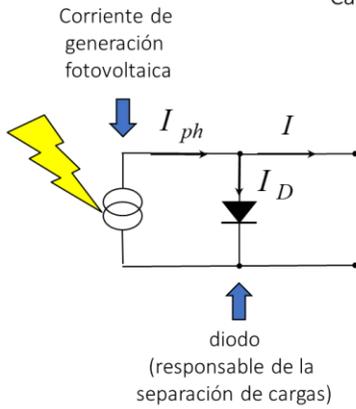


Celda solar

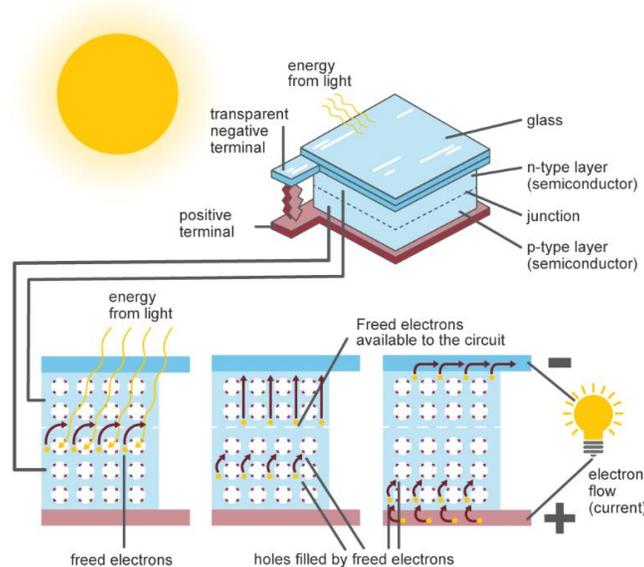
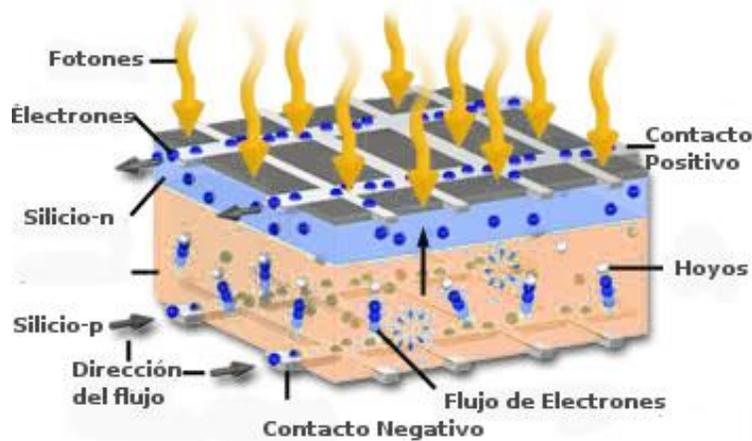
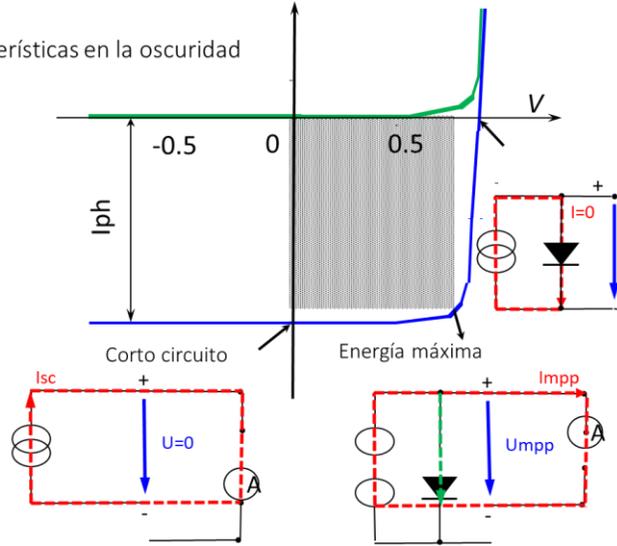
Dispositivo fotovoltaico básico que genera electricidad cuando está expuesto a la luz solar.

Celda fotovoltaica

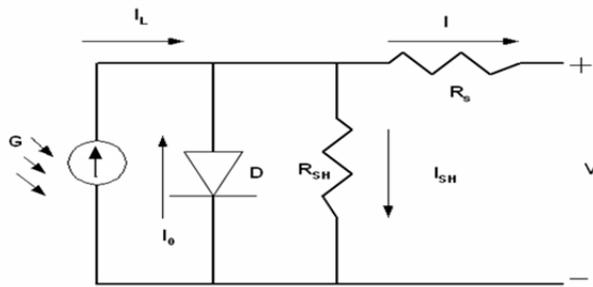
Célula fotovoltaica



Características en la oscuridad



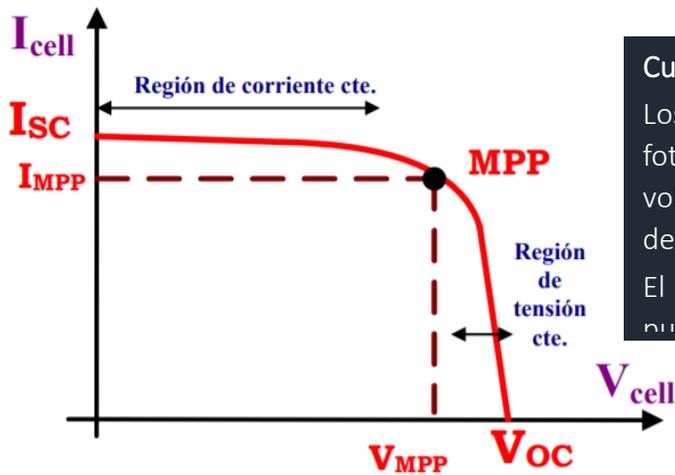
Source: U.S. Energy Information Administration



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.

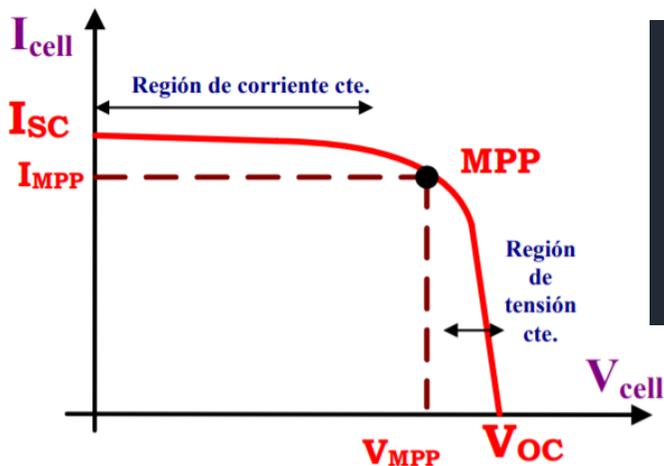


Curva I-V

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

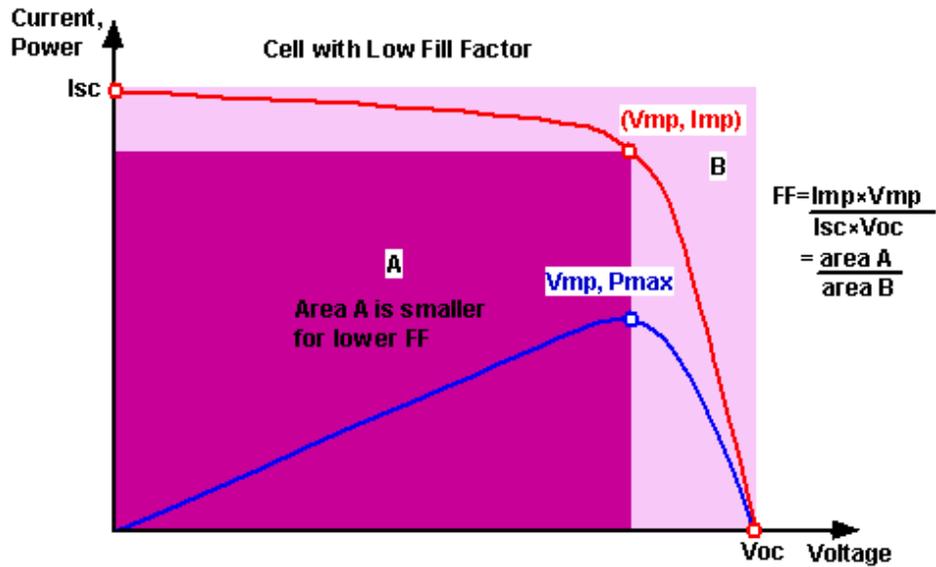
en energía fotovoltaica



Curva I-V

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

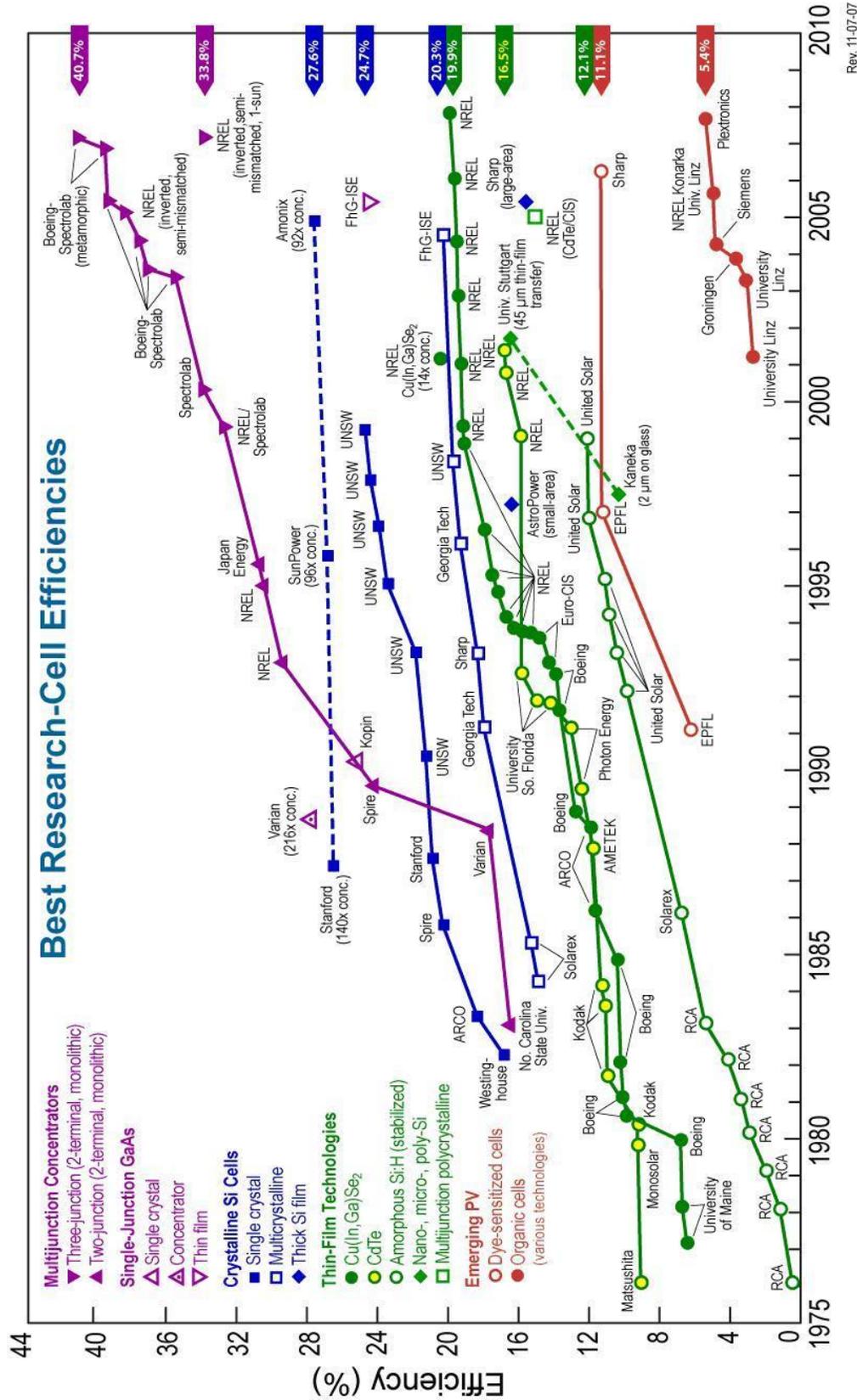
El punto de máxima potencia es el punto de saturación de electrones



<http://pveducation.org>

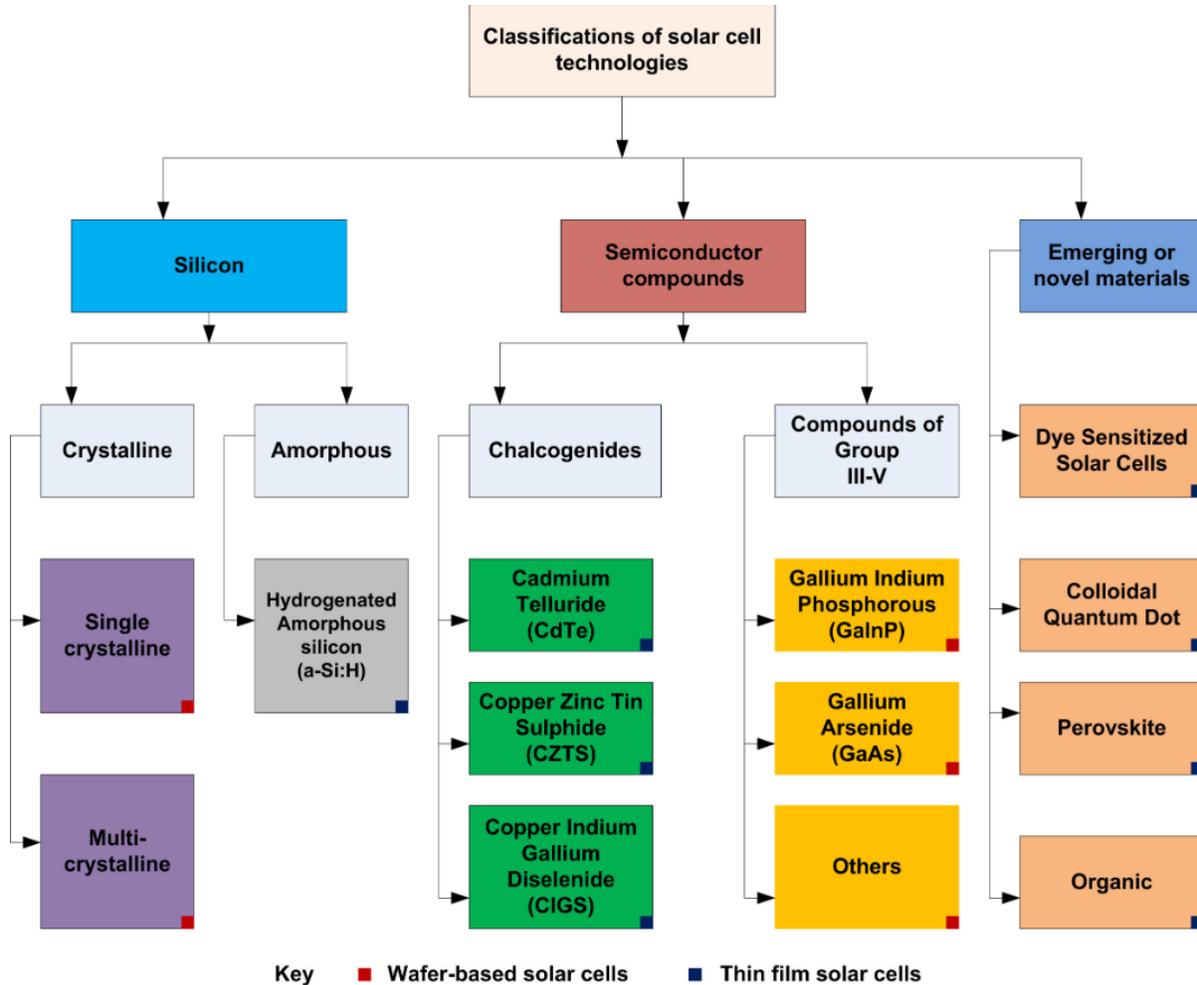


Tipos de celdas fotovoltaicas



Rev. 11-07-07

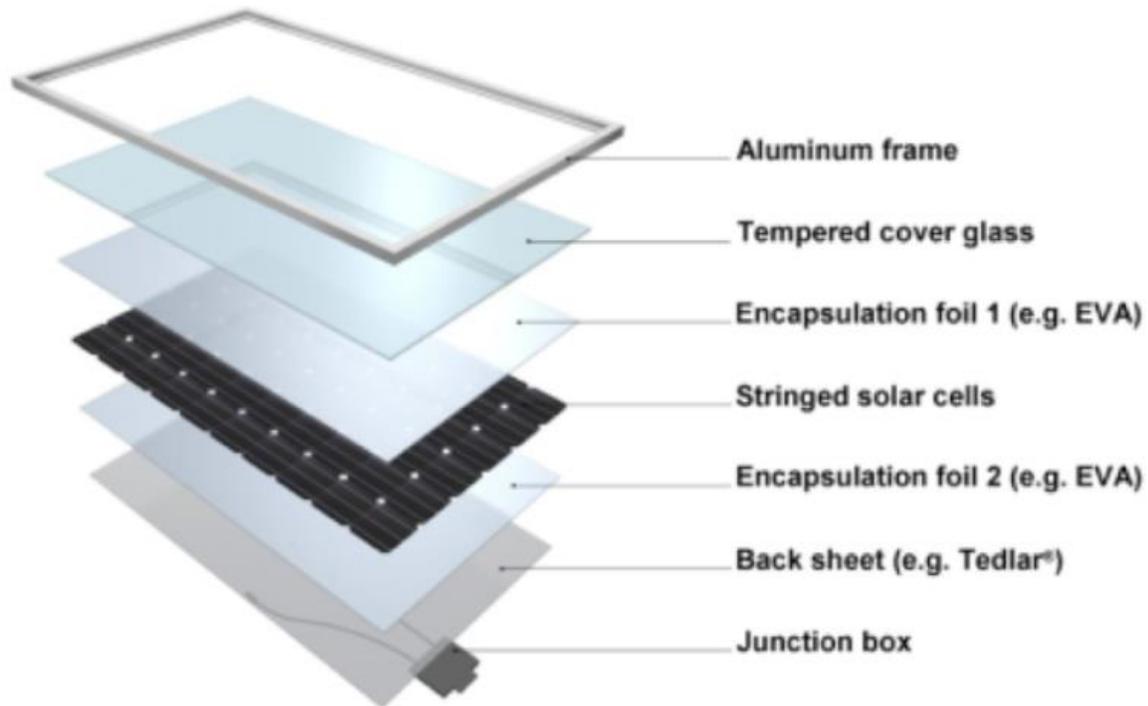
Curva I-V
 Las celdas de primera generación fueron las celdas monocristalinas y policristalinas.
 Estas celdas no han sido desplazadas por otras tecnologías, pese a que otras tecnologías emplean menos material para su fabricación.



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

en energía fotovoltaica

Módulo fotovoltaico

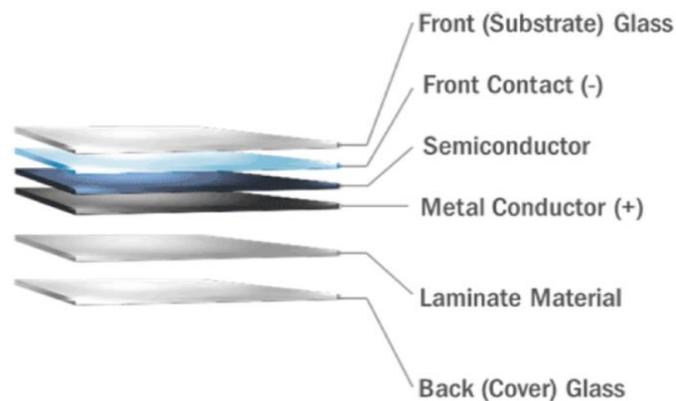


Questions & Answers Ground-Mounted Solar Photovoltaic Systems
www.mass.gov/eea/docs/doer/renewables/solar/solar-pv-guide.pdf

Módulo fotovoltaico

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

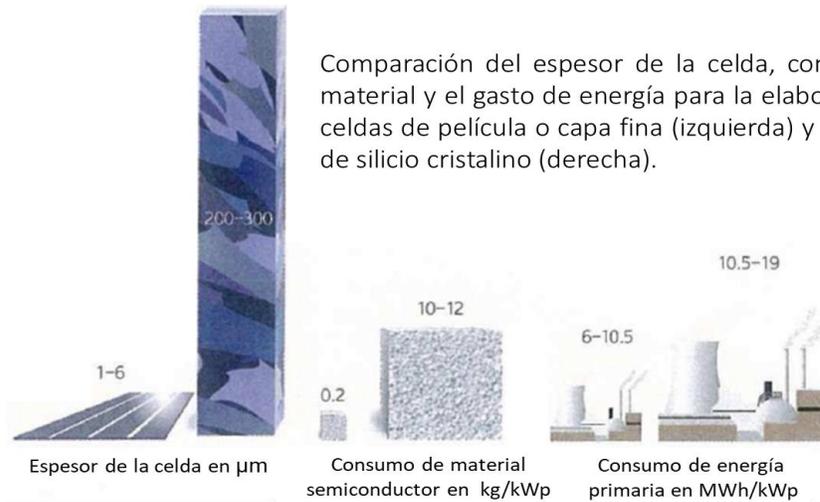
Varía el tipo de encapsulado, el marco y los conductores.



First Solar's Series 4 CdTe Thin Film Module

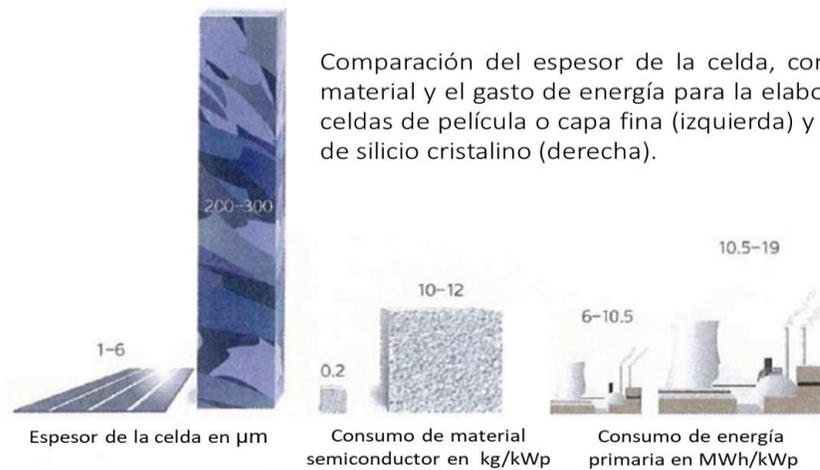
CdTe PV: Facts and Handy Comparisons Vasilis Fthenakis, Brookhaven National Laboratory
www.bnl.gov/pv/files/pdf/art_165.pdf

Tipo de módulos



Fuente: Manufacturers information, Solarpraxis

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



Fuente: Manufacturers information, Solarpraxis

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

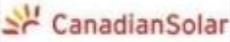


Las celdas Thin-film han intentado disminuir el costo de producción en función del uso de menos material, sin embargo, las celdas en base a silicio, a partir de una mayor eficiencia, han mantenido la hegemonía de implementación

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
 ASTROENERGY	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

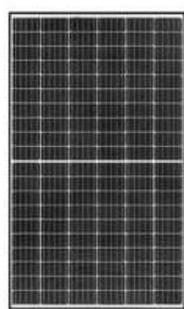
La tecnología no siempre está asociada a las mejores condiciones técnicas.

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



60 mono cells



120 half-cut mono cells



60 or 96 IBC cells



Shingled cells



60 multi busbar cells

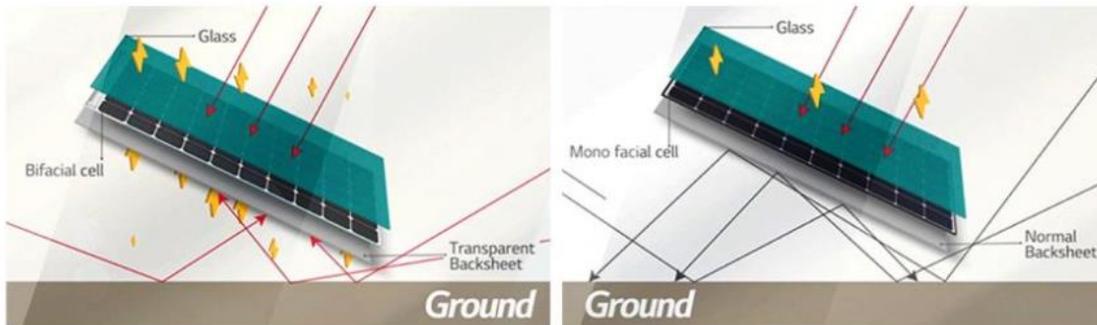




Para la aplicación de módulos bifaciales se recomienda realizar un análisis del albedo de la superficie y una proyección de la energía adicional a generar.

Total produced energy = energy from the front + energy from the back.

The bifacial PV Module's performance depends on various conditions, such as system design, installation methods, location, etc.



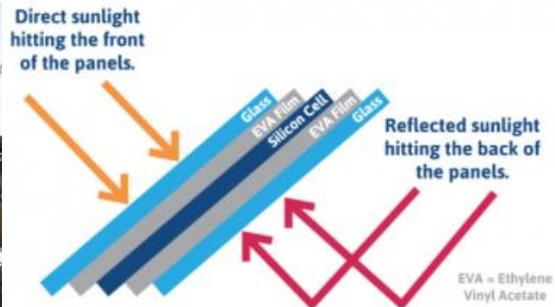
 Bifacial PV module

 Conventional PV module

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



Bifacial Solar Panel Cross Section



<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:

$$\text{Temperatura del módulo en sitio} = T_{\text{del sitio}} + \frac{(T_{\text{celda}_{NOCT}} - T_{\text{ambiente}_{NOCT}}) \times \text{Irradiancia}_{STC}}{\text{Irradiancia}_{NOCT}}$$

$$\Delta T = T_{\text{módulo en sitio}} - [T_{\text{módulo}}]_{STC}$$

$$\text{Pérdida de potencia} = \text{Coeficiente térmico potencia} \times \Delta T$$

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

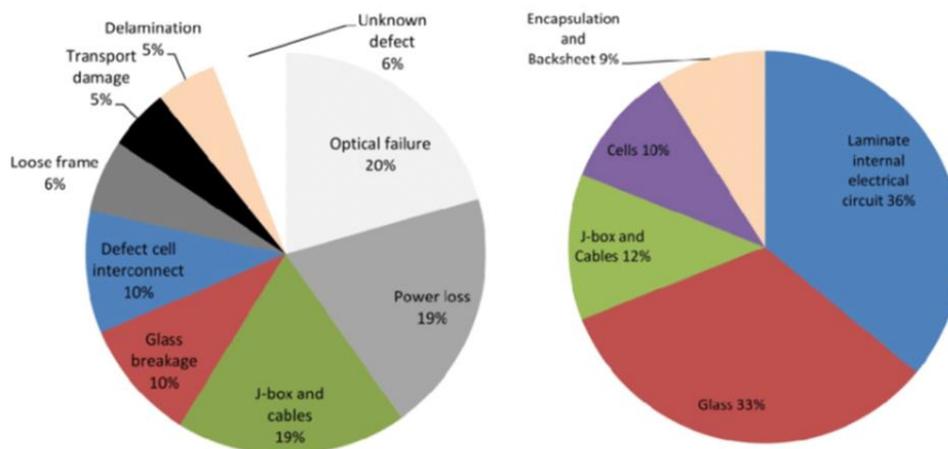
Temperatura de la celda (fabricante): 45° C

Masa de aire: 1.5

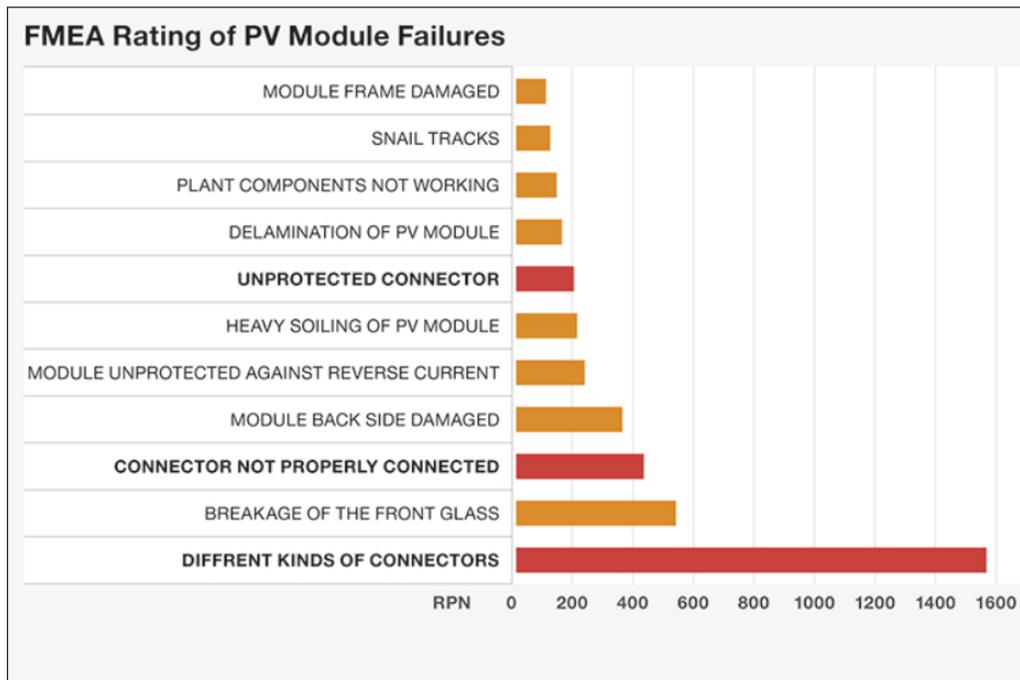
Velocidad del viento: 1 m/s

Estadísticas de fallas en módulos fotovoltaicos

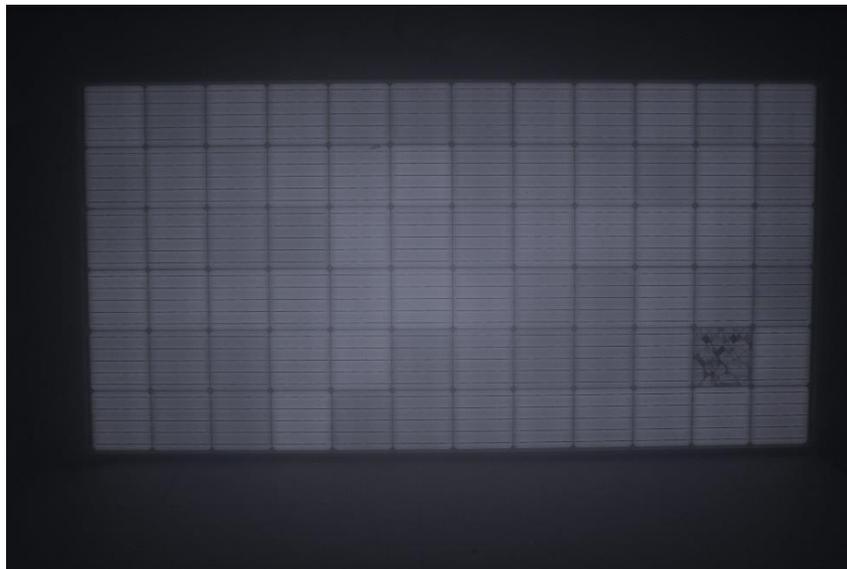
Fallas de manipulación y fabricación de módulos

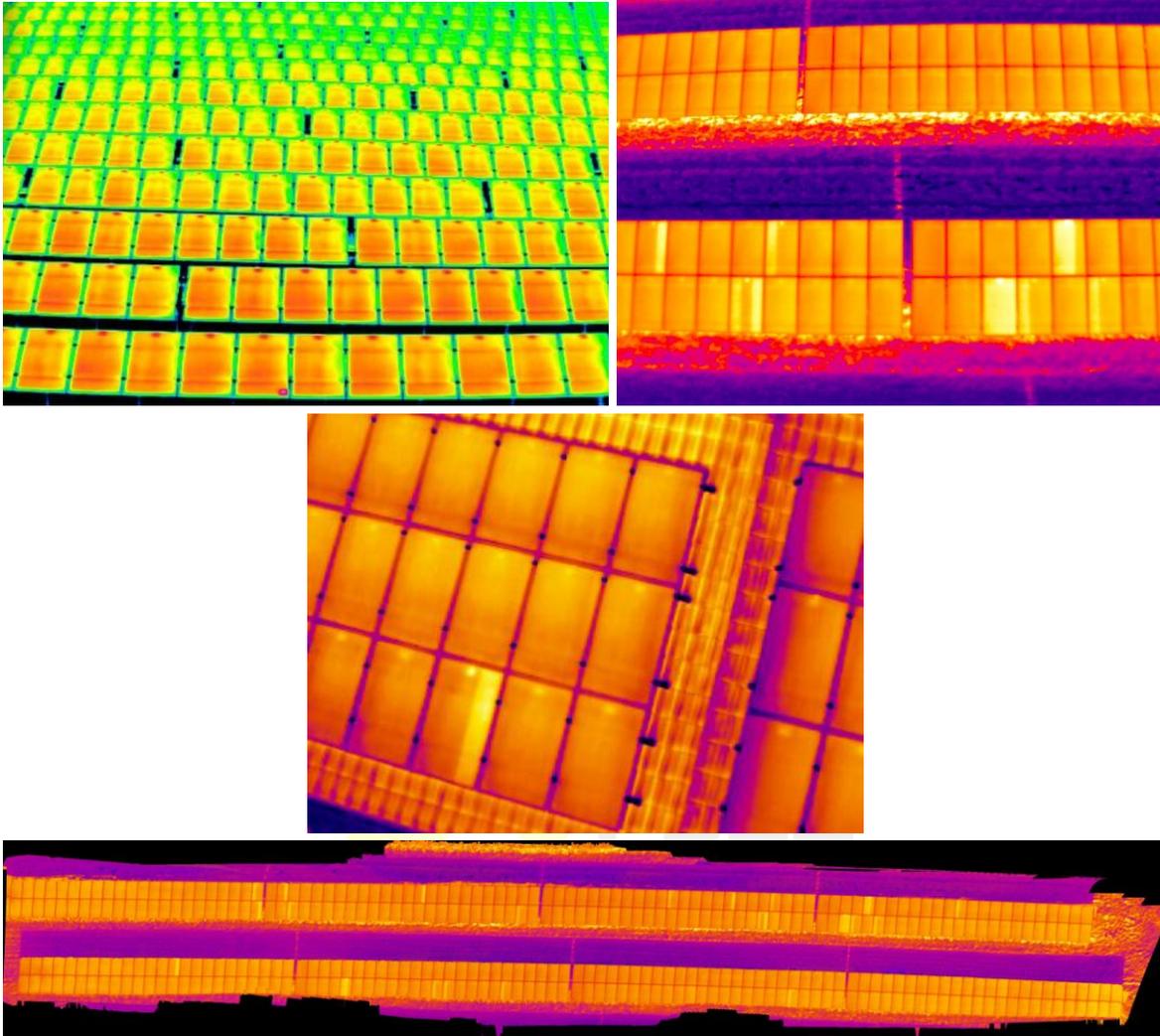


Fallas en la integración de módulos



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





en energía fotovoltaica

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

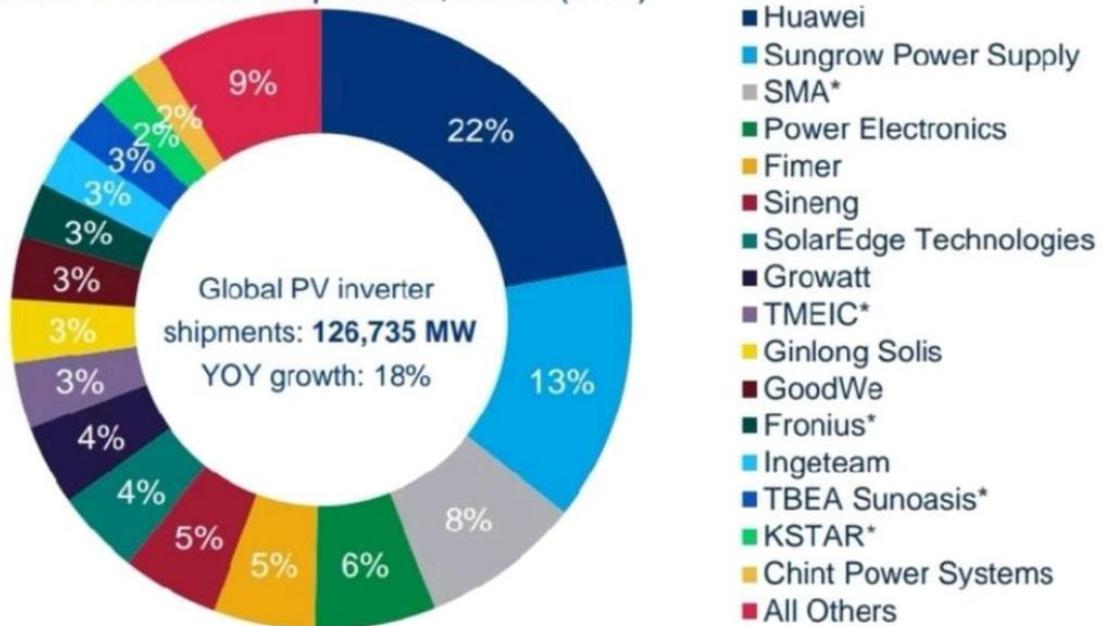




La simple observación es importante para prevenir daños mayores.

Tipo de módulos

Global PV inverter shipments, 2019 (MW)



Elementos y Dimensionamiento Sistemas Interconectados

Rodolfo Alvarado Castañeda

Módulo 6 Componentes de un Generador Fotovoltaico – Inversores para Interconexión

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)

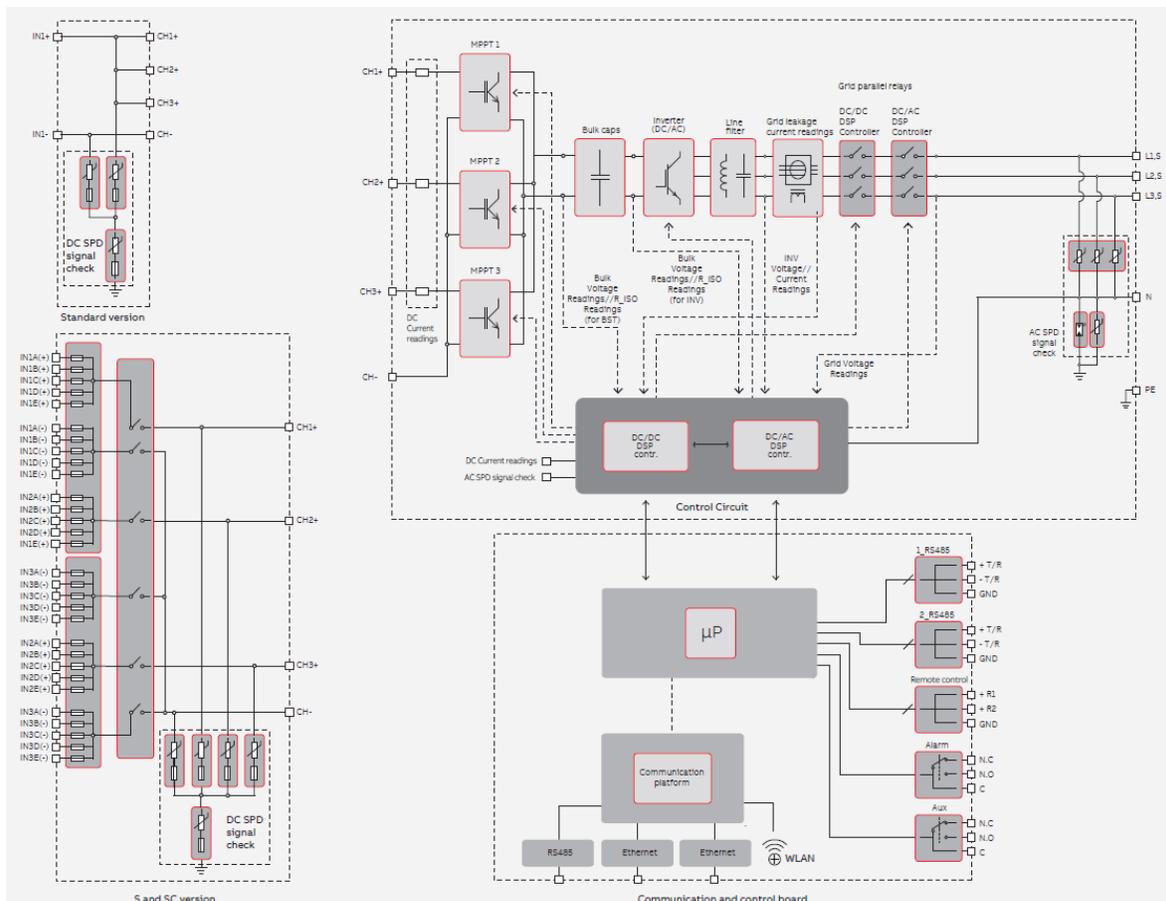
Es uno de los factores más importantes en un inversor. Su función es acoplar la entrada del inversor a los valores de potencia variables que produce el generador, obteniendo en todo momento la mayor cantidad de energía disponible, la máxima potencia.

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 Efficiency 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 Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources (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.

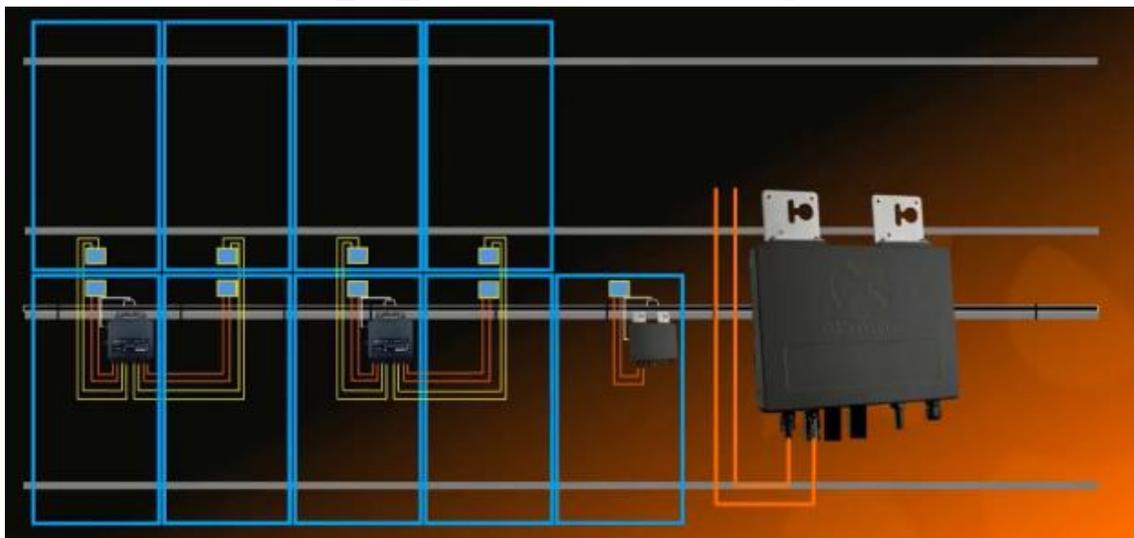
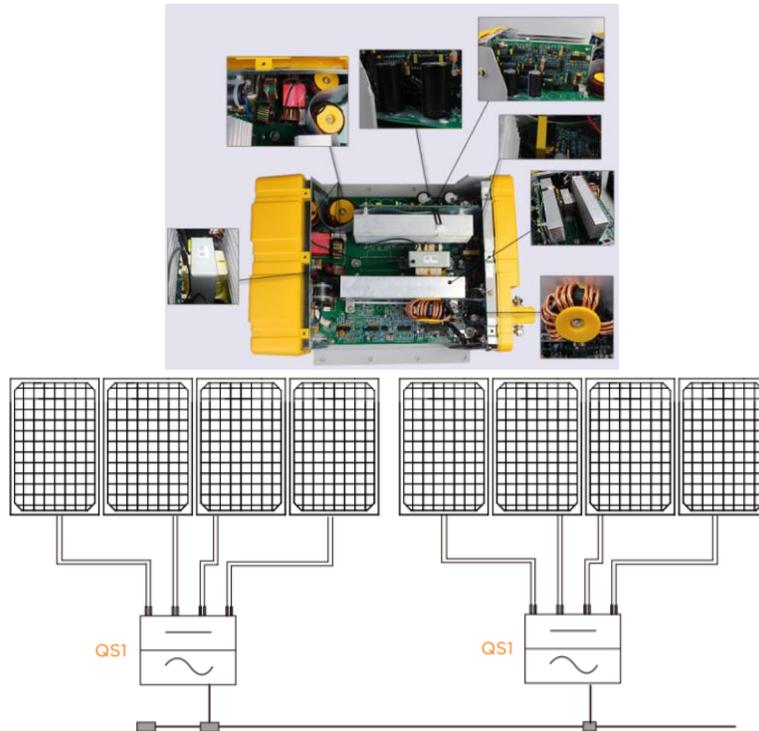
Inversores como fuente de corriente.

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.

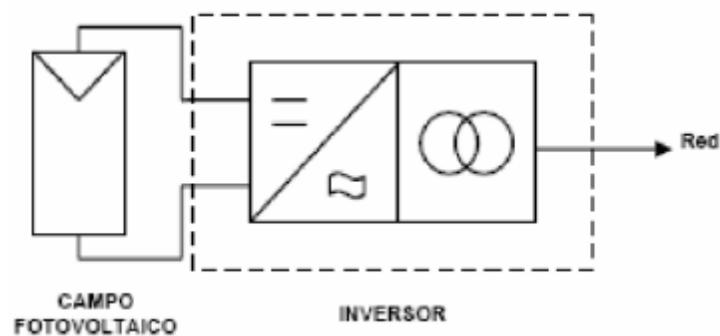
Sin embargo, ofrecen la ventaja de soportar cortocircuitos a la salida o unas demandas puntuales muy altas para el arranque del motor, sin que él sufra daños en sus componentes.

Inversores como fuente de tensión

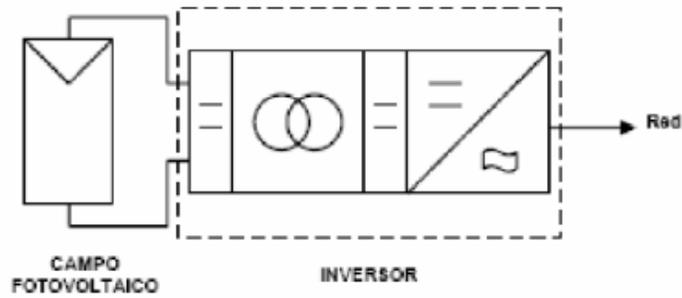
Este tipo de inversores no depende de una carga para su funcionamiento. Precisa de protección ante cortocircuitos mediante un sistema de limitación de corriente.



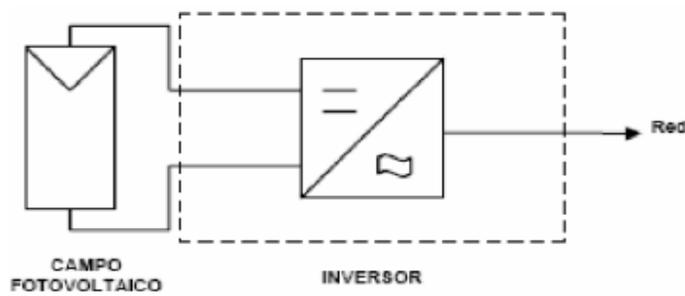
Aislamiento galvánico en baja frecuencia:



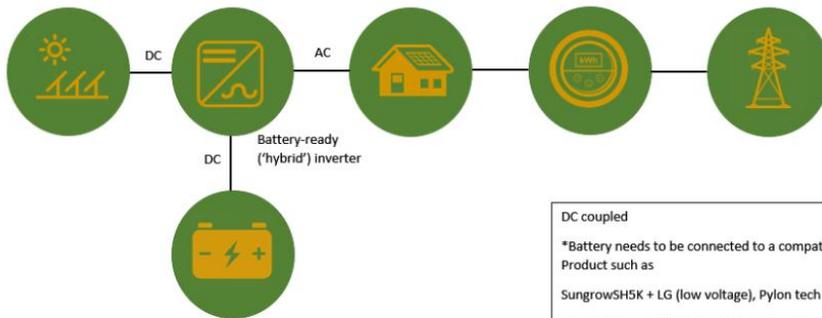
Aislamiento galvánico en alta frecuencia:



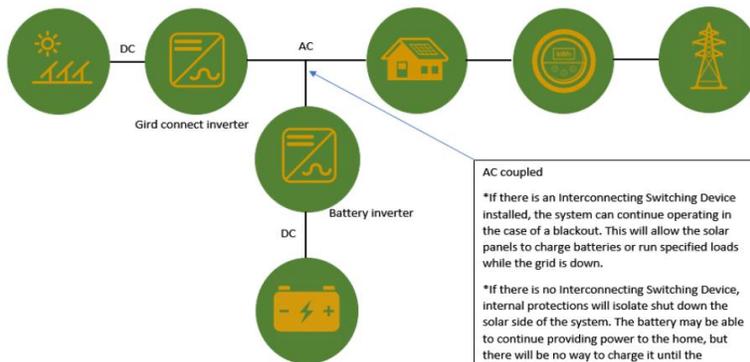
Sin aislamiento galvánico:



Híbridos

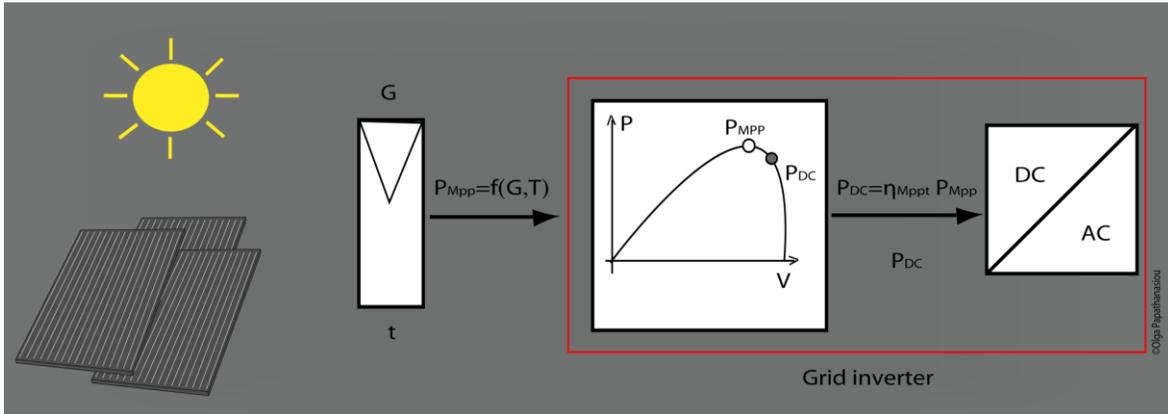


DC coupled
*Battery needs to be connected to a compatible hybrid inverter. Product such as
SungrowSH5K + LG (low voltage), Pylon tech
Goodwe EM + LG (low voltage), BYD, pylonntech, GCL



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.

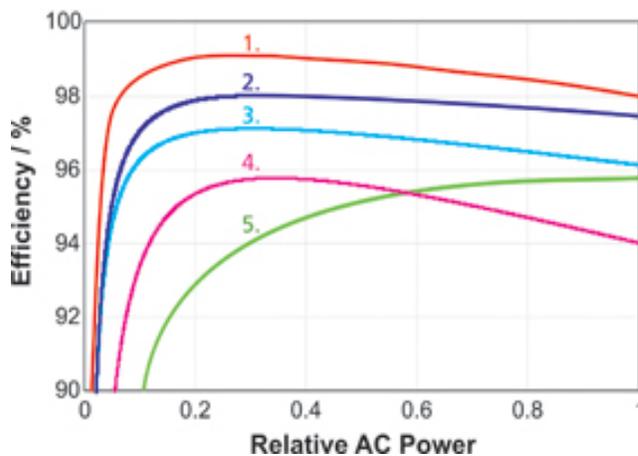
Eficiencia



- 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.

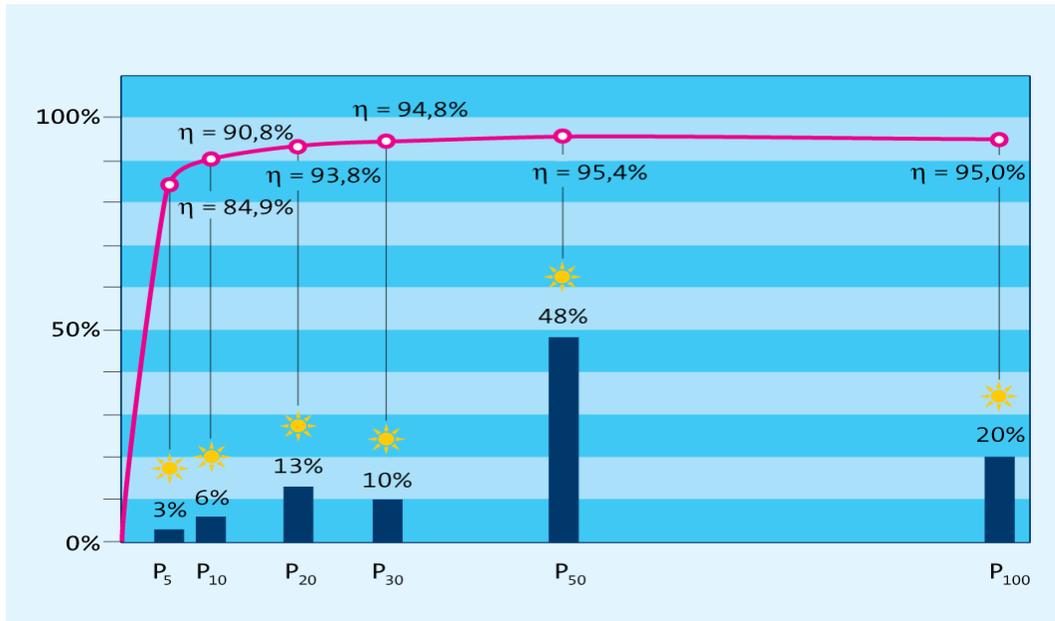
$$\eta_{tot} = \eta \cdot \eta_{MPPt} = \frac{P_{AC}}{P_{MPP}}$$

- 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.



1. transformerless, unipolar switching, SiC
2. transformerless, unipolar switching, Si
3. transformerless, bipolar switching, Si
4. HF-transformer (16 kHz), Si
5. LF-transformer (50/60 Hz), Si

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.

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

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

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

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.

Elementos y Dimensionamiento Sistemas Interconectados

Rodolfo Alvarado Castañeda

Módulo 7 Tipología y Diseño de Instalaciones Solares Fotovoltaicas

Objetivo

Los participantes identificarán las protecciones eléctricas necesarias para prevenir: fallas en los sistemas fotovoltaicos, proteger a cualquier persona que entre en contacto con el sistema y la infraestructura de la instalación eléctrica del sitio de instalación.



Componentes de Generador Fotovoltaico (protecciones eléctricas, accesorios y estructura)

Protecciones generales

Los sistemas fotovoltaicos deben protegerse contra:

- Sobre corrientes (cortos circuitos).
- Sobretensiones (descargas atmosféricas).
- Descarga eléctrica (contacto con partes vivas).
- Arco eléctrico (ruptura del dieléctrico del circuito fotovoltaico).



Protecciones contra sobre corrientes

Estos dispositivos protegen los conductores, se seleccionan en función de la corriente de corto circuito calculada a partir de las condiciones de operación extremas del sistema fotovoltaico. Los criterios de selección de las protecciones varían entre los conductores de Corriente Continua y Corriente Alterna, ya que, los niveles de tensión y las propiedades de flujo de los electrones son diferentes.

En Corriente Continua, a partir de lo definido en el artículo 690 de la NOM-001-SEDE-2012, cada arreglo fotovoltaico debe de tener una protección de sobre corriente, en este caso, cada arreglo es una serie (string) de módulos y la corriente de corto circuito típica en los módulos de silicio cristalino, principal tecnología empleada en Centrales Eléctricas Fotovoltaicas actuales varía entre 9.2 y 10.2 A con temperaturas ambiente alrededor de los 40°C.

A partir de este valor la corriente máxima estimada(según lo señalado en el artículo 690 de la NOM-001-SEDE-2012) es el 125% del valor de la corriente de corto circuito obtenida con los datos del módulo (9.2-10.2 A) y los conductores deben soportar no menos del 125% de la corriente máxima estimada o el 156% de la corriente de corto circuito obtenida con los datos del fabricante de los módulos, es decir emplear una protección de entre 15 y 20 A, normalmente se emplean fusibles, ya que, estos son más económicos para el tema de remplazo.

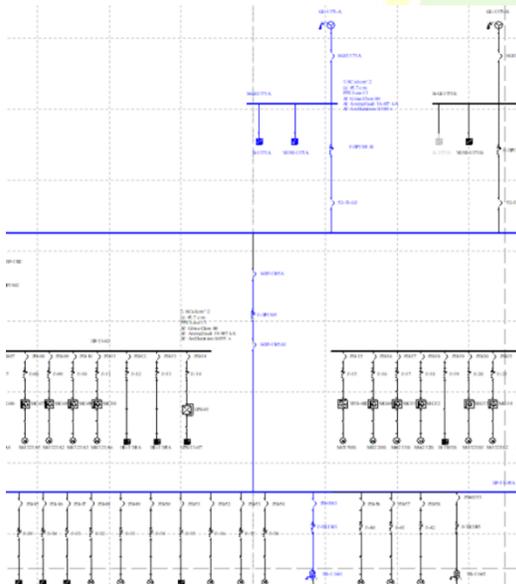
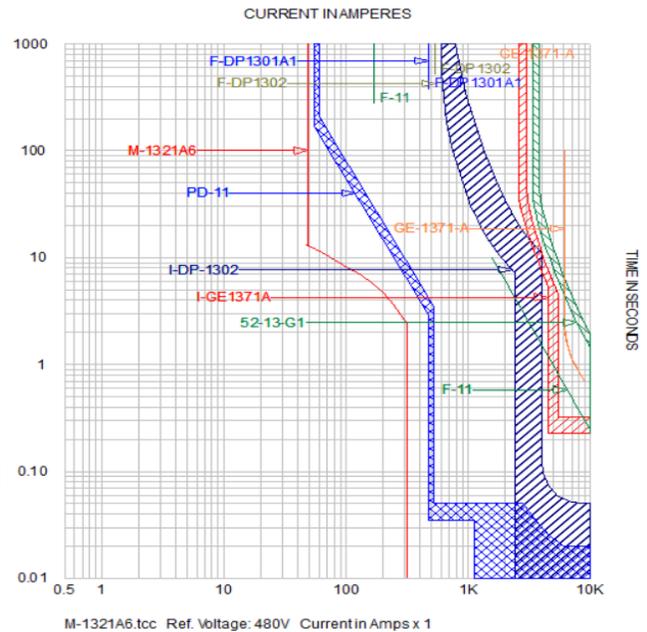
Para los conductores de CA, la referencia de cálculo de corriente es la que se presenta en la salida máxima de los inversores, por ejemplo, si se tiene un inversor de 1500 kVA con una tensión de salida de 480 V CA, la corriente máxima de salida se presenta cuando este inversor trabaja con un factor de potencia de 1, operación típica en Centrales Eléctricas Fotovoltaicas, provocando una corriente en los

circuitos de salida de aproximadamente 1804 A, la protección a emplear deberá ser de 125% el valor calculado, normalmente se emplean interruptores termo magnéticos para proteger la salida de los inversores.

Coordinación de protecciones

Es necesario analizar la manera en que cada dispositivo se activa en función de una falla, procurando que los efectos de esta sean contenidos para proteger la infraestructura del sistema eléctrico.

Para garantizar la apropiada operación de las protecciones y suprimir los efectos de la falla en el menor tiempo posible es necesario analizar la coordinación de protecciones. Cabe destacar, que este análisis también es un requerimiento para la interconexión al Sistema Eléctrico Nacional solicitado por la CRE a través del CENACE y está considerada en el Código de Red para Centrales Eléctricas.



El análisis de corto circuito es el punto de partida para el estudio de coordinación de protecciones. Este estudio se basa en la memoria de cálculo de corto circuito, además de las características nominales de todos los equipos y dispositivos seleccionados en esta red. La metodología para el estudio de coordinación de protecciones de sobre corriente consiste en determinar los puntos de operación de las curvas de los dispositivos de protección y juntamente con las curvas características tiempo-corriente de los elementos serie del sistema, los cuales se expresan en ejes logarítmicos, para dar como resultado la gráfica final de coordinación.

Protecciones contra sobretensiones

Los circuitos tanto de Corriente Continua como de Corriente Alterna deben de estar protegidos ante efectos donde el diferencial de potencial eléctrico (voltaje) se incremente de manera súbita y su respuesta debe ser lo más rápida posible, para desviar esa sobretensión al sistema de tierra física. Las protecciones seleccionadas e instaladas deben cumplir con lo establecido en los artículos 250 (Puesta a Tierra y Unión), 280 (Aparta rayos de más de 1000 V) y 285 (Supresores de Sobretensiones Transitorias de 1000 V o menos) de la NOM-001-SEDE-2012.

En los circuitos de Corriente Continua, el límite de tensión para la selección de la protección de sobre tensión es el voltaje máximo de operación del inversor, ya que, en este equipo se concentran los arreglos fotovoltaicos. En Corriente Alterna los límites de tensión son definidos por las capacidades nominales de los transformadores más 5%, tolerancia admitida en la operación de Sistema Eléctrico Nacional, definido en la resolución de 151 2016 (Código de Red).

Para los circuitos de Corriente Continua se recomienda emplear varistores como protección de sobretensión y no de estado sólido, ya que, esta protección tiene capacidad de soportar más de un evento de desviación de tensión y existen en el mercado protecciones con posibilidad de monitoreo, la cual, aporta la ventaja de conocer cuándo se activó la protección y en qué estado se encuentra después de la contingencia.

La capacidad de descarga del dispositivo de protección de sobretensión debe ser mayor a 10 kA.

El tiempo de respuesta de la protección debe ser menor a 40 ns.

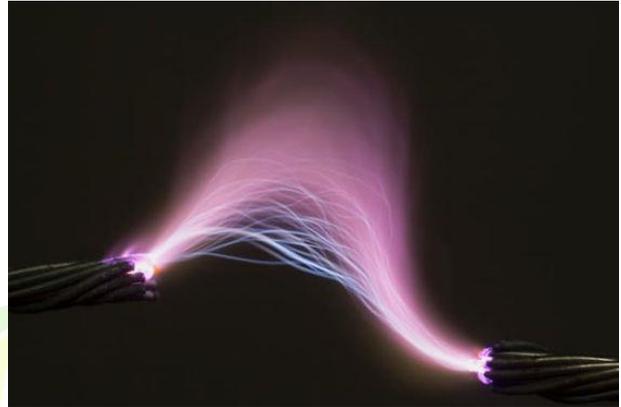
En Corriente Alterna la tensión de operación de la protección de sobre corriente debe ser del valor próximo al 10% de la tensión nominal del circuito. Por ejemplo: Si la tensión de salida del inversor es de 480 V CA, entonces la capacidad de la protección de sobretensión es de 600 V CA.



Protecciones de falla por arco eléctrico

Para disminuir el riesgo de incendios provocados por fallas eléctricas, se recomienda la instalación de dispositivos de protección de arco eléctrico, este aspecto ha evolucionado a lo largo de los años dentro de la industria fotovoltaica, ya que, ha sido un tema delicado en los distintos proyectos desarrollados a nivel mundial. El uso de inversores por serie (string) incrementan la seguridad del sistema eléctrico dentro de las Centrales Eléctricas Fotovoltaicas, ya que, cada inversor cuenta con las protecciones apropiadas para su seguridad, sin embargo, se recomienda colocar protecciones redundantes externas, ya que, el costo de reparación de un inversor es mayor al costo del remplazo de protecciones exteriores.

Los sistemas FV con circuitos de fuentes de corriente continua, circuitos de salida de corriente continua o ambos, encima o penetrando a un edificio, operando con tensión máxima de SSF de 80 V o mayor, deben estar protegidos por un interruptor (corriente continua) de falla por arco tipo FV u otros componentes del sistema que provean una protección equivalente.



El sistema debe detectar e interrumpir fallas por arco resultantes de una falla en la continuidad esperada de un conductor, conexión, módulo u otro componente del sistema, en los circuitos de fuentes FV y circuitos de salida.

El sistema debe desactivar o desconectar a inversores conectados al circuito con falla cuando la falla sea detectada y/o componentes del sistema dentro del circuito donde se produce el arco.

El sistema requiere que el equipo desactivado o desconectado sea manualmente restablecido.

El sistema debe tener un indicador que suministre una señal visual de que el interruptor del circuito ha operado. Esta indicación no debe restablecerse automáticamente.

Protecciones de falla por arco eléctrico

Se debe realizar el análisis de riesgo por arco eléctrico con base en los lineamientos indicados en el estándar NFPA 70E y por los métodos de cálculo recomendados en el estándar IEEE Std.1584- 2002, considerando:

- Determinar todas las posibles fuentes de arco eléctrico en la estación, verificando diagramas unifilares y las etiquetas de identificación.
- Realizar el estudio de flujos de potencia, corto circuito con software eléctrico especializado, para determinar si las capacidades interruptoras de las protecciones, son adecuadas para la protección del sistema eléctrico.
- Cálculo de la duración y distancias mínimas para la generación de arco eléctrico sostenido.
- Clasificación de Categorías de Riesgo/Peligro eléctrico.
- Elaboración de diagrama unifilar actualizado con los niveles de corto circuito.

 DANGER / PELIGRO 		
<p>Arc Flash And Shock Hazard</p> <p>Do not operate controls or open covers without appropriate personal protection equipment.</p> <p>Failure to comply may result in injury or death!</p> <p><small>Refer to NFPA 70E for PPE requirements.</small></p>		<p>Riesgo de Arco Eléctrico y Descarga</p> <p>No opere interruptores o abra cubiertas sin el equipo de protección personal apropiado.</p> <p>Incumplir esta advertencia puede provocar heridas o hasta la muerte!</p> <p><small>Revisar la NFPA 70E para requisitos de EPP.</small></p>



Selección de conductores eléctricos

- a. Certificados de calidad y seguridad de los conductores. Se recomienda revisar el Anexo 6 donde se hace mención a la normativa nacional para las pruebas y especificaciones de los conductores que se emplearán. Las condiciones de operación de los conductores en los Parques Fotovoltaicos son extremas, por lo que el confirmar las certificaciones de los cables a emplear es una actividad básica en el diseño y construcción de los proyectos de gran escala.
- b. La tensión eléctrica máxima de entrada del inversor. Los inversores son diseñados para trabajar con el mayor nivel de tensión posible, cuidando los aspectos de seguridad en términos eléctricos, por lo tanto, se debe tener especial atención en la selección de los cables para que cumplan con las condiciones necesarias para preservar la seguridad integral del sistema. Se recomienda que el aislamiento de los conductores sea mayor a la tensión máxima de los inversores, para limitar el riesgo de arcos eléctricos. Por ejemplo, si el inversor tiene una tensión máxima de entrada de 1500 V CC, se recomienda seleccionar cables con un aislamiento que opere hasta 2000 V CC.
- c. La tensión nominal de los transformadores. En las Centrales Eléctricas Fotovoltaicas se trabajan diferentes niveles de tensión, se recomienda revisar que cada conductor instalado tenga una capacidad de voltaje mayor de aislamiento que el nivel de tensión al cual estará operando, ya que, alguna selección inapropiada puede poner en riesgo la integridad de toda la infraestructura del Parque Fotovoltaico. Por ejemplo, si en media tensión dentro del Parque se trabaja un valor nominal de 34,500 V, el aislamiento de los conductores debería ser capaz de soportar hasta 35,000 V.
- d. Corriente de corto circuito de cada arreglo fotovoltaico. Es un aspecto básico el revisar que el calibre seleccionado de cable garantice la transmisión de la corriente máxima en las condiciones de temperatura ambiente más altas registradas con las condiciones de agrupamiento convenidos. Además, es necesario observar que existe un limitador de corriente apropiado para preservar la integridad del cable. De manera práctica, si se trabaja con módulos fotovoltaicos de silicio cristalino de 72 células, modelo típico en Centrales Eléctricas Fotovoltaicas, la corriente de corto circuito ronda entre 12 y 14 A por serie (string), con lo que se selecciona una protección de sobre corriente de entre 15 y 20 A, el cable apropiado debe ser capaz de conducir por arriba de ese valor en las condiciones de mayor temperatura en el sitio de instalación, que en algunas zonas del país llega a ser cerca de los 50° C.
- e. La capacidad de conducción de corriente. Este aspecto va vinculado al análisis de caída de tensión; en el diseño de Sistemas Fotovoltaicos, además garantizar la ampacidad del conductor, se debe cuidar la caída de tensión que finalmente este efecto es una consecuencia de la resistencia del cable y

la corriente. La selección de los conductores implica un análisis técnico económico comparando las pérdidas de energía, reflejadas en la caída de tensión y el costo de un cable de mayor calibre. Considerando criterios de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos definidos por ANCE, más estrictos en cuanto a caída de tensión que la NOM-001-SEDE-2012, se recomienda trabajar una caída de tensión máxima de 1% en circuitos de Corriente Continua y 1% para circuitos de Corriente Alterna. Empleando este criterio, normalmente los conductores son dimensionados a una capacidad mayor a la ampacidad mínima requerida, esto refuerza la integridad de los conductores seleccionados.

- f. Temperatura ambiente. Aspecto determinante para la capacidad de conducción de los cables que varía de manera considerable dentro de las zonas de clima extremo donde generalmente se instalan las Centrales Eléctricas Fotovoltaicas. Es necesario consultar si el aislamiento de los conductores soporta tanto la temperatura más alta como la más baja que se presentará en el sitio de instalación, así como el analizar cómo se comportará la corriente dentro de los conductores ante estas condiciones. El comportamiento de la corriente es distinto si fluye Corriente Continua o Corriente Alterna, el análisis de Corriente Continua está basado sólo en la resistencia natural del material del conductor, en Corriente Alterna se analiza considerando la impedancia del conductor operando con una frecuencia de 60 Hz.
- g. Protección contra rayos UV. La NOM-001-SEDE-2012 en el artículo 690, establece que los conductores en los arreglos fotovoltaicos deben ser capaces de soportar la exposición continua a los rayos UV presentes en el espectro de la luz solar, sin considerar que están expuestos o no directamente a los rayos solares.

Medios de conexión

Se deben elegir dispositivos para el cierre o apertura de circuitos instalados para brindar seguridad al personal y la infraestructura. Se deben seleccionar dispositivos robustos para soportar accionamiento continuo durante el tiempo de vida útil proyectado del sistema (25 años), ya que los dispositivos estarán sujetos a un desgaste importante durante procesos de mantenimiento y operación.

Los medios de desconexión deben estar al alcance sólo de personal calificado de operación del Parque y debe de estar a la vista desde cualquier punto de la sección

a desactivar dentro del Parque, esto con la finalidad de salvaguardar la integridad del personal y de la infraestructura.

Los dispositivos deben seleccionarse conforme a las características de los circuitos.

Cada medio de desconexión constará de no más de seis interruptores o seis juegos de interruptores automáticos, o una combinación de no más de seis interruptores y juegos de interruptores automáticos, montados en un solo gabinete, o en un grupo de recintos separados.

Los medios de desconexión del AFV deben tener rangos suficientes para la corriente máxima de cortocircuito disponible de la corriente del circuito y la tensión disponible en los terminales de la desconexión del sistema.

Deberán desconectar simultáneamente los conductores del AFV de todos los conductores. Debe ser un interruptor de uso general o interruptor de circuito de uso externo, ser adecuado para la operación de retroalimentación y debe estar etiquetado para su uso en sistemas FV.



Gabinetes

Deben ser seleccionados conforme las condiciones ambientales en las que serán sometidos. Las siguientes tablas sirven de referencia para la selección del grado de protección de las envolventes de los gabinetes:

Especificación IEC

La especificación IEC se expresa a través de 2 dígitos, el primero representa el grado de protección contra la introducción de cuerpos sólidos y el segundo el grado de protección contra agua. La selección del gabinete eléctrico o cualquier envoltorio debe de determinarse a partir de la unión de los 2 grados de protección.

Grado de protección contra la introducción de cuerpos sólidos		
Primer índice	Descripción	Alcance de la protección
0	Sin protección	Sin especial protección para personas contra un contacto directo de piezas móviles internas y las externas con vida. Sin protección a los equipamientos contra el ingreso de objetos sólidos externos.
1	Protección contra los cuerpos sólidos grandes	Protección contra el contacto accidental de grandes áreas con vida y partes interiores con movimiento, por ejemplo: la parte posterior de la mano. Pero sin protección contra el acceso deliberado del mismo. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor que 50 mm.
2	Protección contra los cuerpos sólidos medianos	Protección contra el contacto entre los dedos y las partes interiores móviles. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 12,5mm.
3	Protección contra los cuerpos sólidos pequeños	Protección contra el contacto entre las piezas móviles internas y herramientas, cables, hilos... con un espesor mayor a 2,5mm. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 2,5mm.
4	Protección contra los cuerpos sólidos muy pequeños (granulados)	Protección contra el contacto entre las piezas móviles interiores y herramientas, cables, hilos... con un espesor mayor a 1mm. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 1mm.
5	Protección contra los residuos de polvo	Protección contra el contacto entre las piezas móviles interiores y el ingreso de polvo. El ingreso no se previene completamente, pero el polvo no puede penetrar en tales cantidades que puedan afectar al funcionamiento correcto del mismo.
6	Protección total contra la penetración de cualquier cuerpo sólido (estanqueidad)	Protección total contra el contacto de las piezas móviles interiores. Protección contra cualquier ingreso de polvo.

Grado de protección al agua		
Segundo Índice	Descripción	Alcance de la protección
0	Sin protección	Sin ninguna protección especial.
1	Protección contra el goteo de agua vertical (condensación)	La caída vertical de gotas de agua no debe causar daños.
2	Protección contra el goteo de agua inclinada verticalmente	La caída de gotas de agua con hasta un ángulo de 15° de la vertical desde cualquier dirección, no debe causar daño.
3	Protección contra agua en spray	La caída de gotas de agua con hasta un ángulo de 60° de la vertical desde cualquier dirección, no debe causar daño. (lluvia)
4	Protección contra las salpicaduras de agua	Las salpicaduras de agua desde cualquier dirección no deben de causar daños al interior.
5	Protección contra chorros de agua de cualquier dirección con manguera	Los chorros de agua producidos con manguera y desde cualquier dirección, no deben de causar daño al interior.
6	Protección contra inundaciones	La cantidad de agua que se introduzca, en casos de inundación esporádica o temporal, no debe dañar el interior, por ejemplo, los golpes de mar.
7	Protección contra la inmersión temporal	La cantidad de agua que se introduzca, en caso de sumergir el equipamiento en específicas condiciones de presión entre 1 y 30 minutos, no debe dañar las piezas internas del mismo.
8	Protección durante inmersión continua	El agua que se pueda introducir, si sumergimos el equipamiento al menos con 2 horas y con una presión de 2 bares (para los racores HelaGuard IP68 No Metálicos) y de 5 horas y con una presión de 5 bares (para los racores HelaGuard IP68 Metálicos), no deben producir daño en el interior.
9 k	Protección contra la introducción de agua usando pistolas de limpieza de alta presión	El agua que se introduzca en el interior, producida al utilizar pistolas de limpieza con agua de alta presión, no deben causar daño interior.



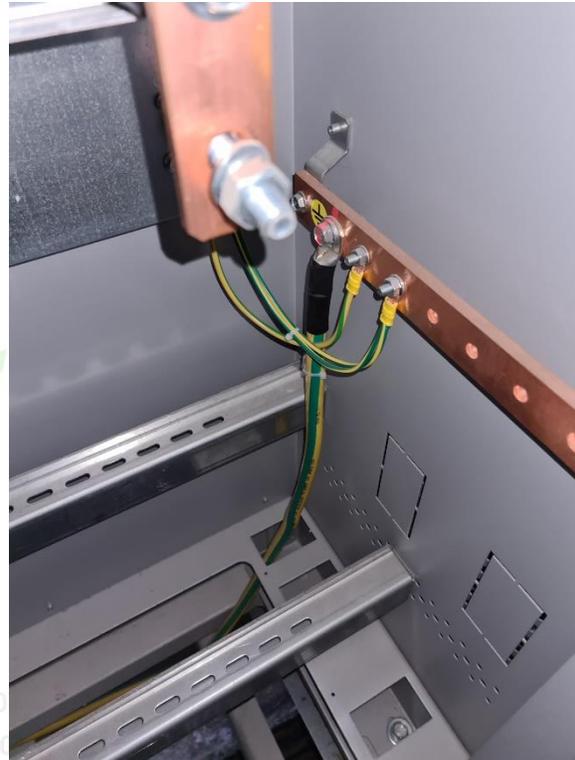
En el mercado eléctrico nacional también se emplea el código NEMA para la selección del grado de protección de las envolventes, en la siguiente tabla se presentan las características de los grados de protección recomendados para su uso en exteriores.

Condición de la protección	Tipo de envoltente				
	3	3R	3S	4	4X
Lluvia, nieve, aguanieve	X	X	X	X	X
Aguanieve (mecanismo de funcionamiento externo funcional con hielo)			X		
Polvo llevado por el viento	X		X	X	X
Riego				X	X
Agentes corrosivos					X

Sistema de Puesta a tierra y pararrayos

El sistema de puesta a tierra es la base del sistema eléctrico y un elemento de protección primordial. Para su apropiado diseño y especificación es recomendable considerar los siguientes aspectos:

- Los sistemas eléctricos que son puestos a tierra se deben conectar a tierra de manera que limiten la tensión impuesta por descargas atmosféricas, sobretensiones en la línea, o contacto no intencional con líneas de tensión mayor y que estabilicen la tensión a tierra durante la operación normal.
- Una consideración importante para limitar la tensión impuesta es el direccionar los conductores de unión y del electrodo de puesta a tierra, de modo tal que no sean más largos de lo necesario para completar la conexión sin perturbar las partes permanentes de la instalación, así como evitar dobleces y bucles innecesarios.
- Es necesario emplear cable de cobre desnudo para incrementar la posibilidad de contacto y protección a través del Sistema de Puesta a Tierra.
- La conexión de puesta a tierra del circuito de corriente continua se debe hacer en un solo punto del circuito de salida fotovoltaico.
- Ubicando el punto de conexión de puesta a tierra lo más cerca posible de la fuente fotovoltaica, el sistema quedará mejor protegido contra las sobretensiones producidas por las descargas atmosféricas.



Estaciones meteorológicas



Las estaciones meteorológicas son un componente crítico para la determinación del rendimiento de los Sistemas Fotovoltaico con respecto a las condiciones medio ambientales, la serie de normativas mexicanas NMX-J-643-ANCE, basada en normativa IEC, establece aspectos para la medición de parámetros para el cálculo del rendimiento del Sistema Fotovoltaico a partir de los parámetros que se deben monitorear en las estaciones meteorológicas.

De manera general, se recomienda cuidar los siguientes aspectos en la selección e instalación de estaciones meteorológicas:

- Que se instalen en áreas donde no interfieran dentro del proceso de generación de energía.
- Evitar que la infraestructura de la Central Eléctrica Fotovoltaica interfiera con el registro de algún sensor de la infraestructura.
- Se recomienda instalar como mínimo una estación meteorológica a partir de una potencia instalada de 100 kWp, aunque entre mayor sea el número de estaciones se tendrá un mejor conocimiento del rendimiento del sistema, con la posibilidad de planear con mayor detalle los protocolos de mantenimiento tanto preventivos como correctivos.
- El número de estaciones meteorológicas también depende de la topología de los inversores seleccionados, ya que, cada tipo de inversor permite diferentes alcances de monitoreo en función de su propia estructura de comunicación. Por ejemplo, los inversores por serie (string) permiten conocer con mayor detalle los parámetros eléctricos de cada serie de la Central Eléctrica, con los inversores centrales también es posible, sin embargo, tiene un costo adicional el instalar un módulo de monitoreo por serie.
- Todo piranómetro horizontal deberá instalarse libre de sombras a lo largo del año y deberá tener un área libre de sombras de 360°.
- La ubicación de las estaciones meteorológicas depende de la configuración del arreglo fotovoltaico y este a su vez de la disposición del terreno. Si se tiene un terreno regular, rectangular, se recomienda considerar la colocación de estaciones a partir de los siguientes aspectos:
 - Tener registro de la temperatura de los módulos a las orillas y centro del arreglo fotovoltaico.
 - En los módulos con los sensores de temperatura también deben colocarse los módulos de concentración de polvo.
 - Los anemómetros son fundamentales a las orillas del arreglo, ya que, serán estos módulos los que recibirán el viento con mayor velocidad, aspecto que pone en riesgo la integridad de todo el arreglo.
 - Los sensores de irradiancia también deben de colocarse a las orillas y centro del arreglo para analizar el efecto de la irradiancia a lo largo del arreglo fotovoltaico.



- El medidor del albedo debe ser instalado a 10 metros de cualquier superficie reflejante y cerca de un área que presente un suelo representativo a las condiciones dominantes en el sitio de instalación. La altura de instalación del albedómetro debe ser la misma que el eje de los seguidores (trackers).
- Los sensores de temperatura colocados en la parte posterior de los módulos deben fijarse en el centro de una célula ubicada a la mitad del módulo fotovoltaico.
- Los sensores de temperatura en la parte posterior de los módulos no deben instalarse en los racks exteriores del arreglo fotovoltaico.
- Los sensores de temperatura detrás de los módulos deben ser colocados con el adhesivo recomendado por el fabricante.
- Considerar el integrar un sensor para medir la concentración de polvo en cada estación meteorológica.

Selección de transformadores

La potencia aparente máxima de salida de los inversores.

Se recomienda que la capacidad de generación máxima de los inversores no supere la capacidad nominal del transformador, es importante consultar con el fabricante del transformador la capacidad de operación recomendable del equipo para prevenir su mitigar un posible envejecimiento acelerado.

La tensión eléctrica nominal de los inversores.

Se debe asegurar que el rango de voltaje definido de los inversores se encuentra dentro de los niveles nominales de tensión especificados en los transformadores.

Rango de impedancia.

Procurar que el transformador permite una apropiada conducción de la corriente, este aspecto también permite disminuir el valor de corriente de corto circuito. La impedancia es necesaria para coordinar las protecciones de la línea de transmisión.



Temperatura ambiente.

Este rubro es crítico al instalar Parques Fotovoltaicos en zonas desérticas, ya que, cuando se presenta el pico de potencia de generación se presentan las temperaturas más altas, mermando las capacidades físicas del transformador.

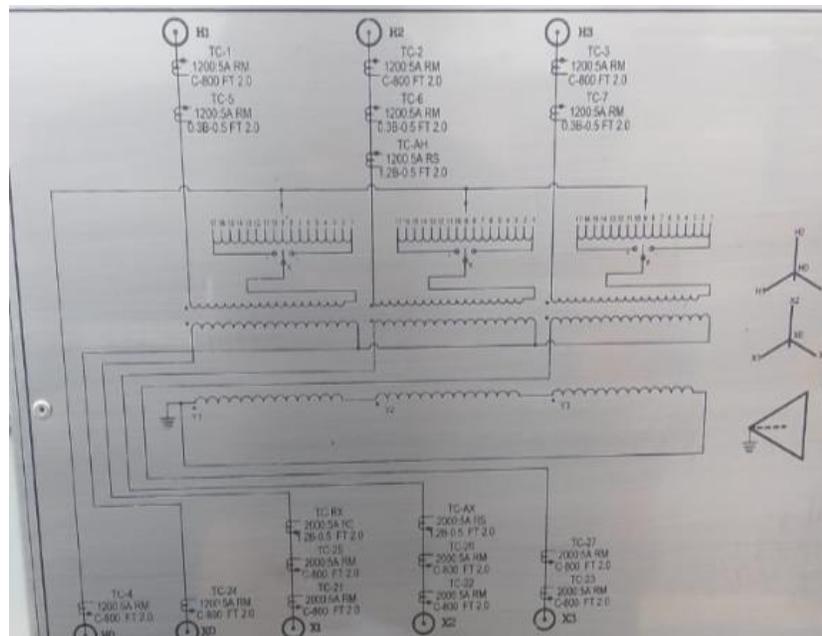
Altura y zona de operación.

La altura máxima de operación de los transformadores con los métodos nominales de enfriamiento nominales limita su operación a una altura mayor de 1,000 MSNM, cualquier incremento requiere un cambio en el sistema de enfriamiento del

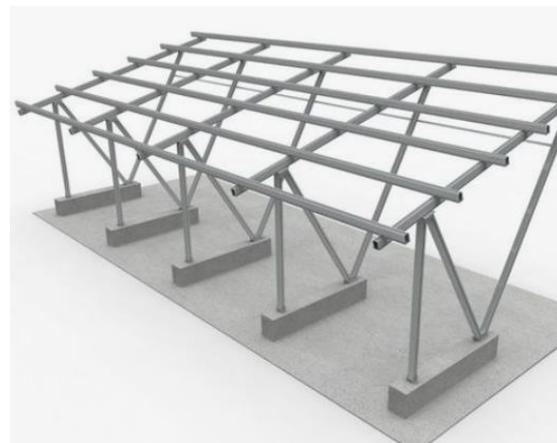
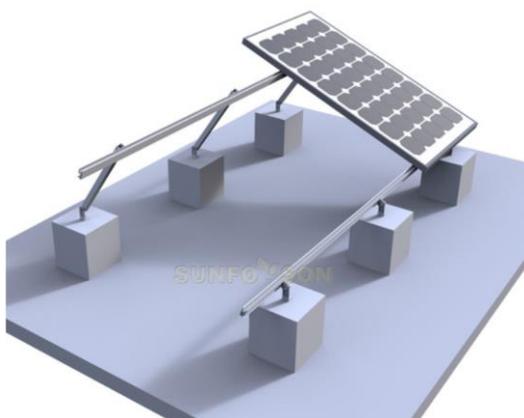
transformador, si no se corrige se incrementará la temperatura de operación degradando los aislamientos. Si la zona tiene riesgo de sismo, se recomienda emplear transformadores reforzados mecánicamente para evitar una falla crítica.

El tipo de transformador.

Se recomienda emplear transformadores para aplicaciones fotovoltaicas, ya que, estos están acondicionados para procurar que la calidad de energía mejore, en cuestión de desbalance, al pasar de un nivel de menor tensión o uno de mayor magnitud. Además, los transformadores de potencia de la subestación deben de presentar, desde fábrica, una capacidad de mantener su eficiencia en distintas capacidades de carga, en función del tipo de sistema de enfriamiento activo en ese momento.



Estructuras para Arreglos Fotovoltaicos





Elementos y Dimensionamiento Sistemas Interconectados

Rodolfo Alvarado Castañeda

Módulo 8 Diseño y Modelado de un Sistema Interconectado

Objetivo:

El participante identificará los criterios necesarios para realizar el modelado de un generador fotovoltaico de interconexión.

Diseño y modelado de Sistemas Fotovoltaicos (Modelado)

De lo general a lo particular.

Obtener la potencia pico a instalar. Para su cálculo es necesario conocer el recurso solar disponible en el sitio de instalación y el rendimiento promedio del sistema.

$$\text{Potencia pico a instalar} = \frac{\text{Energía a generar en punto de interconexión (kWh)}}{\text{Horas de Pico Solares (PSH)} \times \text{Rendimiento promedio del sistema}} \quad (1)$$

Energía solar. El recurso energético solar se estima en Horas Pico Solares, las cuáles no son las horas con luz solar en el día, sino un valor definido como el cociente de la irradiación promedio (dato obtenido de registros satelitales o a través de estaciones meteorológicas) entre la irradiancia pico (constante global, $1 \frac{kW}{m^2}$).

$$\text{Horas Pico Solares (PSH)} = \frac{\text{Irradiación promedio en sitio kWh/m}^2}{\text{Irradiancia global (1kW/m}^2)} = \frac{G_{\text{sitio}}}{E_{\text{global}}} \quad (2)$$

Rendimiento promedio del sistema. Al tratarse de sistemas interconectados a la Red, para realizar un bosquejo inicial de la configuración del Sistema, se recomienda considerar los siguientes aspectos para determinar el rendimiento promedio general.

Análisis del Rendimiento en el Arreglo Fotovoltaico.

Rendimiento térmico de los módulos fotovoltaicos:

$$\text{Rendimiento térmico AFV} = [1 + (\text{coef. térmico potencia} \times \Delta \text{ de temperaturas})] \times 100\% = [1 + (\gamma_{\text{módulo}} \times \Delta_T)] \times 100\%$$

Donde:

Coeficiente térmico de potencia del módulo (γ) está definido en la hoja de datos técnicos del módulo.

Diferencia de temperaturas:

$$\Delta_T = \text{Temperatura del módulo en sitio} - \text{Temperatura del módulo en condiciones estándar de prueba} = T_{\text{módulo sitio}} - T_{\text{célula STC}}$$

Donde:

Temperatura del módulo en sitio:

$$T_{\text{módulo sitio}} = T_{\text{ambiente promedio máxima}} + \frac{(T_{\text{célula NOCT}} - T_{\text{ambiente NOCT}}) \times E_{\text{STC}}}{E_{\text{NOCT}}}$$

Datos localizados en la hoja de datos técnicos del módulo seleccionado:

Temperatura de la célula en condiciones normales de operación: $T_{\text{célula NOCT}}$ (Normalmente el valor es de 45°C).

Constantes de análisis en la industria fotovoltaica:

Condiciones estándar de prueba (STC):	Condiciones normales de operación (NOCT):
Irradiancia pico global: $E_{\text{STC}} = 1,000 \text{ W/m}^2 = 1 \text{ kW/m}^2$	Irradiancia: $E_{\text{NOCT}} = 800 \text{ W/m}^2 = 0.8 \text{ kW/m}^2$
Temperatura de la célula: $T_{\text{célula STC}} = 25^\circ\text{C}$	Temperatura ambiente: $T_{\text{ambiente NOCT}} = 20^\circ\text{C}$
Masa de aire: $AM = 1.5$	Masa de aire: $AM = 1.5$
	Velocidad del viento: $V_{\text{viento}} = 1 \text{ m/s}$

Rendimiento por cuestiones de degradación de los módulos fotovoltaicos:

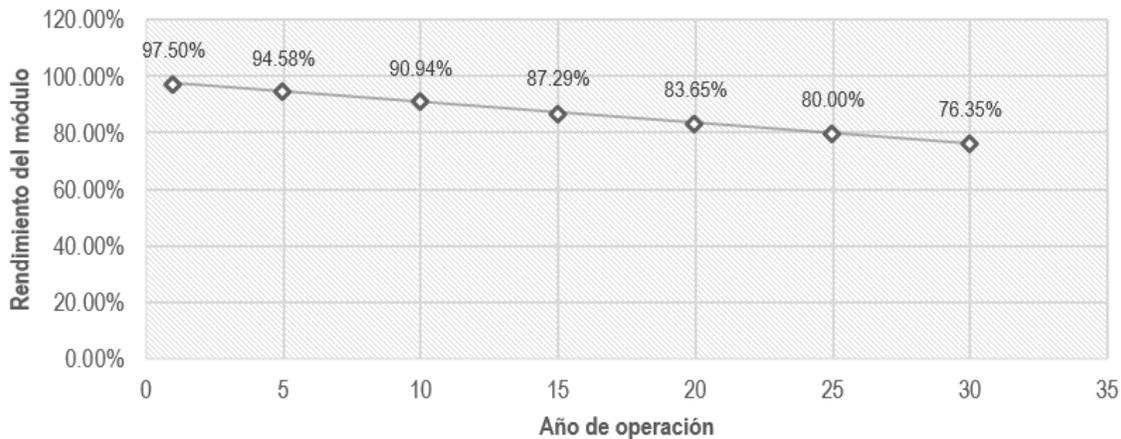
Es necesario conocer el comportamiento descrito de la degradación del módulo seleccionado, por lo tanto, al revisar la curva de degradación se recomienda observar los siguientes aspectos:

- La pérdida del rendimiento en el primer año de operación de los módulos (típicamente es de entre 2.5% y 3%).
- La pendiente del envejecimiento del módulo:

$$m_{\text{degradación}} = \frac{\text{rendimiento año 25} - \text{rendimiento año 1}}{\text{año 25} - \text{año 1}}$$

- Para realizar un dimensionamiento inicial se recomienda considerar el rendimiento de los módulos a 10 años, ya que, es el tiempo promedio de garantía sobre el producto que la mayoría de los fabricantes de módulos FV establecen.

Degradación de módulo FV típico de silicio



Efectos adicionales que afectan el rendimiento de los arreglos fotovoltaicos.

Concentración de polvo sobre la superficie de los módulos. La influencia de este factor sobre el rendimiento de los sistemas es difícil de estimar, hay estudios especializados que aproximan la influencia de este factor en función de la ubicación geográfica, considerando la posición de los círculos de los desiertos en el planeta.

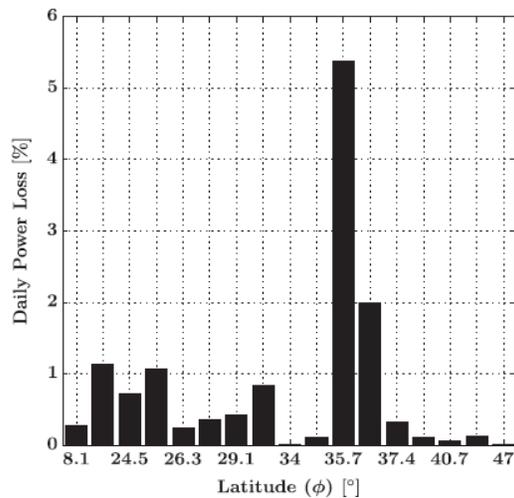


Ilustración1: SAYYAH Arash, Horestein Mark, MAZUMBER Malay.
"Energy yield loss caused by dust deposition on photovoltaic panels".
Boston. 2014.

En la gráfica se expresa el promedio de las pérdidas diarias de la potencia máxima de diferentes Sistemas Fotovoltaicos, localizada en distintas ubicaciones en el planeta. Uno de los sitios analizados fue Hermosillo, México.

Se aprecia que dentro del círculo de los desiertos existe una mayor pérdida diaria por aspectos de concentración del polvo.

Análisis del Rendimiento en el inversor.

El rendimiento (eficiencia) del inversor es definido por el fabricante, depende del tipo de inversor seleccionado:

- Inversor sin transformador
- Inversor con transformador de alta frecuencia
- Inversor con transformador de baja frecuencia
- Inversor central o inversor por serie (string).
- Inversor de corriente
- Inversor de tensión

Los inversores con un mejor rendimiento son los que no tienen transformador, su eficiencia oscila entre el 97% y 98.5%. Este es el tipo de inversor que típicamente se selecciona para la operación en Centrales Eléctricas Fotovoltaicas actuales. Para la primera configuración del sistema se recomienda considerar el valor mínimo señalado, 97%. Los inversores por serie (string) permiten una mayor flexibilidad en la operación del Central Eléctrica comparado a los inversores Centrales, pero la inversión general llega a ser más costosa, debido a que se incrementa la infraestructura en términos de electrónica de potencia.

Análisis del Rendimiento en conductores.

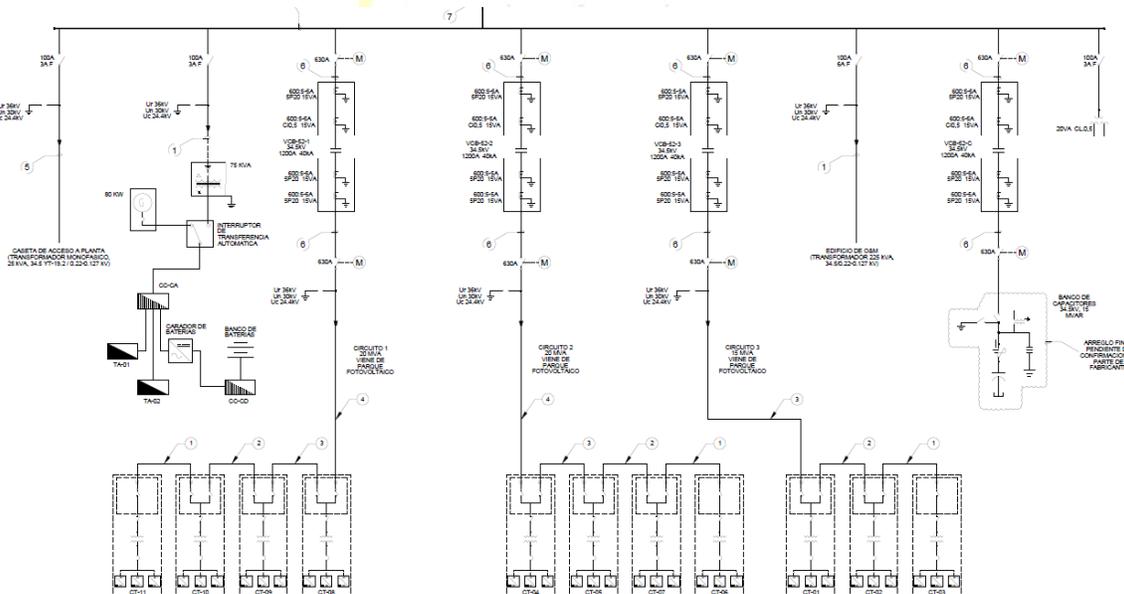
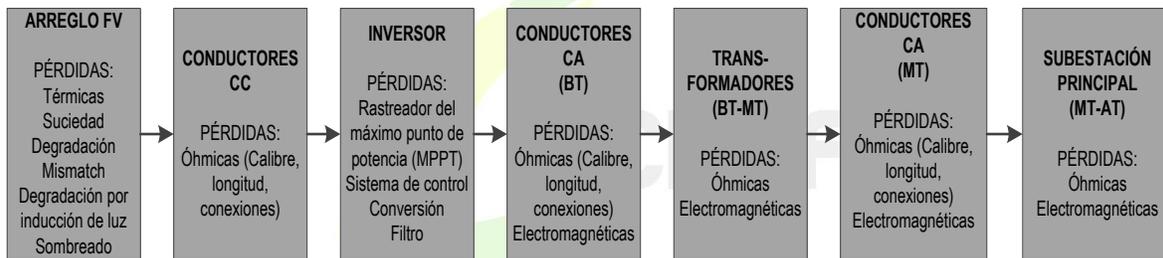
A partir de la integración de los cálculos desarrollados se obtiene que el rendimiento del sistema fotovoltaico:

Rendimiento del sistema

=Rendimiento térmico MFV × Rendimiento proyectado de degradación MFV × Rendimiento por suciedad AFV × Rendimiento por mismatch en AFV × Rendimiento de inversores × Rendimiento en transformadores × Rendimiento en conductores de CA y CC

Como referencia se considera que el rendimiento promedio de diseño inicial debe variar entre 73% y 78%, dependiendo de las condiciones ambientales registradas.

La integración del rendimiento da paso a la conformación del modelo general del sistema, expresado a través de un diagrama de bloques donde se visualiza los accesorios que más influyen en la generación y conducción de los electrones en un Sistema Fotovoltaico:



Marketing y Ventas

Rafael Dávila Vergara

Módulo 9 Análisis del Consumidor, Marketing

Objetivo

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

Sociología del consumidor:

Nuestro patrón de consumo es lo que ha moldeado la forma en la que la economía funciona. Es decir, con el avance del concepto económico actual sea en base a forjar capitales o a buscar la igualdad de ingreso, es la forma en la que nos hemos comportado hasta ahora la que define la forma en la que nuestra economía avanza. Un mercado puede ser afectado por un patrón de consumo y los patrones de consumo definen la forma y la cantidad de venta.

En un ejemplo aplicado a nuestra industria podemos decir que por ejemplo el mercado fotovoltaico de Puerto Rico que es un Microcosmos como industria en donde la energía es de las más caras del continente, todos los usuarios están en las tarifas costosas... en 2018 Los huracanes categoría 5, María e Irma azotaron la isla en menos de una semana de diferencia entre uno y otro. La energía se fue de la isla y volvió el servicio al 100% 8 meses después del incidente. Entonces... ¿Qué significó esto para la industria solar boricua?

Lo que sucedió es que después de semejante cataclismo, en donde usuarios del servicio de energía pasaron meses hasta poder resumir sus vidas cotidianas, se hace entonces ahora en su patrón de consumo la necesidad de incluir un sistema de respaldo en su casa. Lo que antes parecía ser un sistema costoso, lujoso, etc.... ahora pasó a ser una necesidad básica contar con una micro red aislada en casa.

Esto quiere decir que los patrones de consumo cambian conforme al entorno. Y es un factor valioso a identificar, pues nosotros podemos causar efectos positivos en nuestro entorno si logramos comprender cuál es la sociología de compra o del comprador común de un mercado específico.

Más sobre la forma en que las sociedades consumen aquí:

http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1159/1159_u6_act1.pdf

Tarea para su propia evaluación interna:

- Tome el tiempo en su organización, y determine como puede su área comercial identificar cuáles son los 5 puntos comunes por lo que sus clientes le dicen que “Si” a un proyecto.
- Una vez identificado este común denominador, encuentre si alguno o todos esos factores son impulsados conscientemente por su empresa o no. Si están siendo impulsados, es una buena noticia, si no, es una mejor noticia porque quiere decir que sus resultados son orgánicos. Hacer conciencia sobre lo que funciona y no funciona es un trabajo cotidiano en las ventas.
- Por último, determine de esos 5 puntos en común que tienen sus clientes actuales y entienda si estos puntos lo diferencian de su competencia de forma positiva, negativa o es común en su mercado.

CLAVE DE VENTA: La clave del éxito comercial en solar y en muchas otras industrias está en la diferenciación. Muchos ofrecen lo mismo, de la misma forma... se puede vender el mismo tipo de tecnología, pero brindando una experiencia superior. Diferenciarse es la clave.

La calidad y el Marketing son una misma cosa.

Usualmente al definir un organigrama de una empresa solar, aun si es chica o grande, el área de marketing típicamente no es técnico. Es un área dedicada a encontrar canales de venta por medio de los medios digitales que hoy en día abundan y de seguro tiene resultados positivos. Sin embargo, evaluemos el mercadeo de forma macro... el 75% de sus ventas vienen de las recomendaciones y cuidado si en algunos casos no es más que ese número... (Si sus ventas son en un porcentaje mayor al 25% por esfuerzos de mercadeo, debo felicitarle y dejarle saber que su organización está dentro de la élite del marketing).

Si el 75% de las ventas vienen de las recomendaciones, lo que es más valioso cuidar es la calidad de los sistemas pues un cliente que tiene un sistema que funciona, duradero, eficiente, siempre será una buena inversión de marketing. Es quizá el punto más valioso por considerar en la calidad de componentes, mano de obra e instalación, ya que esto será la mejor fuente de ingresos de la empresa, ¡siempre!

CLAVE DE OPERACION: Mantener una flota de sistemas instalados homogénea, con tecnología robusta que tenga monitoreo, permite poder brindar un mejor servicio de post venta, evita volver a campo a resolver problemas inesperados y mantiene a los clientes contentos. Mantener alta calidad de componentes, productos y servicios le garantiza su operatividad en el tiempo.

Tarea para su propia evaluación interna:

Si su área de calidad no ofrece alguna de las siguientes opciones en todos sus sistemas, considérela:

- Uso de tecnología MLPE.
- Monitoreo de producción.
- Monitoreo por modulo.
- Monitoreo de Consumo.
- Módulos T1 según Bloomberg.
- Módulos Media Celda.
- Protección de arco de falla.
- Protección de desconexión rápida en DC.
- Garantías de componentes:
- Inversores 10 años o más.
- Módulos 25 años o más.
- Sistema de anclaje 25 años o más.

Análisis de mercado. Información complementaria.

Al hacer un análisis de plaza o mercado. Muchos consideran que las mejores prácticas que se deben usar son las que aplica una transnacional al hacer un estudio de mercado, y si bien, es verdad... mientras mejor preparada se tenga la estrategia, más eficiente deberá ser... es importante considerar que nuestra mejor forma de definir nuestro mercado es encontrando nuestro sentido dentro de él. Ser parte de la comunidad es esencial para poder comprender el mercado y es desde la perspectiva de los vendedores que estos detalles son más evidentes. La mejor forma de comprender su mercado es en función del entorno de su fuerza de ventas no en función del mercado desconocido. Entonces se puede concluir con base en experiencia que hay dos formas de hacer un estudio de mercado y las empresas más eficientes deberían implementar ambos modelos. El primero, enfocado a enviar un mensaje a su mercado meta de la forma más eficiente posible que le permita a su cliente potencial tener interés y curiosidad de sus servicios... pero muchos se detienen aquí... la segunda es mucho más eficiente en el corto plazo, reúna a sus vendedores y aplique un cuestionario que le ayude a comprender en su entorno como puede potenciar sus ventas.

Un buen vendedor puede generar nuevo mercado, aprovechar conexiones existentes, etc... pero salvo que tenga usted mucha suerte, sus vendedores tendrán actitudes y conductas diferentes y no pueden ser evaluados todos con el mismo criterio, pero todos tienen un entorno y ese entorno es el que se debe comprender. Las empresas de seguros de gastos médicos o seguros de ahorro para el retiro tienden a reclutar vendedores buscando dos objetivos, ventas recicladas y ventas de largo plazo... ¡no vendedores! Que quiere decir esto, que ellos al capacitar una nueva generación de vendedores, ya saben que algunos de ellos solo van a lograr vender en su entorno (padres, abuelos, tíos, padrinos, vecinos), otros van a lograr eso, pero también van a saber, como conquistar nuevos clientes y solo algunos desarrollan talentos que pueden manejar corporativos y cuentas múltiples, pero a todos los capacitan por igual y esto se debe a que el resultado que ellos esperan es Macro no individual. En nuestra industria no es diferente, existen vendedores que podrán vender algunos proyectos, pero hay otros que pueden generar una carrera viviendo de vender sistemas a extraños y recomendados. ¿Entonces qué tipo de vendedores se debe tener en una empresa solar?; la respuesta es simple, de todos los tipos. La rotación en el área comercial debe ser también esperada, pues los vendedores que no dan resultado dan espacio a que nuevos reclutas vengan a probar su fuerza.

La clave detrás de los procesos.

Existen muchas historias de éxito de como el orden, la estructura organizacional y el método formar parte esencial de casi cualquier negocio exitoso en nuestro mundo moderno. El método científico revolucionó la forma en la que la verdad es tratada, sobre todo en las ciencias y esto permite un avance vertiginoso de desarrollo. Pero vivimos en una era de dualidades interesantes; vivimos en una era en la que nuestro teléfono celular tiene mayor poder de computo que toda la tecnología usada para enviar el hombre a la luna junta, pero al momento de llevar nuestros controles operacionales quizá aún seguimos usando Excel, Word y PowerPoint. Los sistemas de control y gestión cumplen con la función de mantener orden, llevar un control de las operaciones y las finanzas, pero más aún, permite hacer el trabajo más fácil. Crear, probar, aplicar y modificar procesos debe ser la forma de estructurar su negocio. Si todas las variables pueden ser controladas, contrólas que la anarquía organizacional es la principal causa de cierre de startups en el mundo.

CLAVE DE OPERACIÓN: Evalué en el mercado cuál de las herramientas de gestión de operación solar le acomoda a su presupuesto y necesidades. Son muchas las opciones en México al 2021.

Modelos de venta basados en precio. ¿Están destinados a morir?

Nuestro mercado solar fotovoltaico mexicano tiene una característica que lo define y es que es un mercado altamente marcado por el precio. Si un componente es muy costoso, simplemente pudiera quedar fuera de mercado ya que los integradores que conformamos la industria permitimos que esa sea la forma en la que se nos evalúa. Pero entendamos que la única forma de poder competir por precio es si todos tenemos las mismas condiciones de calidad y al no estar regulado el mercado, esto comienza a ser un problema. Pues empresas que no cuentan con el mismo respaldo técnico que otras pueden ser más agresivas sacrificando ganancias.

En este caso, se sugiere evaluar la siguiente forma de atacar el problema: Pensando en que como dice Bob Marley, "usted podrá engañar a algunas personas, algunas veces, pero no a todas las personas, todas las veces" asegúrese que su oferta comercial es técnicamente sólida y que su trabajo habla por usted. El fenómeno de largo plazo que se ve es que aquellas empresas que trascienden y crecen en el mercado, son las que logran demostrar que su balance entre precio y beneficio es el ideal. La forma de resolver la guerra de precios es diferenciándose en calidad y recalcando las diferencias evidentes de su oferta respecto a la de la competencia general del mercado. Hoy en día no es tan difícil vender valor.



Marketing y Ventas

Rafael Dávila Vergara

Módulo 10 Modelos de Venta, Análisis de Mercado

Objetivo

El participante identificará las dependencias de gobierno involucradas en la GD, así como las asociaciones civiles y empresariales con mayor reconocimiento en el ámbito fotovoltaico. También identificará las diferentes instituciones que cuentan con sistemas de créditos aplicables a las instalaciones solares fotovoltaicas.

¿Qué es la bancabilidad?

Google dice: Bankability is the willingness of well-established financial institutions or finance a project or proposal at a reasonable interest rate. It is essentially a function of risk and reputation.

En español usamos la palabra bancabilidad casi de forma exclusiva en la industria solar y ojo que no necesariamente significan lo mismo. La bancabilidad que nosotros hablamos es referente a si una empresa, producto o proyecto pudiera contar con el respaldo de entidades financieras para avanzar en su análisis. Es decir, la bancabilidad² no es más que la forma en la que los financieros dan el visto bueno a una tecnología o un conjunto de tecnologías y ellos están dispuestos a arriesgar su dinero en esa configuración.

Entonces qué quiere decir bancable realmente...

Las empresas que venden módulos típicamente nos informan sobre lo bancables y es una forma de diferenciarse en el mercado, es decir, así como la oferta de empresarios ofreciendo proyectos en su localidad es alta, también lo es en empresas que están ofreciendo sus tecnologías, pero algunas son más confiables que otras y lo que les da el sello de distinción es que tan bancable es una empresa que otra. Veamos un ejemplo con arroz que es quizá algo tan comodotizado hoy en día como los módulos FV.

Ejemplo: Dos empresas del sur este chino venden arroz, la primera, ChinArroz cuenta con excelente calidad pero sufrió un desfalco por sequía hace dos años del que se viene recuperando y si bien sigue en el mercado, no logra vender en el mercado americano pues no cumple con las reglas de la USDA para poder ser vendido como alimento humano en USA, sin embargo, la segunda empresa, Arroz del Sureste, aun cuando cuenta con la misma calidad que la empresa anterior, su zona geográfica no sufrió sequías y sus finanzas son impecables, lo cual le permite invertir en cumplir con los requisitos de la USDA para entrar en el mercado americano. Ambas empresas ofrecen la misma calidad, pero bancablemente hablando, una puede respaldar sus decisiones con dinero y la otra no. A los ojos de

una entidad bancaria, la empresa o proyecto más bancable es aquella que conlleve menor riesgo económico.

Lo que nuestros colegas que venden módulos quieren dejarnos saber, es que una forma de diferenciar sus tecnologías que ya no son tan distantes en calidad es en que puedas arriesgar los techos de tus clientes, usando la tecnología que cuenta con el mayor respaldo bancario posible, pues eso garantiza que, en caso de necesitar una garantía de producto en 20 años, la empresa seguirá en operación.



Marketing y Ventas

Rafael Dávila Vergara

Módulo 12 LCOE (Costo nivelado de energía)

Objetivo

Darle conocer al participante que el LCOE puede ser una herramienta vital para la venta de un proyecto ya que permite ofrecer de forma objetiva cual es la mejor alternativa de inversión, incluso entre opciones similares de generación de energía.

Costo nivelado de la energía

El costo nivelado de la energía (LCOE, por sus siglas en inglés) es una herramienta útil que permite comparar de forma consistente los costos de diferentes tipos de tecnologías (solar, eólica, gas natural, etc.).

Origen: Las diferentes fuentes de energía y sus diferentes formas de invertir en la implementación, combustible, mantenimiento, son factores que vienen a tenerse en consideración, por lo que esta fórmula permite de forma simple hacer una evaluación de una inversión entre diferentes alternativas de inversión.

TODAS las entidades financieras consideran el LCOE como el factor más poderoso a contemplar a la hora de definir una estrategia de productos. ¿POR QUE?: Porque todo el que es un dueño a largo plazo de activos fotovoltaicos debe considerar que su costo por kWh sea el más bajo posible.

Comparando “Peras con Manzanas”

La respuesta no es tan sencilla, ya que estamos hablando de tecnologías diversas, con requisitos de inversión totalmente diferentes, vidas útiles disímiles, factores de planta y costos de operación que varían en función del tipo y ubicación del proyecto. Es como querer comparar peras con manzanas.

El costo nivelado de la energía (LCOE, por sus siglas en inglés) es una herramienta útil que permite comparar de forma consistente los costos de diferentes tipos de tecnologías (solar, eólica, gas natural, etc.).

Cómo calcular el Costo Nivelado de la Energía (LCOE)

El concepto de LCOE, en su forma simple, consiste en calcular el costo promedio total de construir y operar una central eléctrica y dividirlo entre la energía total a ser generada durante su vida útil.

El Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL por sus siglas en inglés) tiene a disposición del público modelos financieros que permiten calcular el LCOE para plantas solares y eólicas. Los modelos contienen variables como el costo de inversión necesario para construir la planta, la vida útil de la central eléctrica y el costo de operación y mantenimiento para cada año, entre otros. Realizar un análisis de sensibilidad de estas diferentes variables permite detectar qué acciones concretas se pueden tomar para reducir el costo nivelado de la electricidad en determinado proyecto. Las conclusiones pueden ser variadas, desde cambiar de proveedor de los equipos hasta reconsiderar el sitio de proyecto.

¿Qué información podemos obtener del LCOE?

El primer beneficio es poder comparar “peras con manzanas”, para tomar una decisión informada. Además, la herramienta del LCOE nos brinda los siguientes usos:

- Entrega un punto de equilibrio: Su resultado, un valor en kilovatios por hora (kWh), puede también considerarse como el punto de equilibrio de una central eléctrica, es decir, el precio mínimo al que ésta tendría que vender la electricidad para no ganar ni perder.
- Arroja conclusiones interesantes: La utilización del LCOE como herramienta para medir la competitividad entre varias fuentes de energía permite obtener resultados diametralmente diferentes, incluso dentro de una misma tecnología. Por ejemplo, el LCOE en un país con una geografía ideal para mini-hidroeléctricas (tanto en costo de inversión como en factores de planta) podría ser mucho menor que una hidroeléctrica de pasada en un país plano con mano de obra costosa.
- Mide la evolución de la competitividad entre diferentes tecnologías a lo largo el tiempo. Así, hace unos cinco años, el costo nivelado de las plantas solares no podía competir con otras fuentes de energía. Gracias a la reducción drástica en el costo de inversión, hoy día las plantas solares compiten al mismo nivel que otras tecnologías en licitaciones por contratos de energía.

LCOE y otras herramientas disponibles

IRENA, en su publicación de 2016, analiza la evolución del costo nivelado de la energía renovable en América Latina y el Caribe con conclusiones reveladoras. Aun cuando el costo de instalación de plantas eólicas en la región es ligeramente superior al de países más desarrollados (tales como India y China), el mejor recurso eólico con el que cuenta permite alcanzar mayores factores de planta —esto es la relación entre la energía generada durante un período dado y la que se hubiera producido si durante ese período hubiese estado funcionando continuamente a potencia nominal—, resultando en un LCOE comparativamente similar. Por ejemplo, en algunas áreas de Brasil, el factor de planta alcanzó hasta el 50%. Cabe destacar que, aun cuando el LCOE se utiliza ampliamente para comparar el costo unitario entre tecnologías, la metodología presenta algunas limitaciones, ya que sus resultados son muy dependientes del alcance y los supuestos.

Sin embargo, existen diversas herramientas y tecnologías que buscan poder determinar la competitividad económica entre diferentes tecnologías. Entre ellas está el Costo de Electricidad Nivelado Evitado (LACE por sus siglas en inglés), que mide el costo de electricidad evitado por una nueva planta eléctrica, debido al desplazamiento que dicha infraestructura produce en el sistema. Pero éste será tema de una futura entrada de este blog.

Enlaces de interés:

<https://www.nrel.gov/analysis/tech-lcoe-documentation.html>

<https://www.nrel.gov/news/video/lcoe-irr-pv-projects-text.html>

<https://www.nrel.gov/pv/lcoe-calculator/documentation.html>

Para qué sirve el LCOE

Bien utilizado, es una herramienta infalible para presentar proyectos comerciales e industriales. Permite comparar opciones de inversión tecnológica en función de su verdadera utilización en el tiempo y no en función de su costo.

Diferenciarse.

El arte de las ventas en la industria fotovoltaica está en diferenciarse del resto para lograr más ventas. Lo que hemos visto a lo largo del desarrollo de otros mercados, incluido el mexicano, las empresas que destacan en el mercado son las que cuentan con un factor alto de conocimiento y dominio de temas financieros. El negocio de energía al ser un factor de ahorro al consumidor, pasa a ser un producto que está en la categoría de ahorro. El idioma que debe dominar el equipo comercial de su organización, sobre todo a la hora de presentar un proyecto comercial deben ser variables financieras que le diferencian a su solución de la del resto.

Algunos libros recomendados:

The Ride of a Lifetime: Lessons Learned from 15 Years as CEO of the Walt Disney Company por Audible, Inc. (US)

Más información:

https://www.amazon.com/dp/B07QW2LHN4/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_VghVDbWQW6J3A

The Sales Bible: The Ultimate Sales Resource por Audible, Inc. (US)

Más información:

https://www.amazon.com/dp/B001946QLI/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_pkhVDbQ675QC4

(GRATIS AUDIOLIBRO PA´QUE NO DIGAN)

The Little Black Book of Connections: 6.5 Assets for Networking Your Way to Rich Relationships por Audible, Inc. (US)

Más información:

https://www.amazon.com/dp/B002GPFJ4Y/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_jlhVDbX3MK1SM

(Gratis también... qué más quieren)

The Energy System: Technology, Economics, Markets, and Policy (The MIT Press) por Amazon.com

Más información:

https://www.amazon.com/dp/0262037521/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_GnhVDbCK4WCQ0

Start with NO... The Negotiating Tools that the Pros Don't Want You to Know por Amazon.com

Más información:

https://www.amazon.com/dp/0609608002/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_WohVDb1X73V94

The Effective Executive: The Definitive Guide to Getting the Right Things Done by Amazon.com

Learn more:

https://www.amazon.com/dp/0062574345/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_rrhVDbZG1GR3W