

**Diplomado y certificado
para profesionales en
energía fotovoltaica**

Cámara de profesionales
en energía fotovoltaica



QUARTUX®
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



Módulo I

¿Por qué renovables y generación distribuida?

www.quartux.com

www.cpef.org.mx



QUARTUX®
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



¿Qué es el cambio climático?

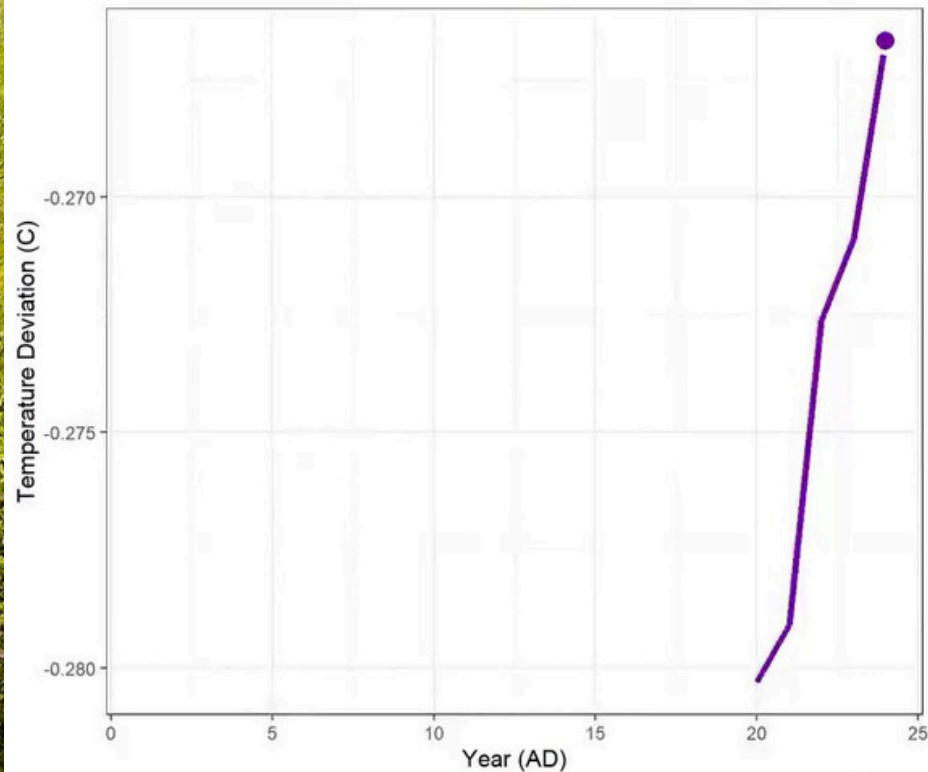
www.quartux.com

www.cpef.org.mx

Variación de la temperatura terrestre

Global Temperature Trend from 0 to 2019 AD

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



Visualization by Ben Gregory
(benpgregory@gmail.com)

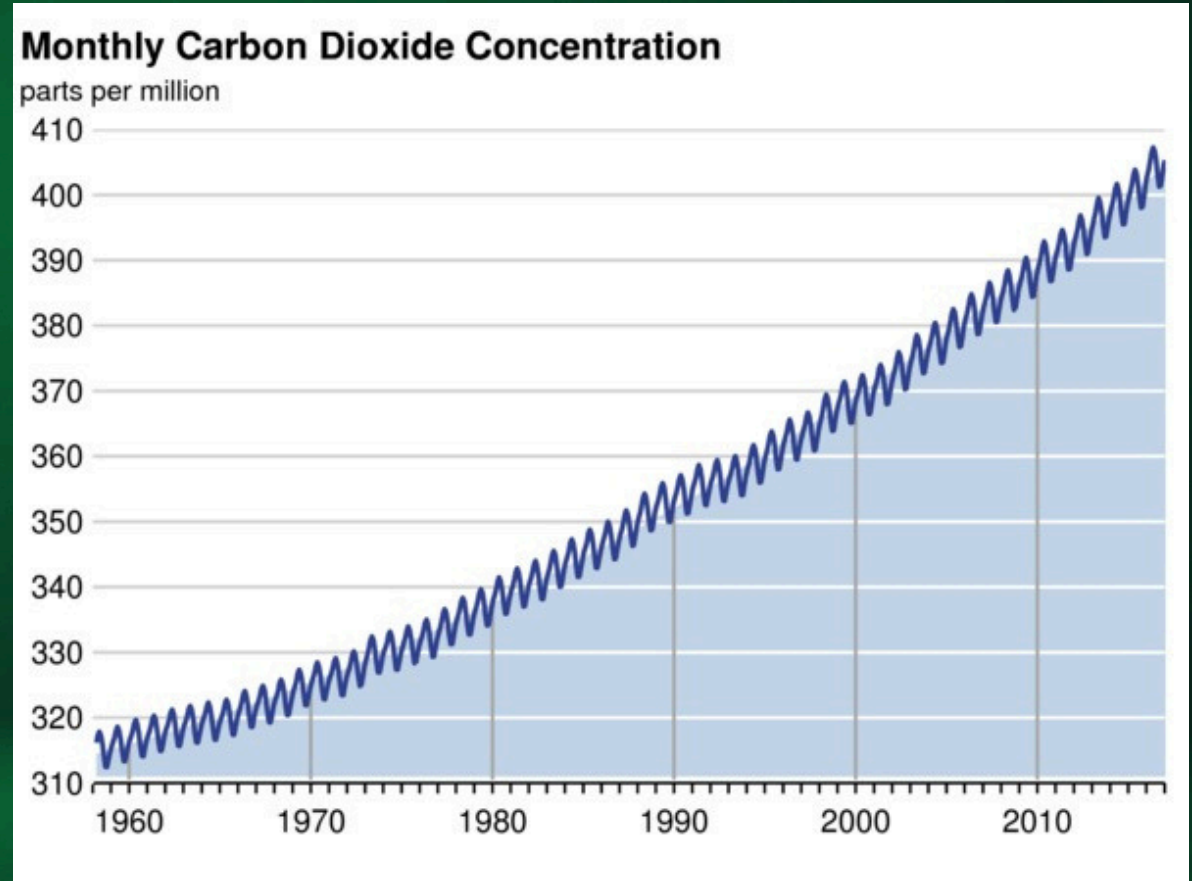
¿Cómo?

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

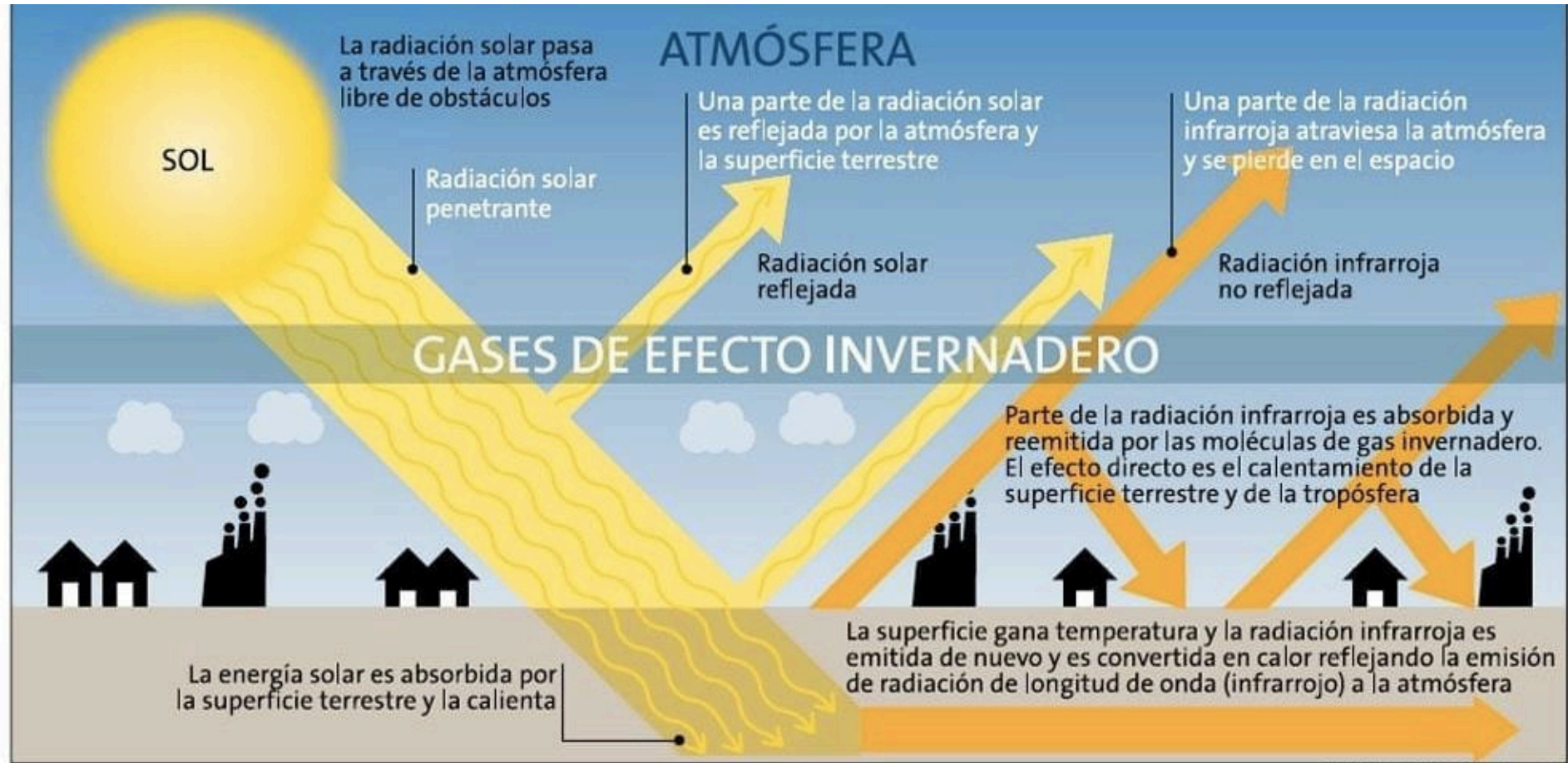
Variación de la temperatura terrestre

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

Concentración de CO₂ en la atmósfera



Efecto invernadero



FUENTE: UNEP-GRID-Arendal

Consecuencias del cambio climático

Actual



+1.5°C (Paris)



Efectos del Cambio Climático

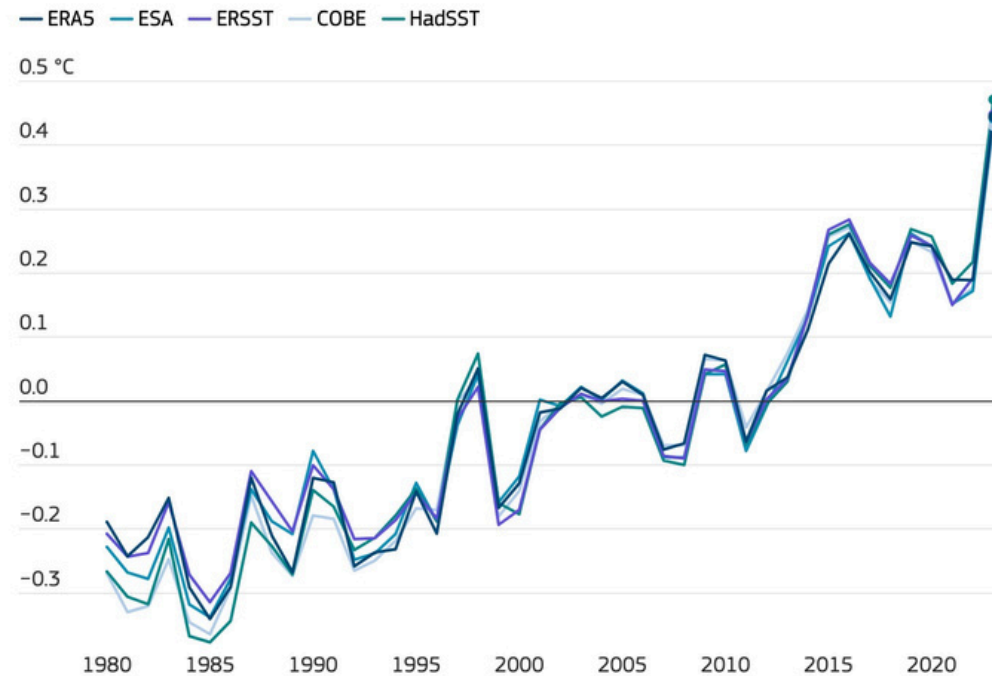
+ 3°C

+ 4°C



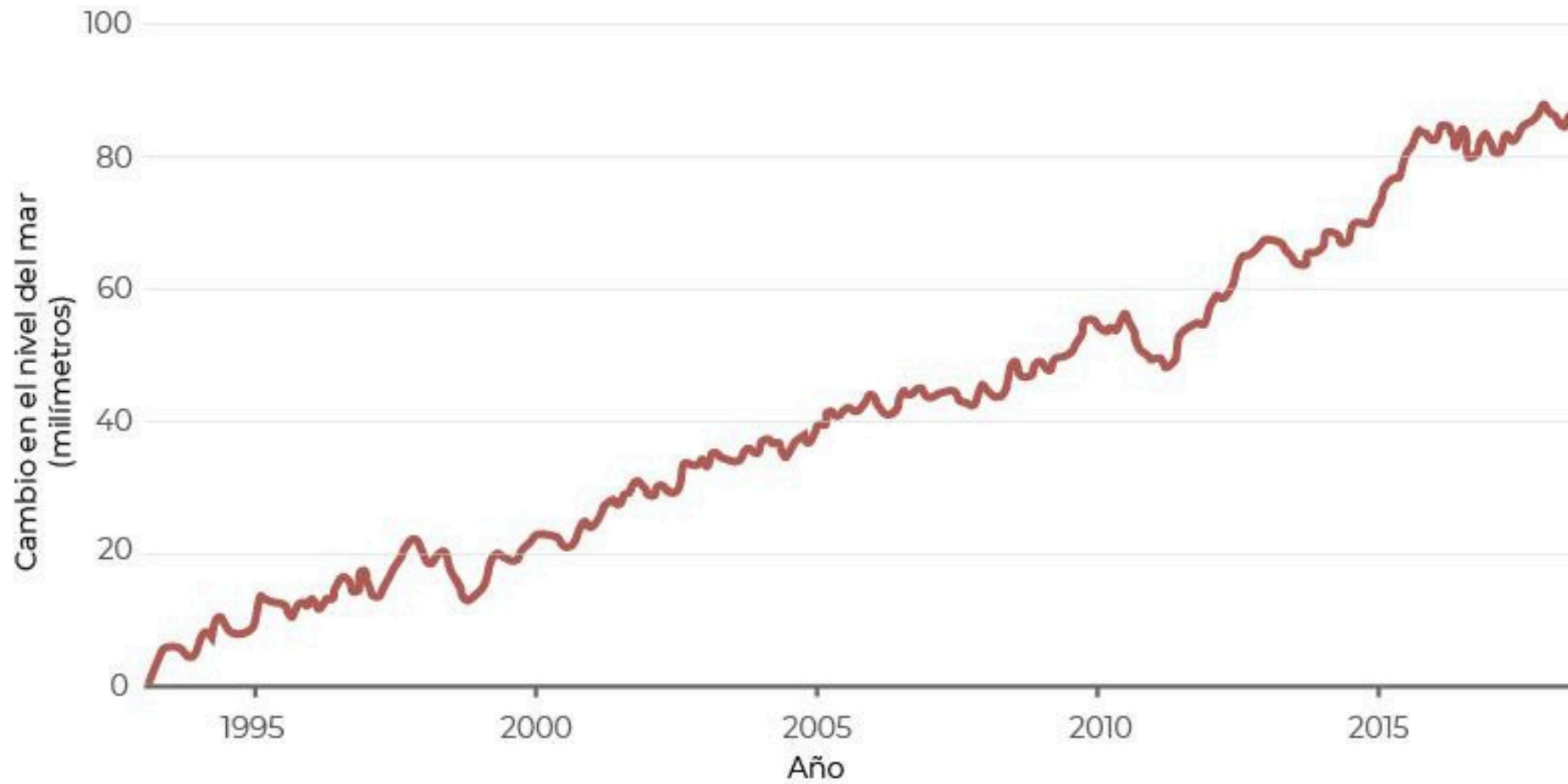
Efectos del Cambio Climático

Anomalies in annual sea surface temperature for 60°S–60°N



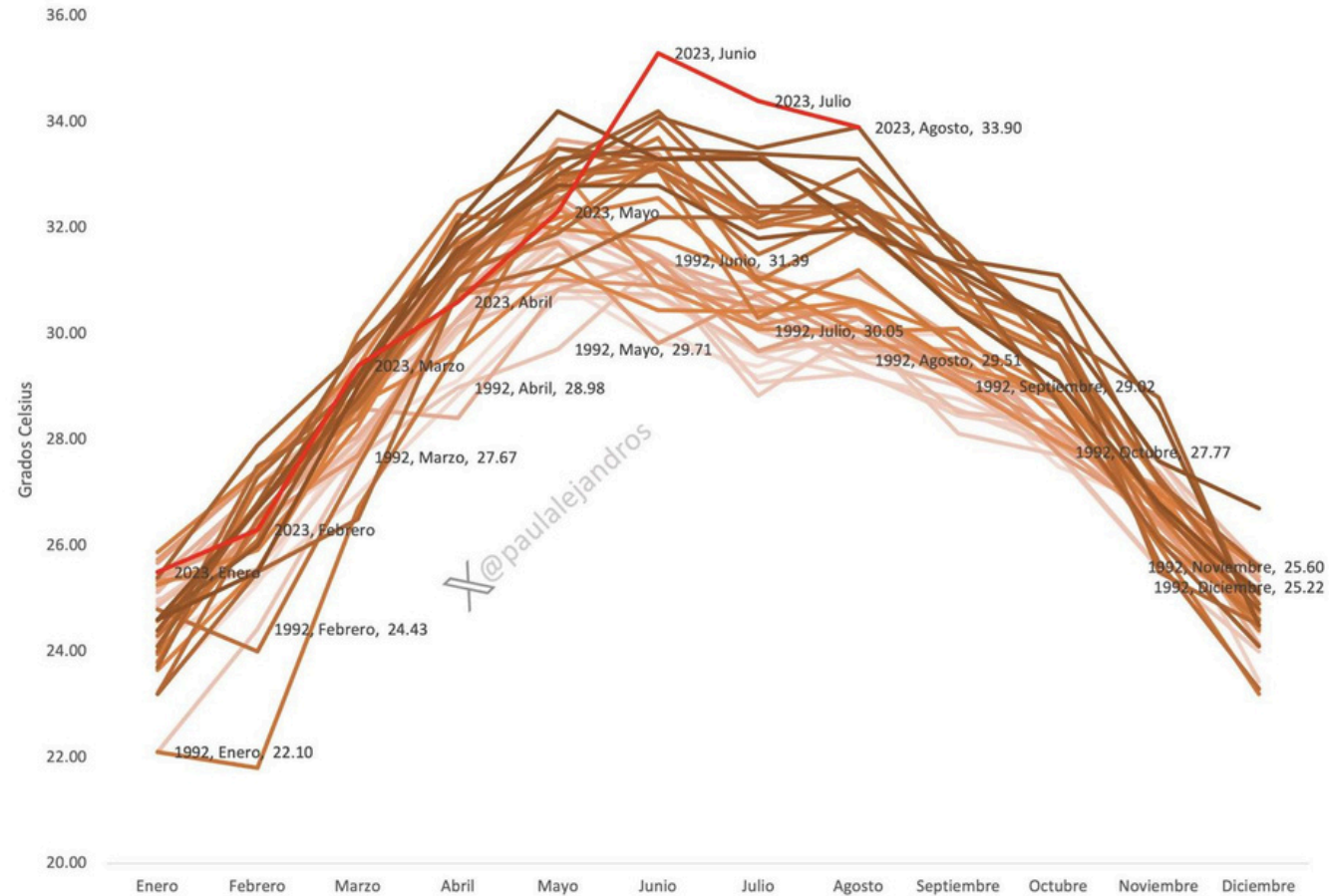
Data source: ERA5, ESA SST CCI Analysis v3, ERSSTv5, COBE2-SST, HadSST 4.0.1.0 • Reference period: 1991–2020 • Credit: C3S/ECMWF

Efectos del Cambio Climático



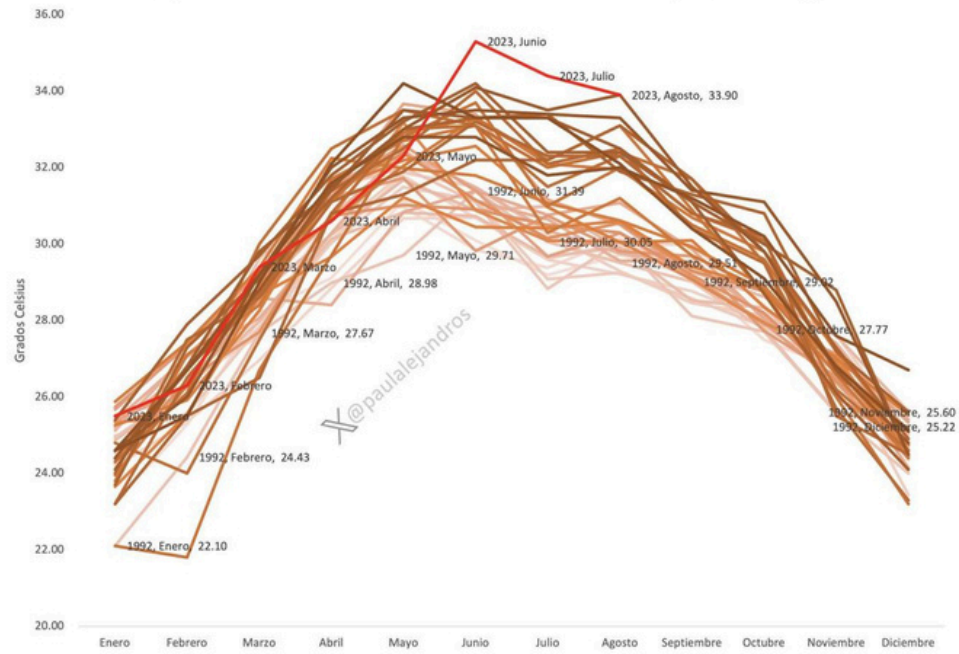
Efectos del Cambio Climático

Temperatura Máxima Promedio Mensual en México (1985 - 2023p)

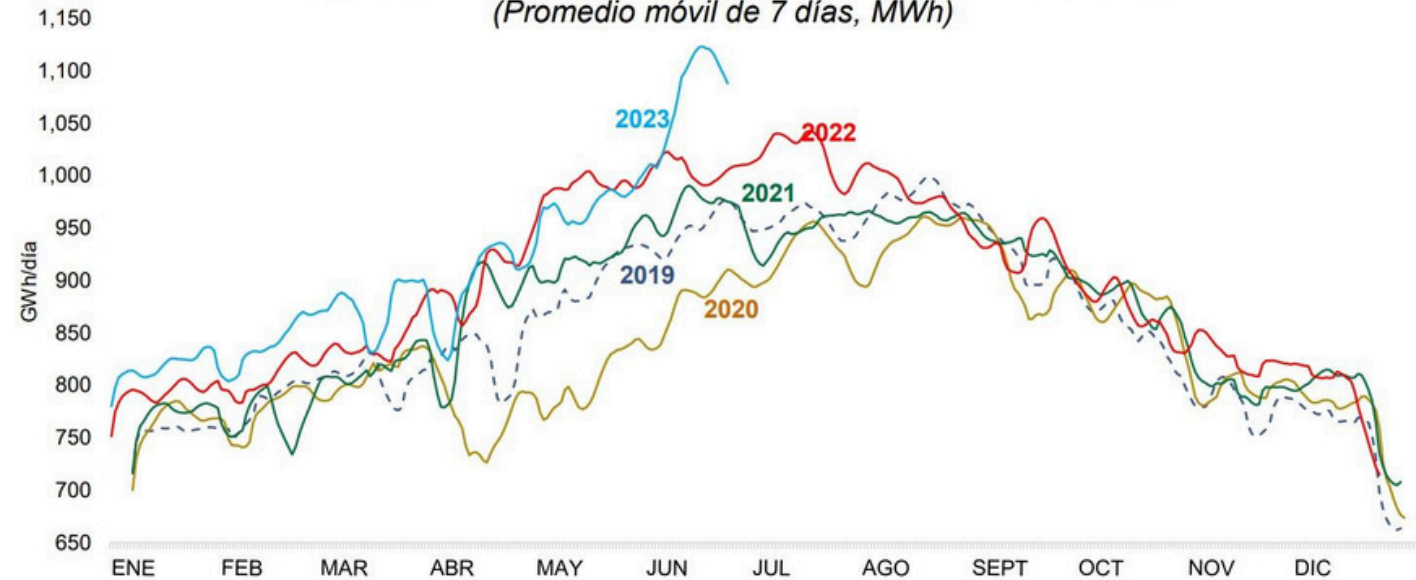


Efectos del Cambio Climático

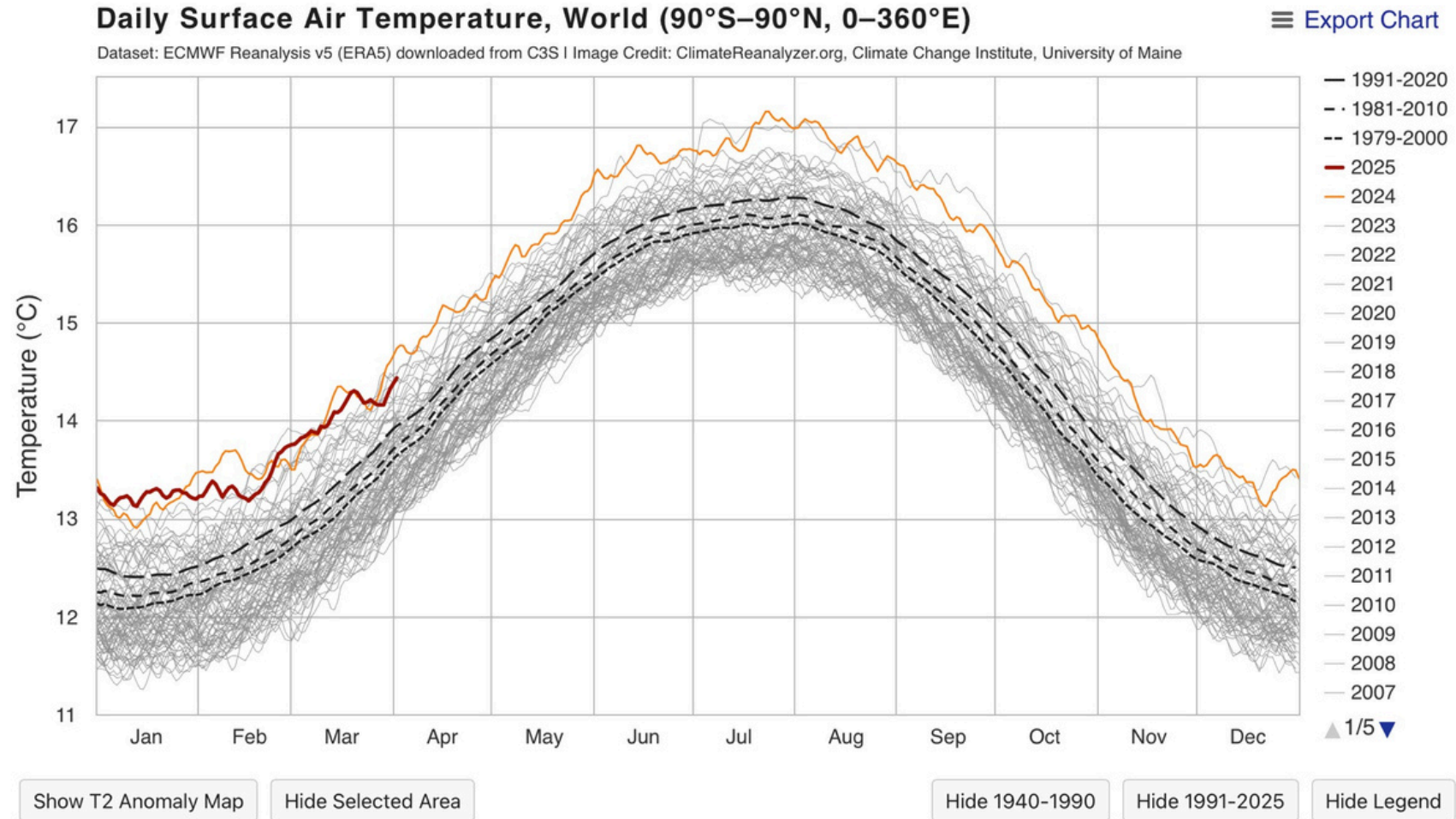
Temperatura Máxima Promedio Mensual en México (1985 - 2023p)



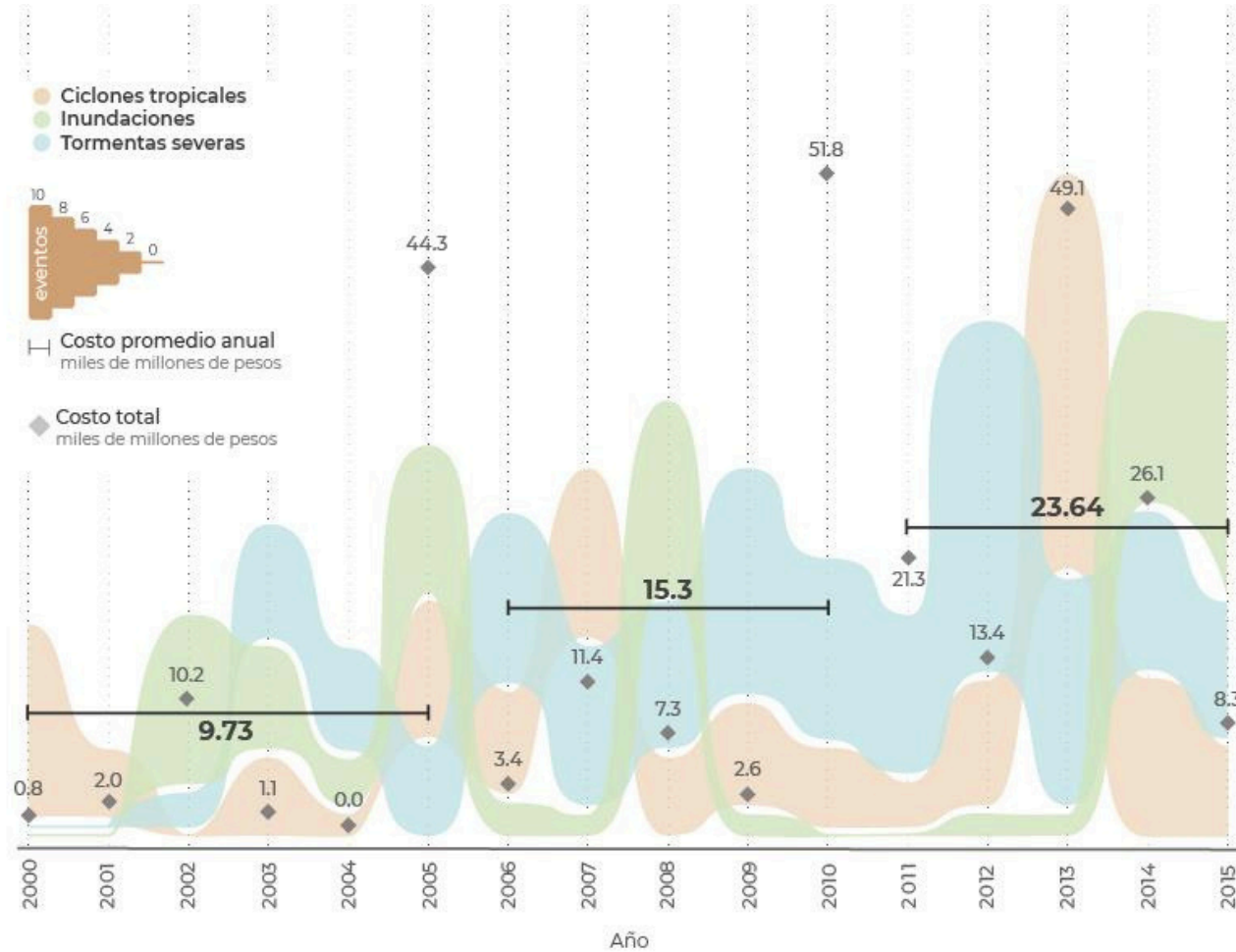
Energía consumida en el Sistema Eléctrico Nacional 2019-2023
(Promedio móvil de 7 días, MWh)



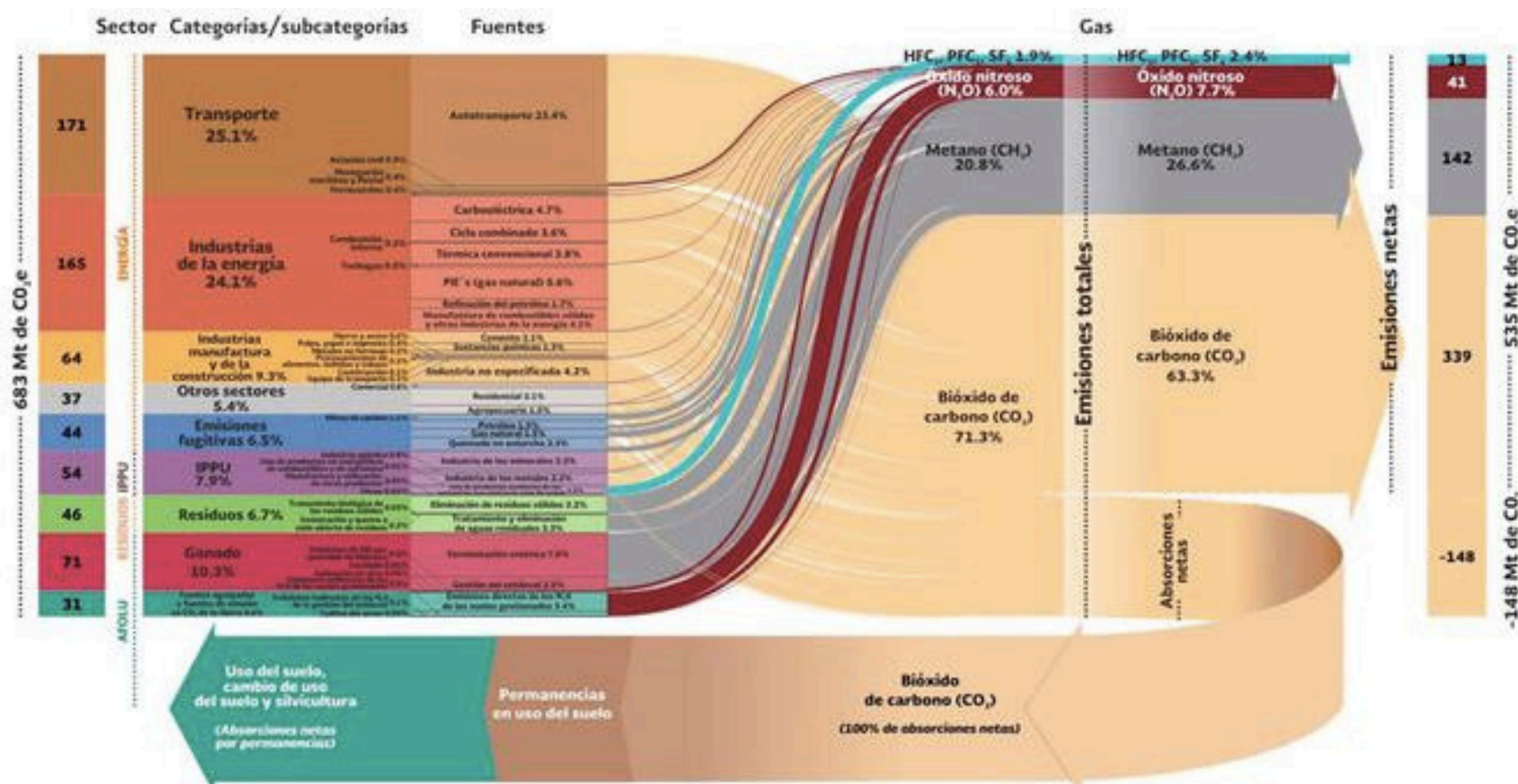
Efectos del Cambio Climático



Efectos del Cambio Climático



¿Qué actividad humana causa el Cambio Climático?



Inventario Nacional de Emisiones, INECC 2015

Cambio Climático

1. Sabemos qué lo causa.
2. Es un problema mundial (causas y efectos).
3. Hay forma de frenarlo.
4. ¿Qué sigue?



QUARTUX[®]
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



CPEF
Consejo de profesionales
en energía fotovoltaica

Acuerdos internacionales

www.quartux.com

www.cpef.org.mx

Acuerdos Internacionales

¿Funcionan?

¿Funcionan los acuerdos internacionales?

Sí, ejemplo: Protocolo de Montreal.

- Daño en la capa superior de ozono (Mario Molina).
- Establece Cumbre de Montreal.
- Límite al uso de fluoro cloro carbonados (aerosoles, refrigerantes).
- México, país pionero

Acuerdos internacionales

Combate al Cambio Climático

Acuerdos internacionales

Protocolo de Kyoto

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

Acuerdo de Paris

- **Firmado:** 12 de diciembre de 2015.
- **Objetivo:** Limitar el incremento de temperatura a 1.5°C. Países **firmantes:** 185 (95 % de emisiones).
- **Compromisos:** emisiones máximas, neutralización de emisiones.
- **Ratificación:** 22 de abril de 2016.

Medidas contra cambio climático

Energéticas

- Eficiencia energética.
- Sustitución de generadores por energía limpia.
- Sustitución de combustibles por otros más limpios.
- Electrificación del transporte, uso de hidrogeno o movilidad no motorizada.
- Disminución de venteo.
- Calor solar/electrificación.
- Climatización pasiva.

No energéticas

- REDD+
- Disminución o captura de emisiones en ganadería.
- Cambio de dieta de cárnicos.
- Aprovechamiento de gas de rellenos sanitarios.
- Captura y aprovechamiento de biogas.
- Captura de bioxido de carbono.



Planes mundiales

Acuerdos internacionales

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)

América



Compromisos de México

Leyes y NDC

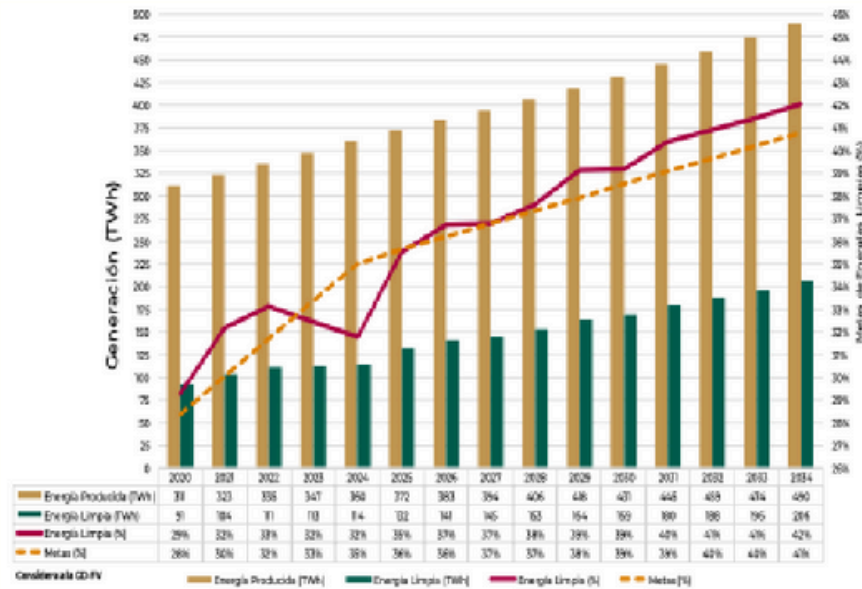


Marco jurídico en materia de Cambio Climático

- Acuerdo de París
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
 - Ley General de Cambio Climático.
 - Ley de Planeación y Transición Energética.
 - Ley del Sector Eléctrico.

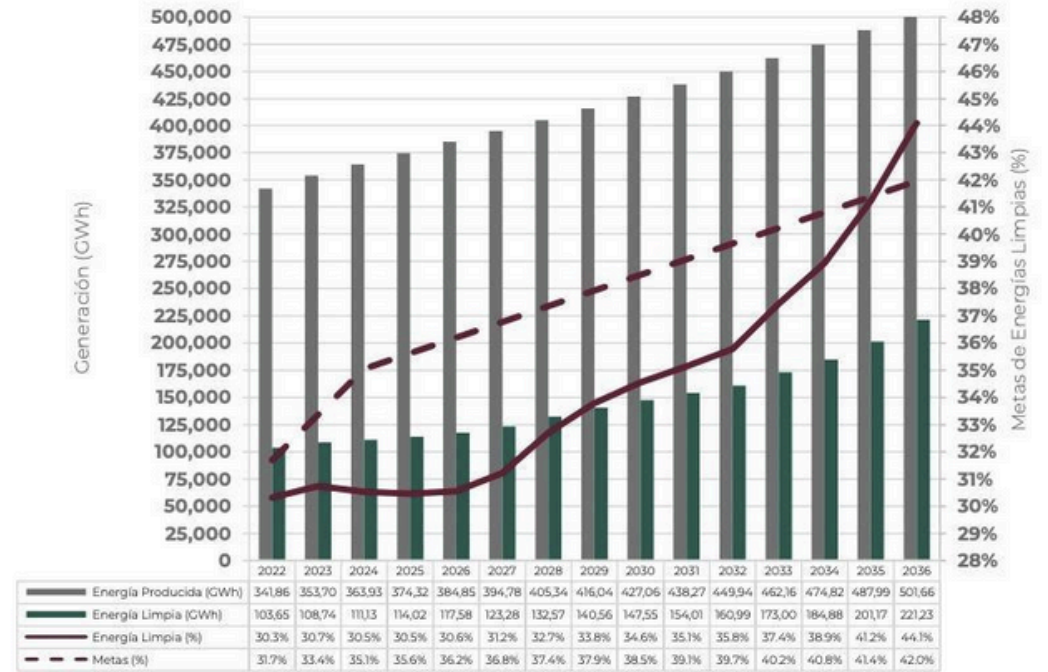
Metas de Energía Limpia

Figura 6.20. Evolución de generación y las metas de Energía Limpia



Fuente. SENER

FIGURA 7. 17 EVOLUCIÓN DE LAS METAS DE ENERGÍA LIMPIA



Considera GD-FV

FUENTE: SENER con información de CENACE

Compromisos de México

1. Al menos el 35 por ciento de la energía eléctrica provendrá de fuentes limpias en 2024(real, 26%).
2. Al menos del 45 por ciento de la energía eléctrica provendrá de fuentes limpias en 2030.
3. En terminos eléctricos:
 - Faltan 15 GW eólico-solar en 2024.
 - Faltarán 30 GW eólico-solar adicionales en 2030.
 - 30 GW nuevos (+600 MW parados).
 - 6 GW eólicos.
 - GD sólo puede aportar unos 27 GW.

Compromisos de México

- Meta: 45,000 MW nuevos de capacidad de generación renovable.
- Anunciados en Plan Nacional de Electricidad:
-14,700MW entre privados y CFE.
- Necesidades: 45,000 MW en Abasto Aislado y GD.

Acciones adoptadas en el mundo (Europa)

- Feed-In-Tariff.
- Impuesto al sol (España, utilities, derogado en 2021).
- Plan de descarbonización Alemania 2035.
- Electrificación total.
- Carbon Tax.
- NatGas como sustituto de carbón.
- Interconexiones amplias

Exención
europea por
crisis de gas*

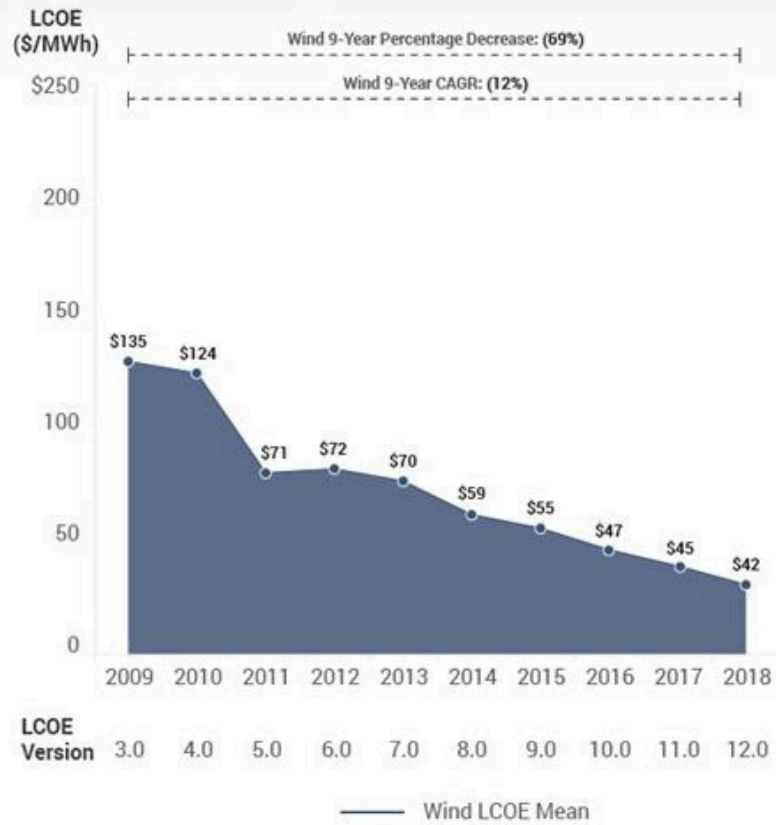
Acciones adoptadas en el mundo (América)

- GD Obligatoria (en CAISO, orientación oeste).
- Hogares cero gas (En California y NY)
- Límite de autos a combustión interna (California 2035)
- Generación térmica obligatoria (CDMx).
- Certificados de Energía Limpia.
- Certificaciones privadas.
- Mercado de Bonos de Carbono.

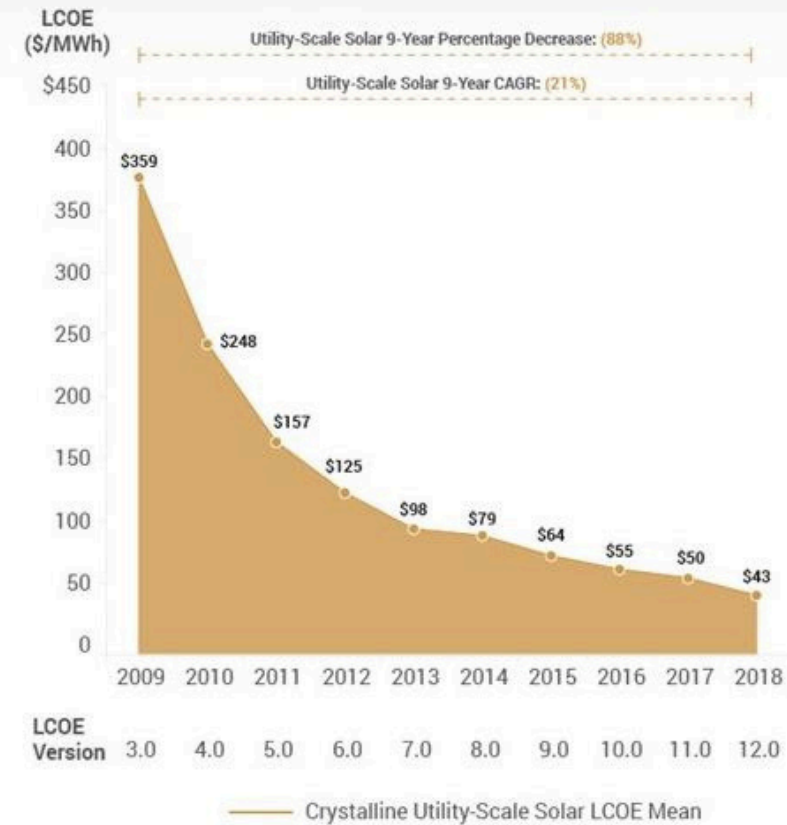
¿Qué cambió la historia?

Caída en costo de renovables

Unsubsidized Wind LCOE

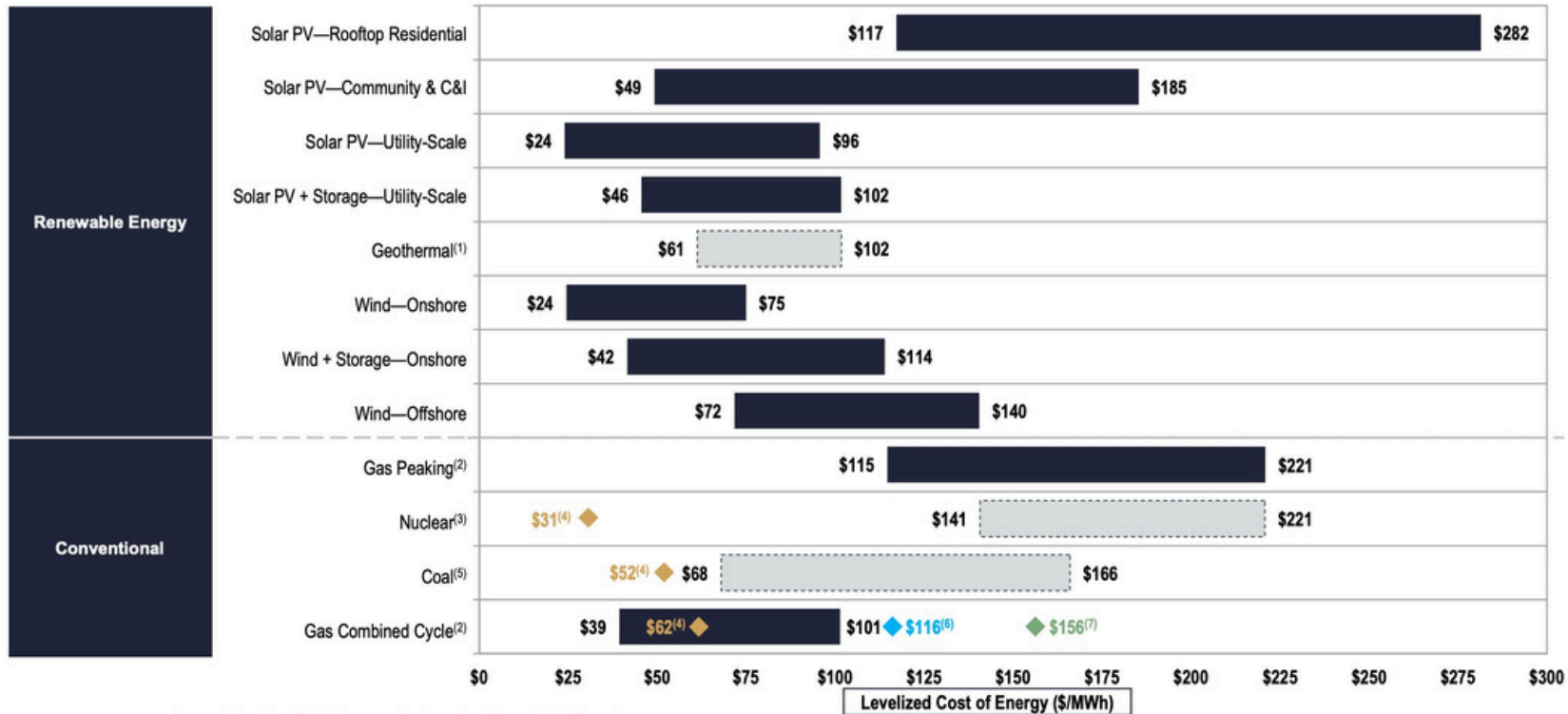


Unsubsidized Solar PV LCOE



Levelized Cost of Energy Comparison—Unsubsidized Analysis

Selected renewable energy generation technologies are cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances



Source: Lazard and Roland Berger estimates and publicly available information.

Breve Historia de la Industria Eléctrica Mexicana

Módulo I



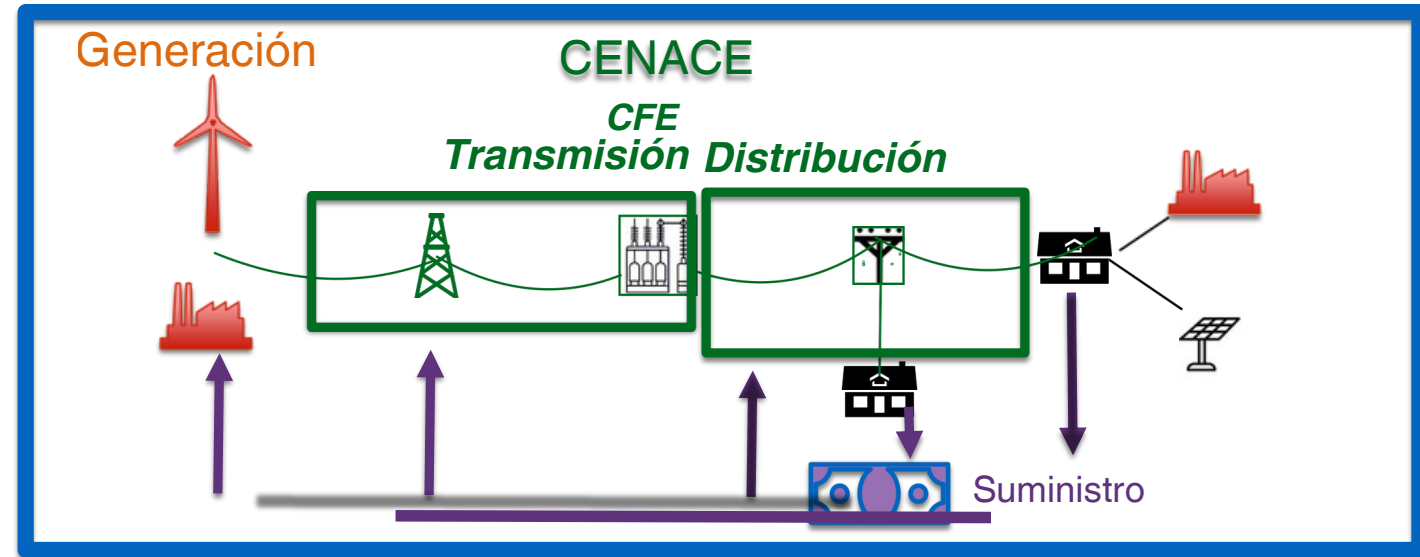
Historia de la Industria

- Primer generador en León, para industria textil.
- Primer hidroeléctrica en Batopilas, Chihuahua.
- Primera red Privada con Light and Power Company (Minas, alumbrado).
- Nacionalización en 1960. Se permiten usos propios.
- Unificación del SIN, 1968.
- 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 - 2024 se abre el mercado (LIE).
- En 2025 –se limita la participación de mercado.

Modelo LIE

Comisión Reguladora de Energía

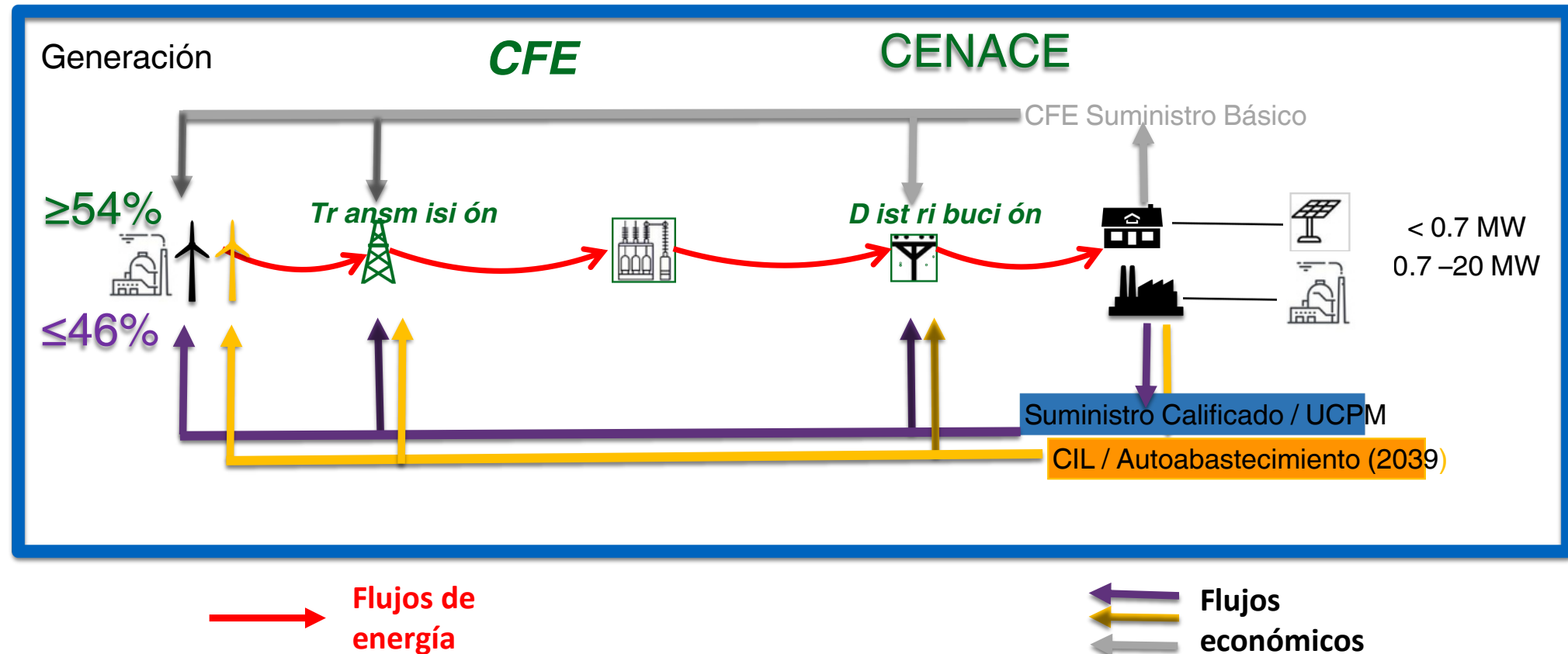
**Generación y
Suministro en
competencia**



Nueva estructura del sector eléctrico

Secretaría de Energía (Código de RED)

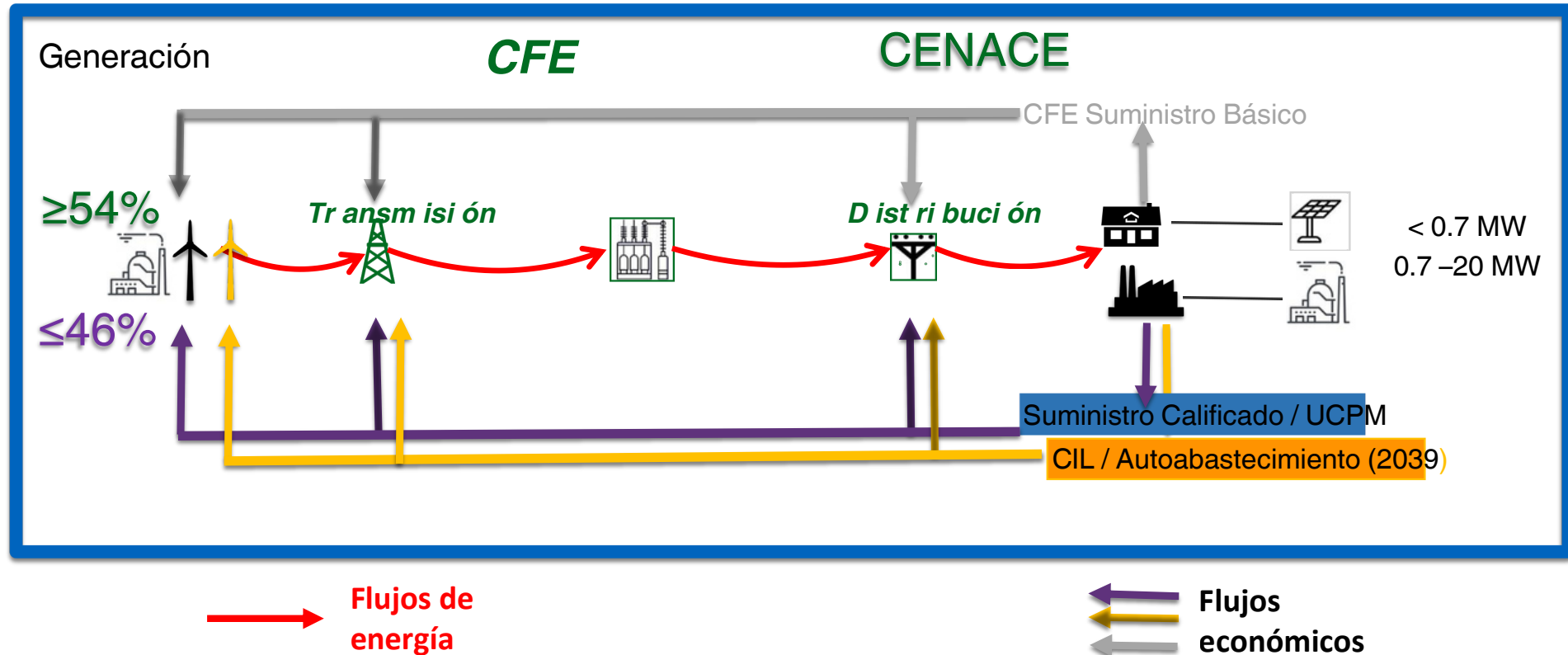
Comisión Nacional de Energía (DACG)



Modelo LESE (2025-2039)

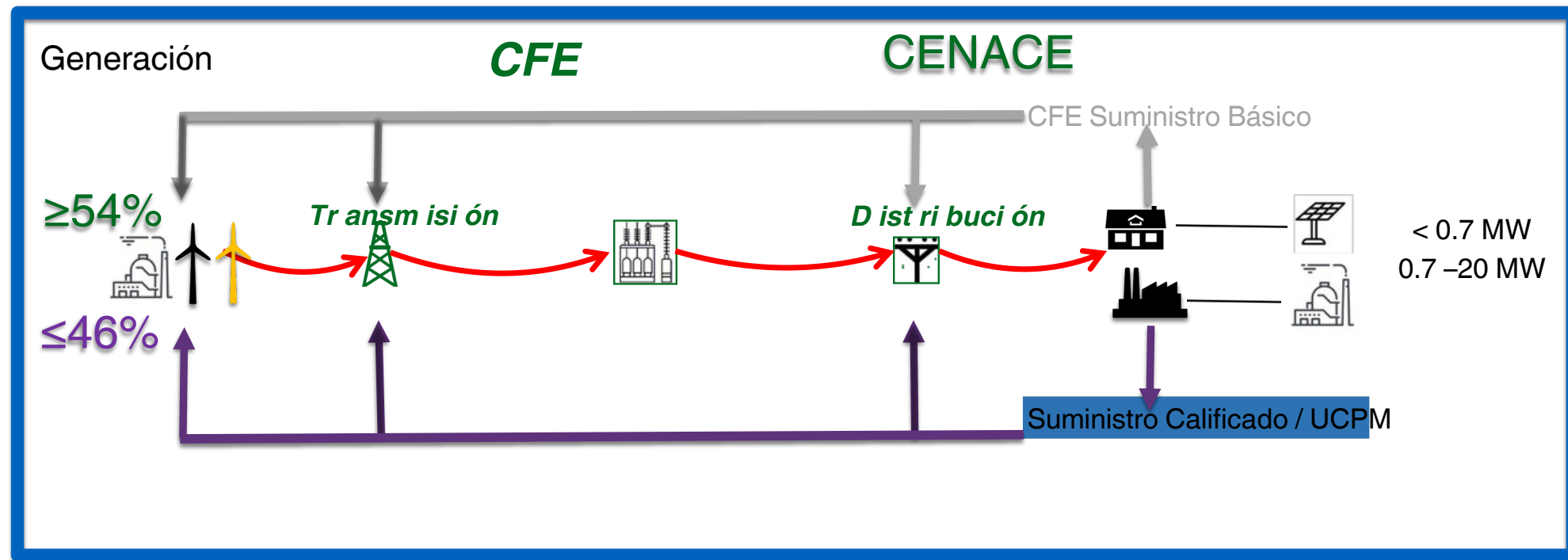
Secretaría de Energía(Código de RED)

Comisión Nacional de Energía(DACG)



Modelo LESE

Secretaría de Energía(CódigodeRED)
Comisión Nacional de Energía(DACG)



→ **Flujos de
energía**

← **Flujos
económicos**

Evolución del Esquema regulatorio

Período	Inicios - 1960	1960 - 1992	1992 - 2015	2015 - 2025	2025 - ¿?
Estructura	Mercado (Ley de Monopolio Autoregulado de la Industria Eléctrica)	Mercado (Ley de Monopolio Autoregulado de la Industria Eléctrica) (LSPEE)	Mercado Mixto (LSPE E)	Mercado (Ley de la industria Eléctrica)	Mercado Mixto
Participantes	Empresas regionales 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.	Servicio público en CFE, con generación privada, mercado con participación privada.

Evolución del Esquema

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

Datos Relevantes

Derivados de la política Energética

- 250 MW eólicos sin entrar en operación.
- 450 MW solares sin entrar en operación.
- Curtailments DIARIOS por más de 800 MW (eólicos-solares).
- 9 MMDD en subastas y 3 MMDD en MEM.

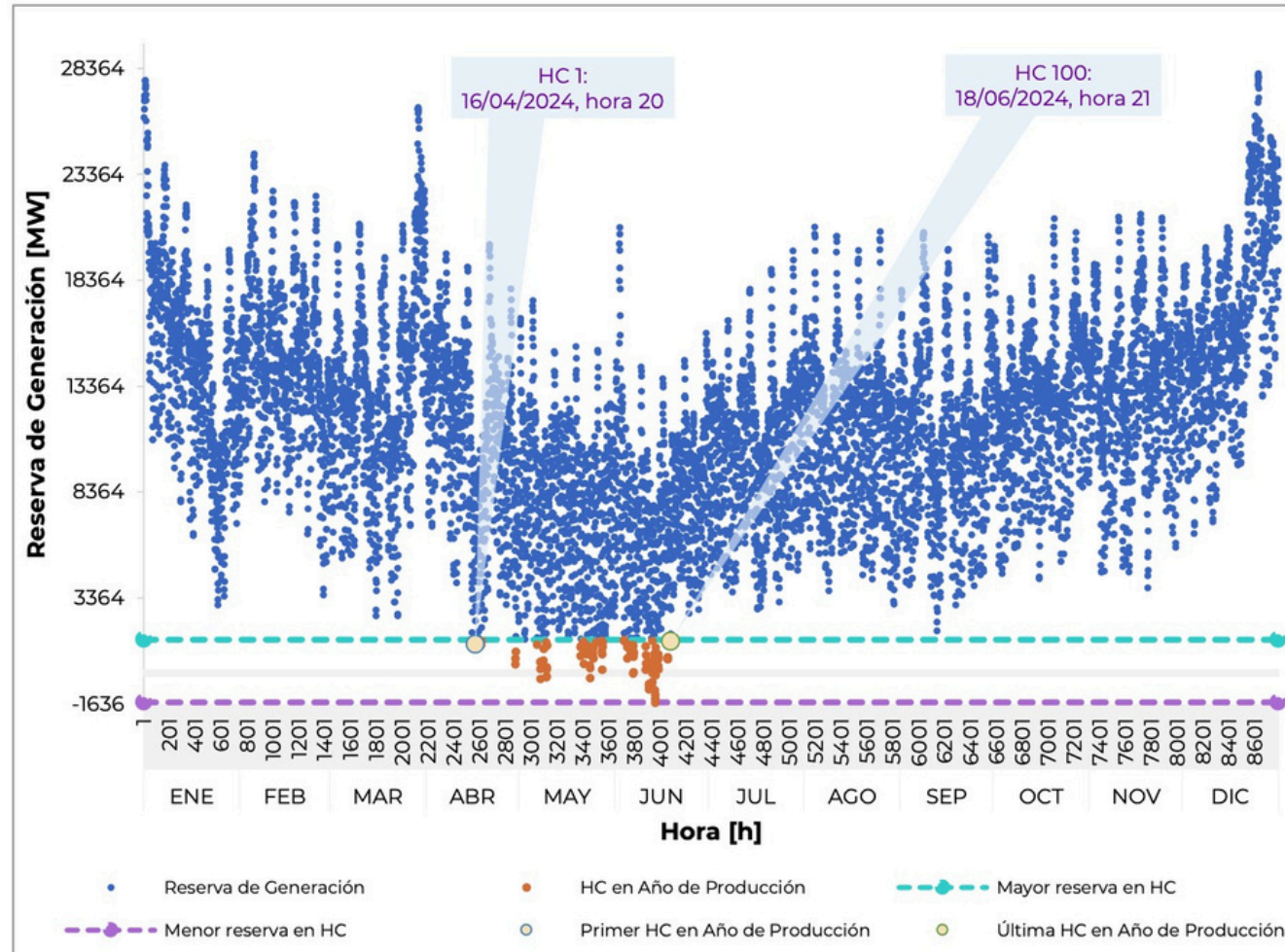
Datos Relevantes

Derivados de la política Energética

- Déficit energético en BC, BCS, Peninsular, centro y occidente.
- 3 Líneas de transmisión canceladas (se retoma 1).
- Falta de capacidad de transmisión Norte-Norte, Norte-Centro.
- Crecimiento de 1100 MW de generación distribuida anual.
- Inversión nueva por 10,000 MDD en T&D.
- Seis proyectos de CCC, 9 de hidroeléctricas, 3 de CI: 8 GW, 4 base.

Datos Relevantes

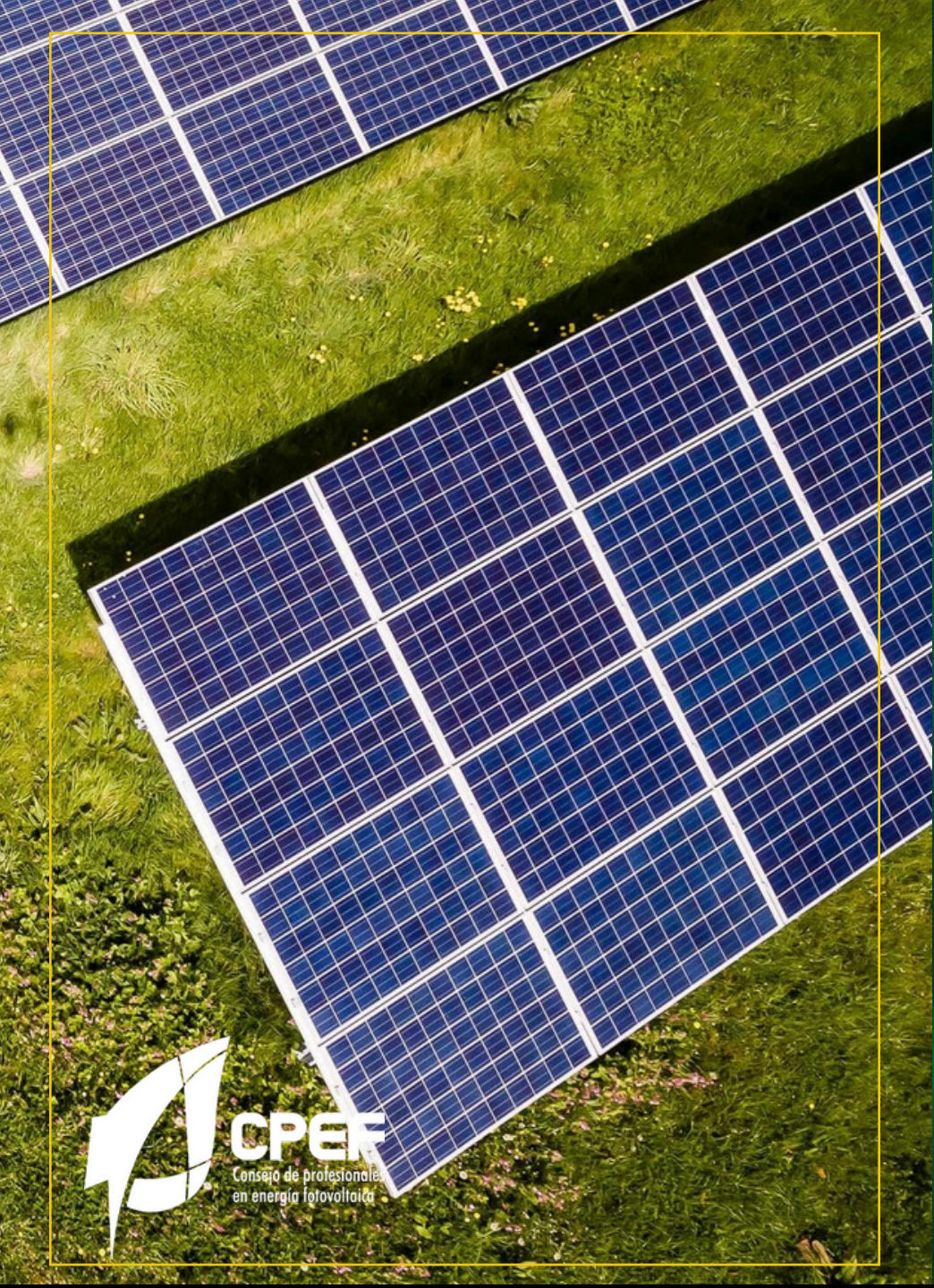
Fig. 7. **Horas Críticas SIN**



Marco Regulatorio

Generación Distribuida





Constitución



Ley del Sector Eléctrico



Elementos Normativos Varios



Elementos Normativos

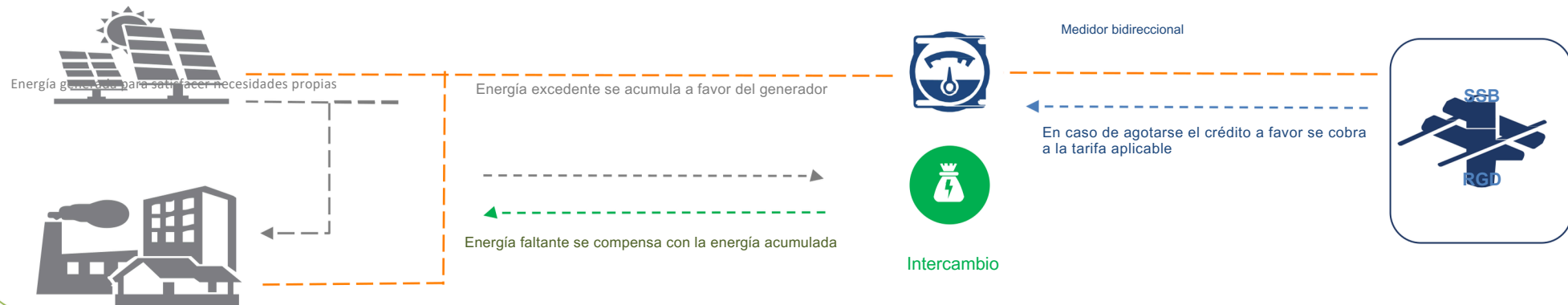
- Código de Red
- Manual del Mercado Eléctrico
- Manual de Interconexión
- Disposiciones Administrativas de Carácter General(SSB).
- Normas constructivas locales*

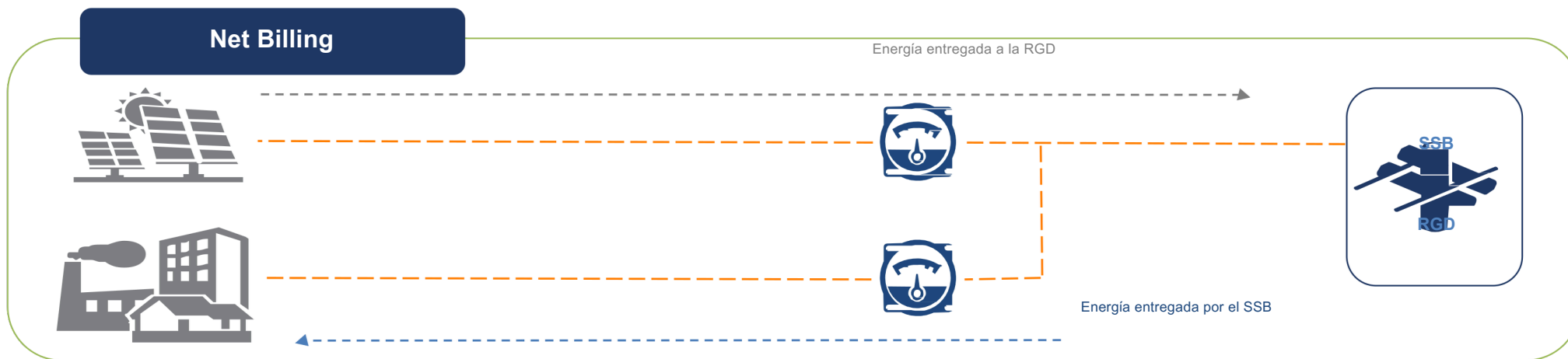
DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARACTER GENERAL

¿Qué hacen?

1. Obligatorias solo en contratos con SSB.
2. Establece metodología de cálculo de contraprestaciones.
3. Establece metodología de pago de contraprestaciones.
4. Crea figuras de venta.
5. Sólo regulan flujos de energía/valor comercial.

Net Metering





Venta Total



Energía entregada a la RGD



Generación Distribuida

Evolución

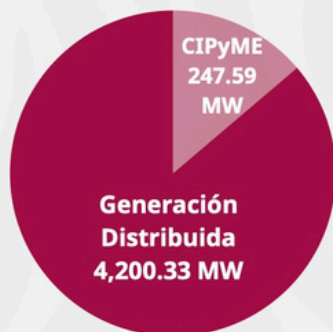


Capacidad Instalada Anual

Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW¹
Evolución ANUAL - CIPyME² / Generación Distribuida³

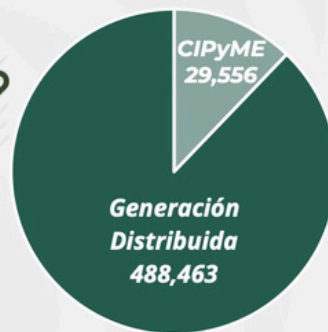


Gobierno de
México



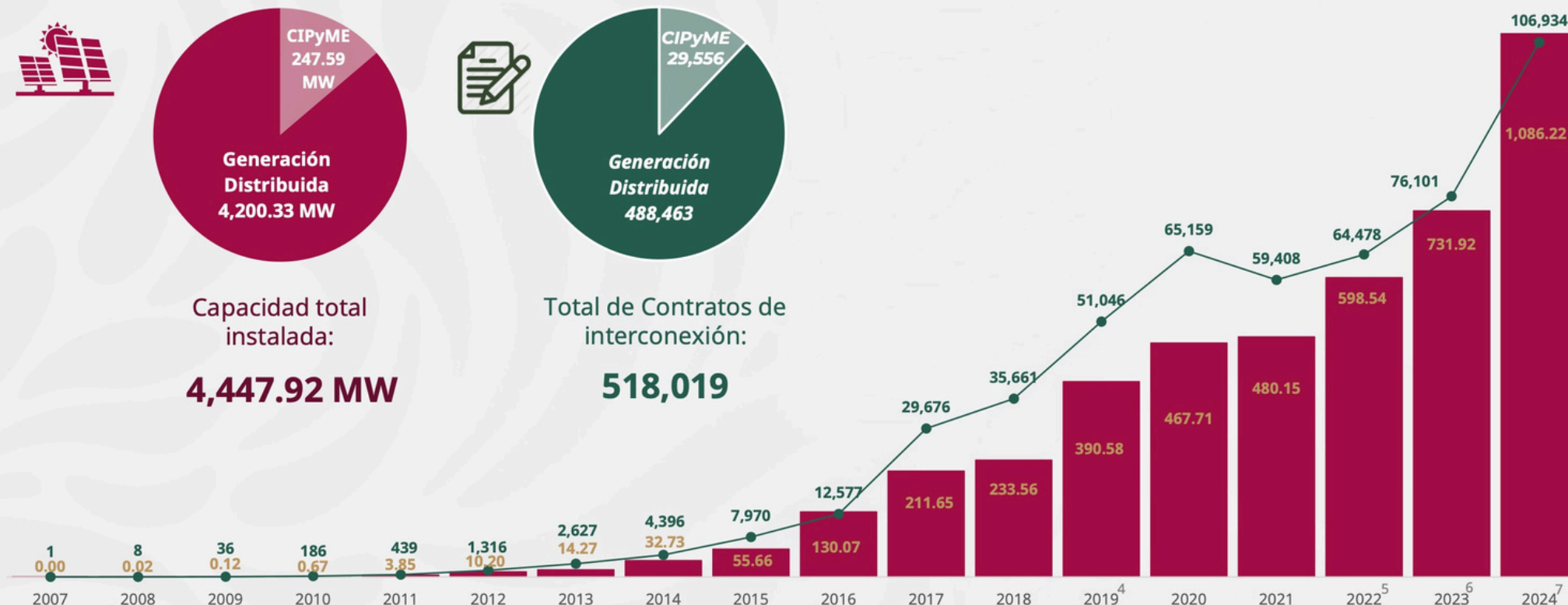
Capacidad total instalada:

4,447.92 MW



Total de Contratos de interconexión:

518,019

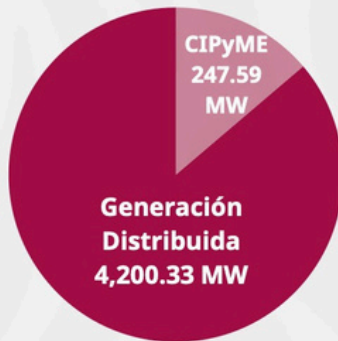


Capacidad Acumulada Anual

Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW¹
Evolución Acumulada – CIPyME² / Generación Distribuida³

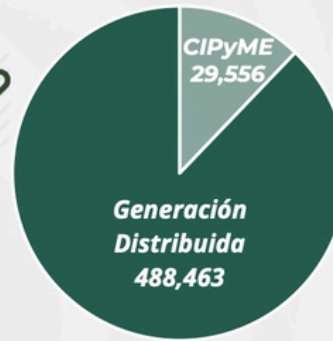


Gobierno de
México



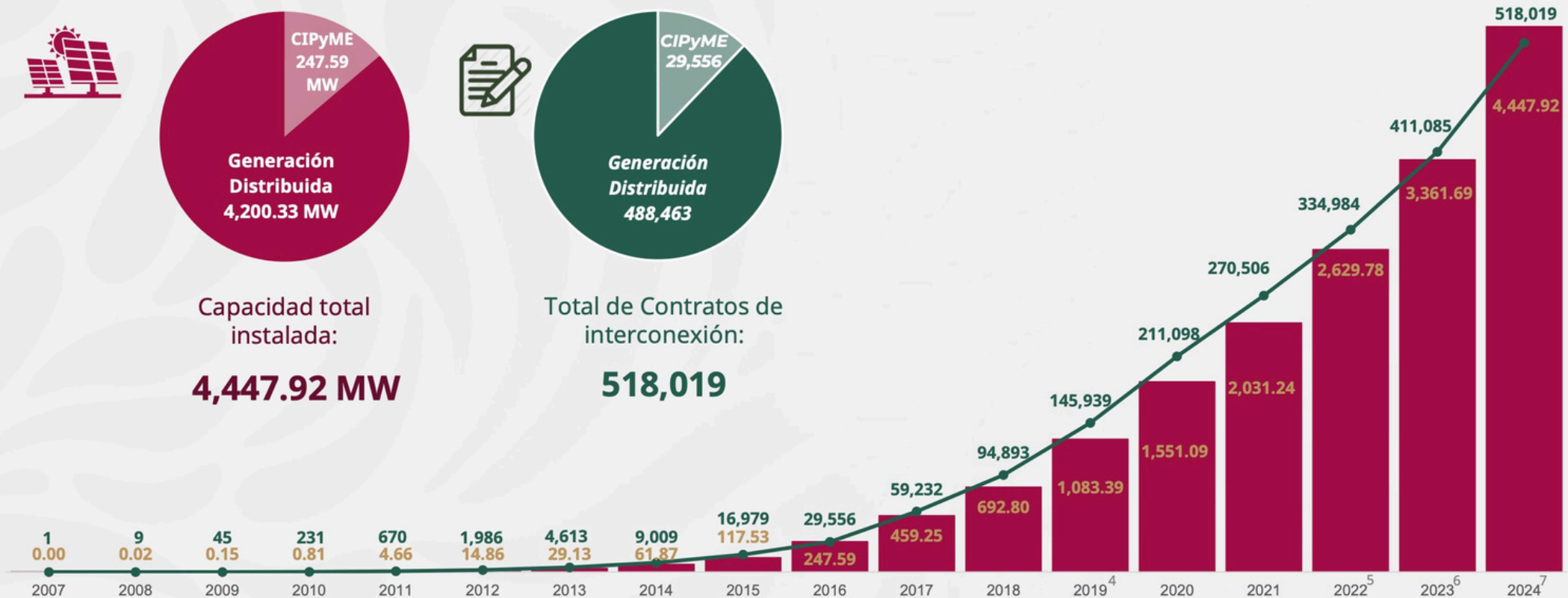
Capacidad total instalada:

4,447.92 MW



Total de Contratos de interconexión:

518,019

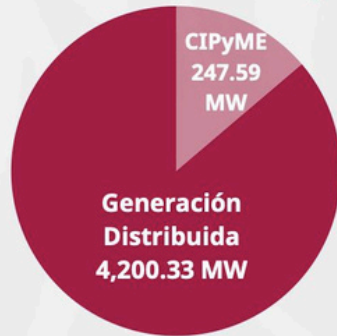


Capacidad Instalada por Entidad

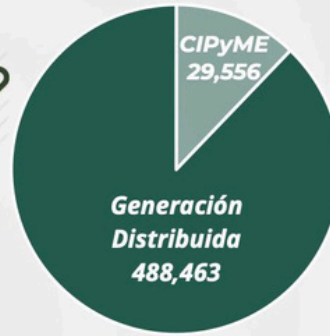
Solicitudes de interconexión de centrales eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW¹
Evolución acumulada² por Entidad Federativa



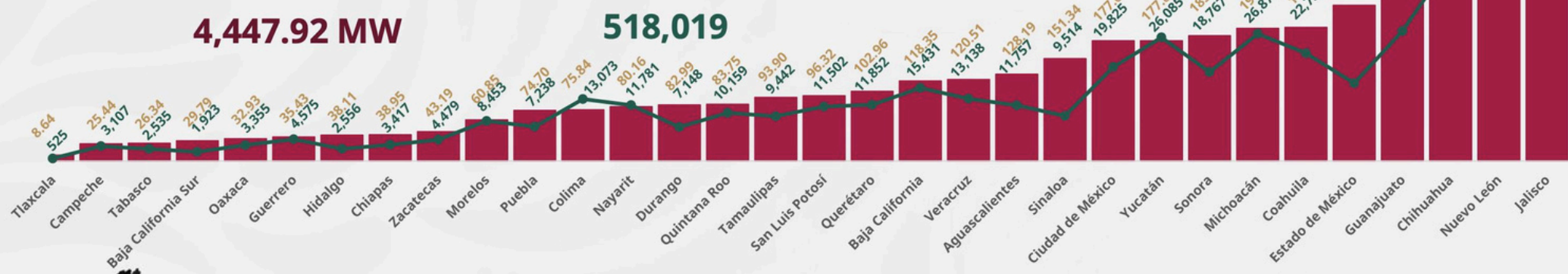
Gobierno de
México



Capacidad total instalada:
4,447.92 MW



Total de Contratos de interconexión:
518,019

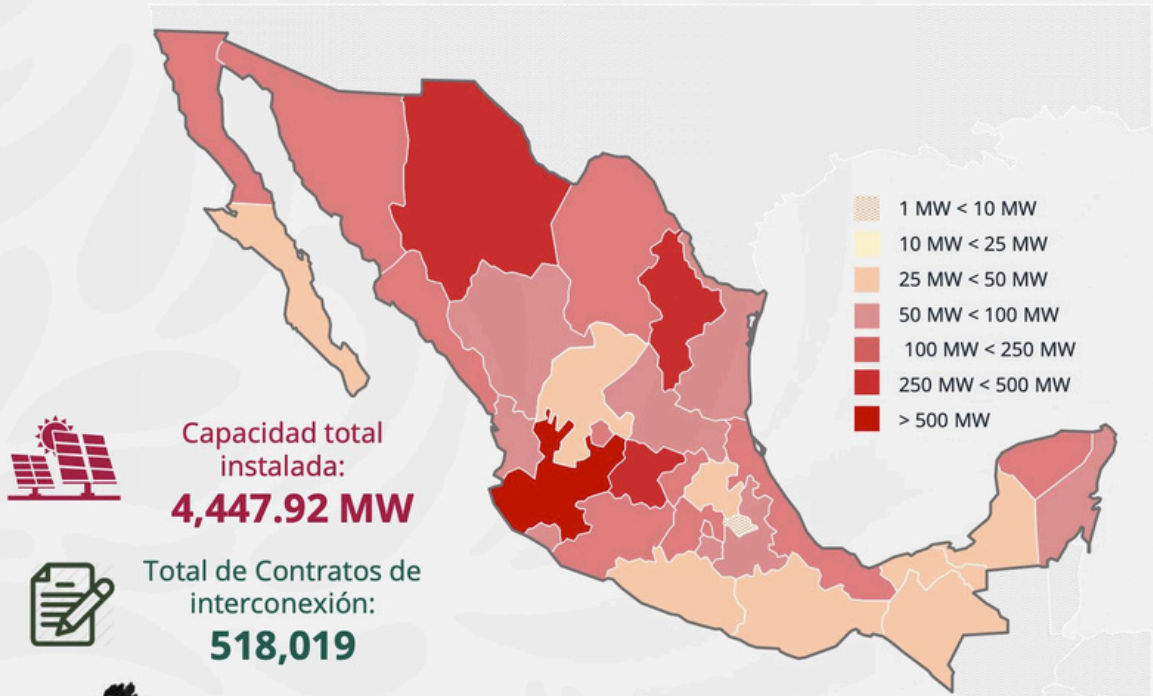


Contratos por metodología y tecnología

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



Gobierno de
México



2025
Año de
**La Mujer
Indígena**

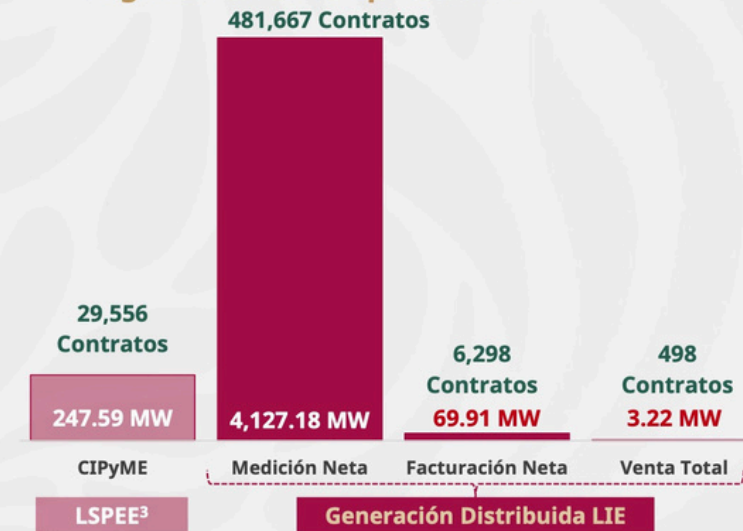
Entidad Federativa	No. de contratos	Capacidad Instalada (MW)
Tlaxcala	525	8.64
Campeche	3,107	25.44
Tabasco	2,535	26.34
Baja California Sur	1,923	29.79
Oaxaca	3,355	32.93
Guerrero	4,575	35.43
Hidalgo	2,556	38.11
Chiapas	3,417	38.95
Zacatecas	4,479	43.19
Morelos	8,453	60.85
Puebla	7,238	74.70
Colima	13,073	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
Aguascalientes	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
Guanajuato	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

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

Contratos por metodología y tecnología

Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW¹ Clasificación por régimen de contraprestación y tecnología²

Régimen de contraprestación



Capacidad total instalada: **4,447.92 MW**



2025
Año de
La Mujer
Indígena



Total de Contratos de interconexión: **518,019**

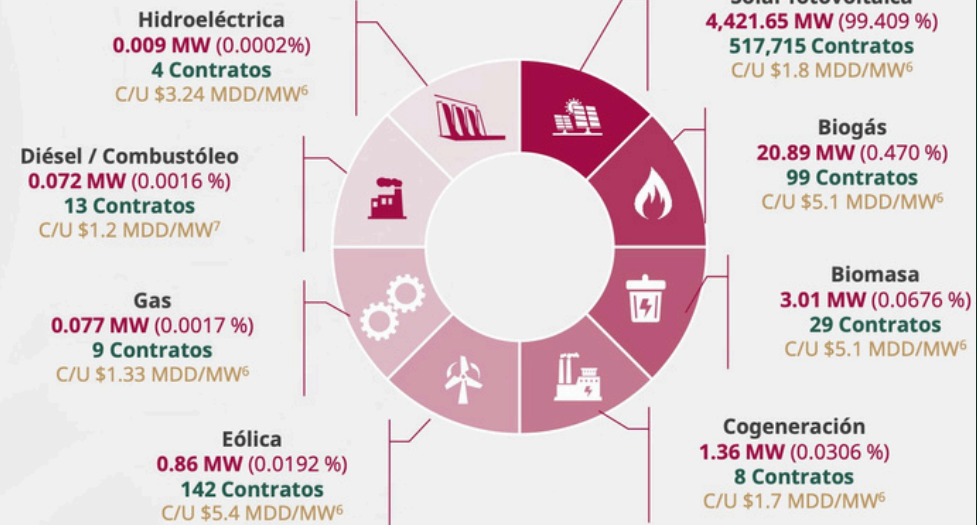


Inversión Estimada⁴ **8,088.03 MDD**



Gobierno de
México

Tecnologías



1. Información Proporcionada por la Empresa Productiva Subsidiaria de la Comisión Federal de Electricidad, CFE Distribución, con cifras al segundo semestre de 2024.
2. Incluye CIPyME y Generación Distribuida.
3. Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
4. Considera una inversión promedio de 1.81 millones de dólares por MW de capacidad instalada. Las cifras pueden variar debido al redondeo.
5. C/U. Costo Unitario por tipo de tecnología
6. <https://atb.nrel.gov/electricity/2024/technologies>
7. <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72509.pdf>

Modalidad	Capacidad total (kW)	Contratos totales	Tamaño promedio de sistemas (kW)
Netmetering	4127180	481167	8.57
Netbilling	69910	6298	11.1
Venta total	3220	498	6.47

CONVOCATORIA INDEPENDENCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL

INICIATIVA 2025



QUARTUX®
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

bono₂

CANACINTRA
LA FUERZA DE LA INDUSTRIA

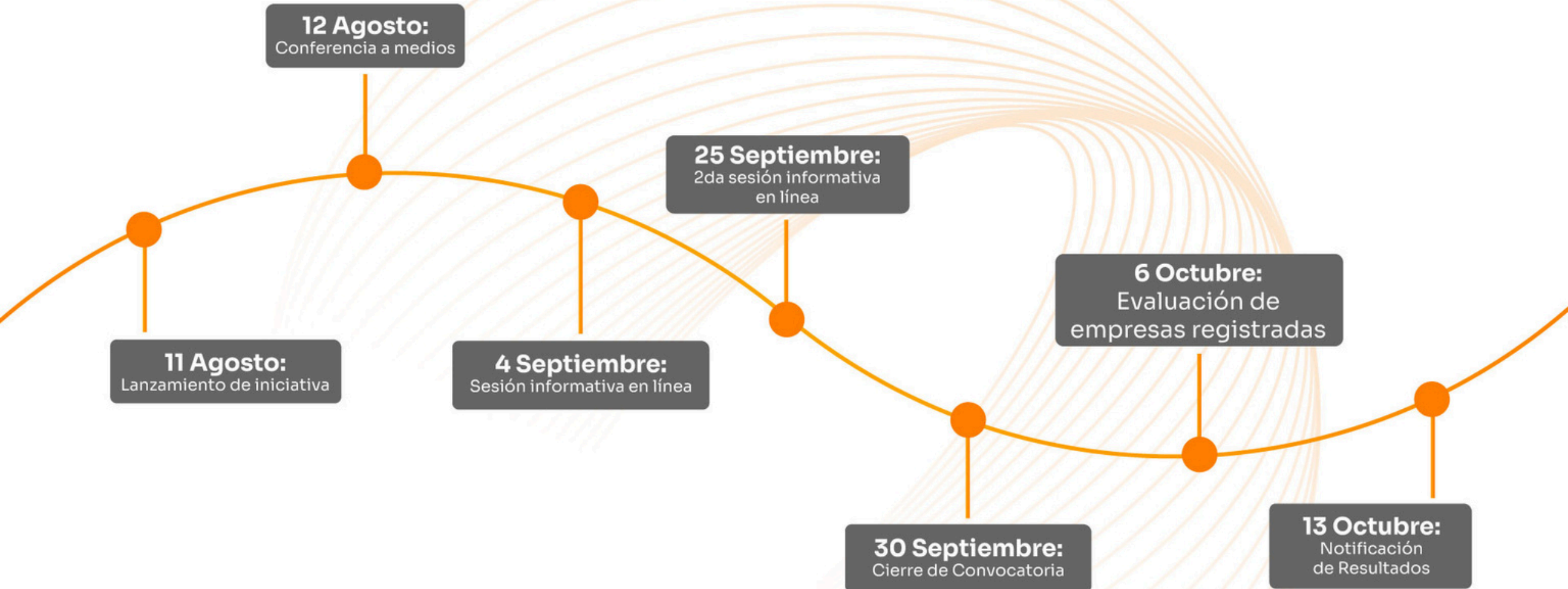
Cluster
Industrial

MEXICO
INDUSTRY



AVANMEX

CRONOGRAMA







QUARTUX®
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



MÓDULO II

Generación Distribuida y Política Energética

www.quartux.com

www.cpef.org.mx



QUARTUX®
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Generación Distribuida

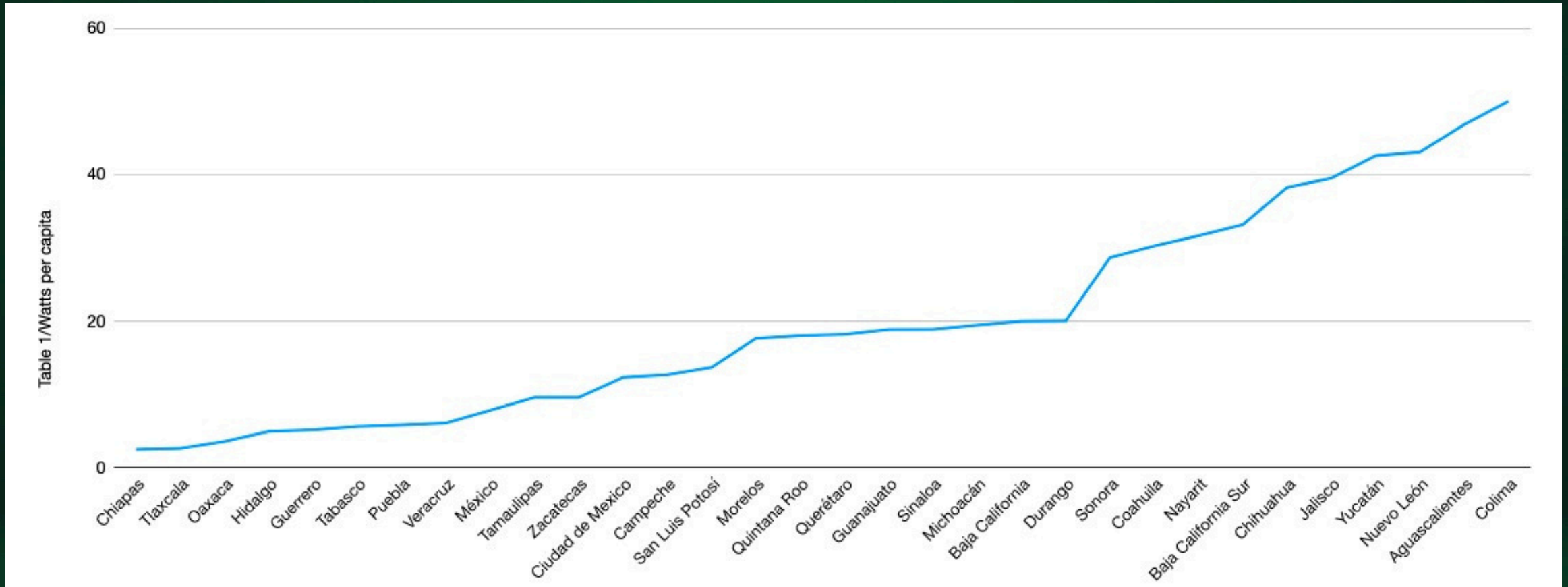


Números reales para el mercado

- **Watts per cápita:** Total de capacidad instalada/población de la entidad.
- **Avance sobre potencial:** Número de contratos / Usuarios potenciales (DAC, PDBT, GDBT, GDMTO, GDMTH).
- **Evolución por entidades:** No en todos lados crece igual

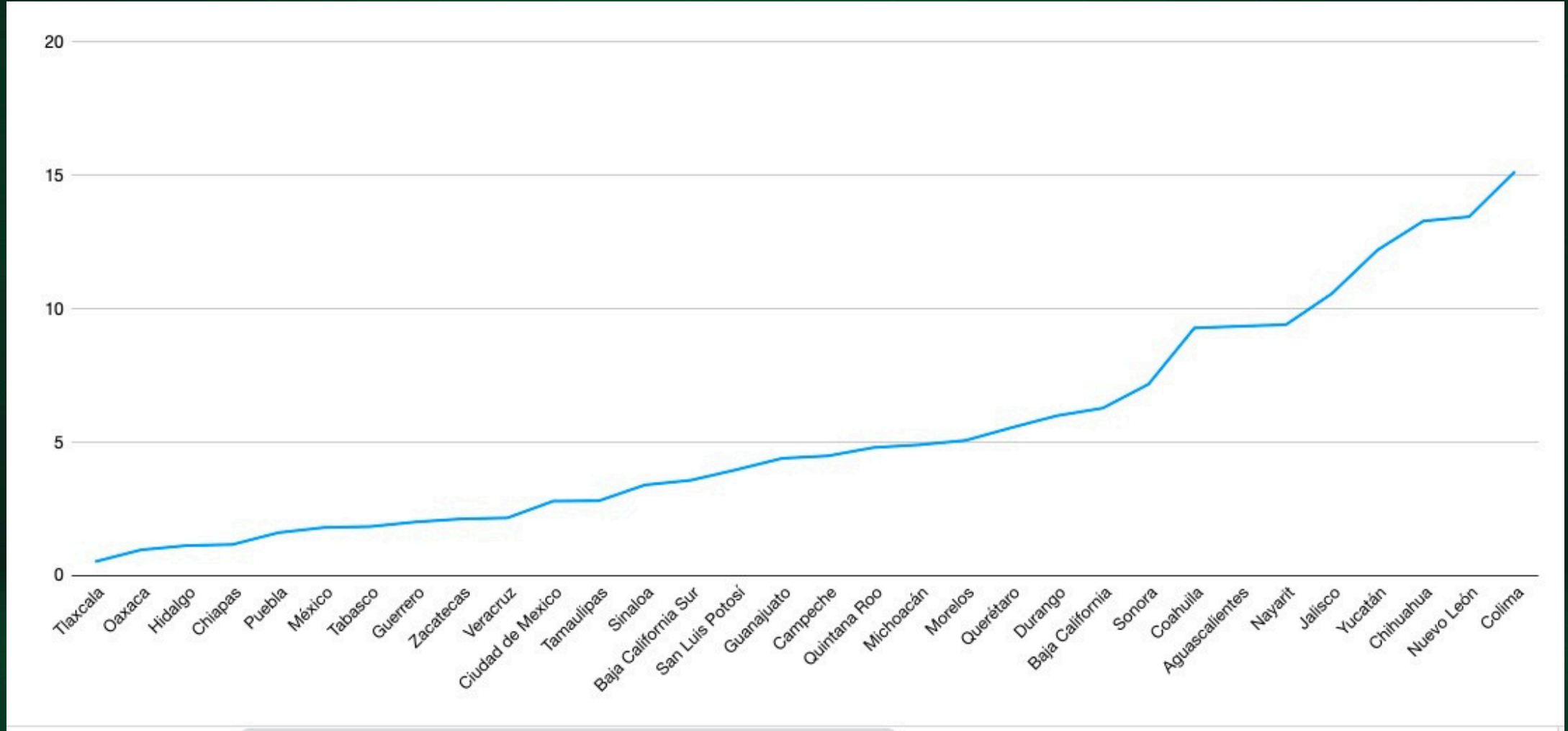
Watts instalados per capita por entidad

Generación Distribuida



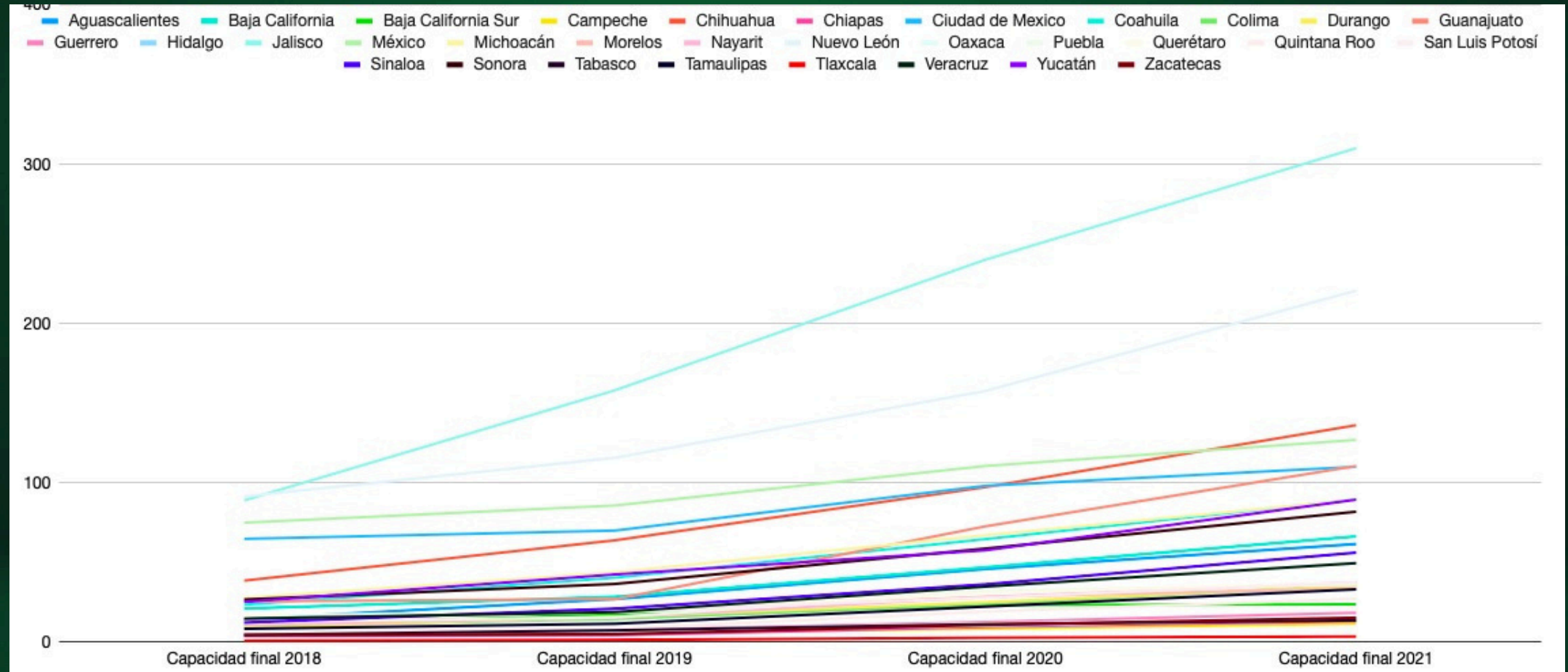
Cobertura Sobre potencial

Generación Distribuida



Evolución en las entidades federativas

Generación Distribuida





Acciones del gobierno respecto a renovables

LESE

- CFE pierde la característica de productiva.
- CFE se reintegra vertical y horizontalmente.
- CFE adquiere monopolio en SSB.
- Se mantiene el mercado eléctrico.
- Mantiene vigencia de auto abastecimiento.
- Se promete liberar permisos.
- Permisos rápidos para autoconsumo



Acciones del gobierno respecto a renovables

Programa de energía

- Agregarán hasta 28 GW de capacidad de generación.
 - 13 GW CFE
 - 9.5 GW Privados
- Eleva generación exenta a 0.7 MW
- Construyen LT HVDC sur del país.
- “Liberarán” permisos rápidos de autoconsumo hasta 20 MW.
- Obligan al uso de baterías a generadores de mercado renovables.
- Regresan a PIE con modificaciones

Expectativas de cumplimiento de LTE - Paris

- La proyección de incremento se queda lejos de las necesidades de energía limpia (25-45 GW)
- Eficiencia energética.
- Ser el mercado de CEL
- Generación distribuida aporta máximo 1,500 MW/año (1/5 de lo requerido)



QUARTUX®
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



Precio de la Energía ¿Cómo se establece?

www.quartux.com

www.cpef.org.mx

Fijación de precios de energía

Regiones del SEN



Fijación de precios de energía

Zonas de nodales



Fijación de precios de energía

Regiones de distribución

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

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

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

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

Tekax Dos - 08TKD-115

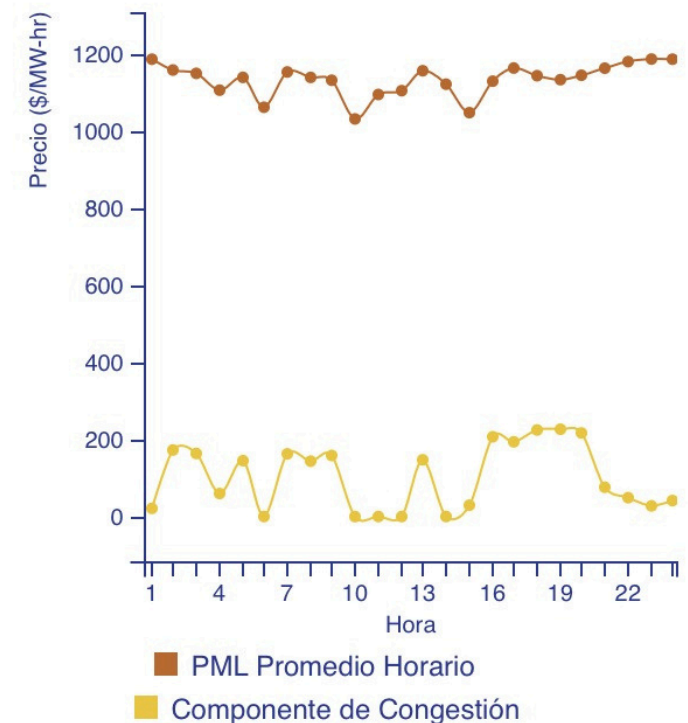
MAX **\$1,202.14** \$/MW-hr ☹ a las 23 hrs
MIN **\$1,035.84** \$/MW-hr ☹ a las 10 hrs
PROM **\$1,143.05** \$/MW-hr



Ticul - 08TIU-115

fecha: 27 de agosto de 2020

PML Promedio Diario:
\$1,132.88 \$/MW-hr



Fijación de precios de energía

Precio Marginal Local





QUARTUX®
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

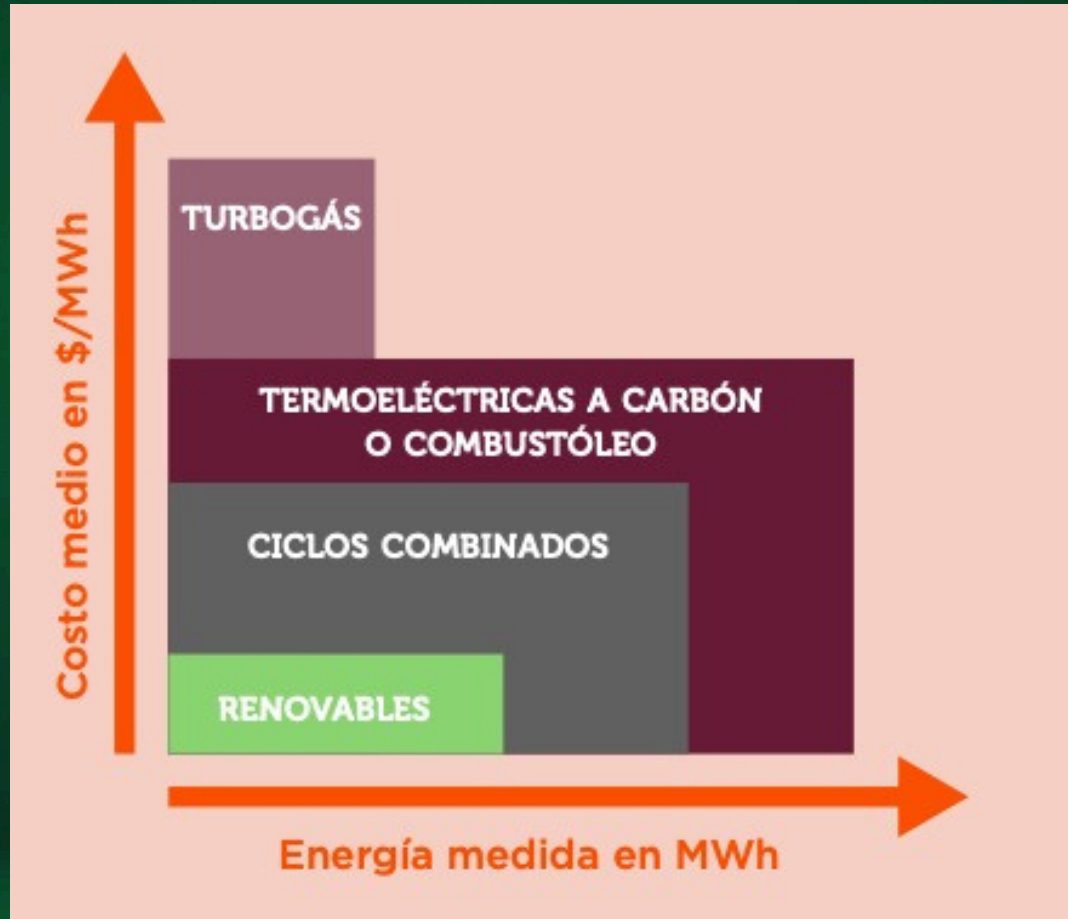


Precio de la Energía Despacho y Mercado Marginalista

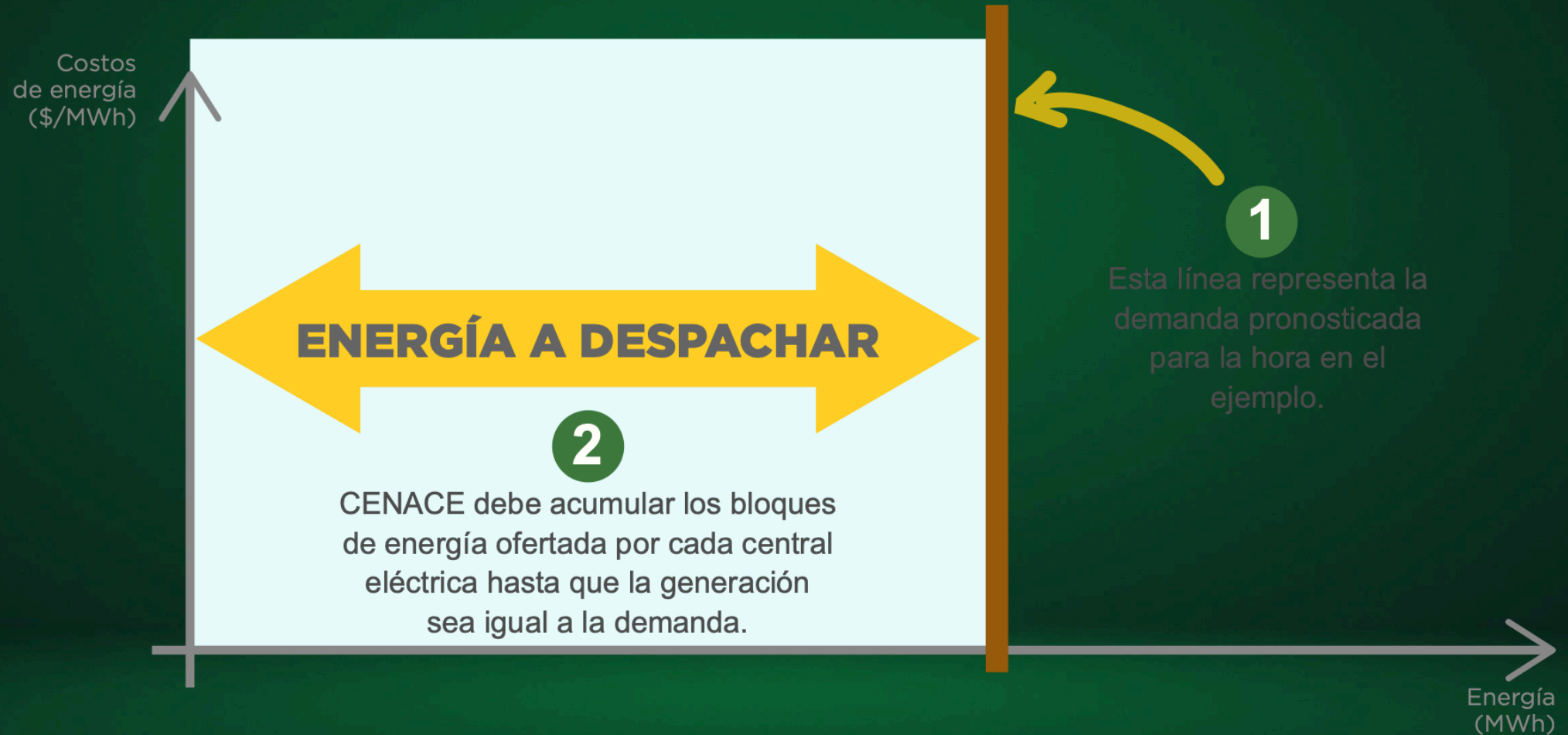
www.quartux.com

www.cpef.org.mx

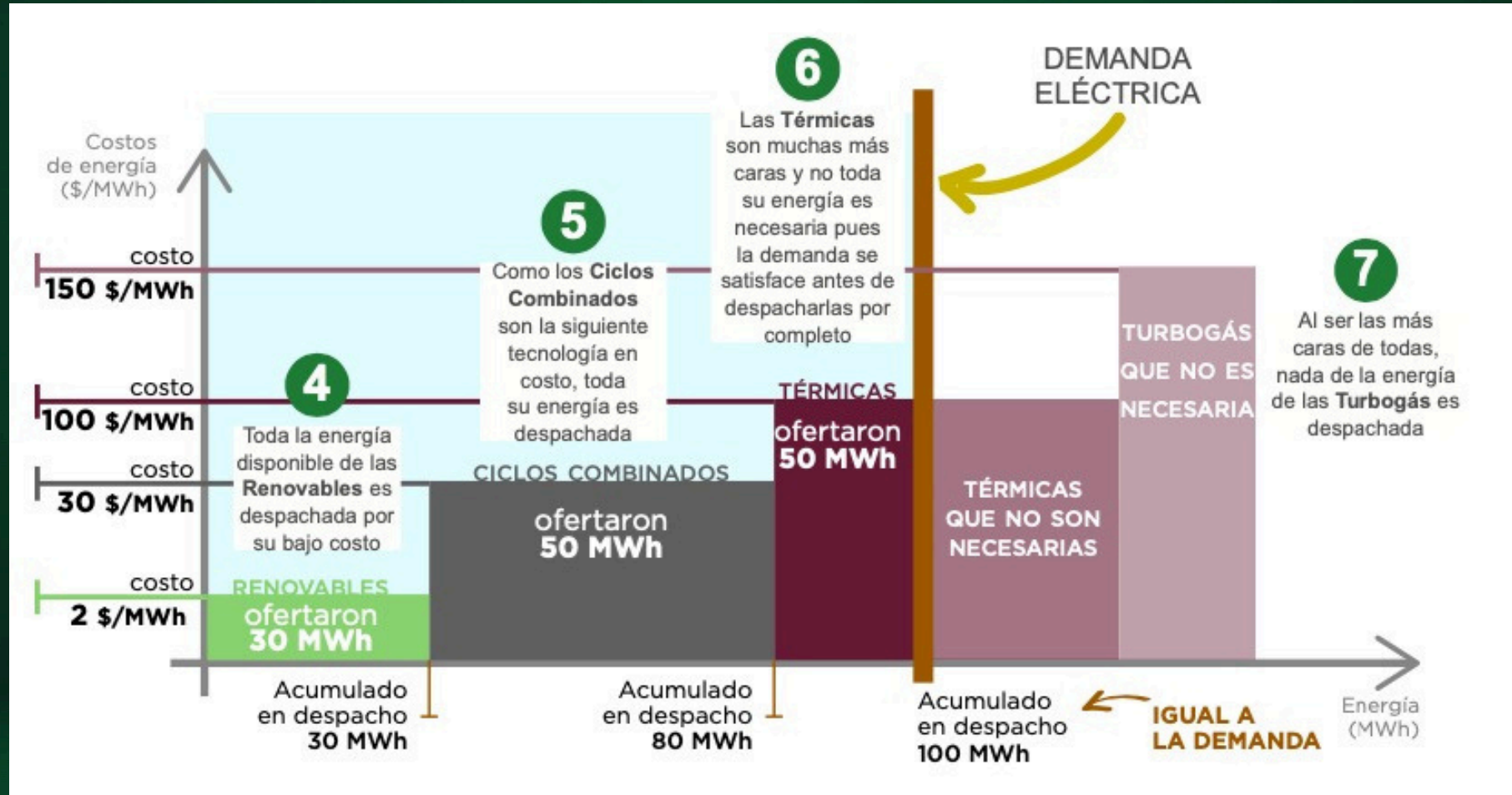
Fijación de precios de energía



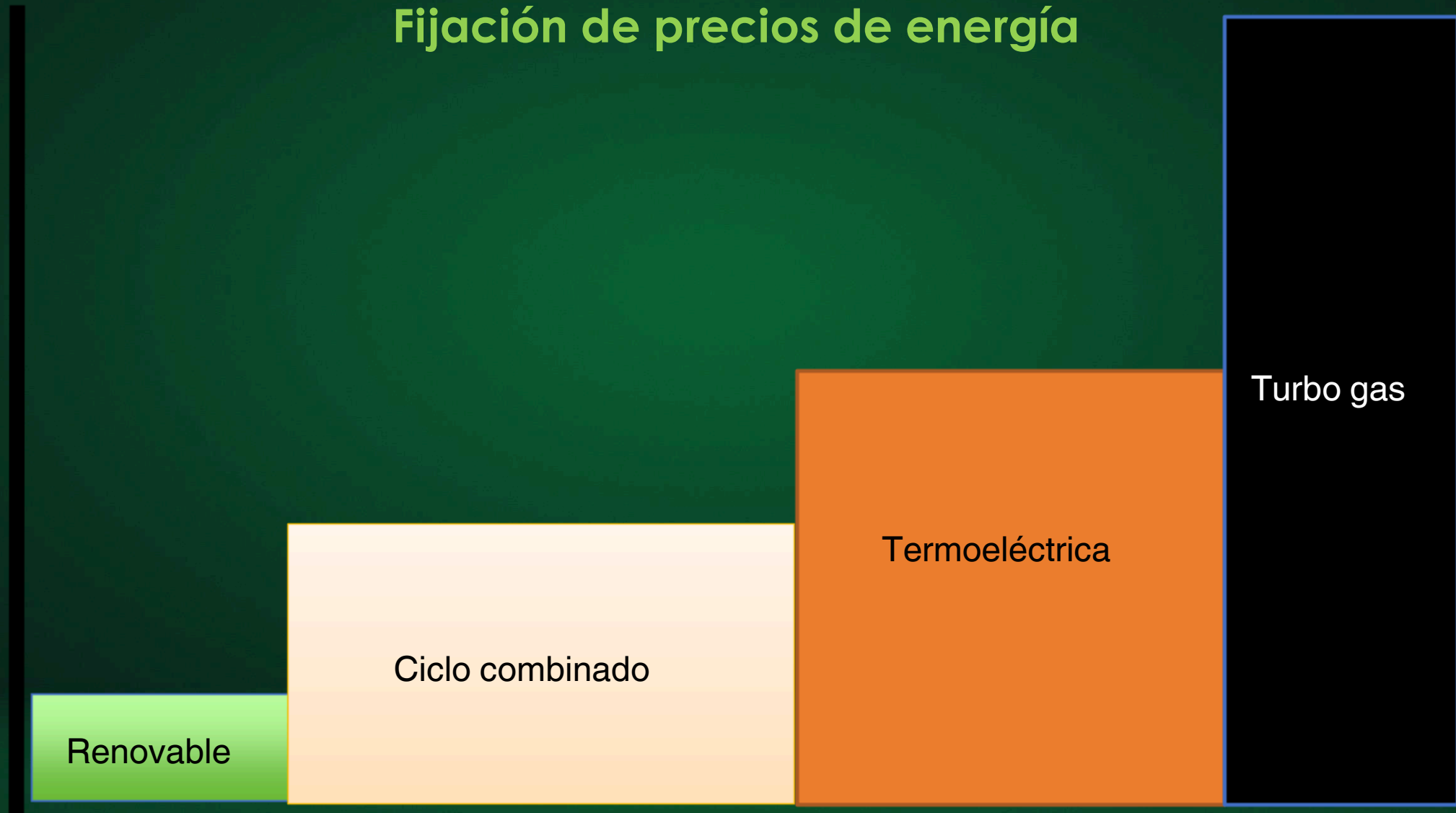
Fijación de precios de energía



Fijación de precios de energía



Fijación de precios de energía



¿Cómo desplaza GD?



Modelo Marginalista



Re nova ble

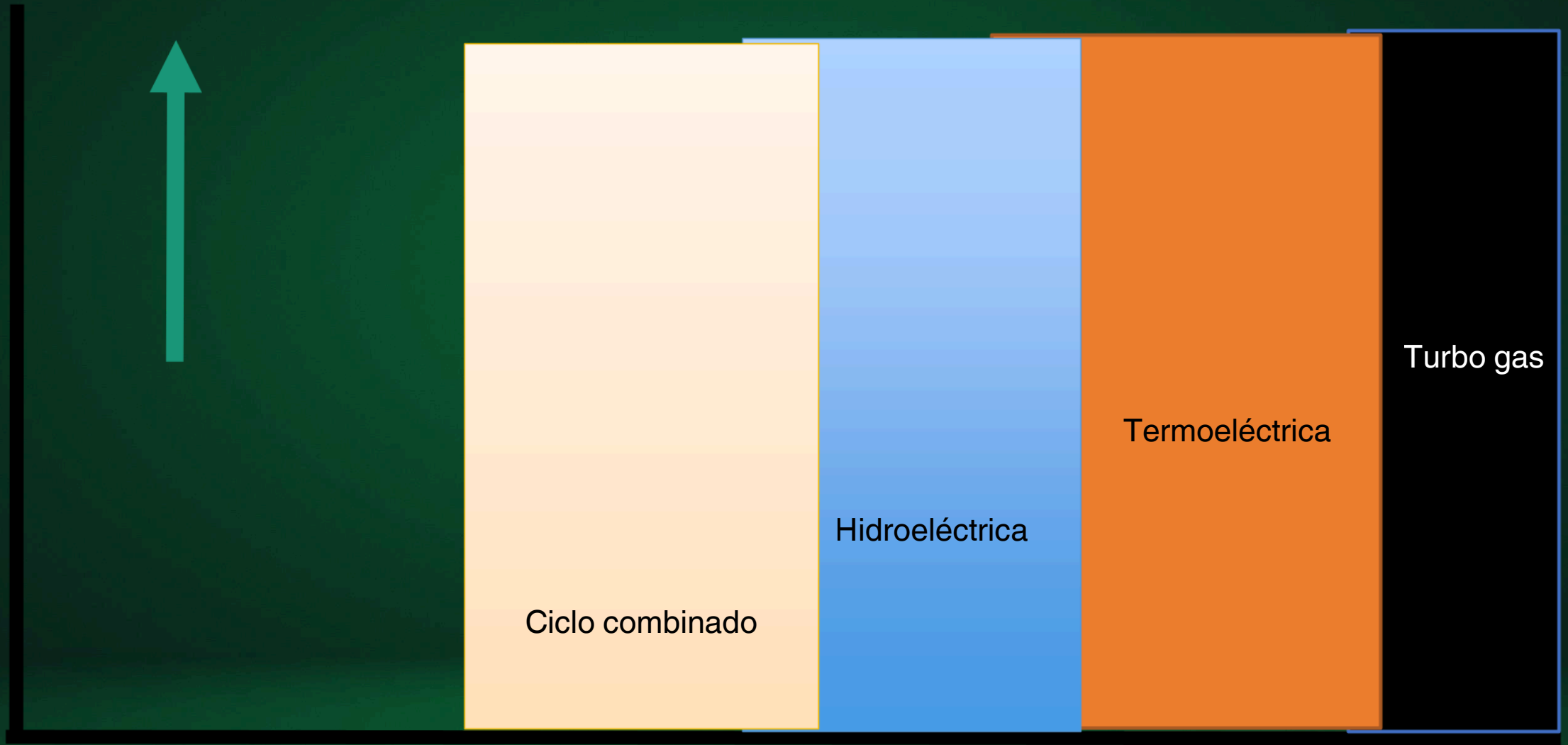
Ciclo combinado

Hi droe léct rica

Termoeléctrica

T urbo gas

Modelo Pay As Bid



CONVOCATORIA INDEPENDENCIA ENERGÉTICA INDUSTRIAL

INICIATIVA 2025



QUARTUX®
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

bono₂

CANACINTRA
LA FUERZA DE LA INDUSTRIA

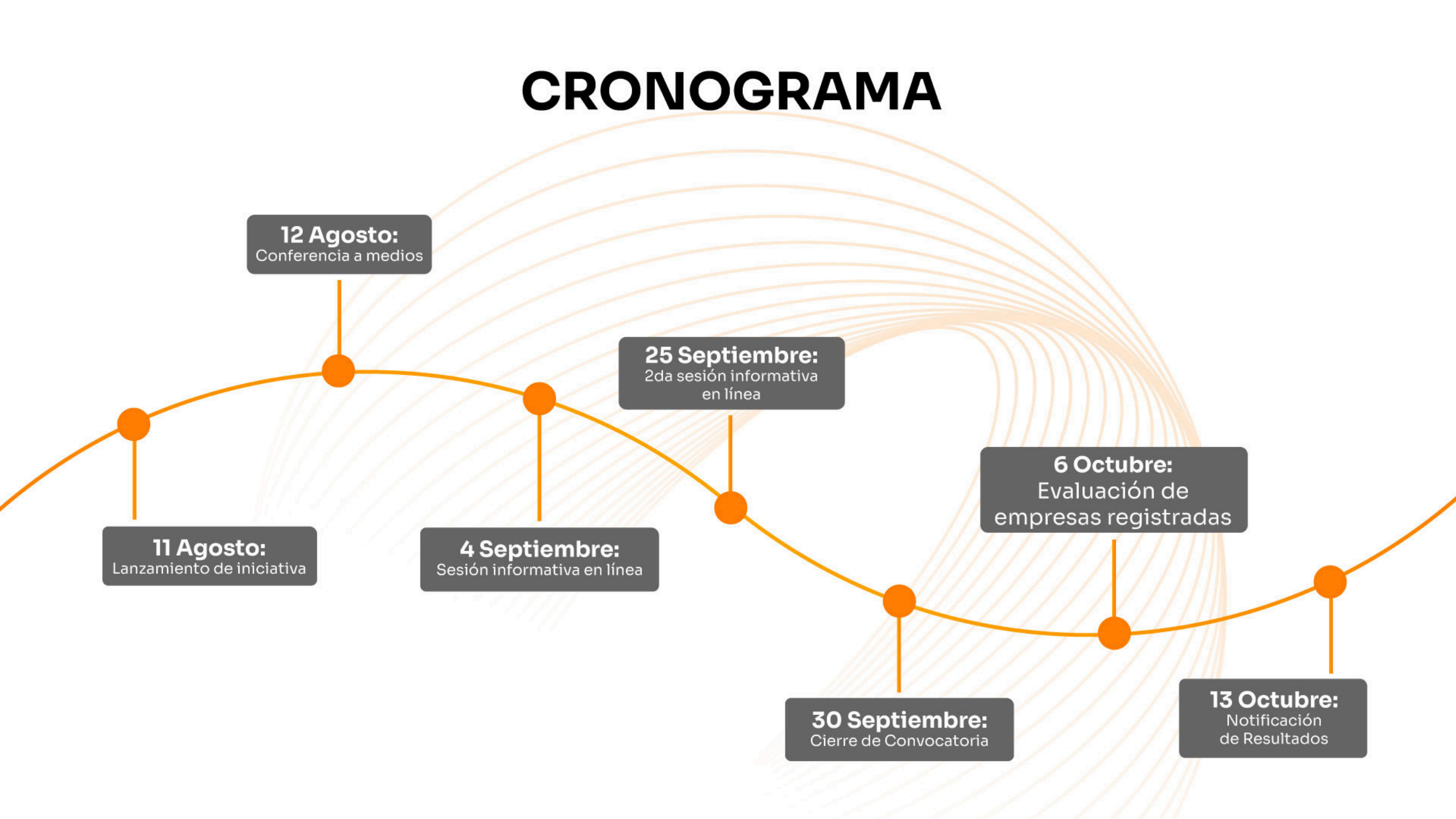
Cluster
Industrial

MEXICO
INDUSTRY



AVANMEX

CRONOGRAMA



12 Agosto:
Conferencia a medios

11 Agosto:
Lanzamiento de iniciativa

4 Septiembre:
Sesión informativa en línea

25 Septiembre:
2da sesión informativa
en línea

30 Septiembre:
Cierre de Convocatoria

6 Octubre:
Evaluación de
empresas registradas

13 Octubre:
Notificación
de Resultados

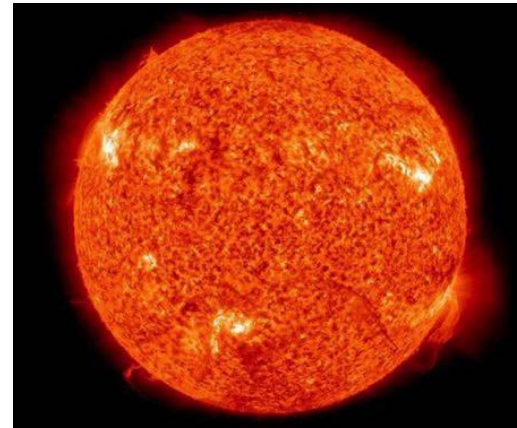
GEOMETRÍA SOLAR Y SOLARIMETRÍA

Recurso Solar

M. En I. Alfredo Divanny López Catalán

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**.

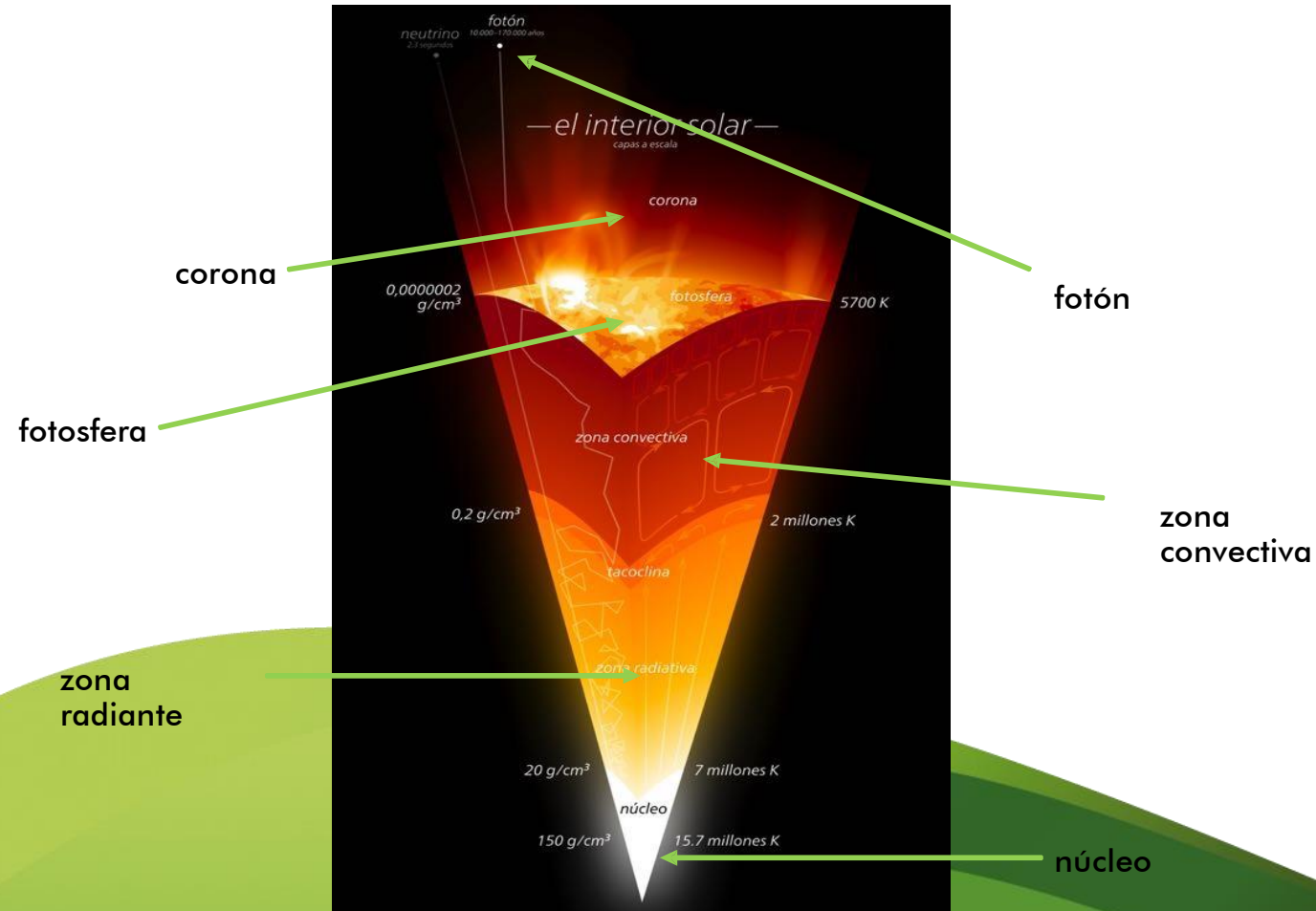


Capas Solares



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

Capas Solares

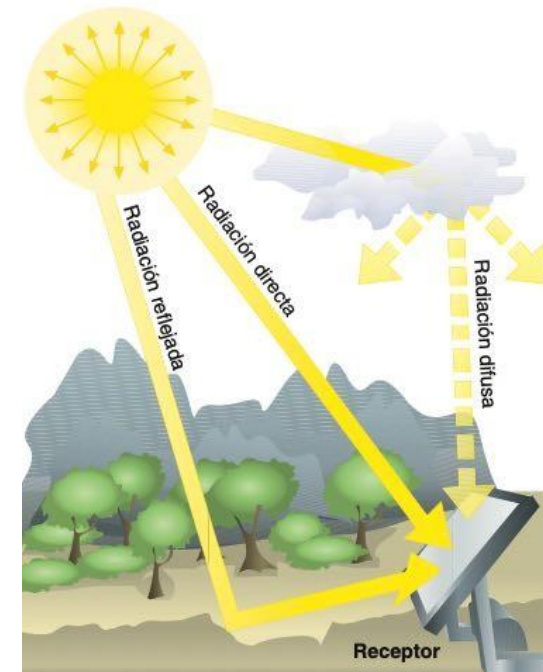


Tipos de Radiación en la Atmósfera



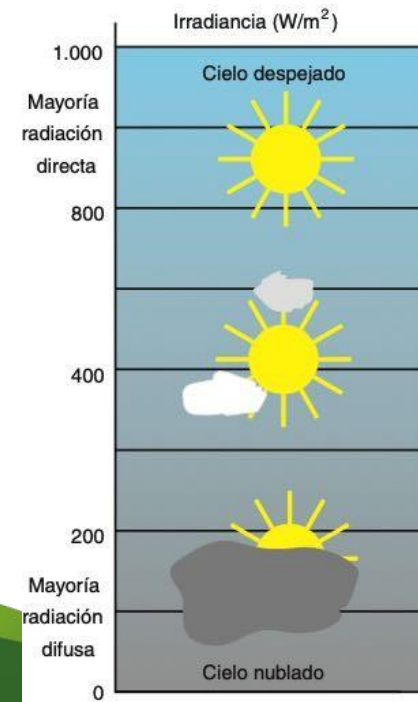
Definiciones

- **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 joules por metro cuadrado por un periodo de tiempo (J/m^2 por hora, día, semana, mes, año, etc., según el caso).



Irradiancia e Irradiación

$$P = 4 \times 10^{23} \text{ kW}$$

$$P = 4 \times 10^{26} \text{ W}$$

$$S = 4\pi R^2$$

$$R = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

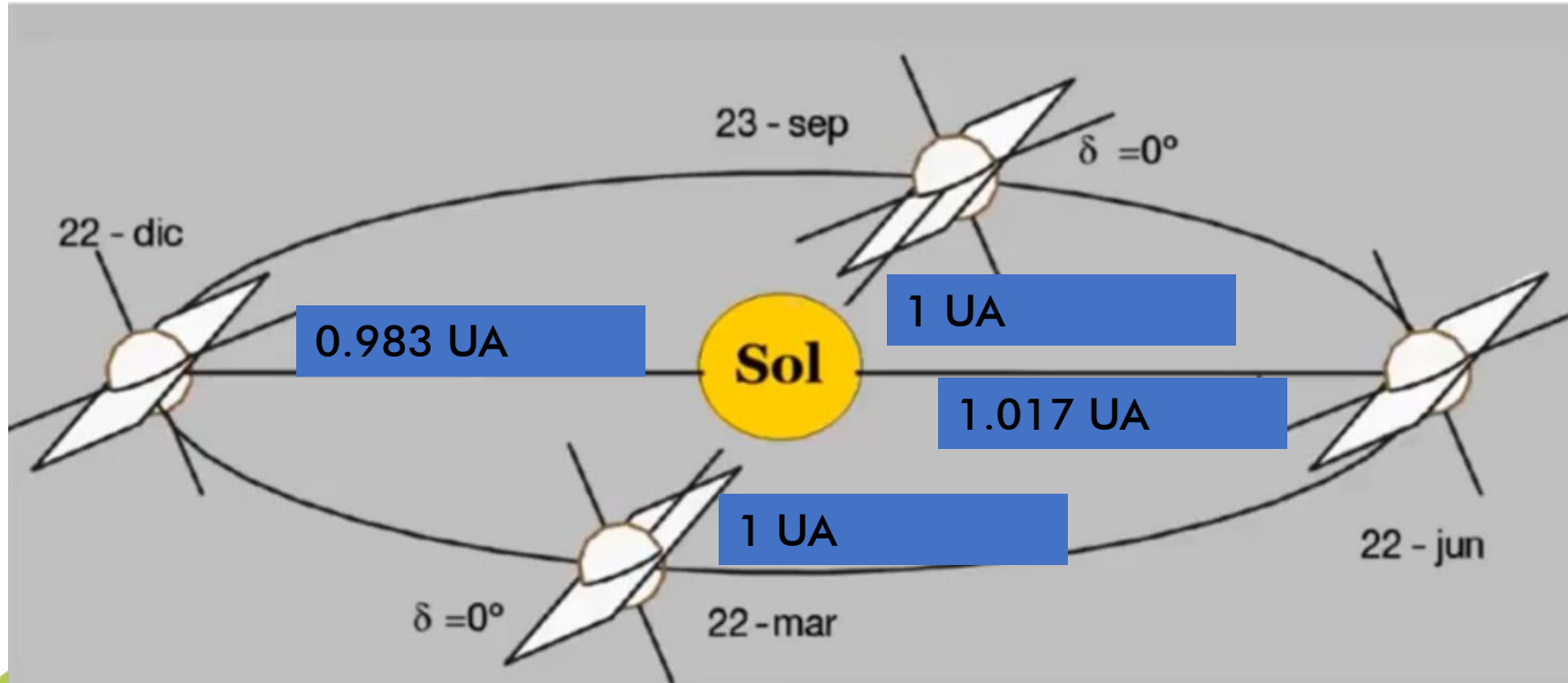
$$I = \frac{P}{S}$$

$$I = \frac{4 \times 10^{26} \text{ W}}{4\pi (1.5 \times 10^{11} \text{ m})^2}$$

$$I = 1400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$



Irradiancia e Irradiación



1 UA = 149,597,871 km

Constante Solar

- La **cantidad de irradiación por unidad de área** que recibe la Tierra en el tope de la atmósfera es casi una constante.
- Su valor es de 1367 W/m^2
- La energía de la constante se encuentra distribuida en diferentes longitudes de onda.

$$G_0 = 1367 \text{ W/m}^2$$

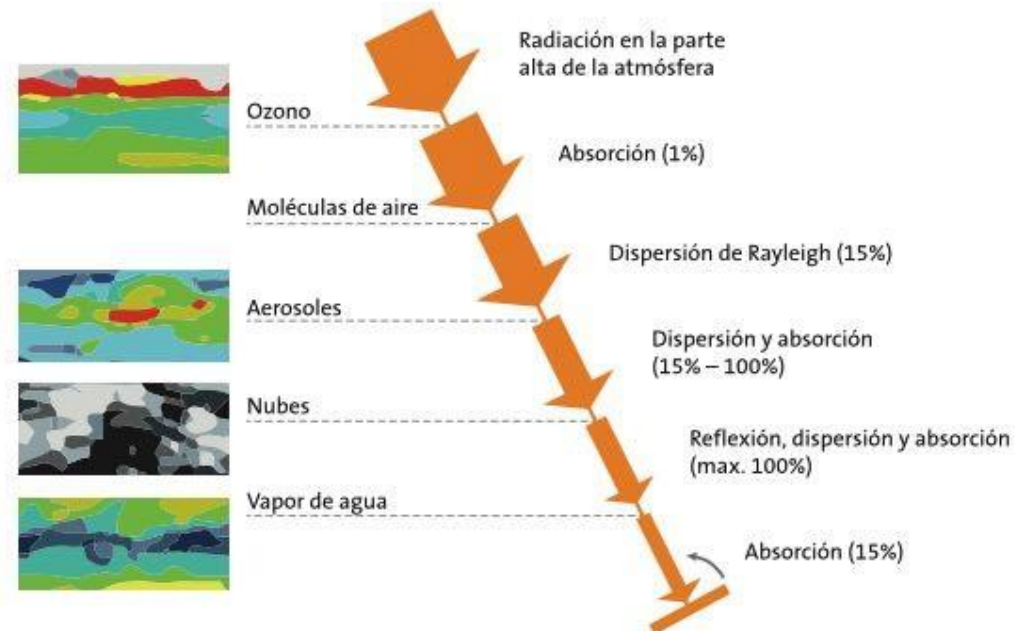


Atmósfera

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

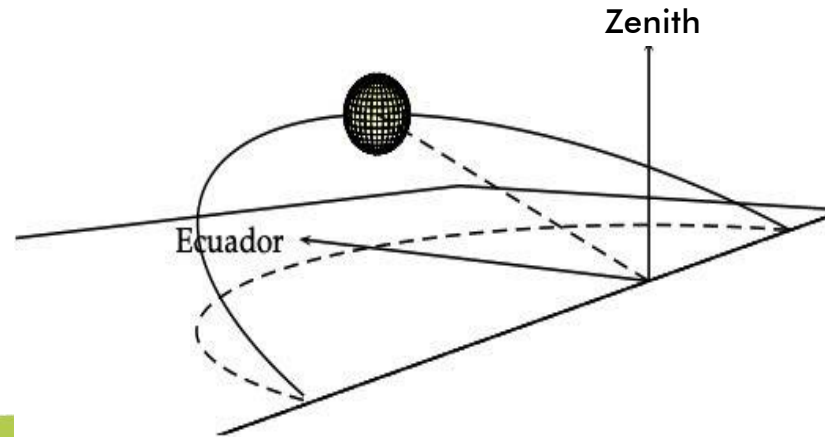


Factores que influyen en la atenuación de la radiación solar incidente.

Ángulos Solares

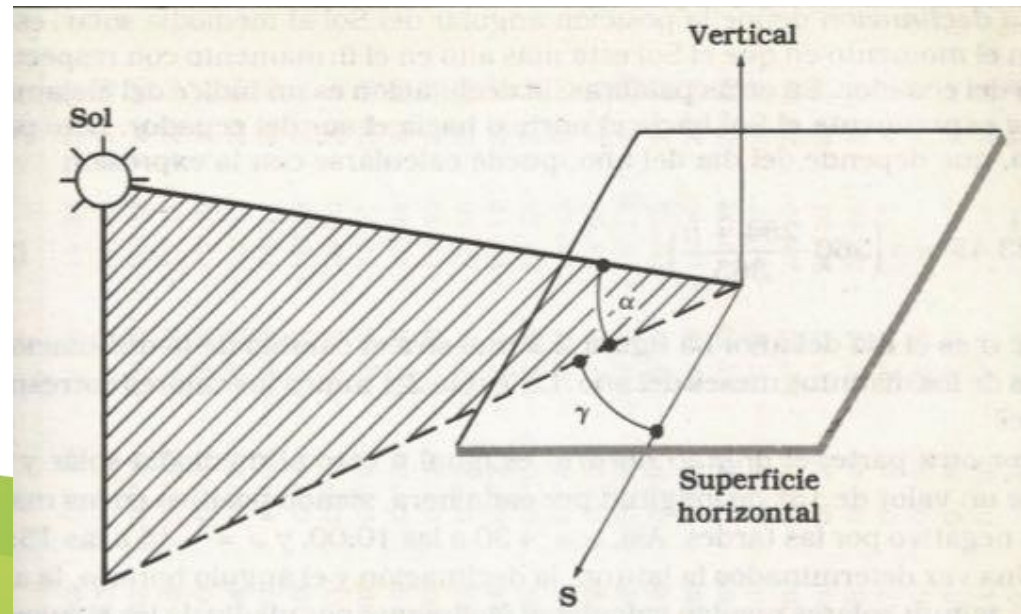


Ángulo Zenith



Altura Solar y el Ángulo Azimut

α = altura solar a partir
de
la horizontal
 γ = ángulo
azimut



Altura Solar y el Ángulo Azimut

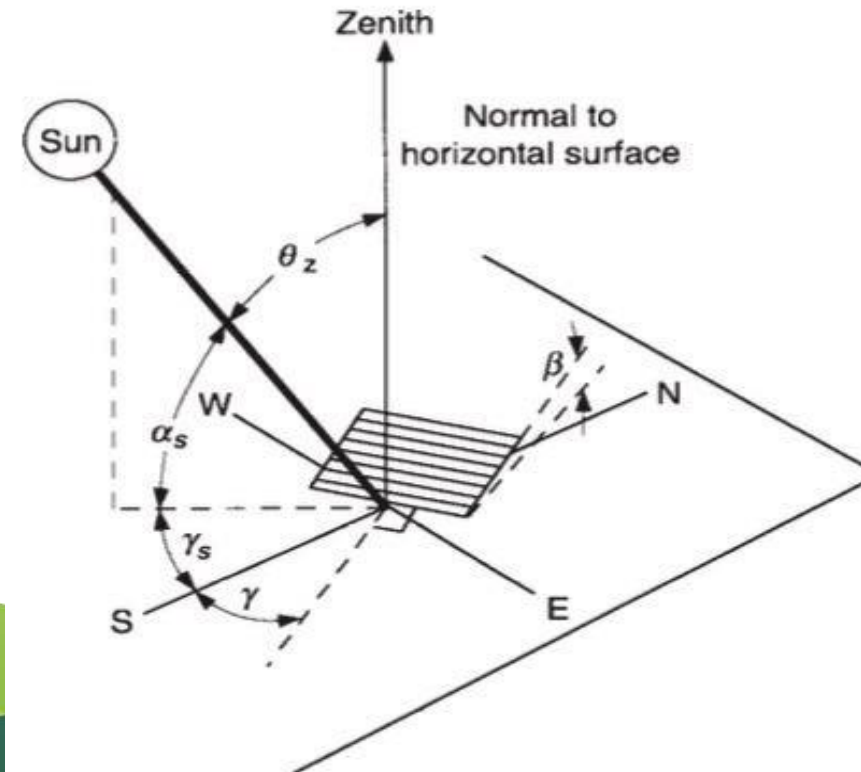
θ_z = ángulo zenith, ángulo de incidencia del haz de luz
 β = ángulo de inclinación de la superficie en cuestión, sobre el plano horizontal

Ángulos adicionales

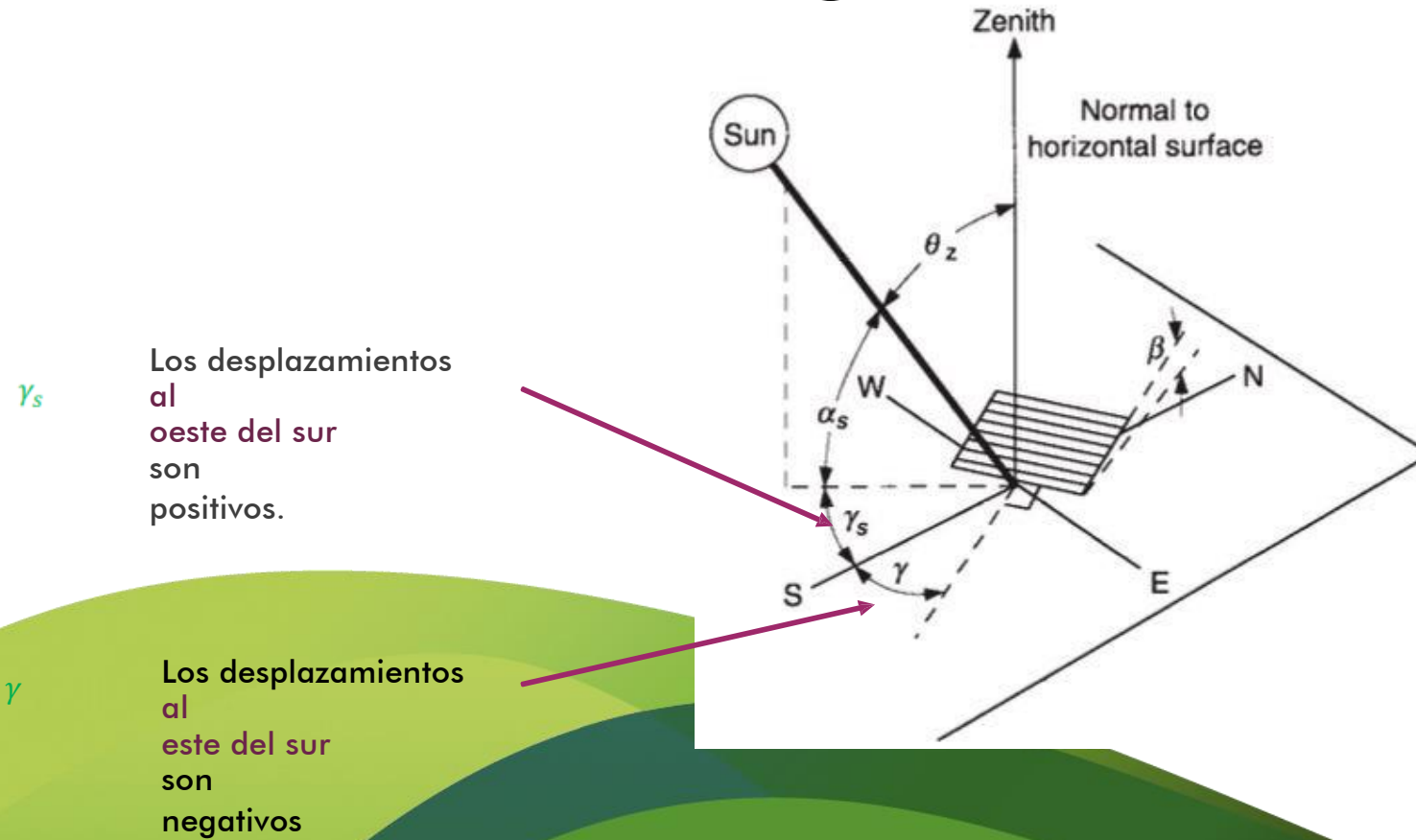
θ_z = ángulo zenith, el ángulo entre la vertical y la línea de incidencia de la radiación del haz de luz

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

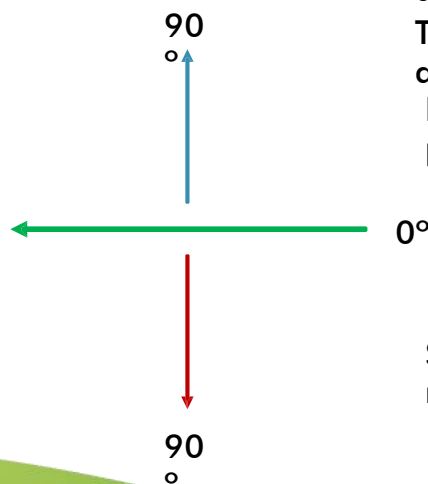
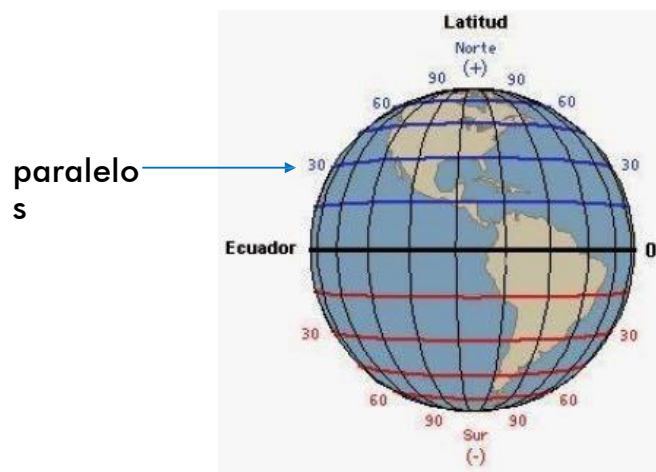


Altura Solar y el Ángulo Azimut



Latitud

$\emptyset$ = latitud, ubicación angular al norte o al sur del ecuador



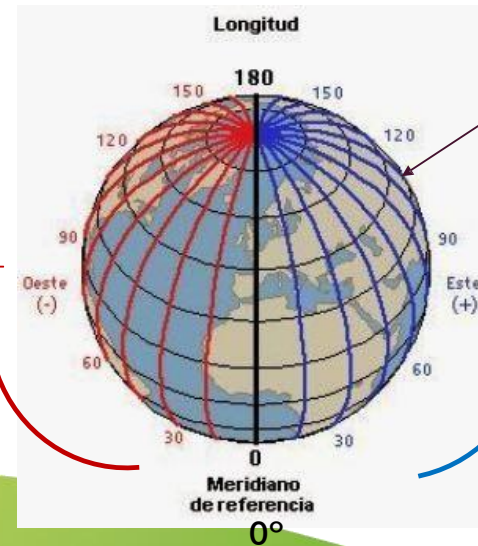
Distancia angular comprendida desde la línea del Ecuador hasta el punto medido de la Tierra a lo largo de un meridiano (de 0° a 90°)
NORTE = los valores son positivos

SUR = los valores son negativos

Longitud

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

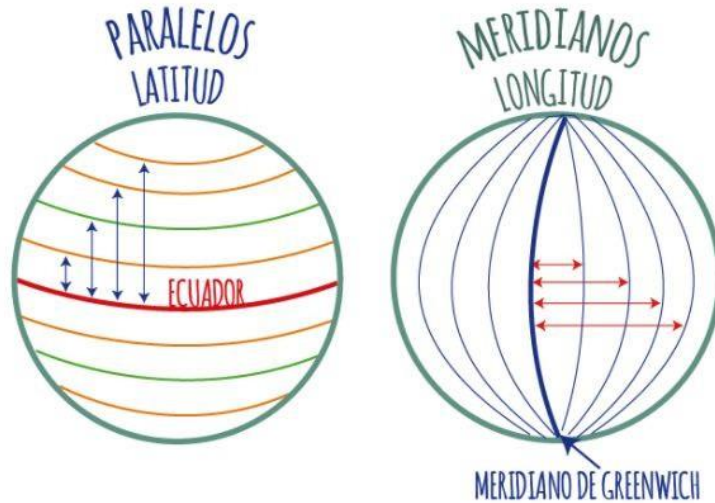
Oeste = los valores son negativo



Meridiano
s

Este = los valores son positivo

Latitud y Longitud

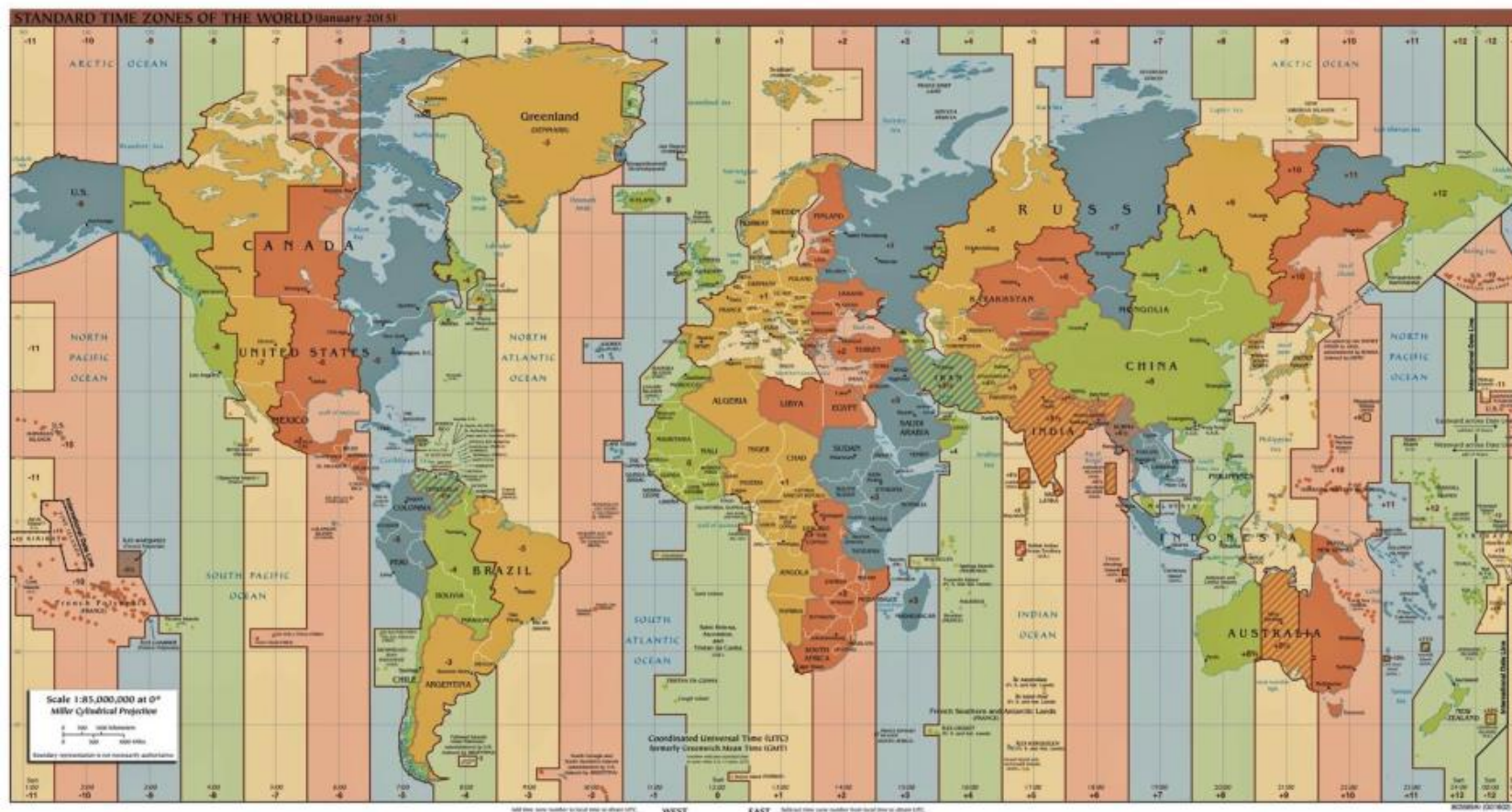


Ubicación: (latitud,
longitud)

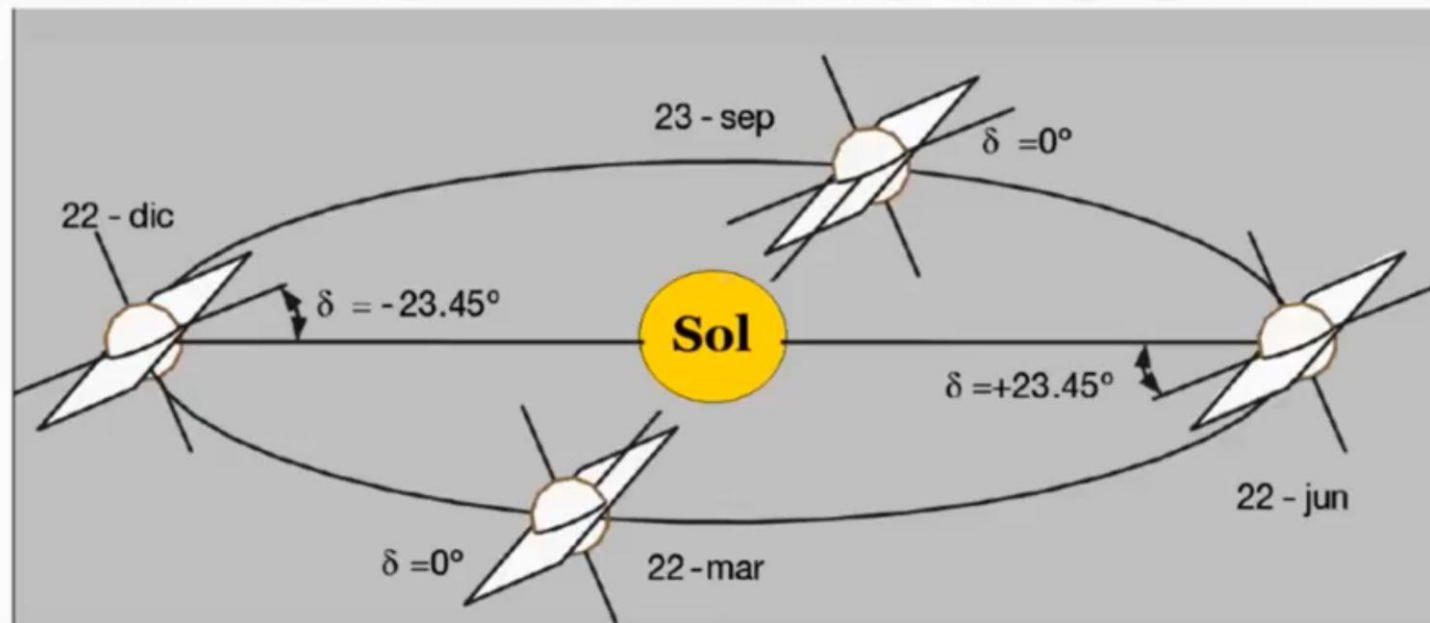
Latitud y Longitud



Latitud y Longitud



LA DECLINACIÓN SOLAR



Declinación

2020

January

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1

February

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29

March

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4

April

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	1	2

May

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
26	27	28	29	30	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6

June

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	1	2	3	4

July

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1

August

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5

September

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	1	2	3

October

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
27	28	29	30	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

November

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	1	2	3	4	5

December

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2

Declinación

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

Ejemplo:

¿Cuál será la declinación solar para el día 2 de abril de 2020?

Mes	Día
Enero	31
Febrero	29
Marzo	31
Abril	2
Total	93

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \left(\frac{284 + 93}{365} \right) \right)$$

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{135,720}{365} \right)$$

$$\delta = (23.45)(0.2051)$$

$$\delta = 4.809$$

Declinación

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

Ejemplo:

¿Cuál será la declinación solar para el día 6 de enero de 2020?

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \left(\frac{284 + 6}{365} \right) \right)$$

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{104,400}{365} \right)$$

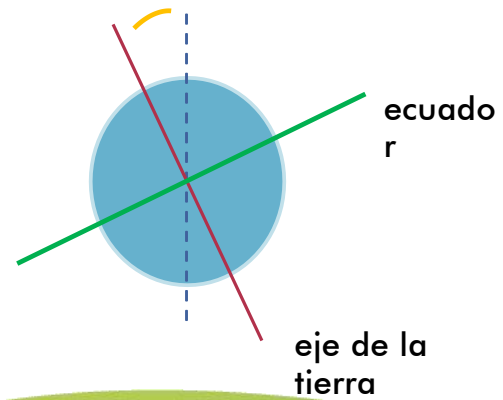
$$\delta = (23.45)(-0.9611)$$

$$\delta = -22.5384$$

Declinación

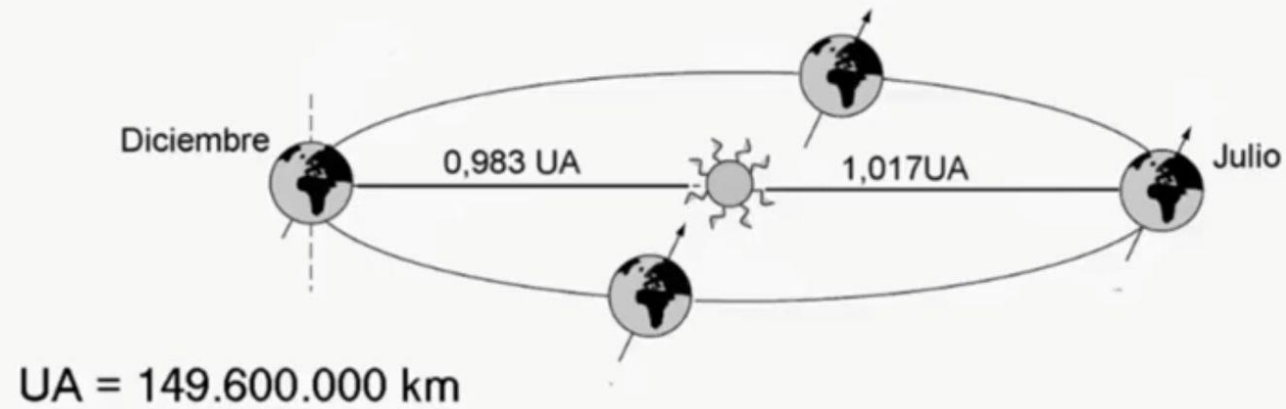
Month	n for i th Day of Month	For Average Day of Month		
		Date	n	δ
January	i	17	17	-20.9
February	$31 + i$	16	47	-13.0
March	$59 + i$	16	75	-2.4
April	$90 + i$	15	105	9.4
May	$120 + i$	15	135	18.8
June	$151 + i$	11	162	23.1
July	$181 + i$	17	198	21.2
August	$212 + i$	16	228	13.5
September	$243 + i$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

Declinación



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

Factor de Excentricidad



Ejercicios

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos\left(\frac{360 n}{365}\right)$$

$$n = 1 = 1 \text{ de enero}$$

$$n = 365 = 31 \text{ de diciembre}$$

$$15 \text{ febrero} = 31 + 15 = 46$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos\left(\frac{(360)(46)}{365}\right)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos(45.36)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.2339$$

$$\varepsilon_0 = 1.2339$$

Ejercicios

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos\left(\frac{360 n}{365}\right)$$

$$n = 1 = 1 \text{ de enero}$$

$$n = 365 = 31 \text{ de diciembre}$$

$$10 \text{ marzo} = 31 + 28 + 10 = 69$$

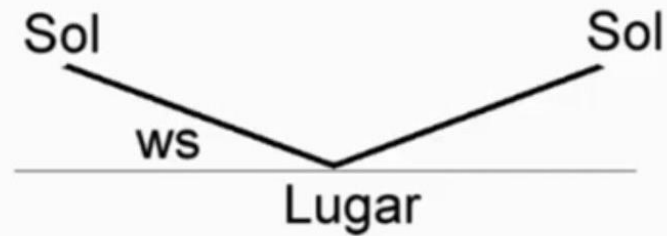
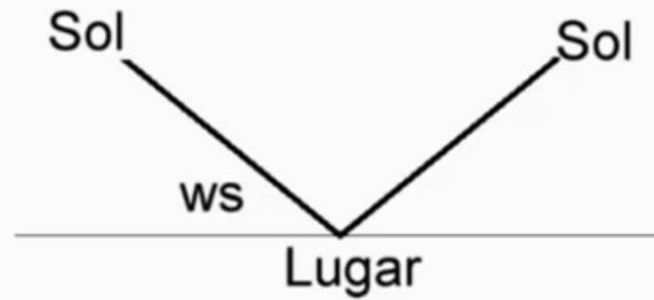
$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos\left(\frac{(360)(69)}{365}\right)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos(68.0547)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.1244$$

$$\varepsilon_0 = 1.1244$$

Ángulo de Salida del Sol al Amanecer



Ángulo de Salida del Sol al amanecer

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\Phi))$$

Ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

Ejercicio:

Sea $\delta = -20.92^\circ$

$\Phi = 43.8^\circ$

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(-20.92^\circ) * \tan(43.8^\circ))$$

$$\omega_s = -68.5$$

Ángulo de Salida del Sol al amanecer sobre un plano inclinado

Ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado

$$\text{Sea } \delta = -20.92^\circ \quad \Phi = 43.8^\circ \quad \beta = 10^\circ$$

$$\omega_{ss} = \max\{\omega_s; -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\Phi - \beta))\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -\arccos(-\tan(-20.92) * \tan(43.8^\circ - 10^\circ))\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -\arccos(-\tan(-20.92) * \tan(33.8^\circ))\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -\arccos(0.3818 * 0.6694)\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -\arccos(0.25555)\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -75.18\}$$

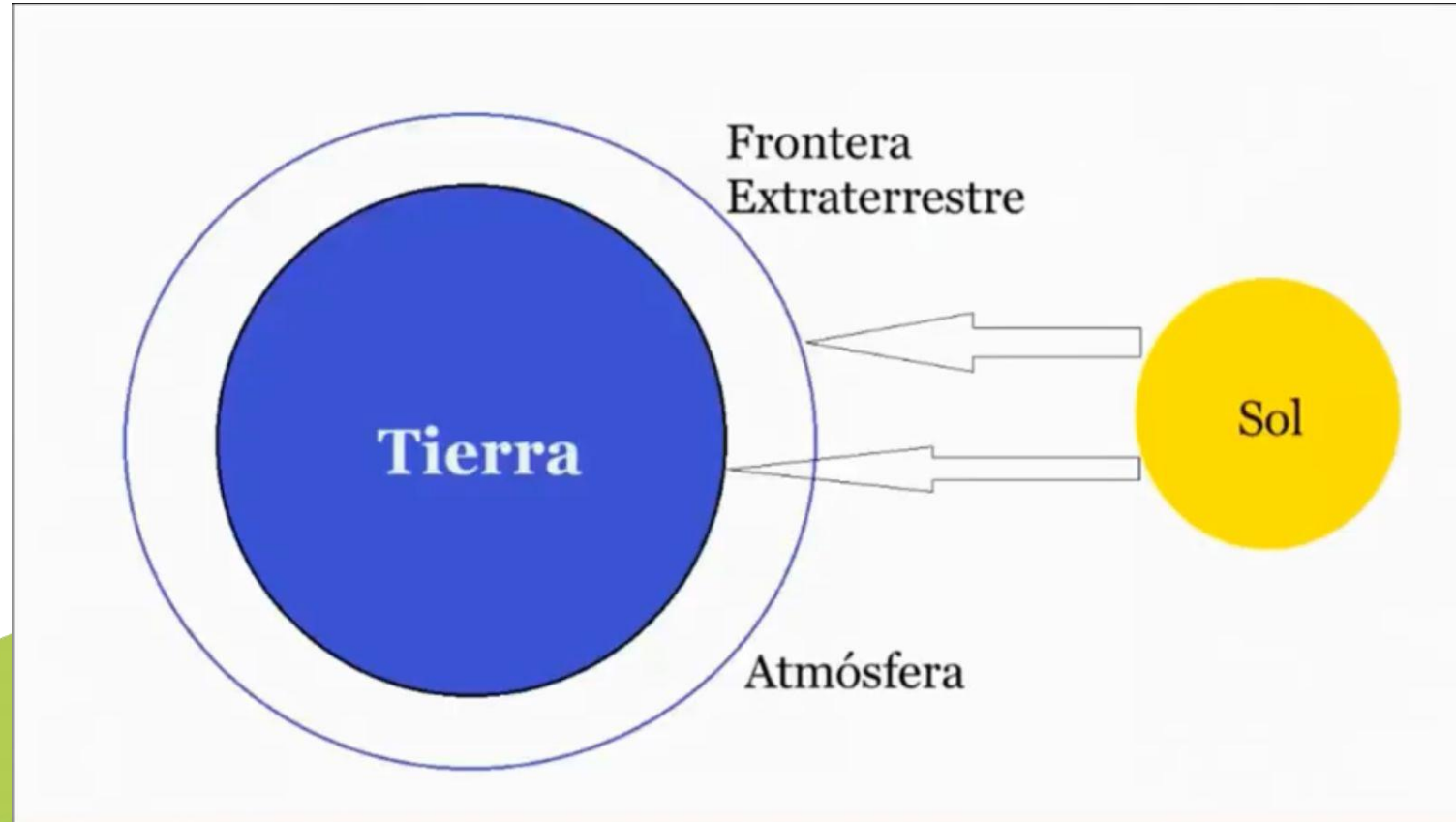
$$\omega_{ss} = -68.5^\circ$$

Ángulo de Salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado a 10°

Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal



Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal



Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \varepsilon_0 \left[- \left(\frac{\pi}{180}\right) (\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta)) - \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right]$$

Donde:

H_0 = *Es la irradiancia extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal*

T = *Es la longitud del día (24h)*

I_0 = *Es la constante Solar 1367 W/m^2*

ε_0 = *Factor de excentricidad*

ω_s = *Ángulo de salida del sol al amanecer*

Φ = *Latitud del lugar (positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur)*

δ = *declinación solar*

Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal

Ejemplo:

$T =$ Es la longitud del día (24h)

$I_0 =$ Es la constante Solar 1367 W/m^2

$$\varepsilon_0 = 1.031$$

$$\omega_s = -68.5$$

$$\Phi = -43.8$$

$$\delta = -20.92$$

Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \varepsilon_0 \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) (\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta)) - \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right]$$

$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi}\right) (1367)(1.031) \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) (-68.5 \sin(43.8) \sin(-20.92)) - \cos(43.8) \cos(-20.92) \sin(-68.5) \right]$$

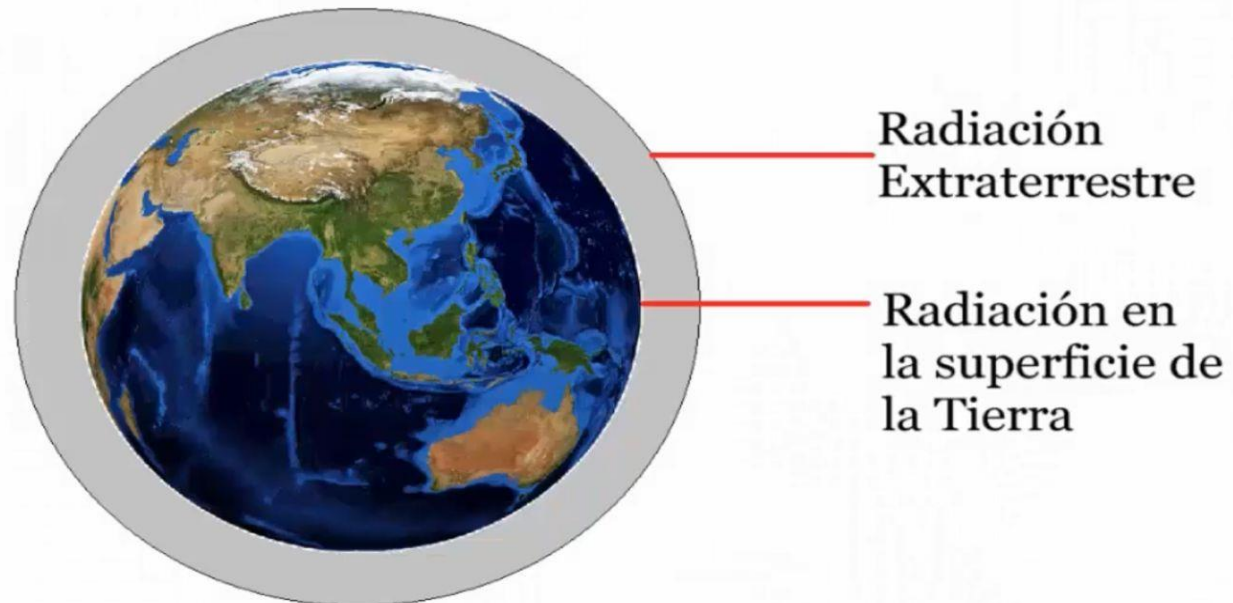
$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi}\right) (1367)(1.031) [-(0.29) - (-0.62)]$$

$$H_0 = 10766.84 [0.33]$$

$$H_0 = 3553.05 \text{ Wh/m}^2$$

Índice de Claridad

- El índice de claridad es la relación entre la radiación solar en la superficie de la tierra y la radiación en la superficie extraterrestre.
- El índice de claridad es una medida de la transparencia de la atmosfera de la tierra.



Índice de Claridad

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0}$$

Donde:

K_{Tm}: Es el índice de claridad

G₀: Es la radiación diaria horizontal sobre la superficie de la tierra.

H₀: Es la radiación extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal.

Índice de Claridad

- Ejemplo:

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0} * 100$$

$$G_0 = 1861 \text{ Wh/m}^2 \text{ (Base de datos de Radiación Solar)}$$

$$H_0 = 3553 \text{ Wh/m}^2 \text{ (calculada)}$$

$$K_{Tm} = \left(\frac{1861 \text{ Wh/m}^2}{3553 \text{ Wh/m}^2} \right) * 100$$

$$K_{Tm} = (0.523) * 100$$

$$K_{Tm} = 52.3\%$$

Fracción difusa (irradiación difusa)

- **Radiación Global**

Cuando la radiación del sol atraviesa la atmosfera de la tierra sufre fenómenos como reflexión, dispersión, absorción, lo cual hace que a nivel de la superficie de la tierra se produzcan tres tipos de radiación solar:

- **Radiación Directa**
- **Radiación Difusa**
- **Radiación Albedo**

Fracción difusa (irradiación difusa)

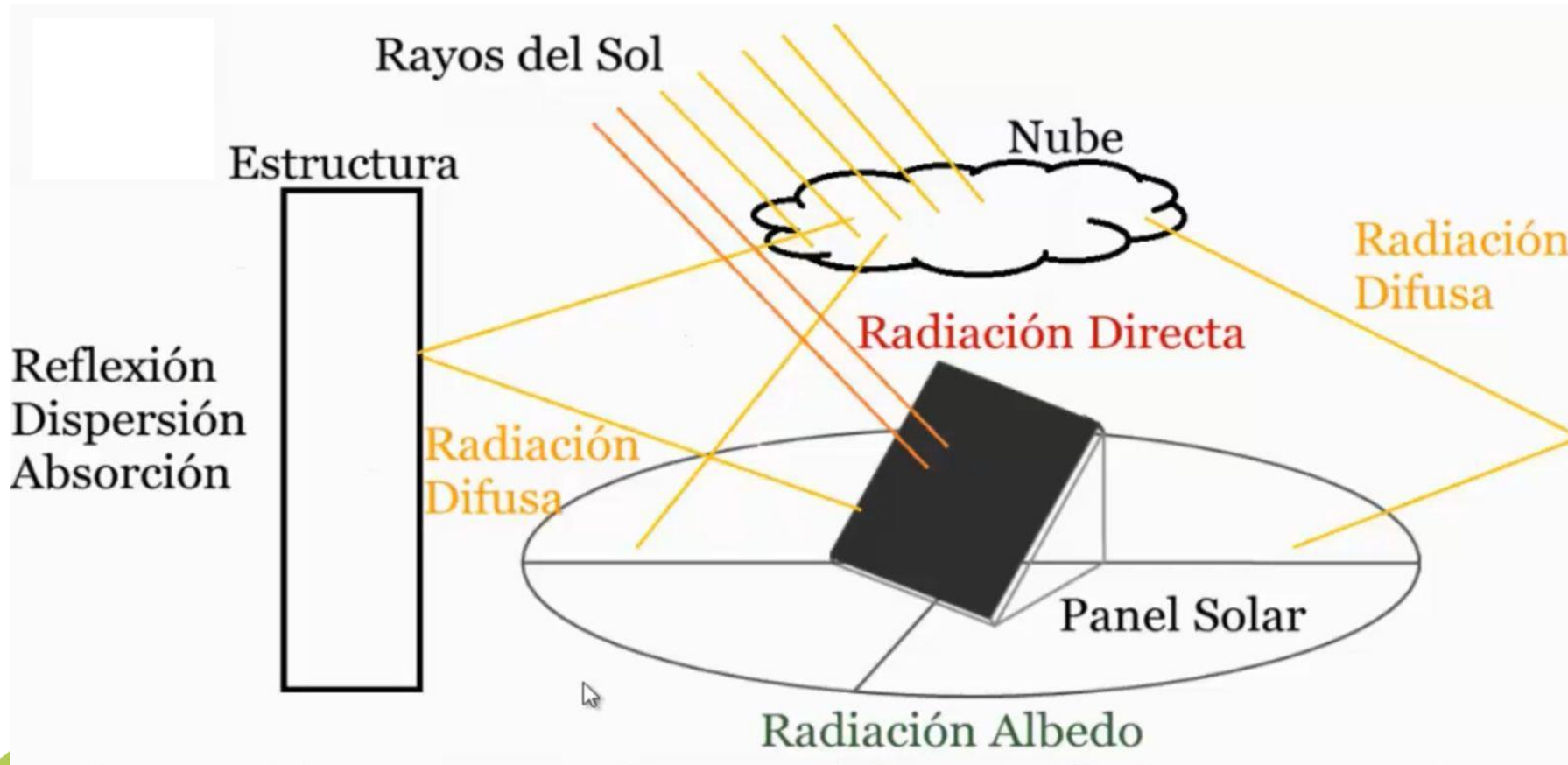
- Radiación difusa

Es la radiación solar que se produce a causa de los rayos del sol que han sufrido importantes cambios de dirección debido a la dispersión atmosférica.

Y esa radiación llega a la superficie de la tierra, pero lo hace desde toda la bóveda celeste y no únicamente desde el foco puntual que es el sol

Esto hace que un panel solar, reciba energía desde todas las direcciones, de forma que aunque esté a la sombra en un día nublado, tiene iluminación suficiente como para hacerlo visible.

Fracción difusa (irradiación difusa)



Fracción difusa (irradiación difusa)

Fracción difusa:

Es la relación entre la radiación difusa y la radiación global. Es básicamente una medida de radiación difusa con respecto a la radiación total o global.

La fracción difusa se presenta por mayor nubosidad o por muchas partículas en la atmósfera, mayor será la radiación y menor será el contenido difuso

$$F_{Dm} = \frac{D_0}{G_0}$$

Donde:

F_{Dm} = Es la fracción difusa

D_0 = Es la radiación difusa horizontal sobre la superficie de la tierra

G_0 = Es la radiación Global horizontal sobre la superficie de la tierra

$$F_{Dm} = 1 - 1.13K_{Tm}$$

K_{Tm} = Índice de claridad

$$D_0 = F_{Dm} G_0$$

Fracción difusa (irradiación difusa)

Ejemplo:

$$F_{Dm} = ?$$

$$K_{Tm} = 0.52361$$

$$F_{Dm} = 1 - 1.13(0.5236)$$

$$F_{Dm} = 0.408$$

Fracción difusa (radiación difusa) sobre el plano horizontal

Ejemplo:

$$D_0 = ?$$

$$F_{Dm} = 0.408$$

$$G_0 = (\text{Valor de base de datos}) (\text{china, diciembre})$$

$$G_0 = 2.64 \text{ kWh/m}^2 \text{ dia} - \text{Diciembre}$$

$$G_0 = 2640 \text{ Wh/m}^2 \text{ dia} - \text{Diciembre}$$

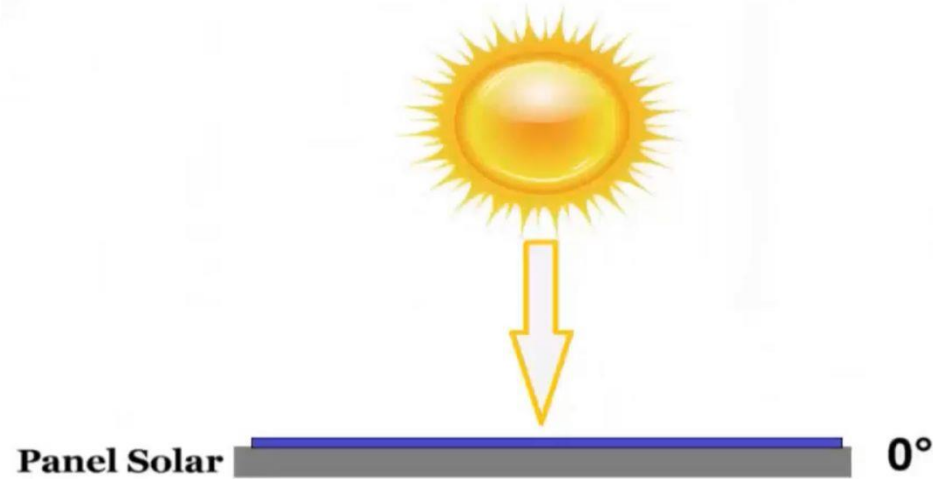
$$D_0 = F_{Dm} G_0$$

$$D_0 = (0.408)(2640 \text{ Wh/m}^2)$$

$$D_0 = 1077.12 \text{ Wh/m}^2$$

Irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal

IRRADIANCIA DIRECTA QUE LLEGA SOBRE UN
PANEL SOLAR HORIZONTAL



Irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal

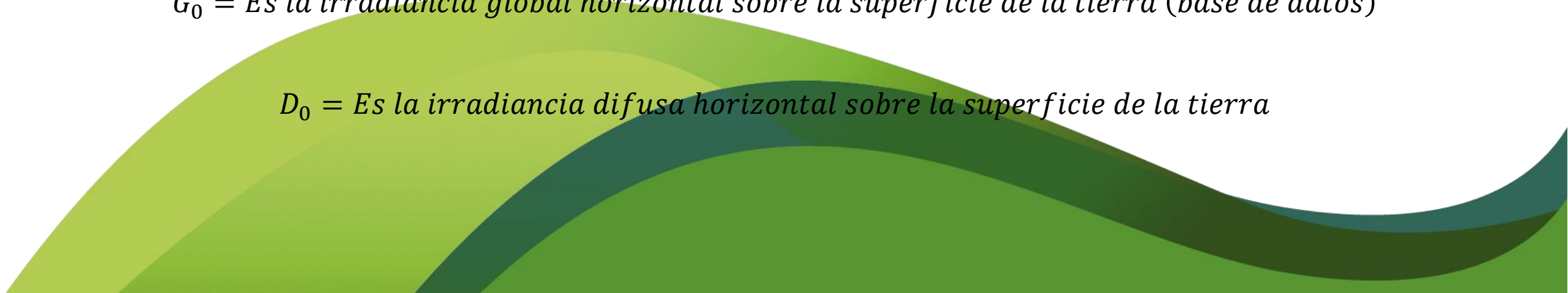
$$H_{dm(0)} = G_0 - D_0$$

Donde:

$H_{dm(0)}$ = Es la irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal

G_0 = Es la irradiancia global horizontal sobre la superficie de la tierra (base de datos)

D_0 = Es la irradiancia difusa horizontal sobre la superficie de la tierra



Irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal

$$H_{dm(0)} = G_0 - D_0$$

$$H_{dm(0)} = ?$$

$$G_0 = 2640 \text{ Wh/m}^2$$

$$D_0 = 1077.12 \text{ Wh/m}^2$$

$$H_{dm(0)} = 2640 \text{ Wh/m}^2 - 1077.12 \text{ Wh/m}^2$$

$$H_{dm(0)} = 1562.88 \text{ Wh/m}^2$$

Factor de corrección de la Irradiancia directa



Factor de corrección de la Irradiancia directa

El factor de corrección representa la relación entre las irradiaciones directas diarias en una superficie inclinada y una superficie horizontal.

Este factor se necesita encontrar la irradiancia directa sobre una superficie inclinada.

De las matemáticas recordemos la función $\text{Sign}(x)$

$$\text{Sign}(x) = \begin{cases} -1 & \text{si } x < 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ 1 & \text{si } x > 0 \end{cases}$$

Ejemplo

$$\text{Sign}(-7) = \begin{cases} -1 & \text{si } x < 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ 1 & \text{si } x > 0 \end{cases} = \text{Sign}(-7) = -1$$

$$\text{Sign}(20) = \begin{cases} -1 & \text{si } x < 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ 1 & \text{si } x > 0 \end{cases} = \text{Sign}(20) = 1$$

Factor de corrección de la Irradiancia directa

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(\Phi)] \sin \delta \sin(|\Phi| - \beta) + \cos \delta \cos(|\Phi| - \beta) \sin \omega_{ss}}{\omega_s \frac{\pi}{180} \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \sin \omega_s}$$

Factor de corrección de la Irradiancia directa

Ejemplo:

$$K = ?$$

$$\omega_{ss} = -68.5^\circ$$

$$\Phi = 43.8^\circ$$

$$\delta = -20.92^\circ$$

$$\beta = 50^\circ$$

$$\omega_s = -68.5^\circ$$

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(\Phi)] \sin \delta \sin(|\Phi| - \beta) + \cos \delta \cos(|\Phi| - \beta) \sin \omega_{ss}}{\omega_s \frac{\pi}{180} \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \sin \omega_s}$$

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(43.8)] \sin(-20.92) \sin(|43.8| - 50) + \cos(-20.92) \cos(|43.8| - 50) \sin(-68.5)}{-68.5 \frac{\pi}{180} \sin(-20.92) \sin(43.8) + \cos(-20.92) \cos(43.8) \sin(-68.5)}$$

Factor de corrección de la Irradiancia directa

Ejemplo:

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(43.8)] \sin(-20.92) \sin(|43.8| - 50) + \cos(-20.92) \cos(|43.8| - 50) \sin(-68.5)}{-68.5 \frac{\pi}{180} \sin(-20.92) \sin(43.8) + \cos(-20.92) \cos(43.8) \sin(-68.5)}$$

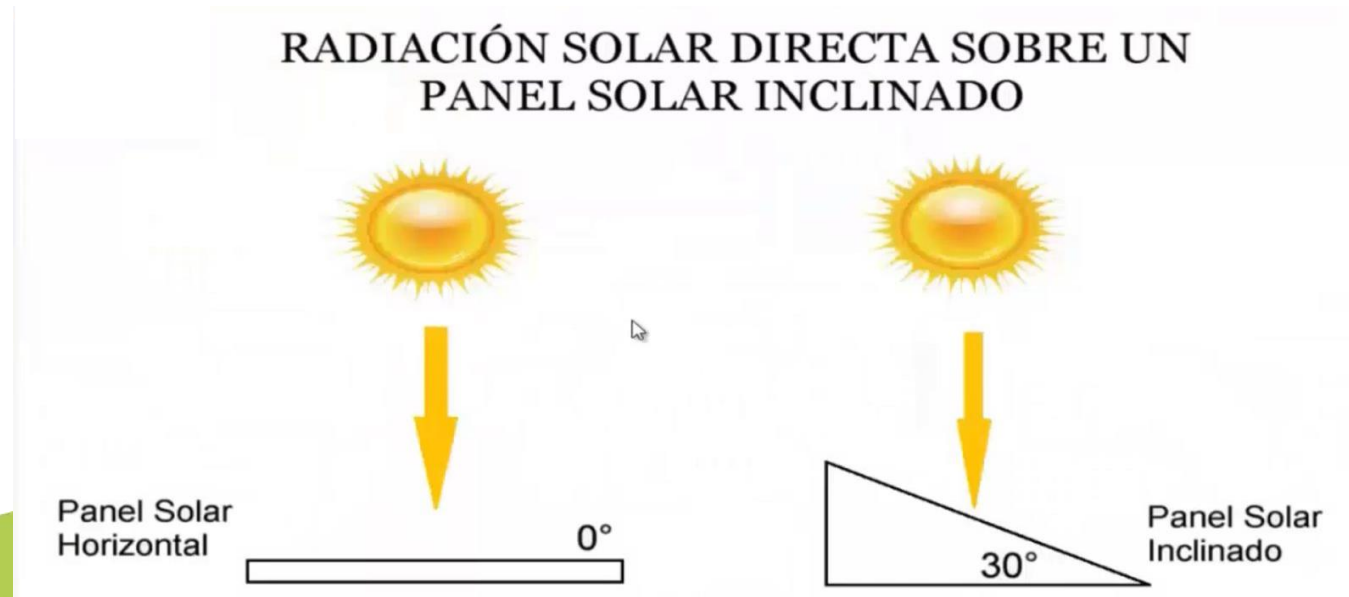
$$K = \frac{[(-1.19555)(1)(-0.35706)(-0.10799)] + [(0.934079)(0.994150)(-0.93041)]}{[(-1.19555)(-0.35706)(0.69214)] + [(0.93407)(0.72176)(-0.9304)]}$$

$$K = \frac{(-0.04609) + (-0.86399)}{(0.29546) + (-0.62725)}$$

$$K = \frac{-0.91008}{-0.33179}$$

$$K = 2.742$$

Irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado



Irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(0)} + K$$

Donde

$H_{(\beta,\alpha)}$

= Es la irradiancia directa que llega sobre un panel solar con una inclinación

$H_{dm(0)}$ *= Irradiancia directa que llega sobre el panel solar horizontal*

K *= Es el factor de corrección de la irradiancia directa*



Irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(0)} * K$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = ?$$

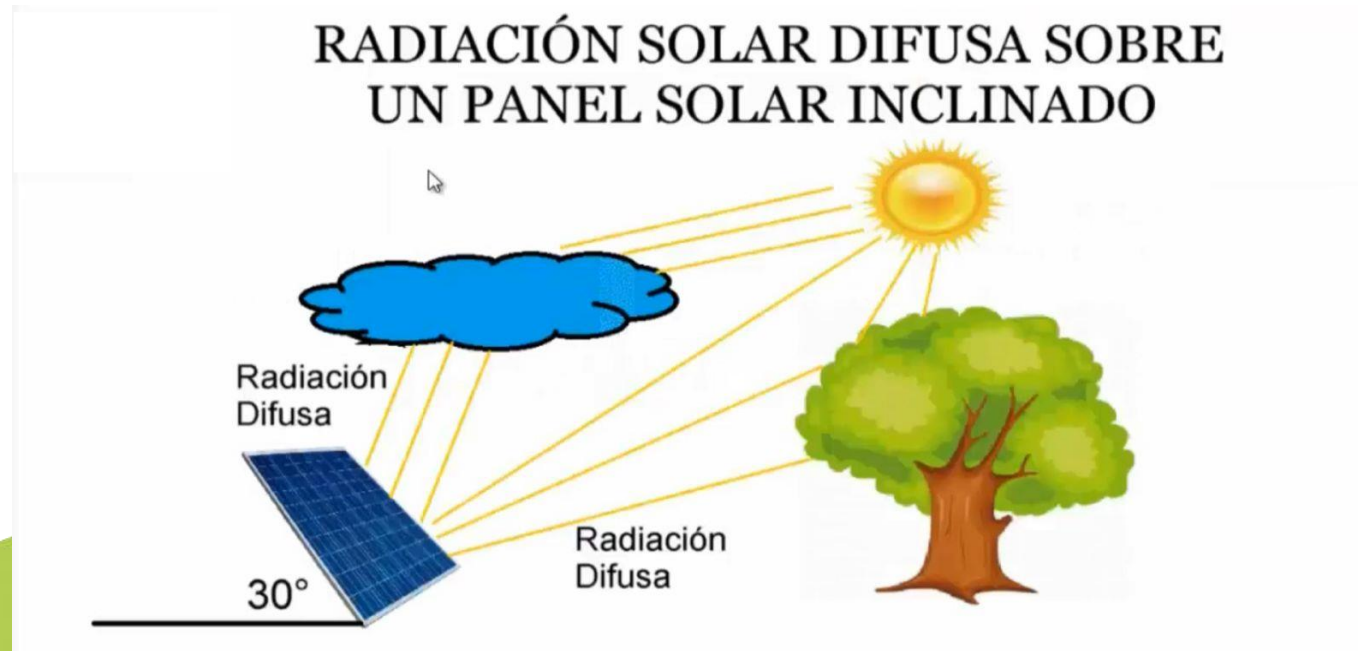
$$H_{dm(0)} = 1231.36 \text{ Wh/m}^2$$

$$K = 2.742$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = (1231.36 \text{ Wh/m}^2)(2.742)$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 3376.389 \text{ Wh/m}^2$$

Irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado



Irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

Donde

$D_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiancia difusa que llega sobre un panel solar con una inclinación

D_0 = Es la irradiancia difusa que llega sobre un panel horizontal

β = Es el ángulo de inclinación del panel solar



Irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado

Ejemplo

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = ?$$

$$D_0 = 848.64 \text{ Wh/m}^2$$

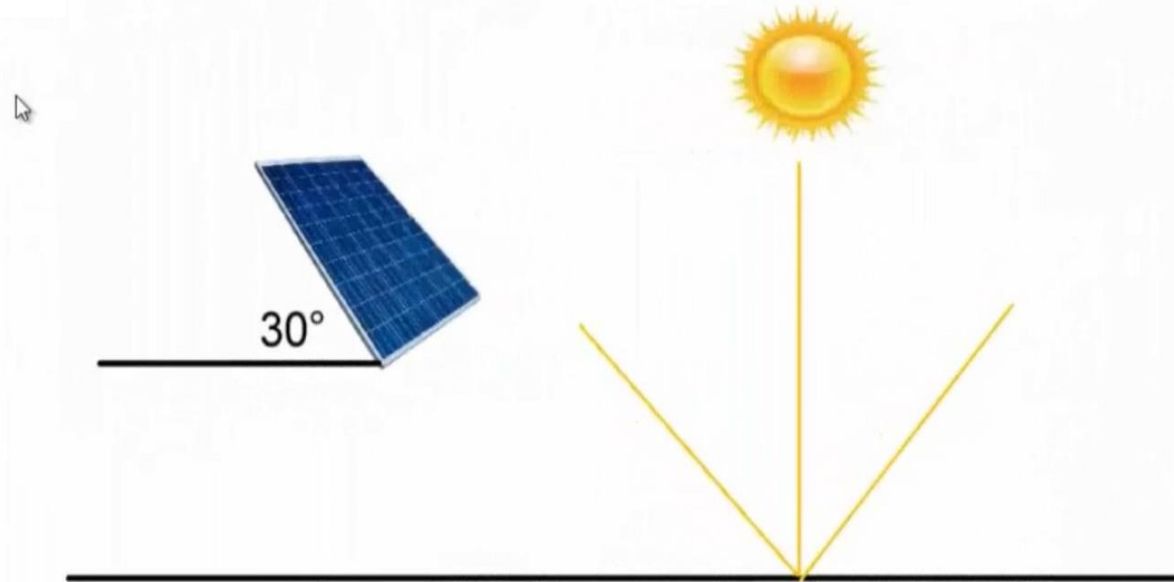
$$\beta = 50^\circ$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = \left(848.64 \text{ Wh/m}^2 \right) \left(\frac{1 + \cos(50)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = \left(697 \text{ Wh/m}^2 \right)$$

Irradiación solar albedo sobre un panel solar inclinado

**RADIACIÓN SOLAR ALBEDO SOBRE
UN PANEL SOLAR INCLINADO**



Irradiación solar albedo sobre un panel solar inclinado

La reflectividad de la mayoría de los tipos de suelo es bastante baja. En consecuencia la contribución de la irradiación del albedo que cae sobre un panel solar es generalmente muy pequeña y puede ser despreciable (se produce una excepción en el caso de la nieve).

Es habitual suponer que el suelo es horizontal y de extensión infinita y que refleja isotrópicamente.

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho G_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

Donde

ρ = Reflectividad del suelo y depende de la composición del mismo. Cuando el valor de ρ es desconocido es común tomar $\rho = 0.2$

G_0 = La irradiancia global horizontal sobre la superficie de la tierra

	Albedo
Nieve reciente 0.8-0.9	80-90%
Arena 0.25-0.35	25-35%
Suelo seco 0.1-0.2	10-20%
Suelo húmedo (lodo) 0.05	5%
Hierba húmeda 0.3	30%
Bosque 0.05-0.15	5-15%

Irradiación solar albedo sobre un panel solar inclinado

Ejemplo

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho G_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$AL_{(\beta,\alpha)} = ?$

$$\rho = 0.2 \text{ (suelo seco)}$$

$$G_0 = 2080 \text{ }^{wh}/_{m^2} \text{ dia}$$

$$\beta = 50^\circ$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = (0.2)(2080 \text{ }^{wh}/_{m^2} \text{ dia}) \left(\frac{1 + \cos(50)}{2} \right)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = (416 \text{ }^{wh}/_{m^2} \text{ dia}) (0.1786)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 74.30 \text{ }^{wh}/_{m^2} \text{ dia}$$

Irradiación solar global sobre un panel solar inclinado

Pasos para determinar la radiación solar global sobre un panel solar inclinado:

1. Determinar la latitud y longitud del lugar
2. Se define el día del año del cual deseo saber la irradiación solar global
3. Calcular la declinación solar
4. Calcular el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal
5. Definir el ángulo de inclinación que tendrán los paneles solares:
 - a) La inclinación del techo de la estructura
 - b) La inclinación óptima
6. Calcular el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado
7. Factor de excentricidad
8. Calcular la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal
9. Definir la irradiación solar global desde una base de datos reconocida para los meses de estudio
10. Calcular el índice de claridad
11. Calcular la fracción difusa
12. Calcular la irradiación difusa en un plano horizontal
13. Calcular la irradiancia directa sobre un panel solar horizontal
14. Calcular el factor de corrección para paneles solares inclinados
15. Calcular la irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado
16. Calcular la irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado
17. Calcular la radiación solar Albedo sobre un panel solar inclinado

Irradiación solar global sobre un panel solar inclinado

Radiación Solar Global Sobre un plano inclinado:

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}$$

Donde

$G_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la Irradiación solar global sobre un panel inclinado*

$H_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la Irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado*

$D_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado*

$AL_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la irradiación solar albedo sobre un panel solar inclinado*

Ejemplo de aplicación

Ejercicio tomado del “Handbook of photovoltaic Science and Engineering” pp 932

Example: Estimate the average daily irradiation in January at Changchun–China ($\phi = 43.8^\circ$) over a fixed surface facing south and tilted at an angle $\beta = 50^\circ$ with respect to the horizontal, knowing that the mean value of the global horizontal irradiation is $G_{dm}(0) = 1861 \text{ Wh/m}^2$ and the ground reflection $\rho = 0.2$. The solution is as follows:

$$\text{January} \Rightarrow d_n = 17; \delta = -20.92^\circ$$

$$\phi = 43.8^\circ \Rightarrow \omega_S = -68.50 \text{ and } B_{0d}(0) = 3586 \text{ Wh/m}^2 \Rightarrow K_{Tm} = 0.519$$

$$\Rightarrow F_{Dm} = 0.414$$

$$D_{dm}(0) = 770 \text{ Wh/m}^2; B_{dm}(0) = 1091 \text{ Wh/m}^2$$

$$\arccos(-\tan \delta \tan(\phi - \beta)) = -92.38^\circ \Rightarrow \omega_{SS} = -68.5^\circ \Rightarrow RB = 2.741$$

Ejemplo de aplicación

$$D_{dm}(50) = 633 \text{ Wh/m}^2; B_{dm}(50) = 2990 \text{ Wh/m}^2; R_{dm}(50) = 66 \text{ Wh/m}^2$$

$$G_{dm}(50) = 3689 \text{ Wh/m}^2$$

It is worth mentioning that a more detailed calculation, following the procedure outlined in Figure 20.16, would lead to $G_{dm}(50) = 3956 \text{ Wh/m}^2$. That means the error associated to equation (20.40) is below 8%. This difference is mainly due to the different consideration of the diffuse radiance distribution.

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

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360(17 + 284)}{365} \right]$$

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{108360}{365} \right]$$

$$\delta = 23.45 \sin [296.87]$$

1. Determinar la latitud y longitud del lugar
2. Se define el día del año del cual se requiere saber la radiación solar promedio (enero 17)
3. Calcular la declinación solar (δ)

$$\delta = (23.45)(-89.19)$$

$$\delta = -20.91$$

Ejemplo de aplicación

4. Calcular el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta)\tan(\Phi))$$

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(-20.91)\tan(43.8))$$

$$\omega_s = -\arccos((0.3820)(0.9589))$$

$$\omega_s = -\arccos(0.3662)$$

$$\omega_s = -68.51$$

Ejemplo de aplicación

5. Definir el ángulo de inclinación que tendrán los paneles solares.

1. La inclinación del techo de la estructura

2. La inclinación óptima

$$\beta = 50^\circ$$

6. Calcular el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano

inclinado $\omega_{ss} = \max [\omega_s; -\arccos (-\tan(\delta) \tan(\Phi - \beta))]$

$$\omega_{ss} = \max [-68.50^\circ; -\arccos (-\tan(-20.92^\circ) \tan(43.8^\circ - 50^\circ))]$$

$$\omega_{ss} = \max [-68.50^\circ; -92.38^\circ]$$

$$\omega_{ss} = -68.50^\circ$$

Ejemplo de aplicación

7. Calcular el factor de excentricidad.

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{360d_n}{365}\right)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{(360)(17)}{365}\right)$$

$$\varepsilon_0 = 1.031$$

8. Calcular la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \varepsilon_0 \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) (\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta)) - \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right]$$

Ejemplo de aplicación

8. Calcular la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal

$$\begin{aligned} H_0 &= \left(\frac{T}{\pi} \right) I_0 \varepsilon_0 \left[- \left(\frac{\pi}{180} \right) (\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta)) - \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right] \\ &= \left(\frac{24}{\pi} \right) (1367 \text{ Wh/m}^2) (1.031) \left[- \left(\frac{\pi}{180} \right) ((68.5^\circ) \sin(43.8^\circ) \sin(-20.92^\circ)) \right. \\ &\quad \left. - \cos(43.8^\circ) \cos(-20.92^\circ) \sin(68.5^\circ) \right] \\ H_0 &= \left(\frac{24}{\pi} \right) (1367 \text{ Wh/m}^2) (1.031) [-0.295467 + 0.627270] \\ H_0 &= 3586 \text{ Wh/m}^2 \end{aligned}$$

Ejemplo de aplicación

9. Definir la radiación global desde una base de datos reconocida para el mes que se está estudiando

$$G_{dm}(0) = 1861 \text{ Wh/m}^2$$

10. Calcular el índice de claridad

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0} * 100$$

$$K_{Tm} = \frac{1861 \text{ Wh/m}^2}{3586 \text{ Wh/m}^2} * 100$$

$$K_{Tm} = 0.519 * 100$$

$$K_{Tm} = 51.9\%$$

Ejemplo de aplicación

11. Calcular la fracción difusa

$$F_{Dm} = 1 - 1.13K_{Tm}$$

$$F_{Dm} = 1 - 1.13(0.519)$$

$$F_{Dm} = 0.414$$

12. Calcular la irradiación difusa sobre un plano horizontal

$$D_0 = F_{Dm} G_0$$

$$D_0 = (0.414) (1861 \text{ Wh/m}^2)$$

$$D_0 = 770 \text{ Wh/m}^2$$

Ejemplo de aplicación

13. Calcular la irradiancia directa que cae sobre un panel solar horizontal

$$H_{dm(0)} = G_0 - D_0$$

$$H_{dm(0)} = 1861 \text{ Wh/m}^2 - 770 \text{ Wh/m}^2$$

$$H_{dm(0)} = 1091 \text{ Wh/m}^2$$

14. Calcular el factor de corrección para paneles solares inclinados

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(\Phi)] \sin \delta \sin(|\Phi| - \beta) + \cos \delta \cos(|\Phi| - \beta) \sin \omega_{ss}}{\omega_s \frac{\pi}{180} \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \sin \omega_s}$$

$$K = \frac{-68.5^\circ \left(\frac{\pi}{180} [\text{sign}(43.8^\circ)] \sin(-20.92^\circ) \sin(|43.8^\circ| - 50^\circ) + \cos(-20.92^\circ) \cos(|43.8^\circ| - 50^\circ) \sin -68.5^\circ \right)}{-68.5^\circ \frac{\pi}{180} \sin(-20.92^\circ) \sin(43.8^\circ) + \cos(-20.92^\circ) \cos(43.8^\circ) \sin(-68.5^\circ)}$$

$$K = \frac{-0.04609 + (-0.86399)}{0.29546 + (-0.62725)}$$

$$K = 2.742$$

Ejemplo de aplicación

15. Calcular la irradiancia directa que cae sobre un panel solar inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(0)} * K$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 1091 \text{ Wh/m}^2 * 2.742$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 2990 \text{ Wh/m}^2$$

16. Calcular la irradiancia solar difusa sobre el panel solar inclinado

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 770 \text{ Wh/m}^2 \left(\frac{1 + \cos(50^\circ)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 633 \text{ Wh/m}^2$$

Ejemplo de aplicación

17. Calcular la irradiancia solar de Albedo sobre un plano solar inclinado

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho G_0 \left(\frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = (0.2) \left(1861 \text{ Wh/m}^2 \right) \left(\frac{1 - \cos(50^\circ)}{2} \right)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 66 \text{ Wh/m}^2$$

IRRADIANCIA SOLAR GLOBAL SOBRE UN PLANO INCLINADO

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 2990 \text{ Wh/m}^2 + 633 \text{ Wh/m}^2 + 66 \text{ Wh/m}^2$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 3689 \text{ Wh/m}^2$$

Dispositivos de Medición



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

Adquisición de Datos

□ Para la generación de energía eléctrica se utilizan unidades

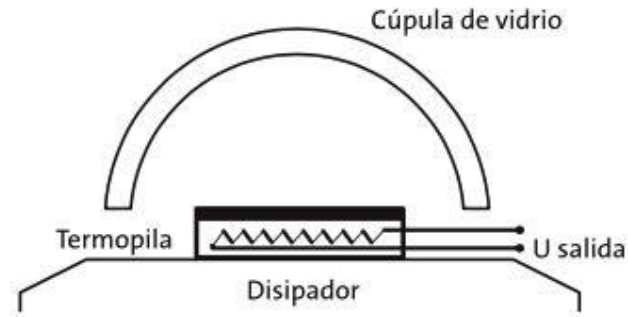
Wh/ m^2 , kWh/ m^2 , MWh/ m^2

Instrumentos de medición

Geofísica UNAM



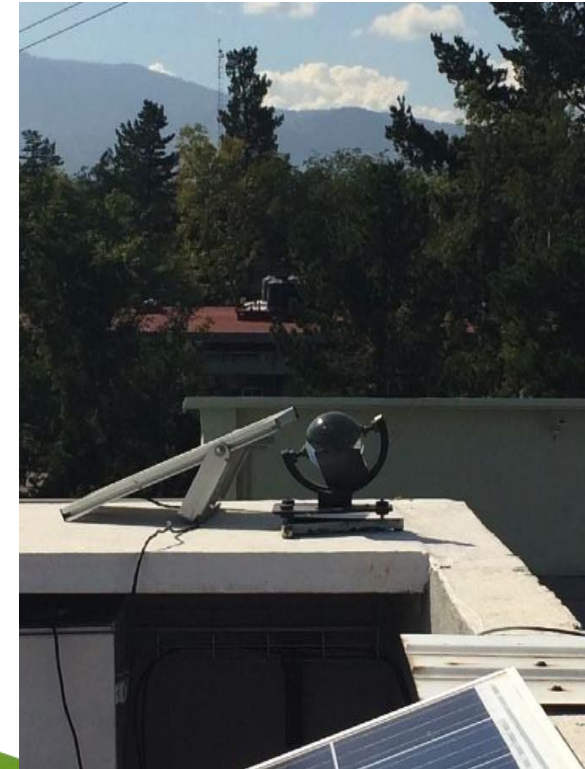
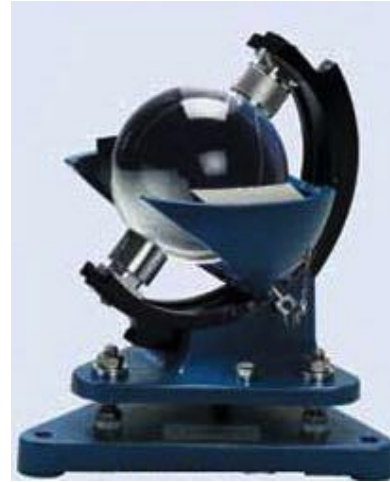
Piranómetro



- 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.

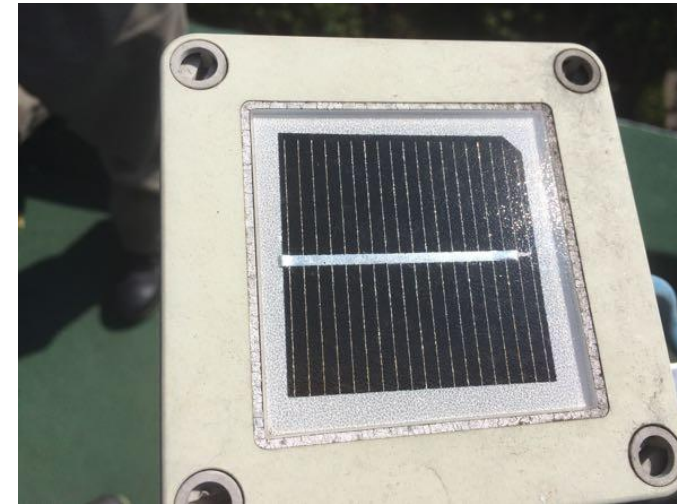
Heliografo de Campbell-Stokes

- 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.



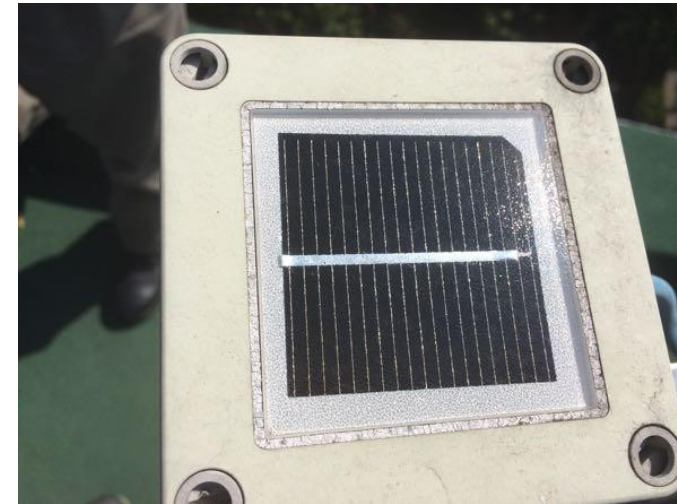
Sensor de Radiación

- 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



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



Seguidor Solar

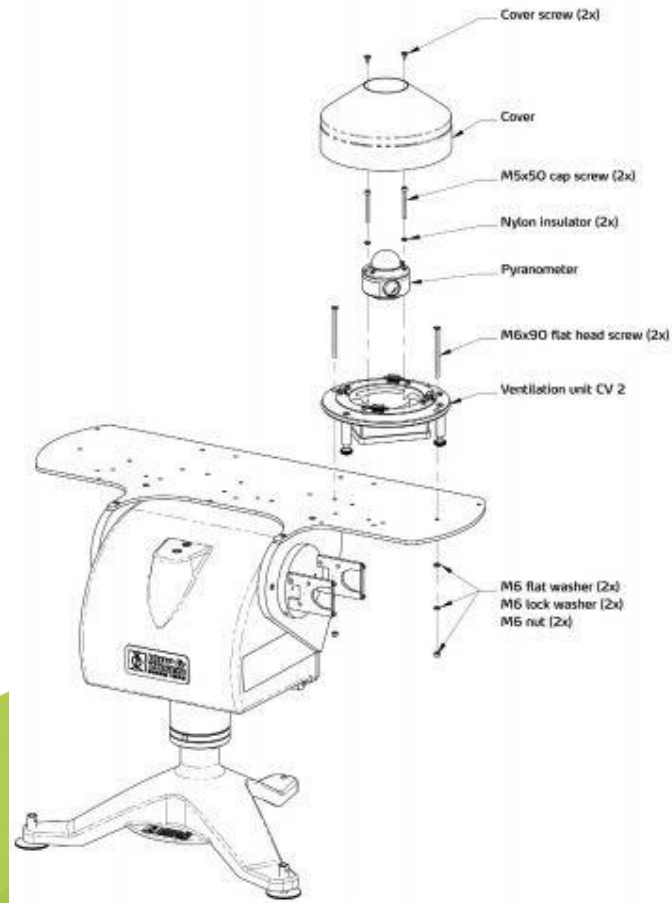
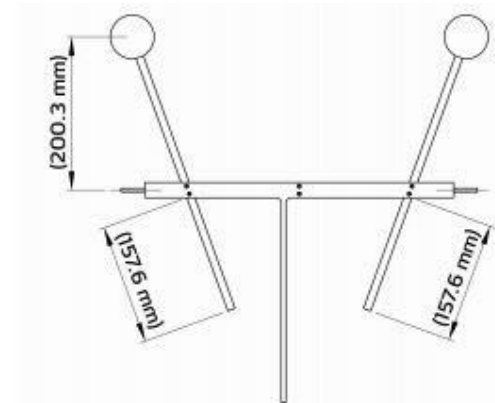


Diagrama de instalación del Piranómetro



Barras de unidad de sombreado

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



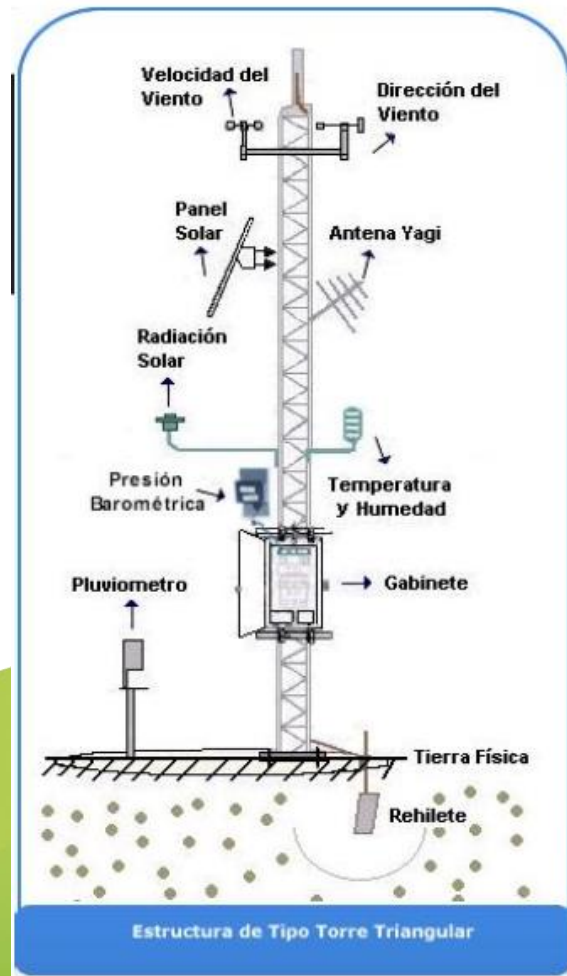
Especificaciones técnicas

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

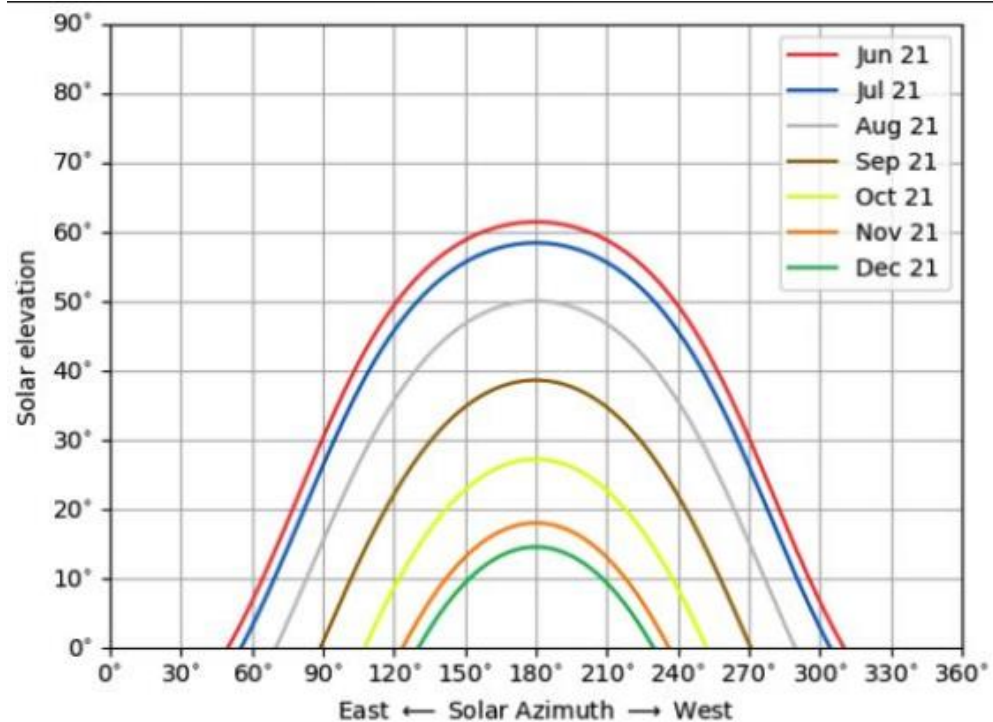
Estación Meteorológica



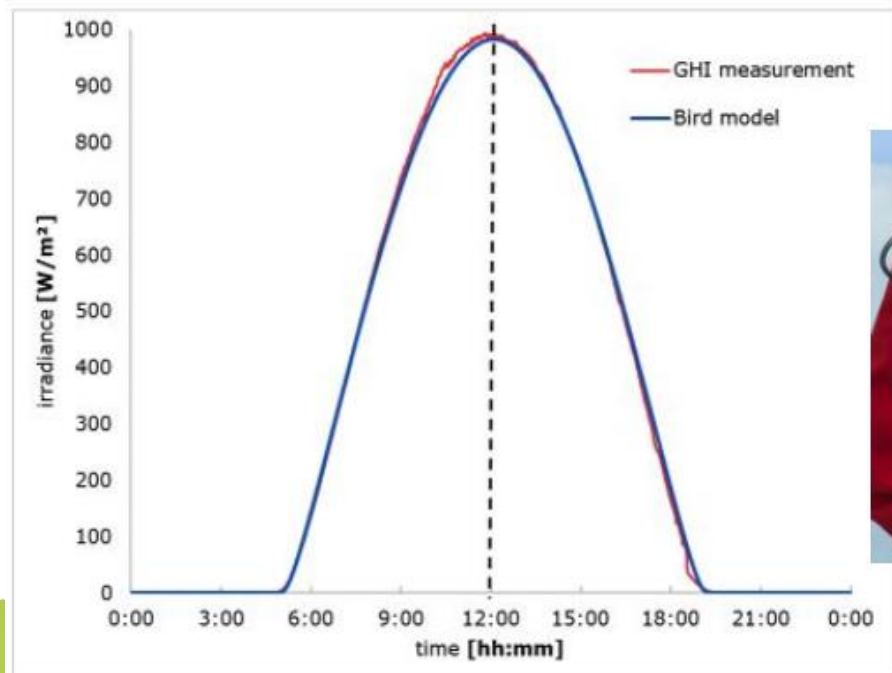
Diagrama de Estación Meteorológica



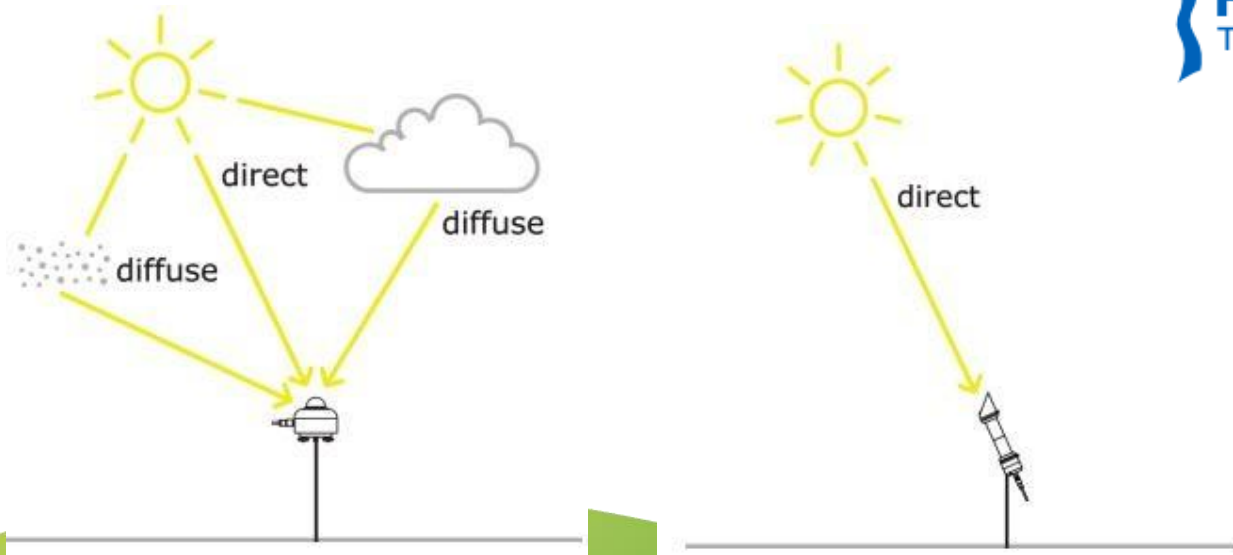
Gráficas



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

Estaciones

Red Solarimétrico Mexicana

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	Zpogan, 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

Red Solarimétrica Mexicana

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

PARÁMETROS	SENSOR
Irradiación Solar Global	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Difusa	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Directa	Pirheliómetro Kipp & Zonen CHP1
Irradiación Solar Inclinada (latitud sitio)	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Vertical Norte	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Vertical Este	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Vertical Sur	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Vertical Oeste	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Reflejada	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Onda Larga Atmosférica	Pirgeómetro Kipp & Zonen CGR4
Irradiación Onda Larga Emitida	Pirgeómetro Kipp & Zonen CGR4
Irradiación Solar Ultravioleta Banda "B"	Biómetro Solar Light 501A
Irradiación 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



geofísica
UNAM



Observatorio de Radiación Solar, UNAM
Centro de Estudios en Radiación Solar (CERES)



NREL

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY



Datos



Irradiancia solar diaria promedio mensual

Enero



Febrero



Marzo



Abril



Mayo



Junio



Julio



Agosto



Septiembre



Octubre



Noviembre



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

1,511.06,,138.58,,433.81,,577.28,,14.17,,51.04,,1.09	47,648.05,,141.65,,521.69,,630.25,,16.32,,54.89,,0
2,704.78,,159.02,,489.45,,671.86,,13.18,,39.47,,1.19	48,451.77,,183.29,,414.4,,479.71,,15.92,,60.83,,0
3,573.52,,129.96,,464.23,,614.5,,12.04,,45.41,,1.23	49,532.58,,153,,441.41,,522.12,,16.09,,62.41,,0
4,301.55,,180.83,,364.02,,419.14,,13.99,,61.05,,0	50,349.66,,239.27,,416.42,,466.47,,13.92,,61.31,,0
5,357.47,,160.88,,372.05,,438.89,,13.56,,50.74,,1.34	51,693.81,,122.89,,510.42,,658.81,,12.68,,43.7,,0
6,386.58,,177.81,,407.28,,474.33,,16.14,,52.28,,1.35	52,502.25,,194.24,,461.1,,564.06,,13.71,,50.44,,0
7,583.23,,135.46,,509.85,,589.41,,17.42,,48.08,,1.3	53,747.96,,103.76,,498.62,,691.12,,11.19,,73.68,,0
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	
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,,305.9,,18.36,,71.84,,1.38	
29,439.85,,231.75,,539.72,,344.09,,20.69,,62.06,,1.45	
30,536.43,,184.74,,564.08,,360.4,,21.77,,56.64,,1.42	
31,255.06,,260.39,,426.62,,279.99,,19.12,,68.95,,1.55	
32,328.34,,231.84,,457.37,,304.21,,18.83,,78.31,,1.25	
33,458.91,,224.54,,543.44,,379.42,,20.02,,73.95,,1.3	
34,297.35,,269.16,,459.96,,297.27,,18.86,,72.86,,1.35	
35,277.39,,260.2,,450.24,,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,,407.25,,299.05,,19.28,,77.57,,1.19	
38,344.01,,237.8,,477.52,,359.1,,19.96,,74.18,,1.24	
39,301.5,,277.44,,479.23,,380.17,,19.74,,74.61,,664.52	
40,284.06,,251.48,,425,,352.28,,19.03,,71.42,,1000	
41,312.24,,261.37,,428.61,,359.53,,20.14,,76.33,,0	
42,150.95,,227.35,,303.61,,253,,18.48,,76.17,,0	
43,474.63,,194.02,,488.33,,473.94,,19.29,,68.05,,0	
44,168.26,,263.56,,336.44,,317.57,,17.48,,78.57,,0	
45,519.69,,204.16,,519.57,,568,,20.57,,61.36,,0	
46,436.6,,164.31,,413.25,,434.26,,13.49,,67.21,,0	

CMP21 Piranómetro



Radiación global, instrumento: CMP21 No. Serie: 100370
Sensibilidad: 8.80 Fecha calibración: 2018-06-04
Radiación difusa, instrumento: CMP21 No. Serie: 100399
Sensibilidad: 8.49 Fecha calibración: 2018-06-04
Radiación directa, instrumento: CHP1 No. Serie: 120916
Sensibilidad: 7.90 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 Solicitar

Por favor espere, generando tabla de datos ...

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 (2018)	Directa W/m2	Difusa W/m2	Global W/m2	Inclinada W/m2	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

Datos

Proyecto y localidad

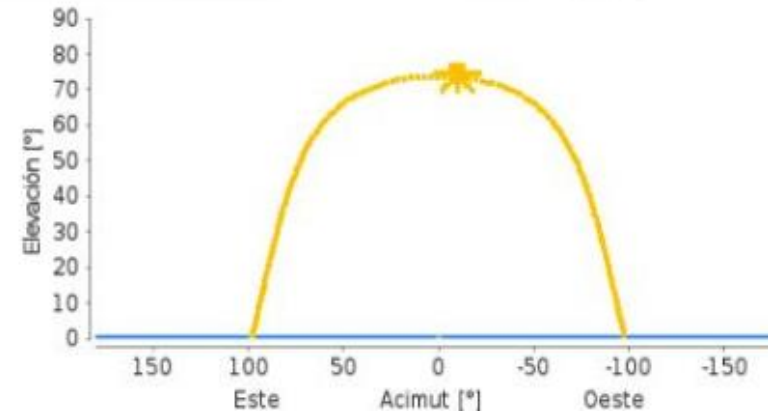
Define el nombre del proyecto y la localidad

Nombre del proyecto

Descripción 

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

Dirección

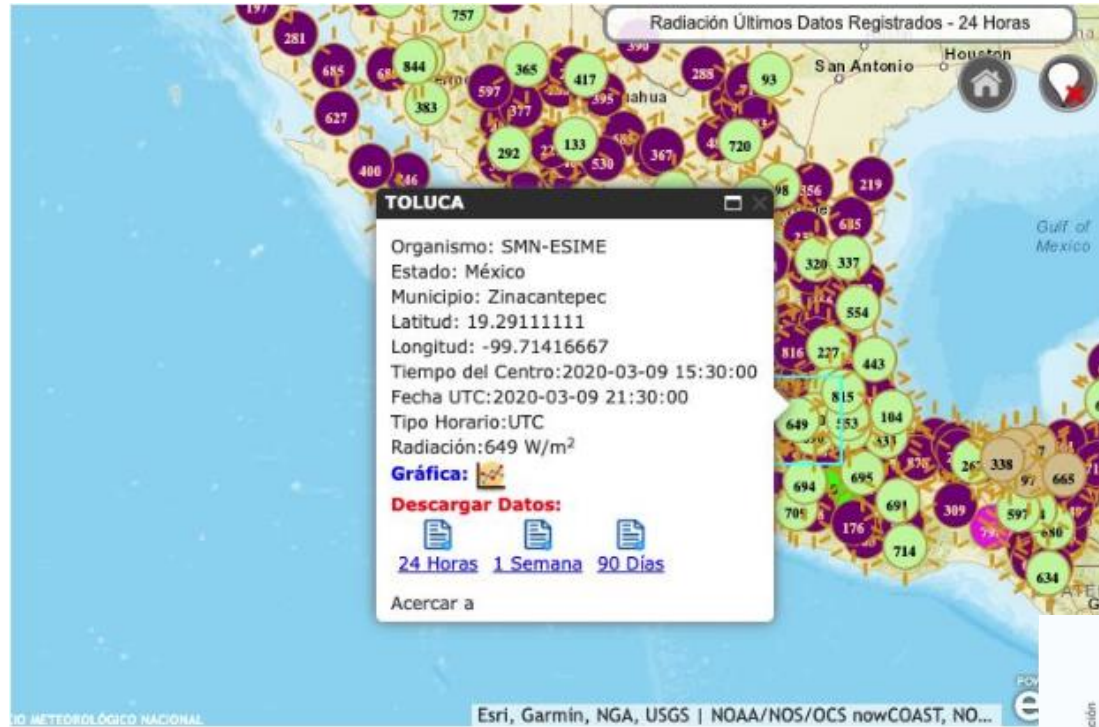


Datos

CONAGUA



Datos



Datos

RUOA



RED UNIVERSITARIA DE
OBSERVATORIOS ATMOSFERICOS



[Inicio](#) [Acerca de](#) [Líneas temáticas](#) [Estaciones](#) [Publicaciones y noticias](#) [Proyectos participantes](#) [Contacto](#)

Observatorio Atmosférico UNAM



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

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

Perfiles de viento Captura de Pantalla

Gases de efecto invernadero

Calidad del aire

Datos

RUOA

Índice de /met/unam/L1/Hora

 [\[directorio principal\]](#)

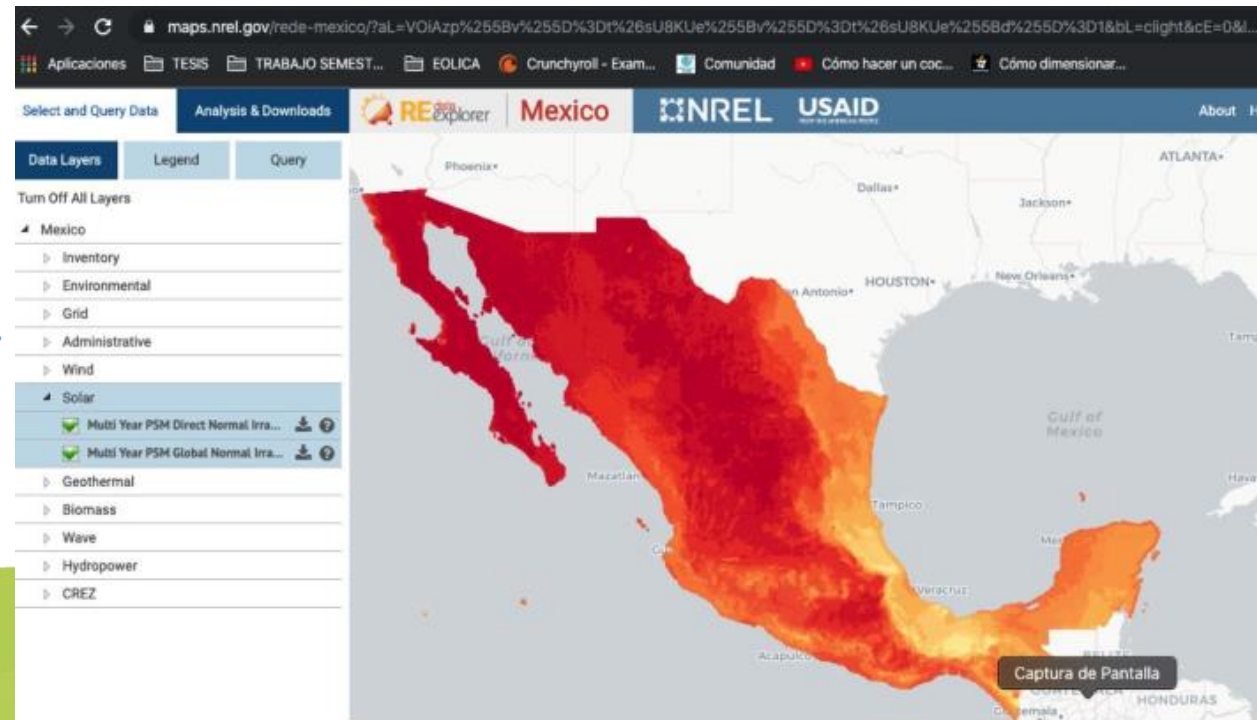
Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
 2014-04-unam_hora_L1.csv	46.0 kB	28/06/18 19:00:00
 2014-05-unam_hora_L1.csv	47.6 kB	28/06/18 19:00:00
 2014-06-unam_hora_L1.csv	46.1 kB	04/04/19 18:00:00
 2014-07-unam_hora_L1.csv	49.9 kB	04/04/19 18:00:00
 2014-08-unam_hora_L1.csv	49.9 kB	04/04/19 18:00:00
 2014-09-unam_hora_L1.csv	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

Datos

NREL-SENER

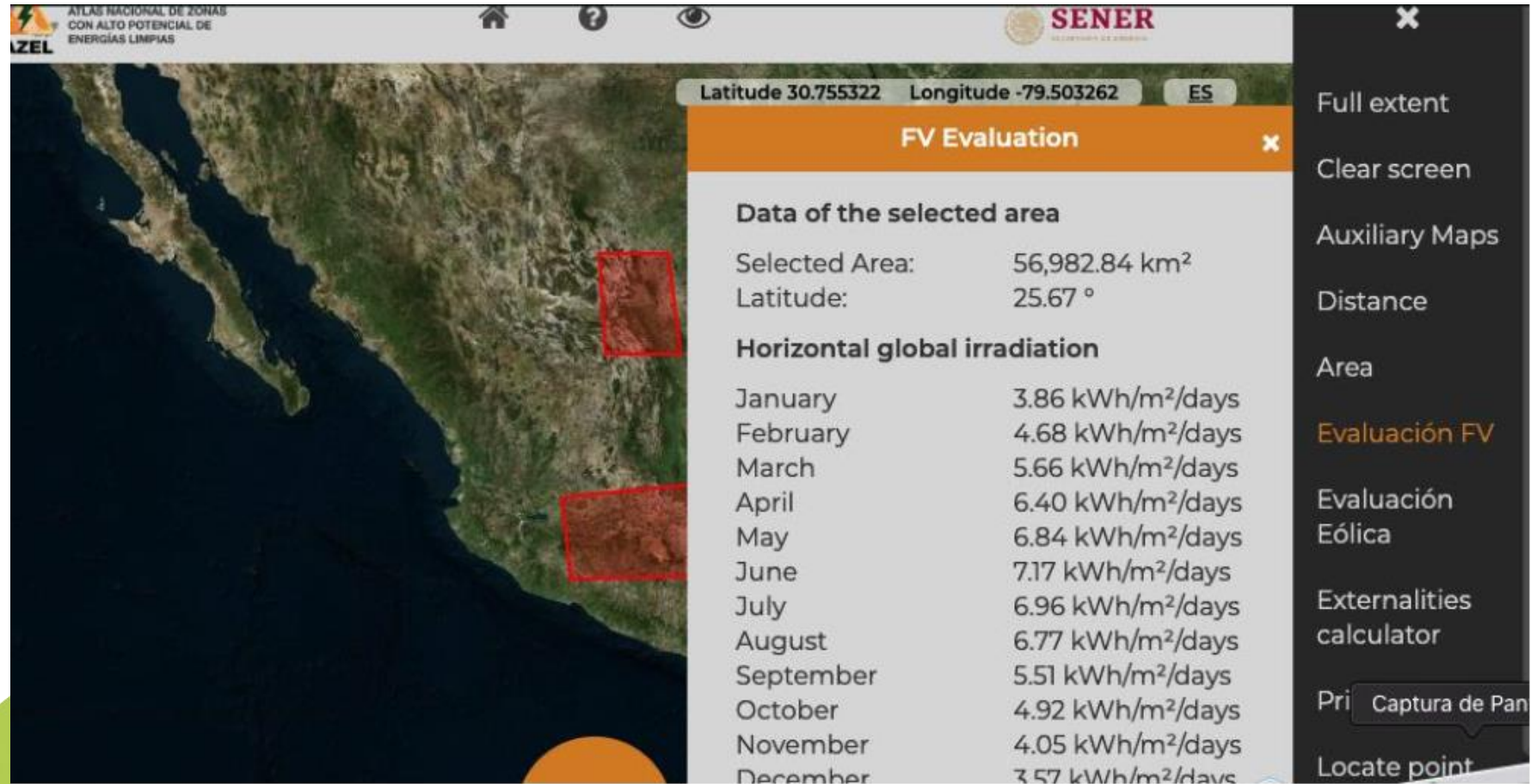
Renewable Energy Data Explorer-Mexico (RED-E MÉXICO) que evalúa e identifica las zonas con recursos renovables potenciales para el desarrollo de proyectos.

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



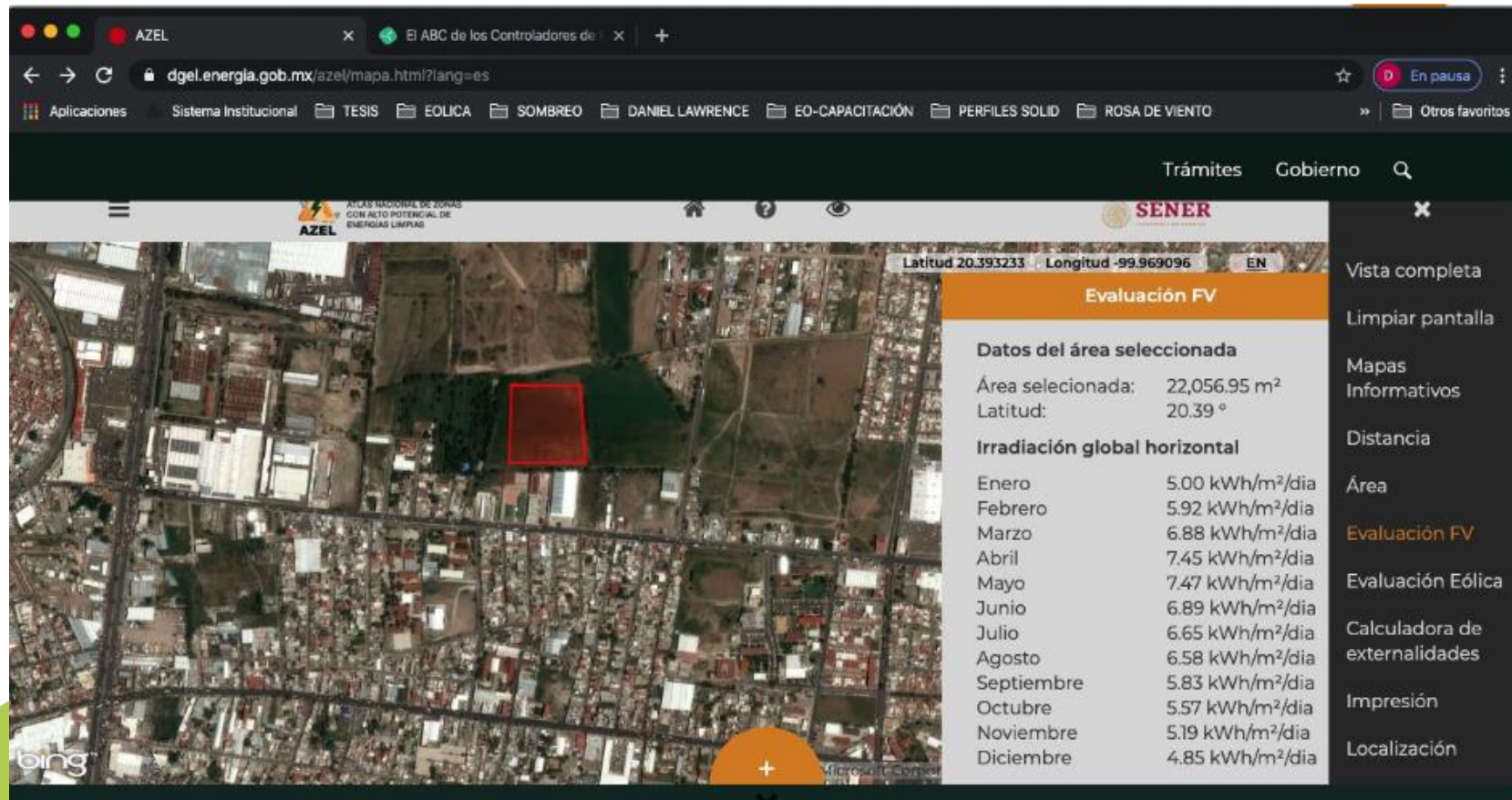
Datos

SENER



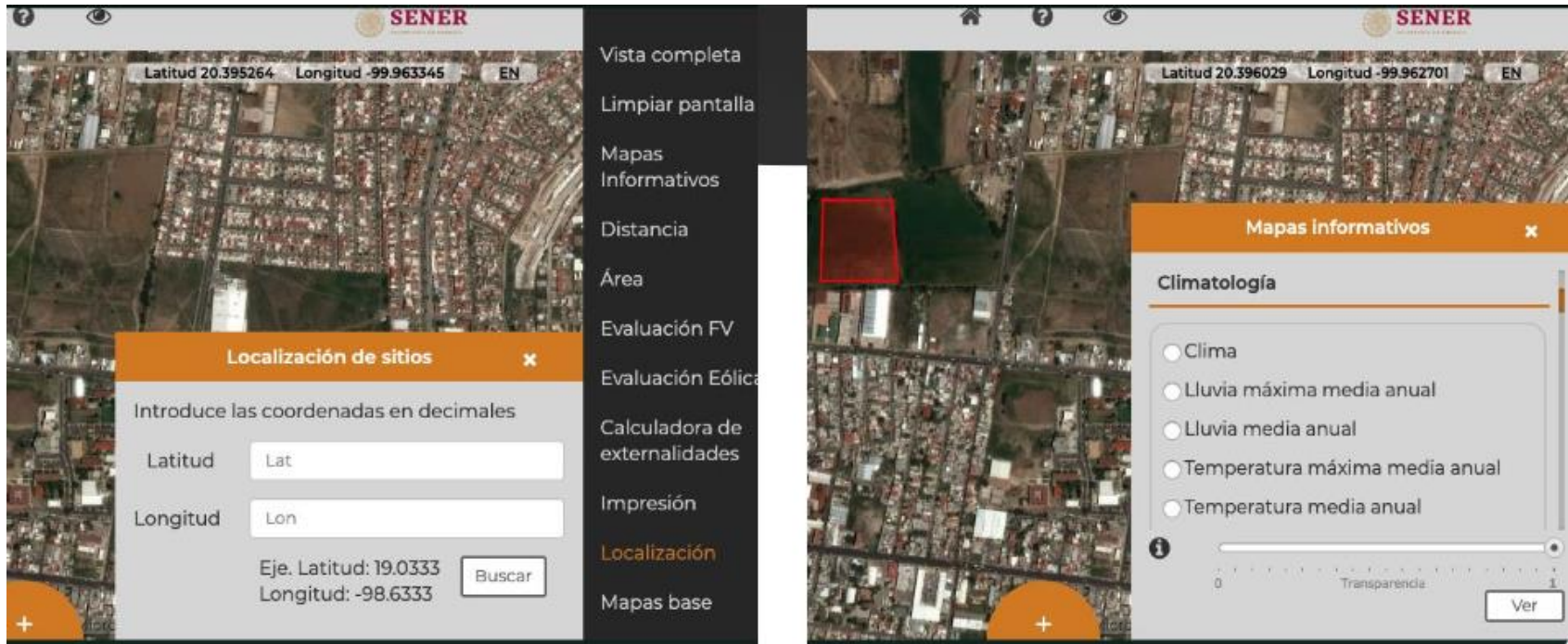
Datos

SENER



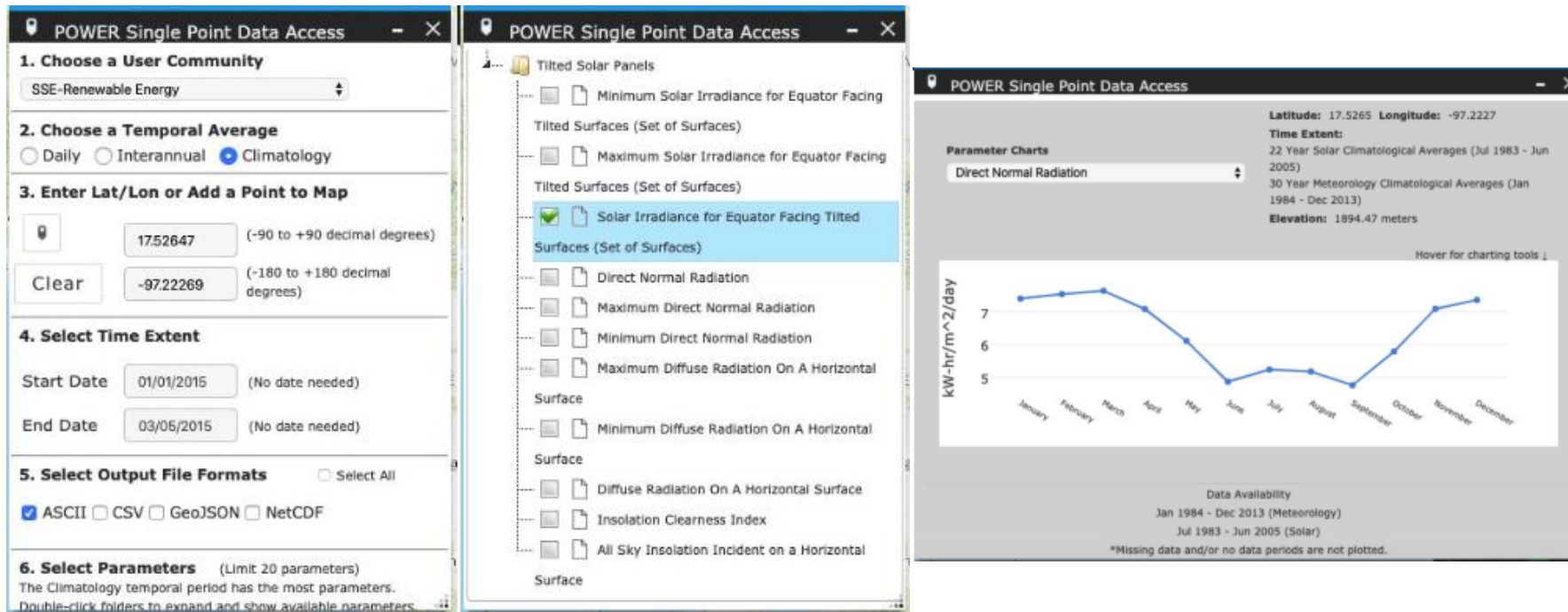
Datos

SENER



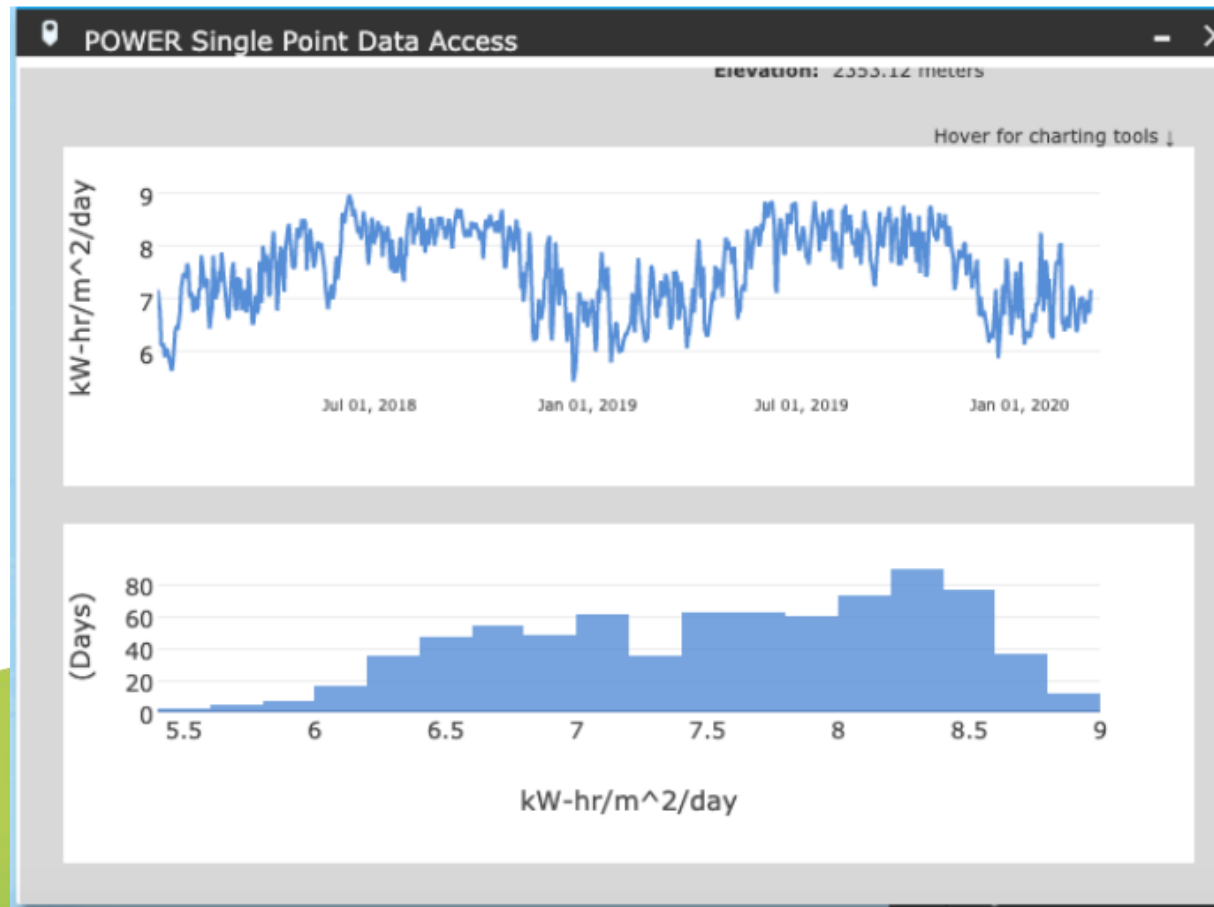
Datos

NASA



Datos

NASA



Datos

NREL

NSRDB: Base de datos nacional de radiación solar



[HOGAR](#) [ACERCA DE](#) [CONJUNTOS DE DATOS](#) [RECURSOS](#) [VISOR NSRDB](#) [CONTÁCTENOS](#)

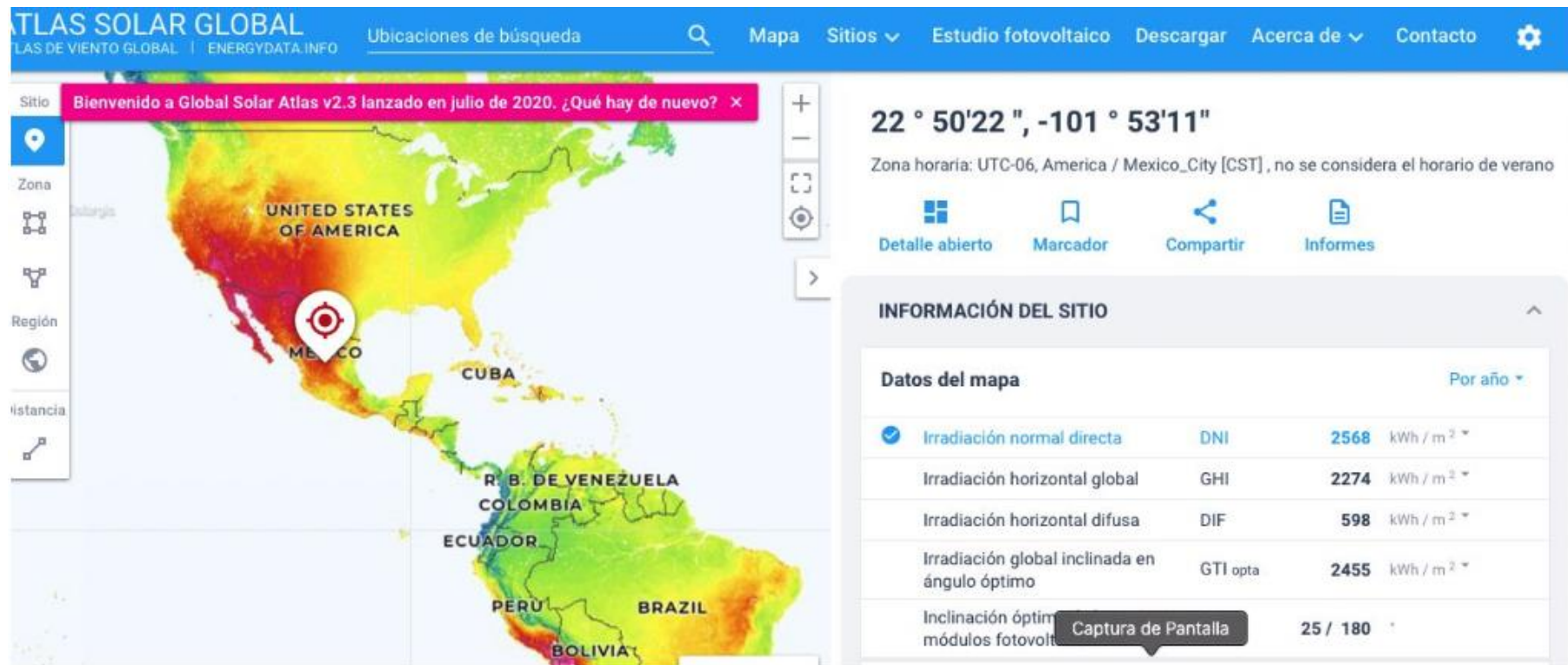
Anuncio: La grabación del seminario web NSRDB del 6 de octubre de 2020 ya está disponible para su visualización.

Bienvenida a la
Base de datos
nacional de
radiación solar



Datos

NREL

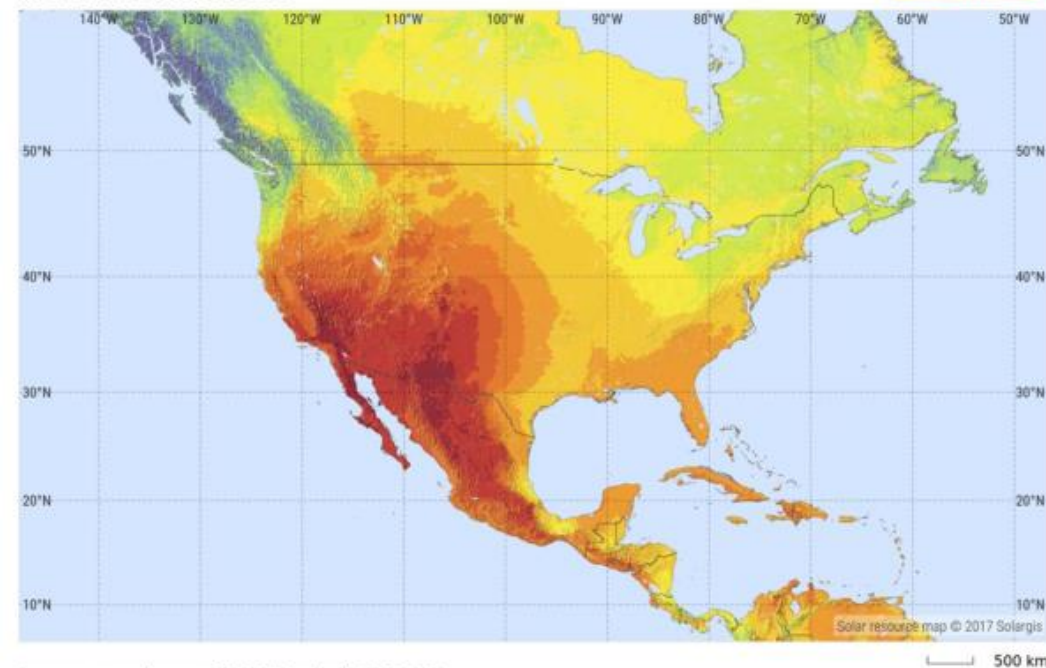


Datos

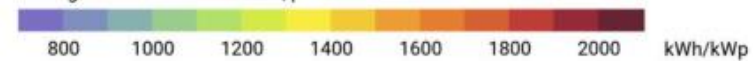
SOLARGIS

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>.

Datos

WORLDBANK

SOLAR RESOURCE MAP

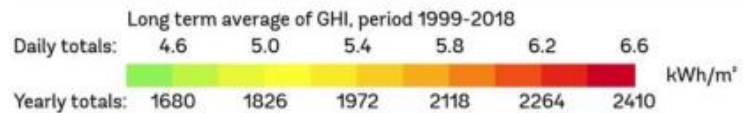
GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION

MEXICO



ESMAP

SOLARGIS



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>

GEOMETRÍA SOLAR Y SOLARIMETRIA

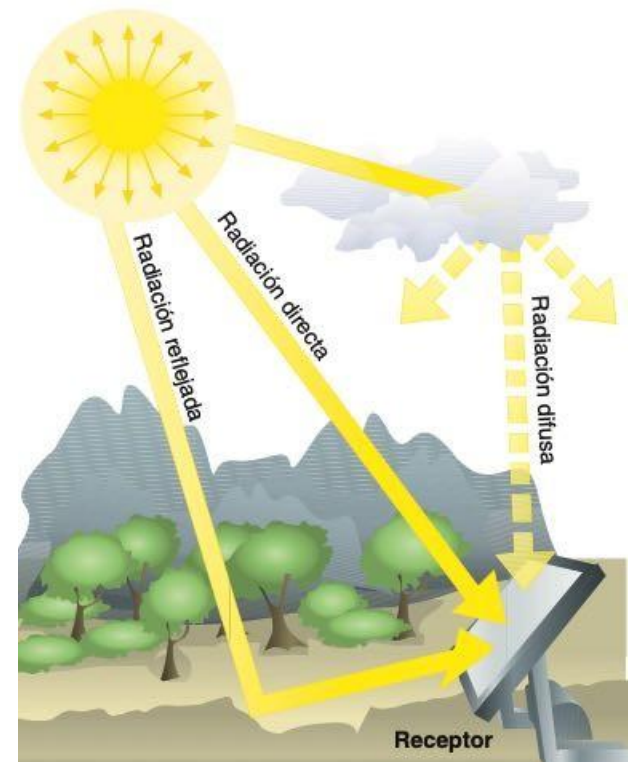
Recurso Solar

M. en I. Alfredo Divanny López Catalán

Tipos de Radiación en la Atmósfera

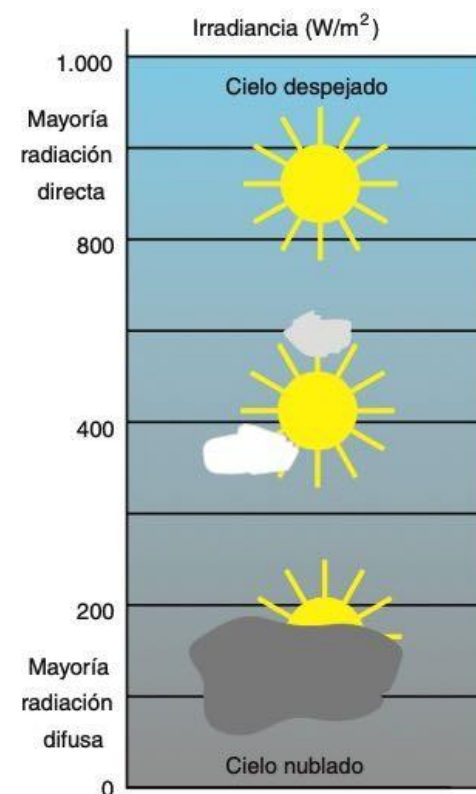
Definiciones

- **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 joules por metro cuadrado por un periodo de tiempo (J/m^2 por hora, día, semana, mes, año, etc., según el caso).*



Irradiancia e Irradiación

$$P = 4 \times 10^{23} \text{ kW}$$

$$P = 4 \times 10^{26} \text{ W}$$

$$S = 4\pi R^2$$

$$R = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

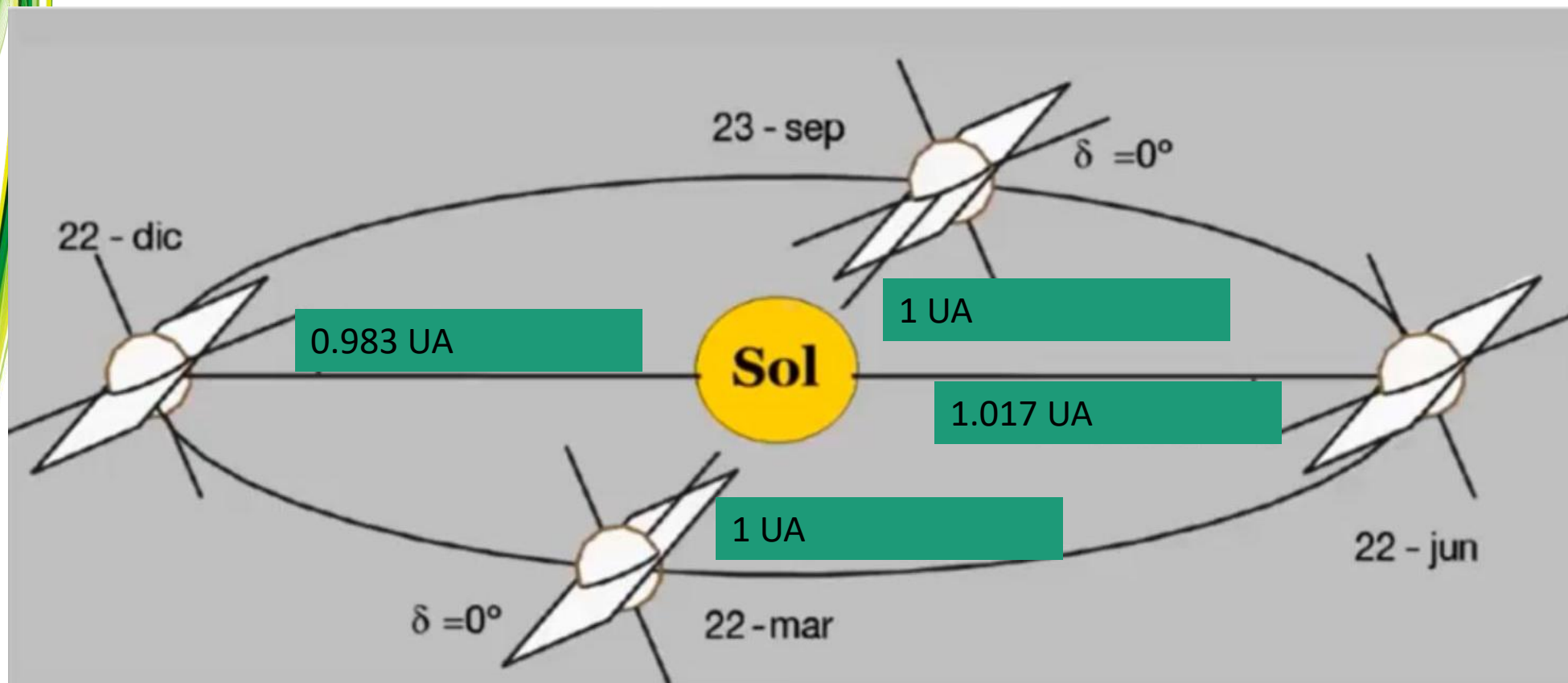
$$I = \frac{P}{S}$$

$$I = \frac{4 \times 10^{26} \text{ W}}{4\pi (1.5 \times 10^{11} \text{ m})^2}$$

$$I = 1400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$



Irradiancia e Irradiación



1 UA = 149,597,871km

Constante Solar

- La cantidad de irradiancia por unidad de área que recibe la Tierra en el tope de la atmósfera es casi una constante.
- Su valor es de 1367 W/m^2
- La energía de la constante se encuentra distribuida en diferentes longitudes de onda.

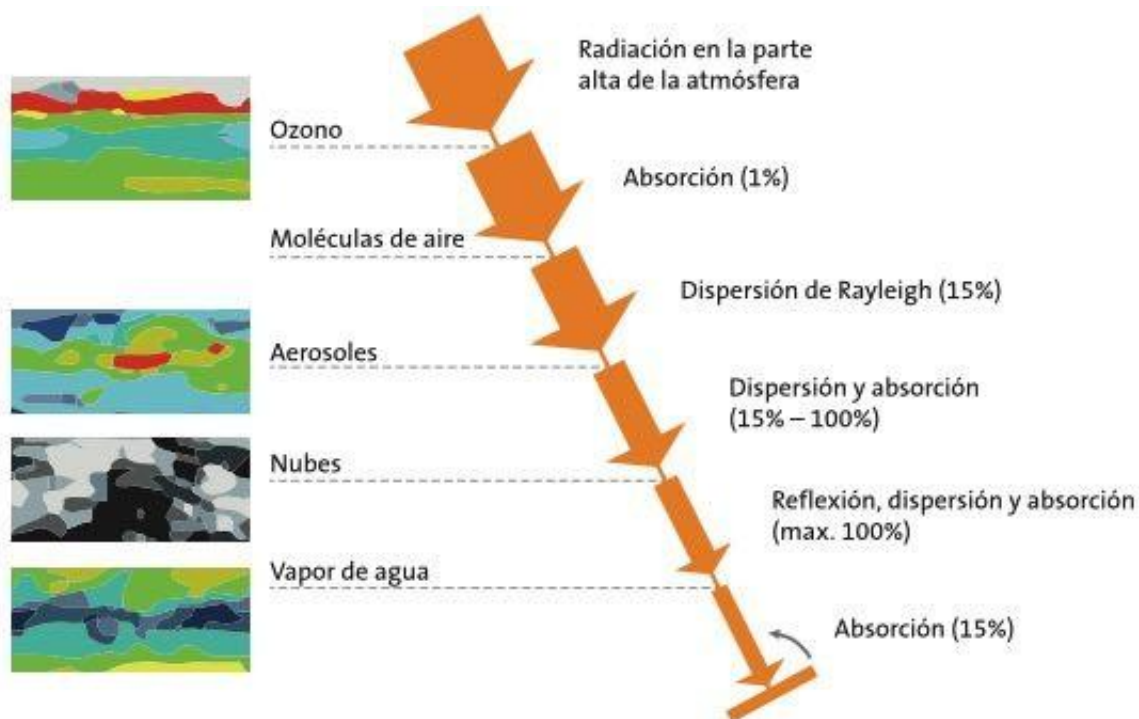
$$G_0 = 1367 \text{ W/m}^2$$

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

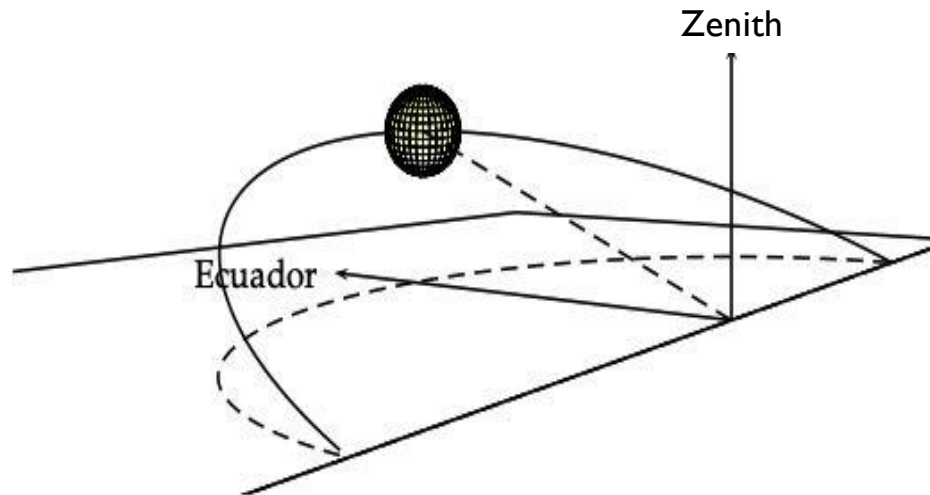
son los principales factores que atenúan la cantidad de radiación que viaja por las distintas capas atmosféricas



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

Ángulos Solares

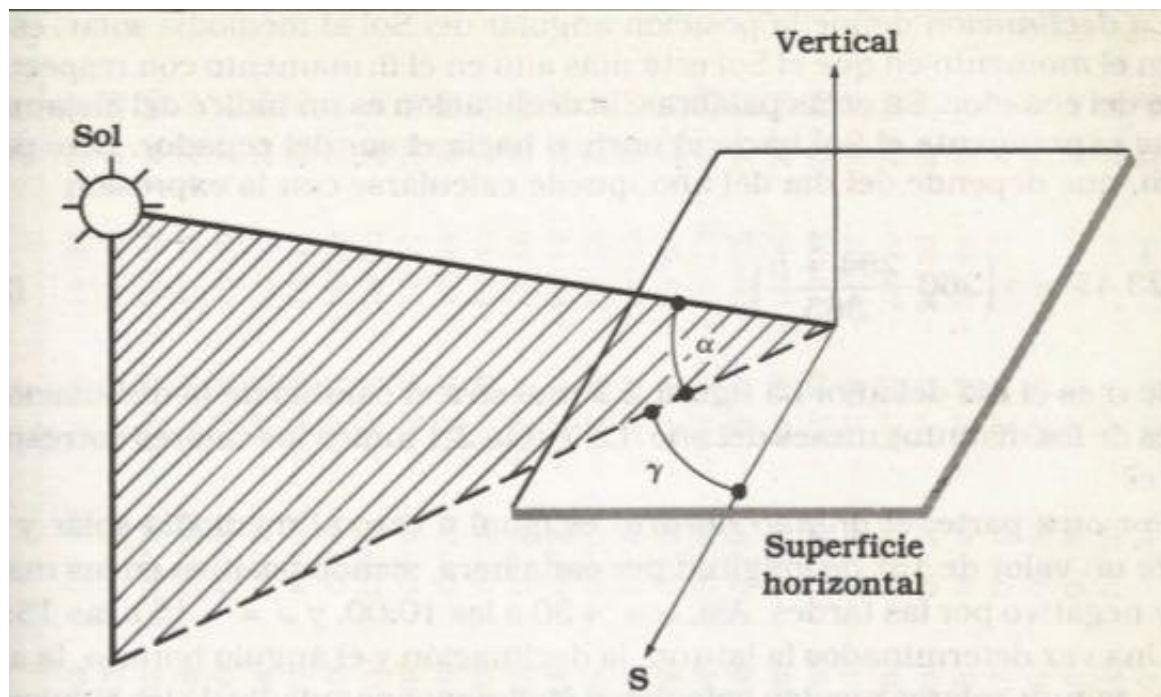
Ángulo Zenith



Altura Solar y el Ángulo Azimut

α = altura solar a partir de la horizontal

γ = ángulo azimut



Altura Solar y el Ángulo Azimut

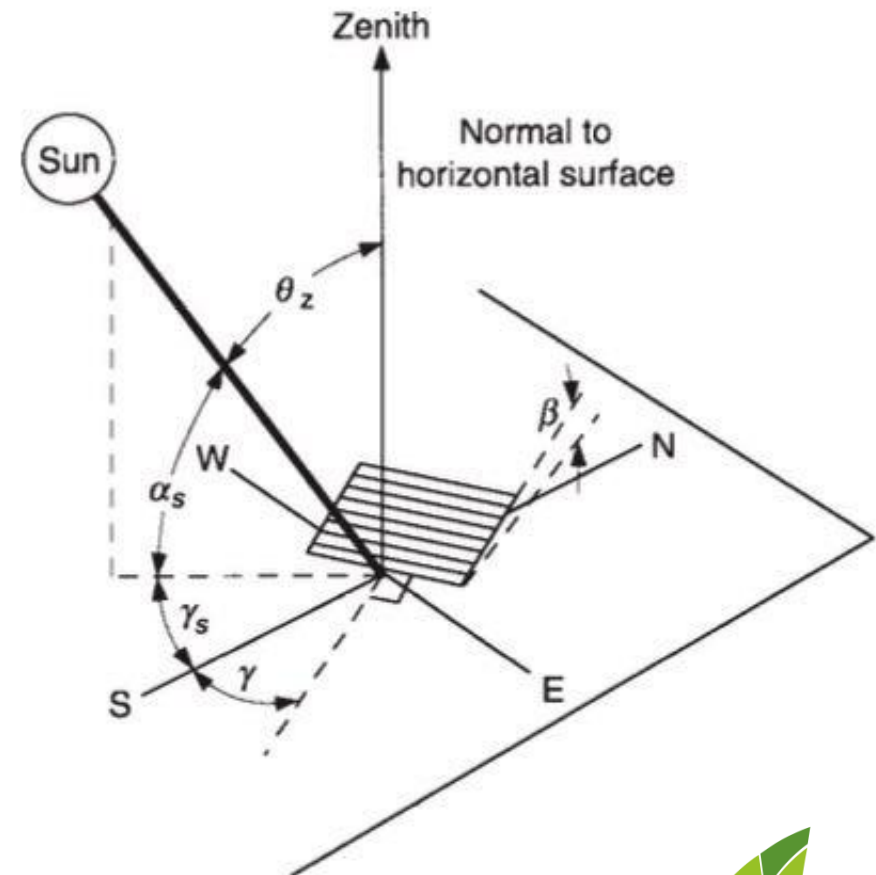
θ_z = ángulo zenith, ángulo de incidencia del haz de luz
 β = ángulo de inclinación de la superficie en cuestión, sobre el plano horizontal

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



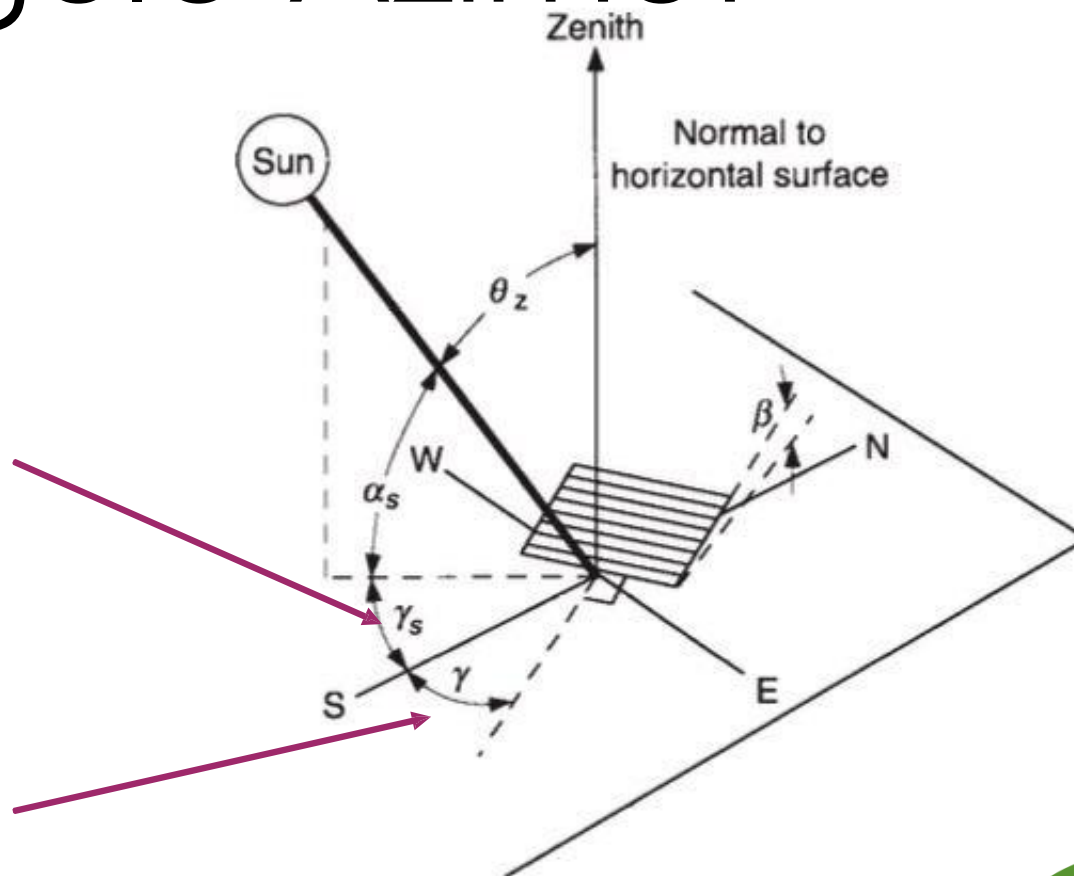
Altura Solar y el Ángulo Azimut

γ_s

Los desplazamientos al
oeste del sur son
positivos.

γ

Los desplazamientos al
este del sur son
negativos

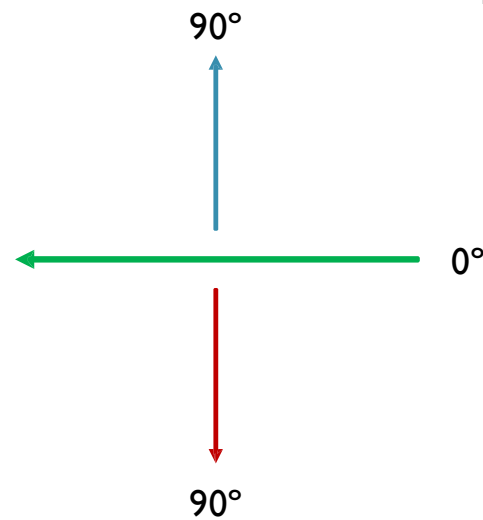
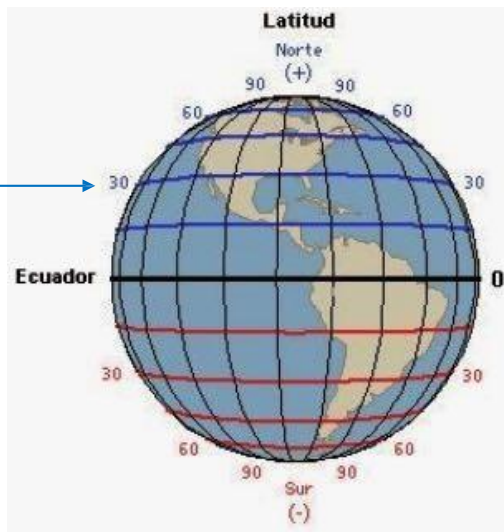


Latitud

Ø = 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°)

paralelos



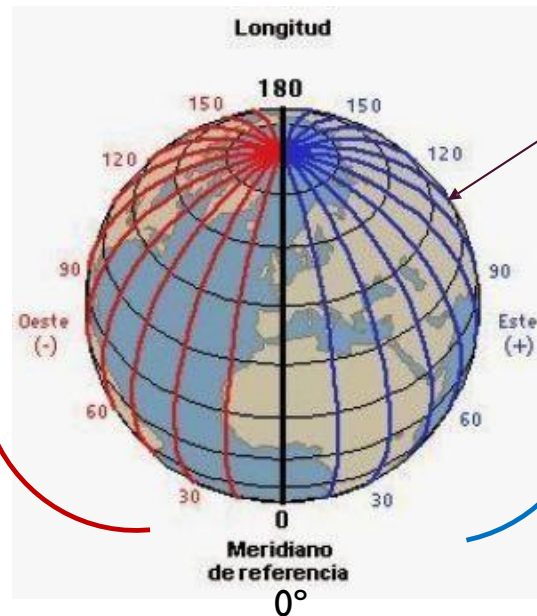
NORTE= los valores son positivos

SUR= los valores son negativos

Longitud

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

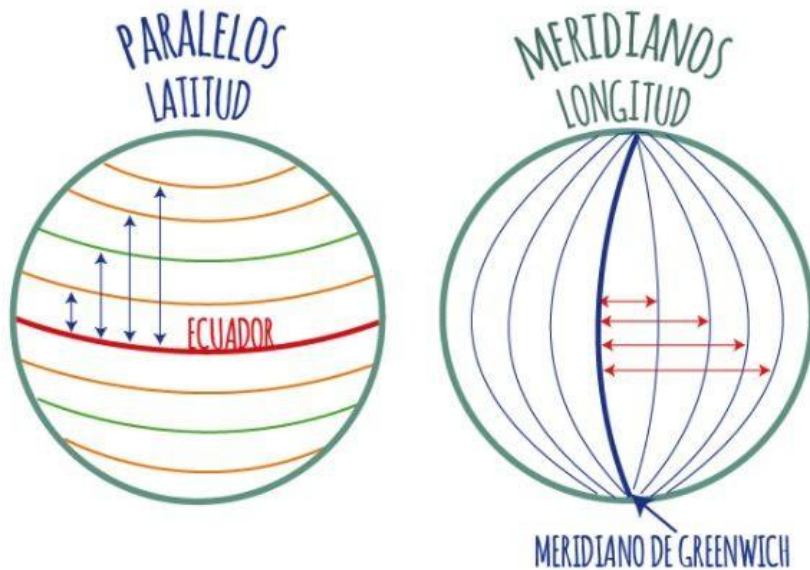
Oeste= los valores son negativo



Meridianos

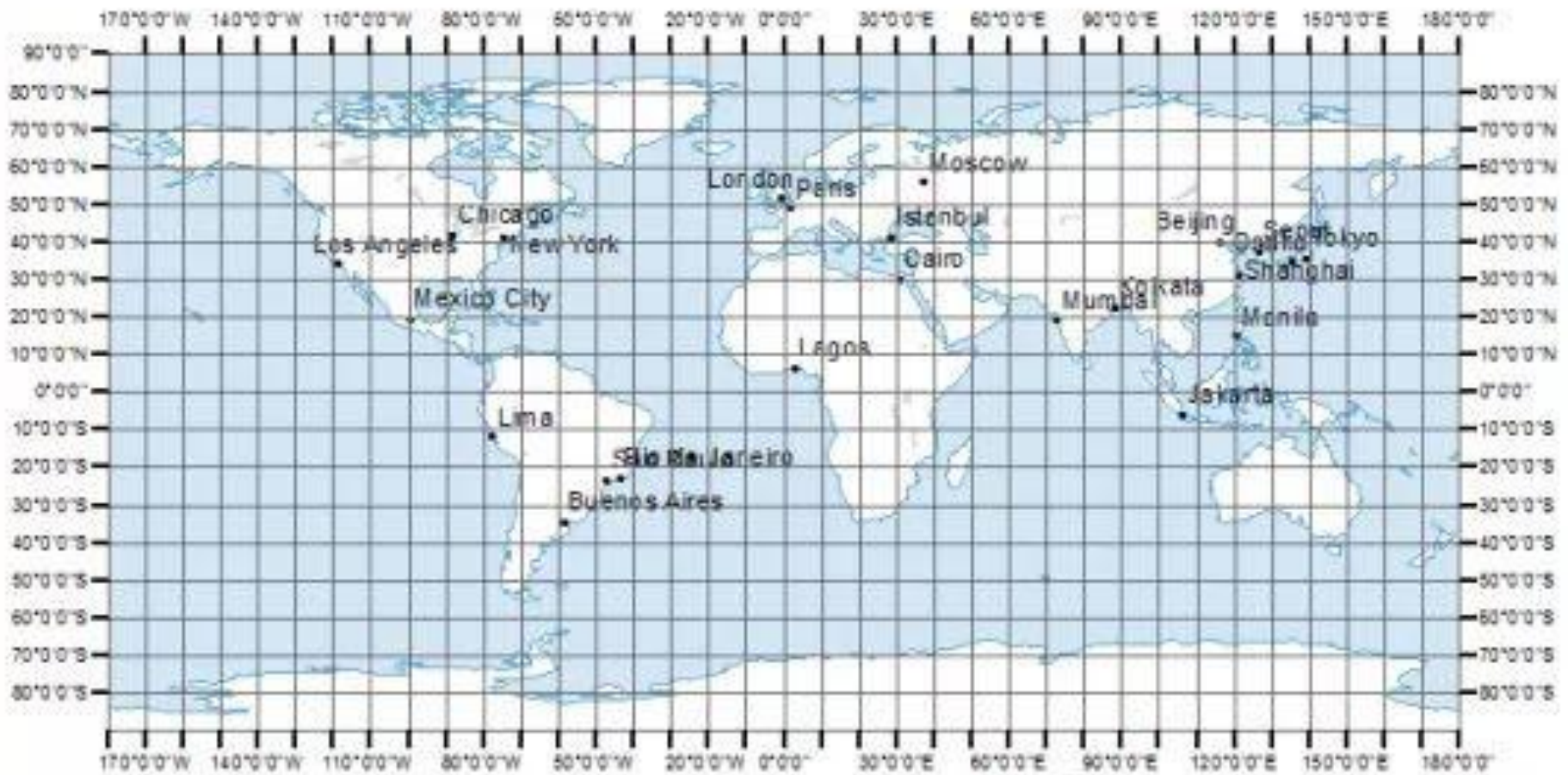
Este= los valores son positivo

Latitud y Longitud

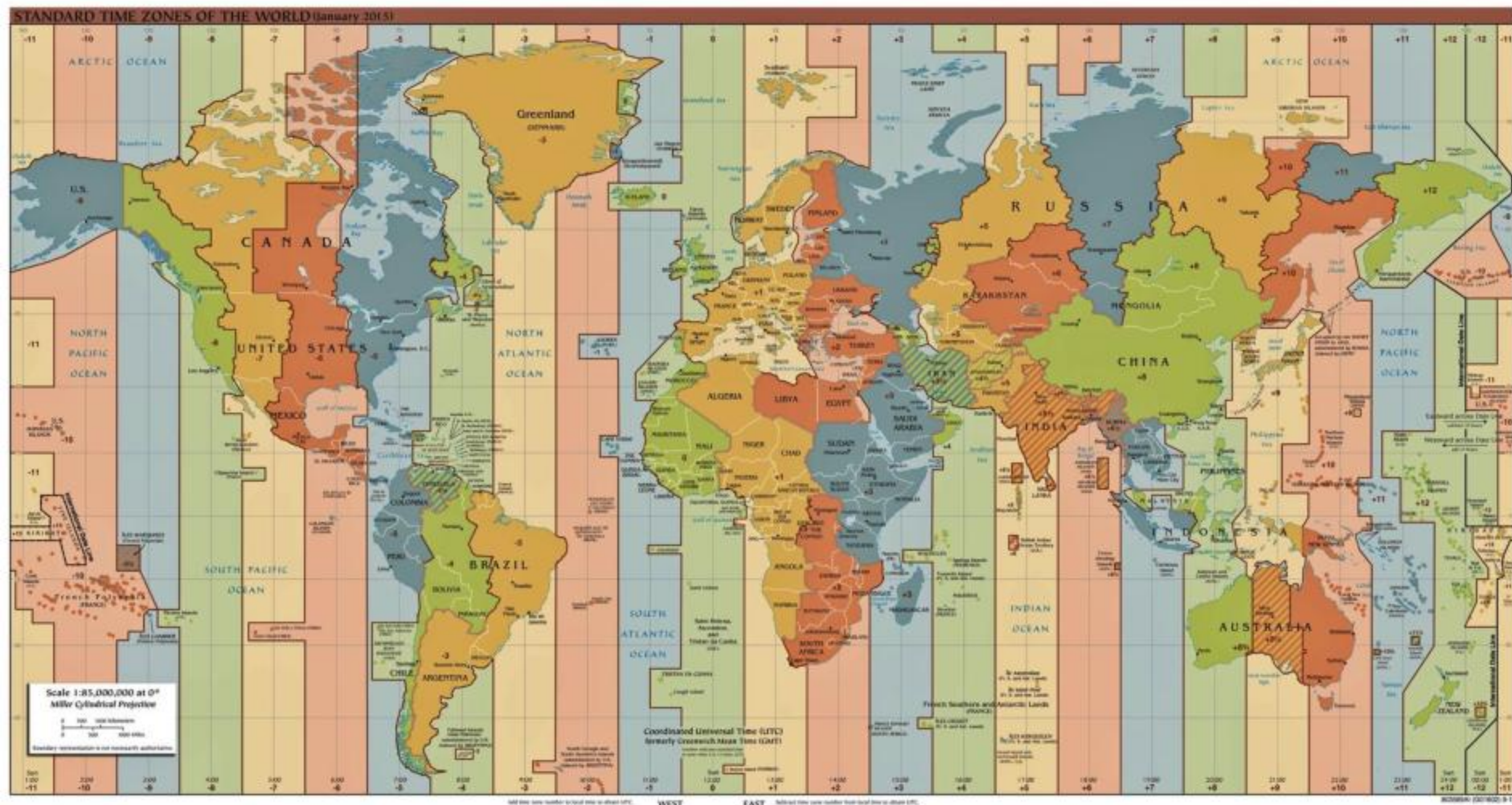


Ubicación: (latitud, longitud)

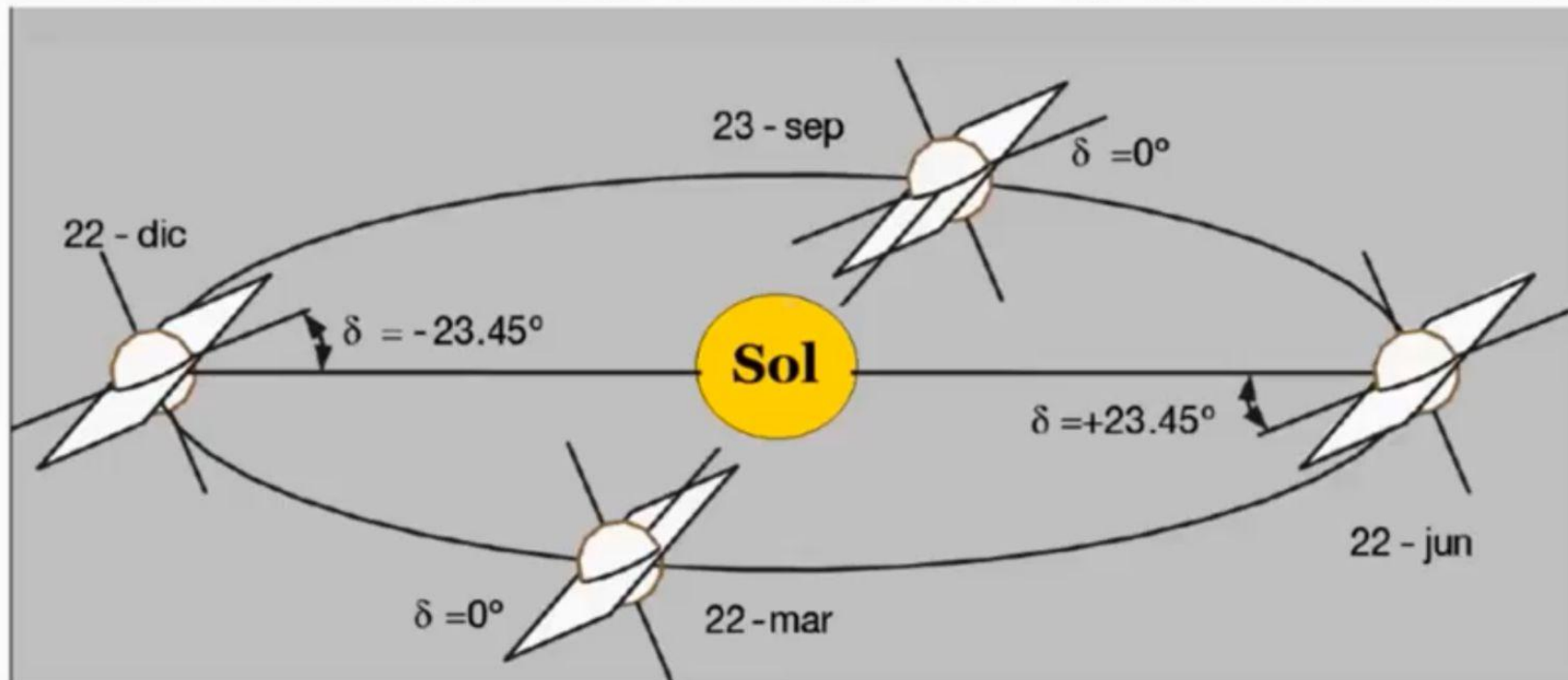
Latitud y Longitud



Latitud y Longitud



LA DECLINACIÓN SOLAR



Declinación

2020

January

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1

February

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29

March

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4

April

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	1	2

May

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
26	27	28	29	30	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6

June

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	1	2	3	4

July

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
28	29	30	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1

August

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5

September

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	1	2	3

October

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
27	28	29	30	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

November

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	1	2	3	4	5

December

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2

Declinación

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

Ejemplo:

¿Cuál será la declinación solar para el día 2 de abril de 2020?

Mes	Día
Enero	31
Febrero	29
Marzo	31
Abril	2
Total	93

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \left(\frac{284 + 93}{365} \right) \right)$$

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{135,720}{365} \right)$$

$$\delta = (23.45)(0.2051)$$

$$\delta = 4.809$$

Declinación

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

Ejemplo:

¿Cuál será la declinación solar para el día 6 de enero de 2020?

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \left(\frac{284 + 6}{365} \right) \right)$$

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{104,400}{365} \right)$$

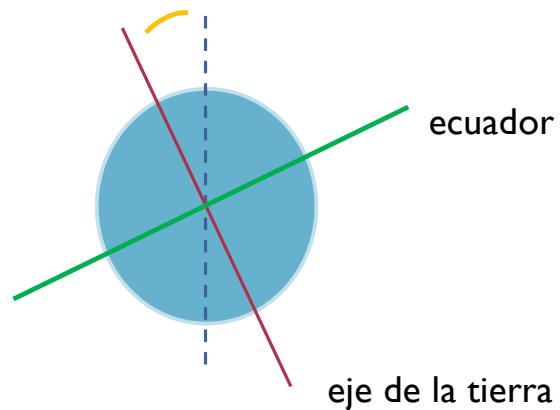
$$\delta = (23.45)(-0.9611)$$

$$\delta = -22.5384$$

Declinación

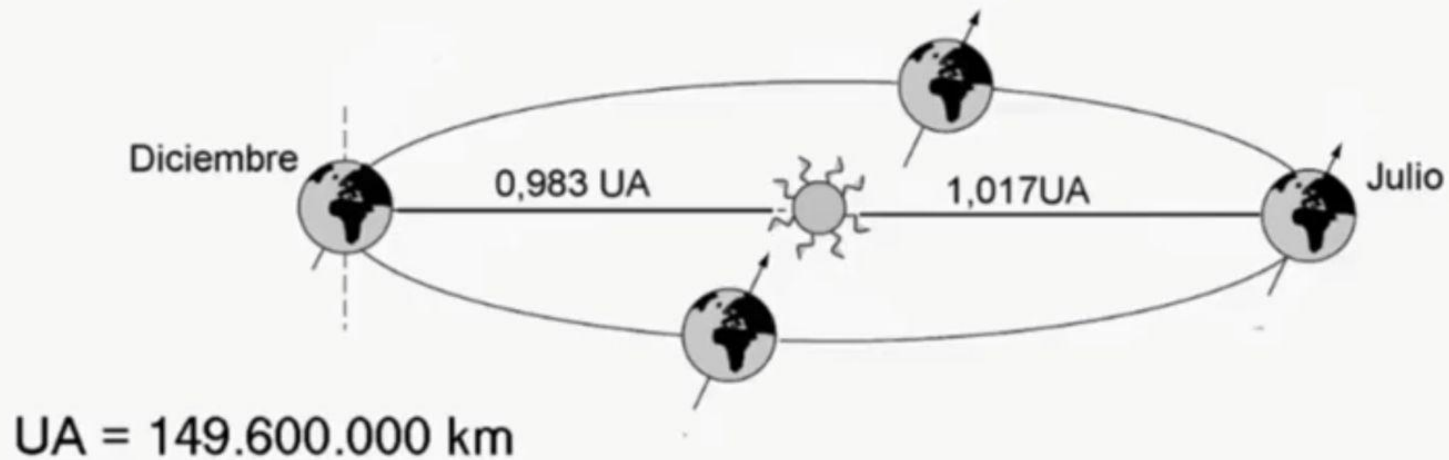
Month	n for i th Day of Month	For Average Day of Month		
		Date	n	δ
January	i	17	17	-20.9
February	$31 + i$	16	47	-13.0
March	$59 + i$	16	75	-2.4
April	$90 + i$	15	105	9.4
May	$120 + i$	15	135	18.8
June	$151 + i$	11	162	23.1
July	$181 + i$	17	198	21.2
August	$212 + i$	16	228	13.5
September	$243 + i$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

Declinación



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

Factor de Excentricidad



Ejercicios

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right)$$

$$n = 1 = 1 \text{ de enero}$$

$$n = 365 = 31 \text{ de diciembre}$$

$$15 \text{ febrero} = 31 + 15 = 46$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos \left(\frac{(360)(46)}{365} \right)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos(45.36)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.2339$$

$$\varepsilon_0 = 1.2339$$

Ejercicios

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos \left(\frac{360 n}{365} \right)$$

$$n = 1 = 1 \text{ de enero}$$

$$n = 365 = 31 \text{ de diciembre}$$

$$10 \text{ marzo} = 31 + 28 + 10 = 69$$

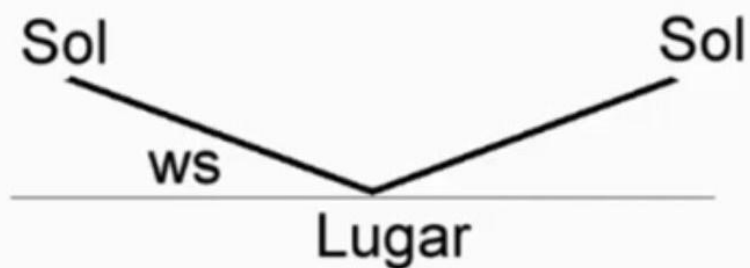
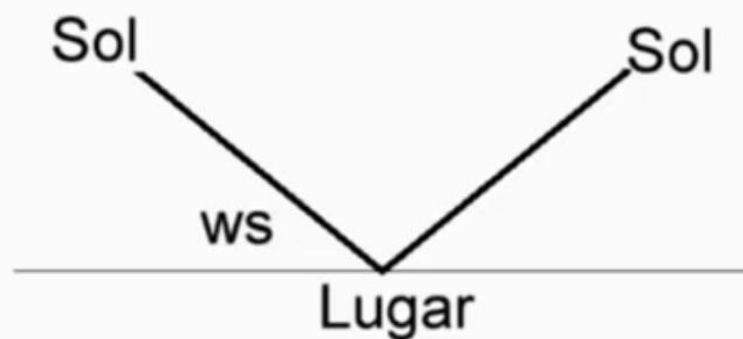
$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos \left(\frac{(360)(69)}{365} \right)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.333 \cos(68.0547)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.1244$$

$$\varepsilon_0 = 1.1244$$

Ángulo de Salida del Sol al Amanecer



Ángulo de Salida del Sol al amanecer

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\Phi))$$

Ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

Ejercicio:

Sea $\delta = -20.92^\circ$

$\Phi = 43.8^\circ$

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(-20.92^\circ) * \tan(43.8^\circ))$$

$$\omega_s = -68.5$$

Ángulo de Salida del Sol al amanecer sobre un plano inclinado

Ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado

$$\text{Sea } \delta = -20.92^\circ \quad \Phi = 43.8^\circ \quad \beta = 10^\circ$$

$$\omega_{ss} = \max\{\omega_s; -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\Phi - \beta))\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -\arccos(-\tan(-20.92) * \tan(43.8^\circ - 10^\circ))\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -\arccos(-\tan(-20.92) * \tan(33.8^\circ))\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -\arccos(0.3818 * 0.6694)\}$$

$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -\arccos(0.25555)\}$$

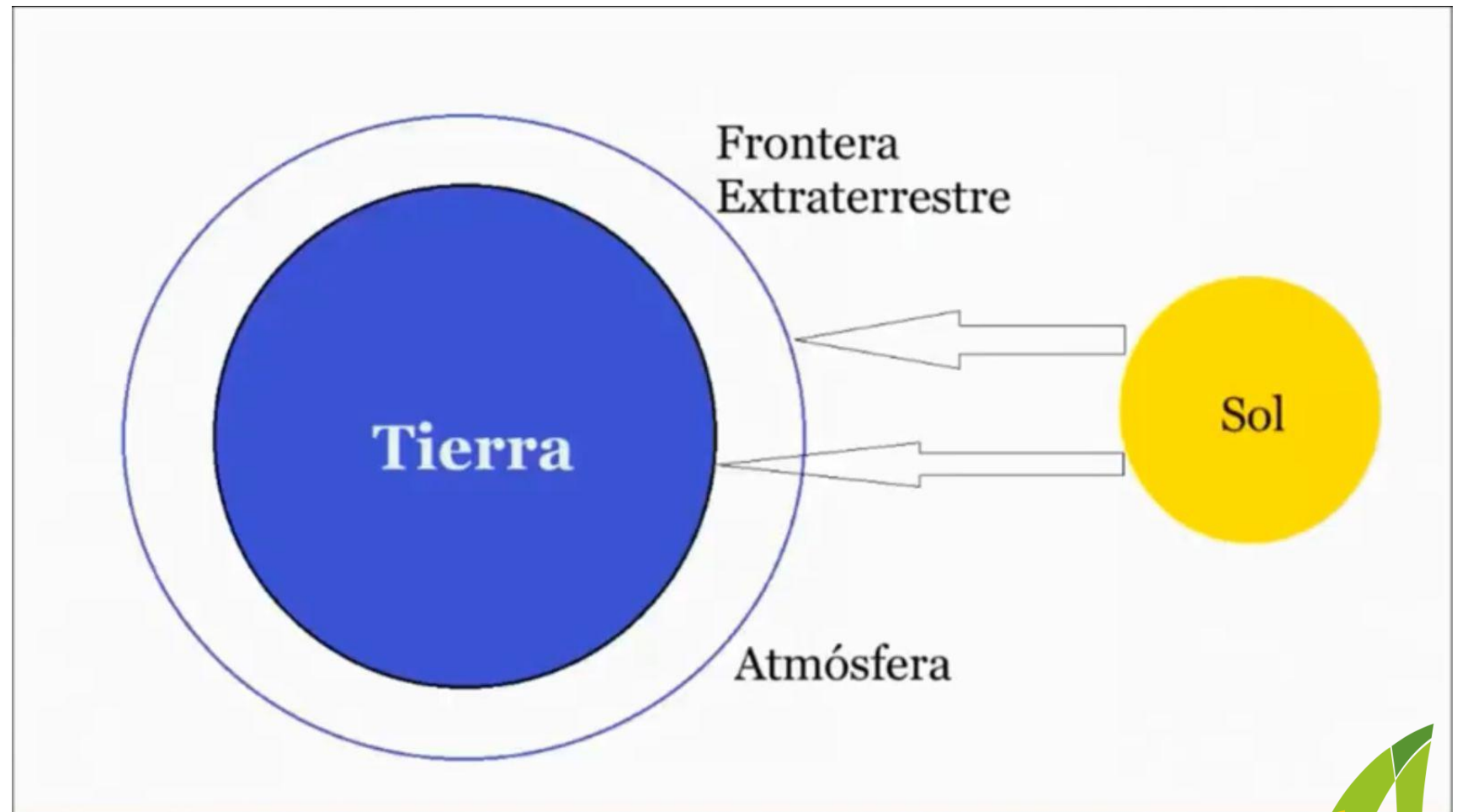
$$\omega_{ss} = \max\{-68.5^\circ; -75.18\}$$

$$\omega_{ss} = -68.5^\circ$$

Ángulo de Salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado a 10°

Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal

Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal



Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \varepsilon_0 \left[- \left(\frac{\pi}{180}\right) (\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta)) - \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right]$$

Donde:

H_0 = Es la irradiancia extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal

T = Es la longitud del día (24h)

I_0 = Es la constante Solar 1367 W/m^2

ε_0 = Factor de excentricidad

ω_s = Ángulo de salida del sol al amanecer

Φ = Latitud del lugar (positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur)

δ = declinación solar

Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal

Ejemplo:

$T =$ Es la longitud del día (24h)

$I_0 =$ Es la constante Solar 1367 W/m^2

$$\varepsilon_0 = 1.031$$

$$\omega_s = -68.5$$

$$\Phi = -43.8$$

$$\delta = -20.92$$

Irradiancia extraterrestre sobre una superficie horizontal

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \varepsilon_0 \left[- \left(\frac{\pi}{180}\right) (\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta)) - \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right]$$

$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi}\right) (1367)(1.031) \left[- \left(\frac{\pi}{180}\right) (-68.5 \sin(43.8) \sin(-20.92)) - \cos(43.8) \cos(-20.92) \sin(-68.5) \right]$$

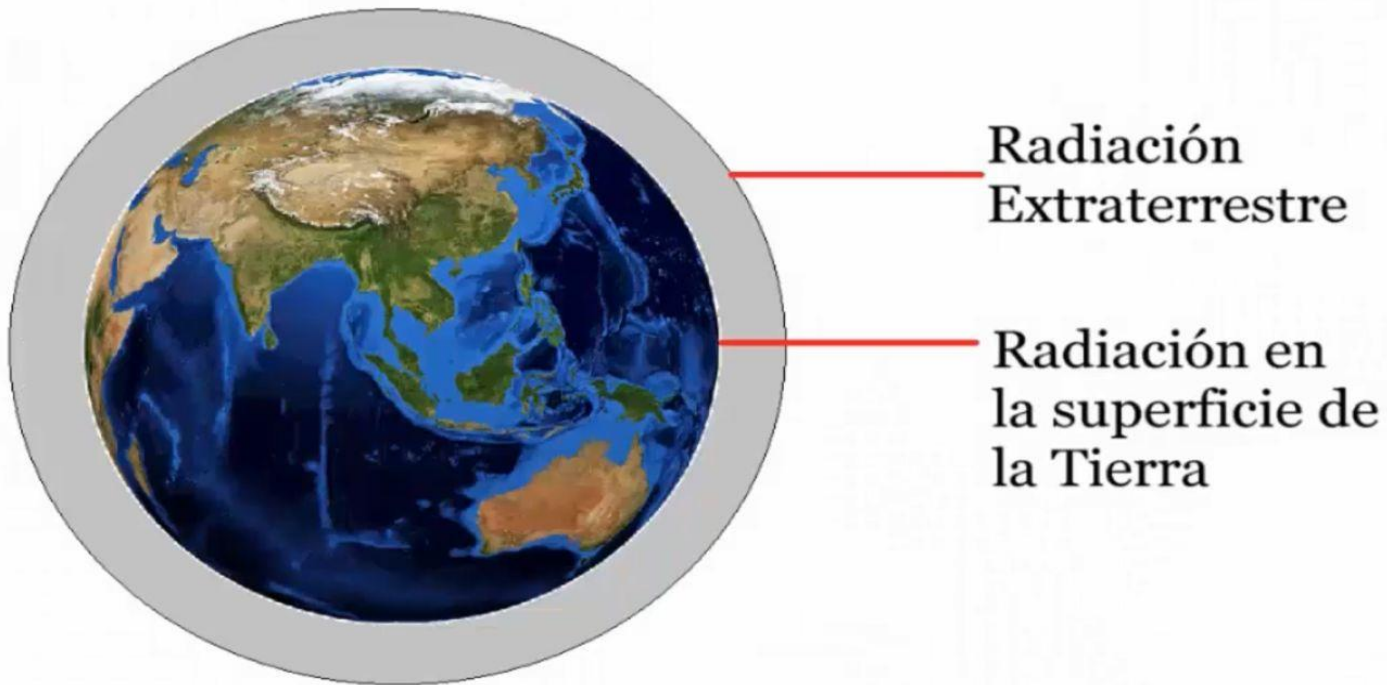
$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi}\right) (1367)(1.031) [-(0.29) - (-0.62)]$$

$$H_0 = 10766.84 [0.33]$$

$$H_0 = 3553.05 \text{ Wh/m}^2$$

Indice de Claridad

- El índice de claridad es la relación entre la radiación solar en la superficie de la tierra y la radiación en la superficie extraterrestre.
- El índice de claridad es una medida de la transparencia de la atmosfera de la tierra.



Indice de Claridad

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0}$$

Donde:

K_{Tm}: Es el índice de claridad

G₀: Es la radiación diaria horizontal sobre la superficie de la tierra.

H₀: Es la radiación extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal.

Indice de Claridad

- Ejemplo:

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0} * 100$$

$$G_0 = 1861 \text{ Wh/m}^2 \text{ (Base de datos de Radiación Solar)}$$

$$H_0 = 3553 \text{ Wh/m}^2 \text{ (calculada)}$$

$$K_{Tm} = \left(\frac{1861 \text{ Wh/m}^2}{3553 \text{ Wh/m}^2} \right) * 100$$

$$K_{Tm} = (0.523) * 100$$

$$K_{Tm} = 52.3\%$$

Fraccion difusa (irradiación difusa)

- Radiación Global

Cuando la radiación del sol atraviesa la atmosfera de la tierra sufre fenómenos como reflexión, dispersión, absorción, lo cual hace que a nivel de la superficie de la tierra se produzcan tres tipos de radiación solar:

- Radiación Directa
- Radiación Difusa
- Radiación Albedo

Fraccion difusa (irradiación difusa)

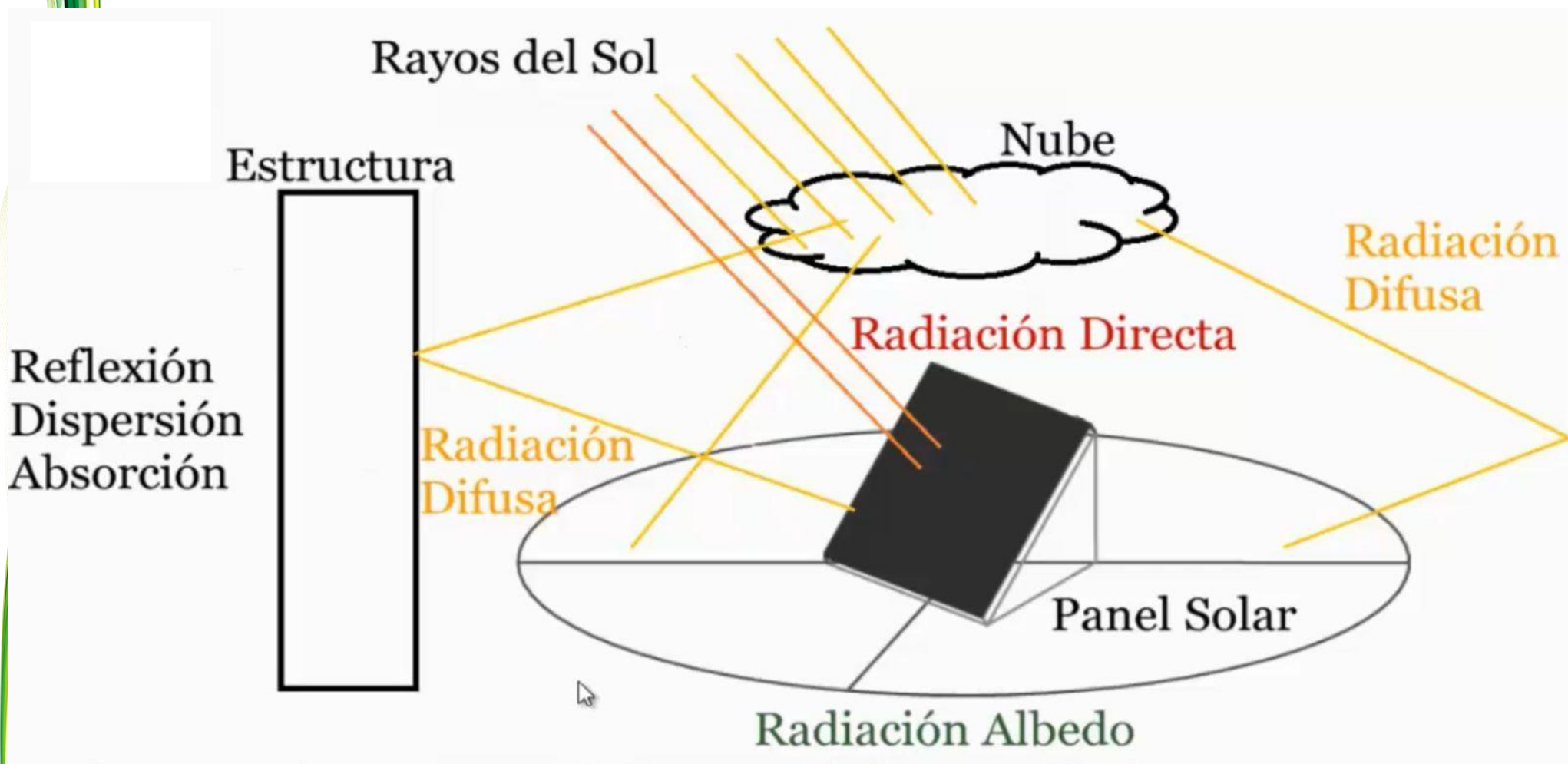
- Radiación difusa

Es la radiación solar que se produce a causa de los rayos del sol que han sufrido importantes cambios de dirección debido a la dispersión atmosférica.

Y esa radiación llega a la superficie de la tierra, pero lo hace desde toda la bóveda celeste y no únicamente desde el foco puntual que es el sol

Esto hace que un panel solar, reciba energía desde todas las direcciones, de forma que aunque esté a la sombra en un día nublado, tiene iluminación suficiente como para hacerlo visible.

Fracción difusa (irradiación difusa)



Fracción difusa (irradiación difusa)

Fracción difusa:

Es la relación entre la radiación difusa y la radiación global. Es básicamente una medida de radiación difusa con respecto a la radiación total o global.

La fracción difusa se presenta por mayor nubosidad o por muchas partículas en la atmósfera, mayor será la radiación y menor será el contenido difuso

$$F_{Dm} = \frac{D_0}{G_0}$$

Donde:

F_{Dm} = Es la fracción difusa

D_0 = Es la radiación difusa horizontal sobre la superficie de la tierra

G_0 = Es la radiación Global horizontal sobre la superficie de la tierra

$$F_{Dm} = 1 - 1.13K_{Tm}$$

K_{Tm} = Índice de claridad

$$D_0 = F_{Dm} G_0$$

Fraccion difusa (irradiación difusa)

Ejemplo:

$$F_{Dm} = ?$$

$$K_{Tm} = 0.52361$$

$$F_{Dm} = 1 - 1.13(0.5236)$$

$$F_{Dm} = 0.408$$

Fracción difusa (radiación difusa) sobre el plano horizontal

Ejemplo:

$$D_0 = ?$$

$$F_{Dm} = 0.408$$

$$G_0 = (\text{Valor de base de datos}) \text{ (china, diciembre)}$$

$$G_0 = 2.64 \text{ kWh/m}^2 \text{ día} - \text{Diciembre}$$

$$G_0 = 2640 \text{ Wh/m}^2 \text{ día} - \text{Diciembre}$$

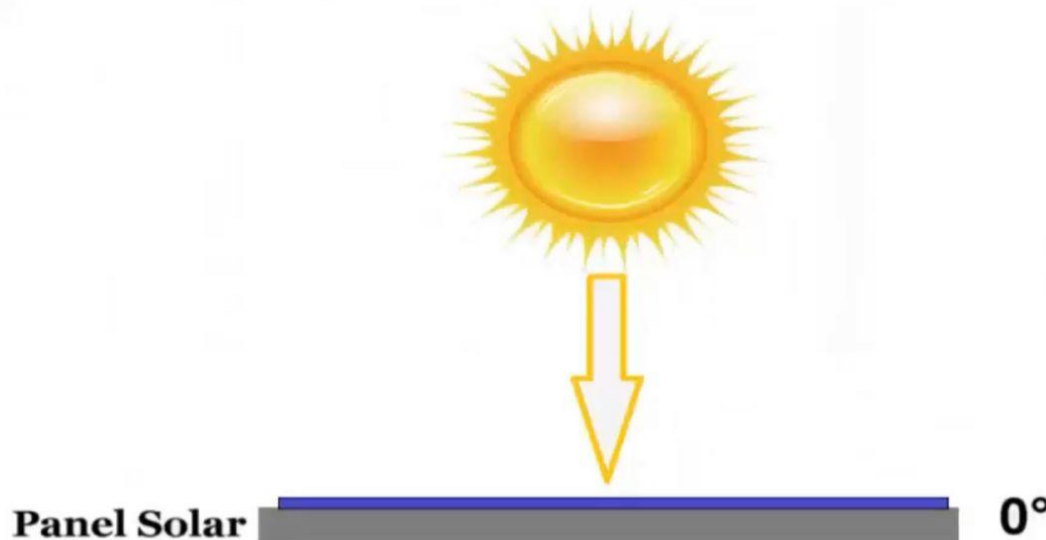
$$D_0 = F_{Dm} G_0$$

$$D_0 = (0.408)(2640 \text{ Wh/m}^2)$$

$$D_0 = 1077.12 \text{ Wh/m}^2$$

Irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal

IRRADIANCIA DIRECTA QUE LLEGA SOBRE UN
PANEL SOLAR HORIZONTAL



Irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal

$$H_{dm(0)} = G_0 - D_0$$

Donde:

$H_{dm(0)}$ = Es la irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal

G_0 = Es la irradiancia global horizontal sobre la superficie de la tierra (base de datos)

D_0 = Es la irradiancia difusa horizontal sobre la superficie de la tierra

Irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal

$$H_{dm(0)} = G_0 - D_0$$

$$H_{dm(0)} = ?$$

$$G_0 = 2640 \text{ Wh/m}^2$$

$$D_0 = 1077.12 \text{ Wh/m}^2$$

$$H_{dm(0)} = 2640 \text{ Wh/m}^2 - 1077.12 \text{ Wh/m}^2$$

$$H_{dm(0)} = 1562.88 \text{ Wh/m}^2$$

Factor de corrección de la Irradiancia directa

Factor de corrección de la Irradiancia directa

El factor de corrección representa la relación entre las irradiaciones directas diarias en una superficie inclinada y una superficie horizontal.

Este factor se necesita encontrar la irradiancia directa sobre una superficie inclinada.

De las matemáticas recordemos la función $\text{Sign}(x)$

$$\text{Sign}(x) = \begin{cases} -1 & \text{si } x < 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ 1 & \text{si } x > 0 \end{cases}$$

Ejemplo

$$\text{Sign}(-7) = \begin{cases} -1 & \text{si } x < 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ 1 & \text{si } x > 0 \end{cases} = \text{Sign}(-7) = -1$$

$$\text{Sign}(20) = \begin{cases} -1 & \text{si } x < 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ 1 & \text{si } x > 0 \end{cases} = \text{Sign}(20) = 1$$

Factor de corrección de la Irradiancia directa

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(\Phi)] \sin \delta \sin(|\Phi| - \beta) + \cos \delta \cos(|\Phi| - \beta) \sin \omega_{ss}}{\omega_s \frac{\pi}{180} \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \sin \omega_s}$$

Factor de corrección de la Irradiancia directa

Ejemplo:

$$K = ?$$

$$\omega_{ss} = -68.5^\circ$$

$$\Phi = 43.8^\circ$$

$$\delta = -20.92^\circ$$

$$\beta = 50^\circ$$

$$\omega_s = -68.5^\circ$$

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(\Phi)] \sin \delta \sin(|\Phi| - \beta) + \cos \delta \cos(|\Phi| - \beta) \sin \omega_{ss}}{\omega_s \frac{\pi}{180} \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \sin \omega_s}$$

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(43.8)] \sin(-20.92) \sin(|43.8| - 50) + \cos(-20.92) \cos(|43.8| - 50) \sin(-68.5)}{-68.5 \frac{\pi}{180} \sin(-20.92) \sin(43.8) + \cos(-20.92) \cos(43.8) \sin(-68.5)}$$

Factor de corrección de la Irradiancia directa

Ejemplo:

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(43.8)] \sin(-20.92) \sin(|43.8| - 50) + \cos(-20.92) \cos(|43.8| - 50) \sin(-68.5)}{-68.5 \frac{\pi}{180} \sin(-20.92) \sin(43.8) + \cos(-20.92) \cos(43.8) \sin(-68.5)}$$

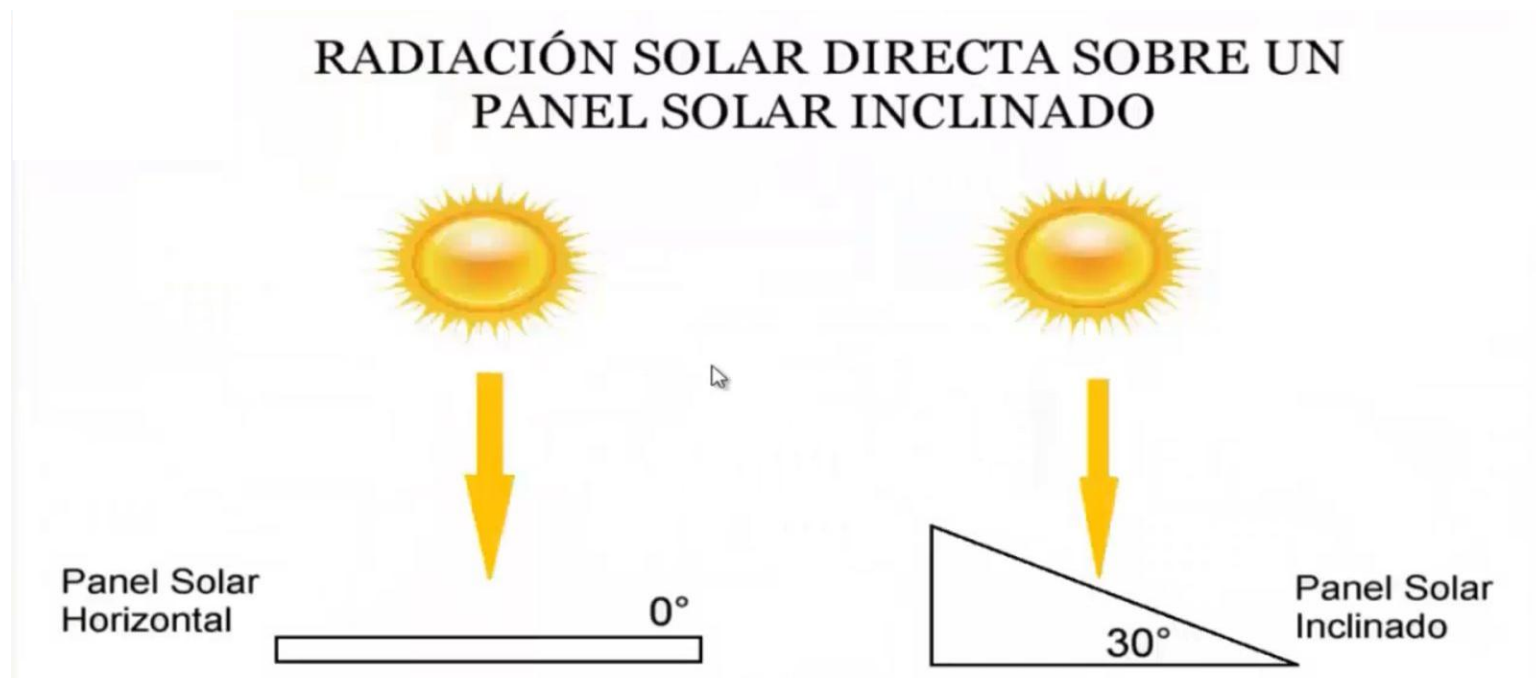
$$K = \frac{[(-1.19555)(1)(-0.35706)(-0.10799)] + [(0.934079)(0.994150)(-0.93041)]}{[(-1.19555)(-0.35706)(0.69214)] + [(0.93407)(0.72176)(-0.9304)]}$$

$$K = \frac{(-0.04609) + (-0.86399)}{(0.29546) + (-0.62725)}$$

$$K = \frac{-0.91008}{-0.33179}$$

$$K = 2.742$$

irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado



Irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(0)} + K$$

Donde

$H_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la irradiancia directa que llega sobre un panel solar con una inclinación*

$H_{dm(0)}$ = *Irradiancia directa que llega sobre el panel solar horizontal*

K = *Es el factor de corrección de la irradiancia directa*

Irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(0)} * K$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = ?$$

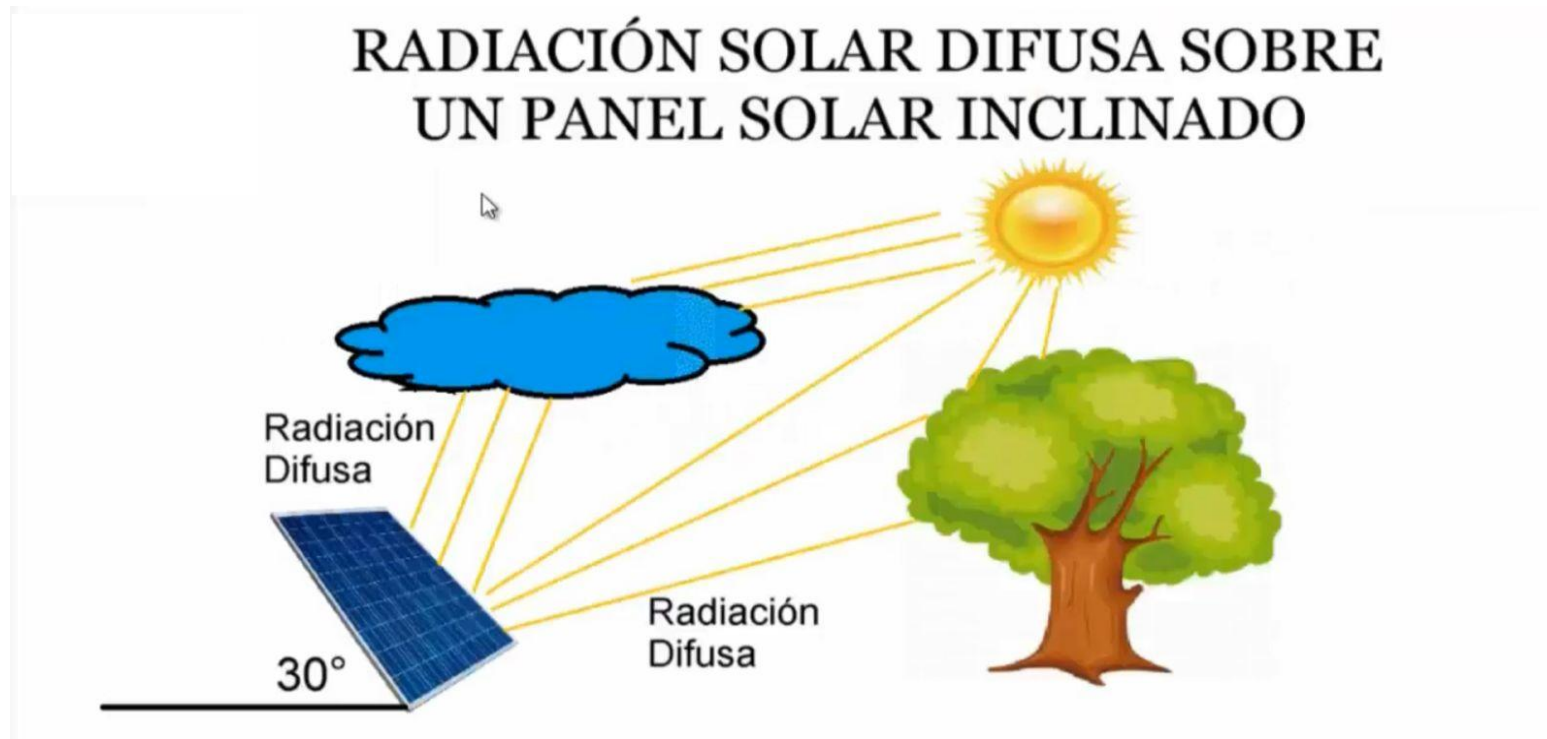
$$H_{dm(0)} = 1231.36 \text{ Wh/m}^2$$

$$K = 2.742$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = (1231.36 \text{ Wh/m}^2)(2.742)$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 3376.389 \text{ Wh/m}^2$$

Irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado



Irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

Donde

$D_{(\beta,\alpha)}$ = Irradiancia difusa que llega sobre un panel solar con una inclinación

D_0 = Es la irradiancia difusa que llega sobre un panel horizontal

β = Es el ángulo de inclinación del panel solar

Irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado

Ejemplo

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = ?$$

$$D_0 = 848.64 \text{ Wh/m}^2$$

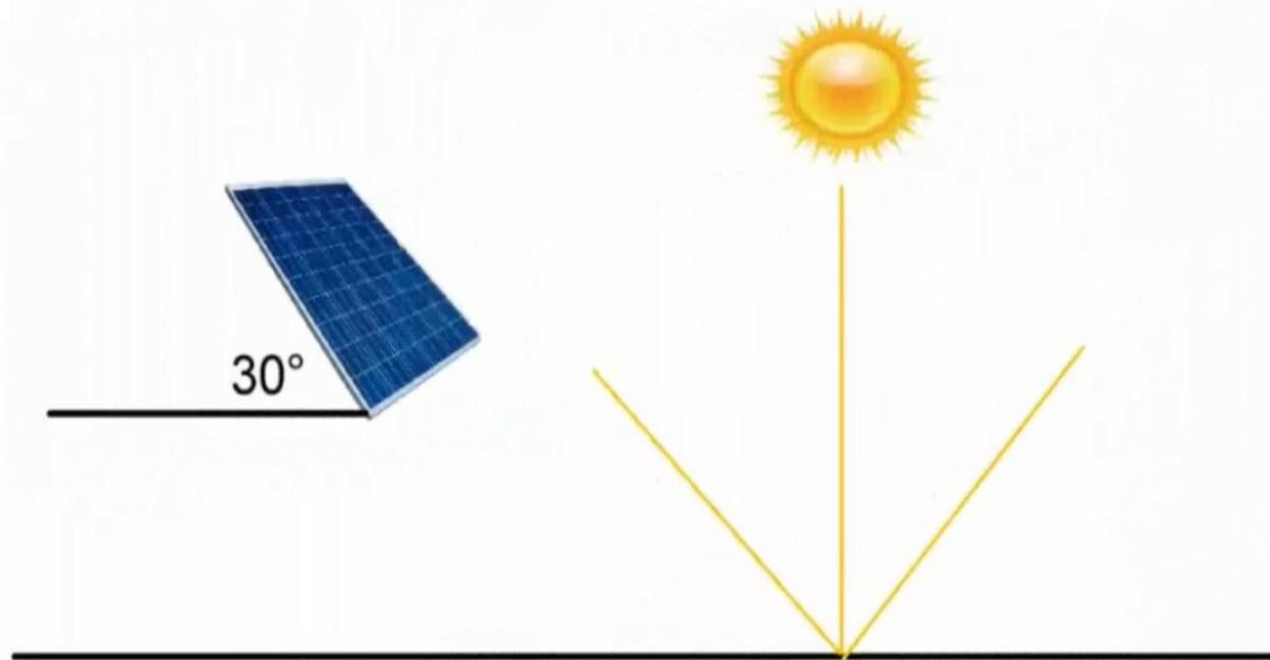
$$\beta = 50^\circ$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = \left(848.64 \text{ Wh/m}^2 \right) \left(\frac{1 + \cos(50)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = \left(697 \text{ Wh/m}^2 \right)$$

Irradiación solar albedo sobre un panel solar inclinado

RADIACIÓN SOLAR ALBEDO SOBRE UN PANEL SOLAR INCLINADO



Irradiación solar albedo sobre un panel solar inclinado

La reflectividad de la mayoría de los tipos de suelo es bastante baja. En consecuencia la contribución de la irradiación del albedo que cae sobre un panel solar es generalmente muy pequeña y puede ser despreciable (se produce una excepción en el caso de la nieve).

Es habitual suponer que el suelo es horizontal y de extensión infinita y que refleja isotrópicamente.

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho G_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

Donde

ρ = *Reflectividad del suelo y depende de la composición del mismo. Cuando el valor de ρ es desconocido es común tomar $\rho = 0.2$*

G_0 = *La irradiancia global horizontal sobre la superficie de la tierra*

	Albedo
Nieve reciente 0.8-0.9	80-90%
Arena 0.25-0.35	25-35%
Suelo seco 0.1-0.2	10-20%
Suelo húmedo (lodo) 0.05	5%
Hierba húmeda 0.3	30%
Bosque 0.05-0.15	5-15%

Irradiación solar albedo sobre un panel solar inclinado

Ejemplo

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho G_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$AL_{(\beta,\alpha)} = ?$

$$\rho = 0.2 \text{ (suelo seco)}$$

$$G_0 = 2080 \text{ }^{wh}/m^2 \text{ dia}$$

$$\beta = 50^\circ$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = (0.2)(2080 \text{ }^{wh}/m^2 \text{ dia}) \left(\frac{1 + \cos(50)}{2} \right)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = (416 \text{ }^{wh}/m^2 \text{ dia}) (0.1786)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 74.30 \text{ }^{wh}/m^2 \text{ dia}$$

Irradiación solar global sobre un panel solar inclinado

Pasos para determinar la radiación solar global sobre un panel solar inclinado:

1. Determinar la latitud y longitud del lugar
2. Se define el día del año del cual deseo saber la irradiación solar global
3. Calcular la declinación solar
4. Calcular el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal
5. Definir el ángulo de inclinación que tendrán los paneles solares:
 - a) La inclinación del techo de la estructura
 - b) La inclinación óptima
6. Calcular el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado
7. Factor de excentricidad
8. Calcular la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal
9. Definir la irradiación solar global desde una base de datos reconocida para el mes de estudio
10. Calcular el índice de claridad
11. Calcular la fracción difusa
12. Calcular la irradiación difusa en un plano horizontal
13. Calcular la Irradiancia directa sobre un panel solar horizontal
14. Calcular el factor de corrección para paneles solares inclinados
15. Calcular la irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado
16. Calcular la irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado
17. Calcular la radiación solar Albedo sobre un panel solar inclinado

Irradiación solar global sobre un panel solar inclinado

Radiación Solar Global Sobre un plano inclinado:

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}$$

Donde

$G_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la Irradiación solar global sobre un panel inclinado*

$H_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la Irradiación solar directa sobre un panel solar inclinado*

$D_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la irradiación solar difusa sobre un panel solar inclinado*

$AL_{(\beta,\alpha)}$ = *Es la irradiación solar albedo sobre un panel solar inclinado*

Ejemplo de aplicación

Ejercicio tomado del “Handbook of photovoltaic Science and Engineering” pp 932

Example: Estimate the average daily irradiation in January at Changchun–China ($\phi = 43.8^\circ$) over a fixed surface facing south and tilted at an angle $\beta = 50^\circ$ with respect to the horizontal, knowing that the mean value of the global horizontal irradiation is $G_{dm}(0) = 1861 \text{ Wh/m}^2$ and the ground reflection $\rho = 0.2$. The solution is as follows:

$$\text{January} \Rightarrow d_n = 17; \delta = -20.92^\circ$$

$$\phi = 43.8^\circ \Rightarrow \omega_S = -68.50 \text{ and } B_{0d}(0) = 3586 \text{ Wh/m}^2 \Rightarrow K_{Tm} = 0.519$$

$$\Rightarrow F_{Dm} = 0.414$$

$$D_{dm}(0) = 770 \text{ Wh/m}^2; B_{dm}(0) = 1091 \text{ Wh/m}^2$$

$$\arccos(-\tan \delta \tan(\phi - \beta)) = -92.38^\circ \Rightarrow \omega_{SS} = -68.5^\circ \Rightarrow RB = 2.741$$

Ejemplo de aplicación

$$D_{dm}(50) = 633 \text{ Wh/m}^2; B_{dm}(50) = 2990 \text{ Wh/m}^2; R_{dm}(50) = 66 \text{ Wh/m}^2$$

$$G_{dm}(50) = 3689 \text{ Wh/m}^2$$

It is worth mentioning that a more detailed calculation, following the procedure outlined in Figure 20.16, would lead to $G_{dm}(50) = 3956 \text{ Wh/m}^2$. That means the error associated to equation (20.40) is below 8%. This difference is mainly due to the different consideration of the diffuse radiance distribution.

1. Determinar la latitud y longitud del lugar
2. Se define el día del año del cual se requiere saber la radiación solar promedio (enero 17)
3. Calcular la declinación solar (δ)

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360(d_n + 284)}{365} \right] \quad \delta = (23.45)(-89.19)$$

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360(17 + 284)}{365} \right] \quad \delta = -20.91$$

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{108360}{365} \right]$$

$$\delta = 23.45 \sin[296.87]$$

Ejemplo de aplicación

4. Calcular el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta)\tan(\Phi))$$

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(-20.91)\tan(43.8))$$

$$\omega_s = -\arccos((0.3820)(0.9589))$$

$$\omega_s = -\arccos(0.3662)$$

$$\omega_s = -68.51$$

Ejemplo de aplicación

5. Definir el ángulo de inclinación que tendrán los paneles solares.

1. La inclinación del techo de la estructura
2. La inclinación óptima

$$\beta = 50^\circ$$

6. Calcular el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado

$$\omega_{ss} = \max [\omega_s; -\arccos (-\tan(\delta) \tan(\Phi - \beta))]$$

$$\omega_{ss} = \max [-68.50^\circ; -\arccos (-\tan(-20.92^\circ) \tan(43.8^\circ - 50^\circ))]$$

$$\omega_{ss} = \max [-68.50^\circ; -92.38^\circ]$$

$$\omega_{ss} = -68.50^\circ$$

Ejemplo de aplicación

7. Calcular el factor de excentricidad.

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{360d_n}{365}\right)$$

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{(360)(17)}{365}\right)$$

$$\varepsilon_0 = 1.031$$

8. Calcular la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \varepsilon_0 \left[-\left(\frac{\pi}{180}\right) (\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta)) - \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right]$$

Ejemplo de aplicación

8. Calcular la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal

$$\begin{aligned} H_0 &= \left(\frac{T}{\pi} \right) I_0 \varepsilon_0 \left[- \left(\frac{\pi}{180} \right) (\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta)) - \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right] \\ H_0 &= \left(\frac{24}{\pi} \right) \left(1367 \text{ Wh}/m^2 \right) (1.031) \left[- \left(\frac{\pi}{180} \right) ((68.5^\circ) \sin(43.8^\circ) \sin(-20.92^\circ)) \right. \\ &\quad \left. - \cos(43.8^\circ) \cos(-20.92^\circ) \sin(68.5^\circ) \right] \end{aligned}$$

$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi} \right) \left(1367 \text{ Wh}/m^2 \right) (1.031) [-0.295467 + 0.627270]$$

$$H_0 = 3586 \text{ Wh}/m^2$$

Ejemplo de aplicación

9. Definir la radiación global desde una base de datos reconocida para el mes que se está estudiando

$$G_{dm}(0) = 1861 \text{ Wh/m}^2$$

10. Calcular el índice de claridad

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0} * 100$$

$$K_{Tm} = \frac{1861 \text{ Wh/m}^2}{3586 \text{ Wh/m}^2} * 100$$

$$K_{Tm} = 0.519 * 100$$

$$K_{Tm} = 51.9\%$$

Ejemplo de aplicación

11. Calcular la fracción difusa

$$F_{Dm} = 1 - 1.13K_{Tm}$$

$$F_{Dm} = 1 - 1.13(0.519)$$

$$F_{Dm} = 0.414$$

12. Calcular la irradiación difusa sobre un plano horizontal

$$D_0 = F_{Dm} G_0$$

$$D_0 = (0.414) (1861 \text{ Wh/m}^2)$$

$$D_0 = 770 \text{ Wh/m}^2$$

Ejemplo de aplicación

13. Calcular la irradiancia directa que cae sobre un panel solar horizontal

$$H_{dm(0)} = G_0 - D_0$$

$$H_{dm(0)} = 1861 \text{ Wh/m}^2 - 770 \text{ Wh/m}^2$$

$$H_{dm(0)} = 1091 \text{ Wh/m}^2$$

14. Calcular el factor de corrección para paneles solares inclinados

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} [\text{sign}(\Phi)] \sin \delta \sin(|\Phi| - \beta) + \cos \delta \cos(|\Phi| - \beta) \sin \omega_{ss}}{\omega_s \frac{\pi}{180} \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \sin \omega_s}$$
$$K = \frac{-68.5^\circ (\frac{\pi}{180}) [\text{sign}(43.8^\circ)] \sin(-20.92^\circ) \sin(|43.8^\circ| - 50^\circ) + \cos(-20.92^\circ) \cos(|43.8^\circ| - 50^\circ) \sin -68.5^\circ}{-68.5^\circ \frac{\pi}{180} \sin(-20.92^\circ) \sin(43.8^\circ) + \cos(-20.92^\circ) \cos(43.8^\circ) \sin(-68.5^\circ)}$$

$$K = \frac{-0.04609 + (-0.86399)}{0.29546 + (-0.62725)}$$

$$K = 2.742$$

Ejemplo de aplicación

15. Calcular la irradiancia directa que cae sobre un panel solar inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(0)} * K$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 1091 \text{ Wh/m}^2 * 2.742$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 2990 \text{ Wh/m}^2$$

16. Calcular la irradiancia solar difusa sobre el panel solar inclinado

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 770 \text{ Wh/m}^2 \left(\frac{1 + \cos(50^\circ)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 633 \text{ Wh/m}^2$$

Ejemplo de aplicación

17. Calcular la irradiancia solar de Albedo sobre un plano solar inclinado

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho G_0 \left(\frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = (0.2) \left(1861 \text{ Wh/m}^2 \right) \left(\frac{1 - \cos(50^\circ)}{2} \right)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 66 \text{ Wh/m}^2$$

IRRADIANCIA SOLAR GLOBAL SOBRE UN PLANO INCLINADO

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 2990 \text{ Wh/m}^2 + 633 \text{ Wh/m}^2 + 66 \text{ Wh/m}^2$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 3689 \text{ Wh/m}^2$$

Dispositivos de Medición

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

Adquisición de Datos

- ▶ Para la generación de energía eléctrica se utilizan unidades

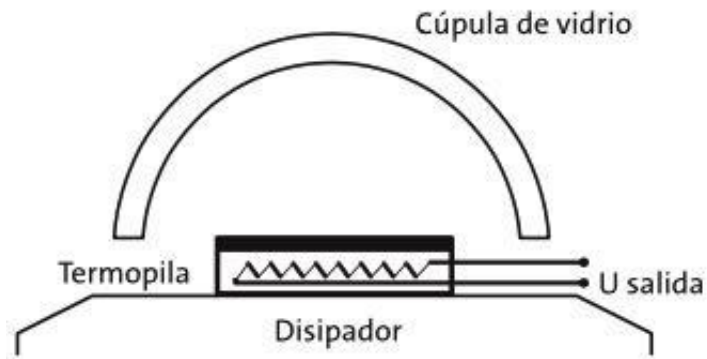
Wh/ m^2 , kWh/ m^2 , MWh/ m^2

Instrumentos de medición

Geofísica UNAM



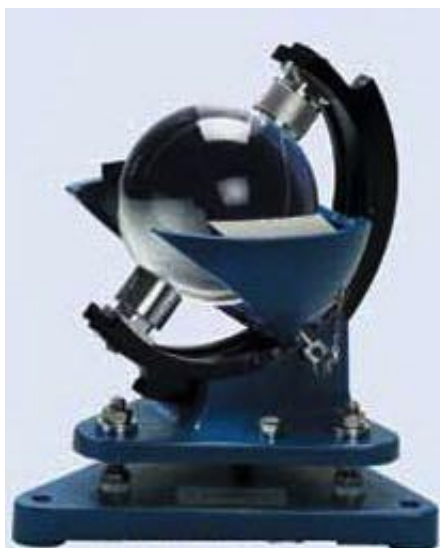
Piranómetro



- ▶ 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.

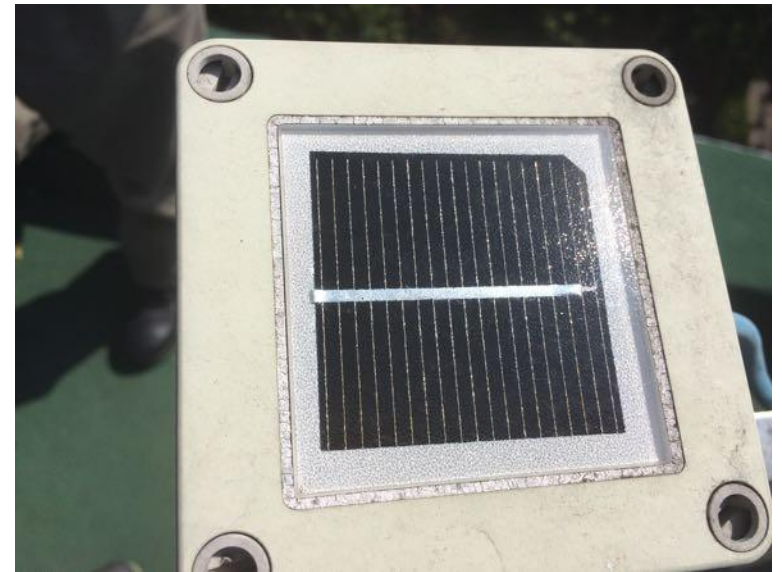
Heliografo de Campbell-Stokes

- ▶ 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.



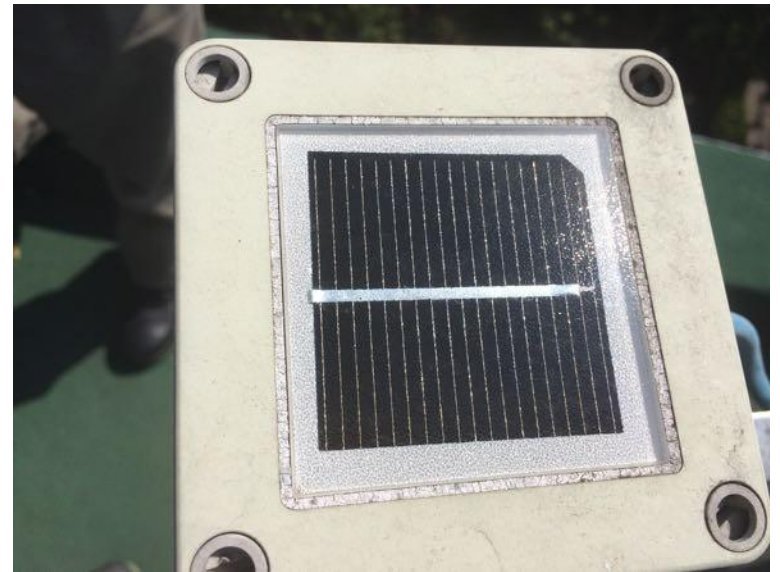
Sensor de Radiación

- ▶ 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



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



Seguidor Solar

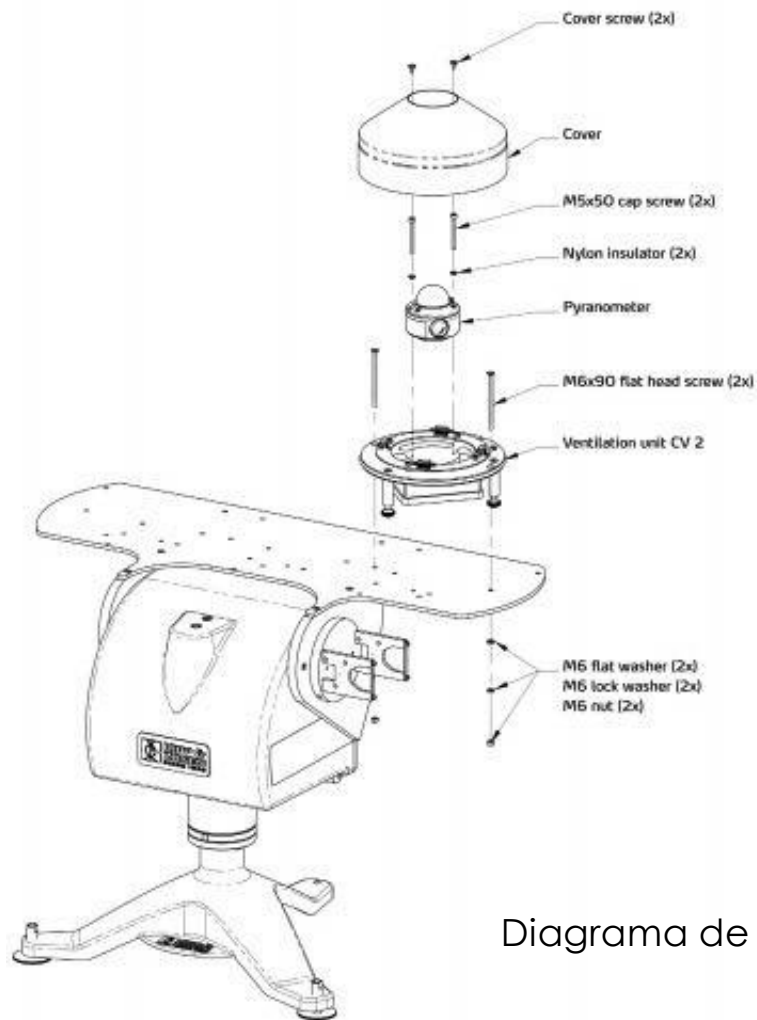
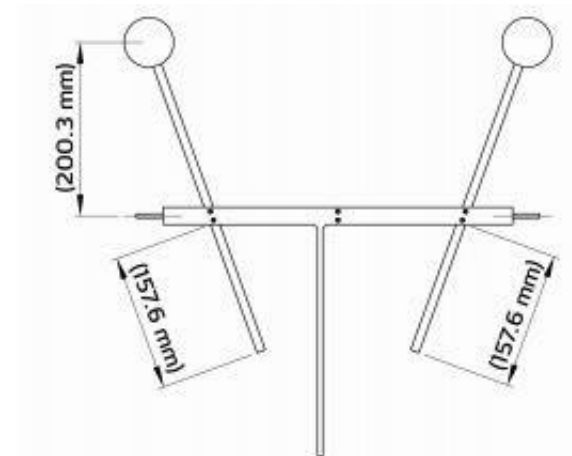


Diagrama de instalación del Piranómetro



Barras de unidad de sombreado

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



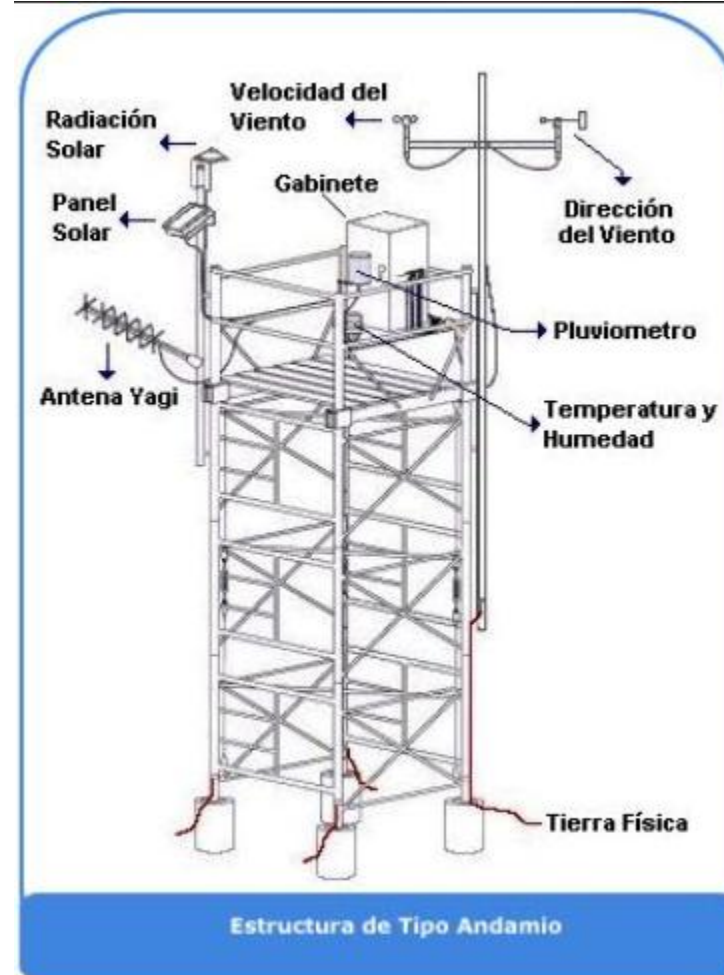
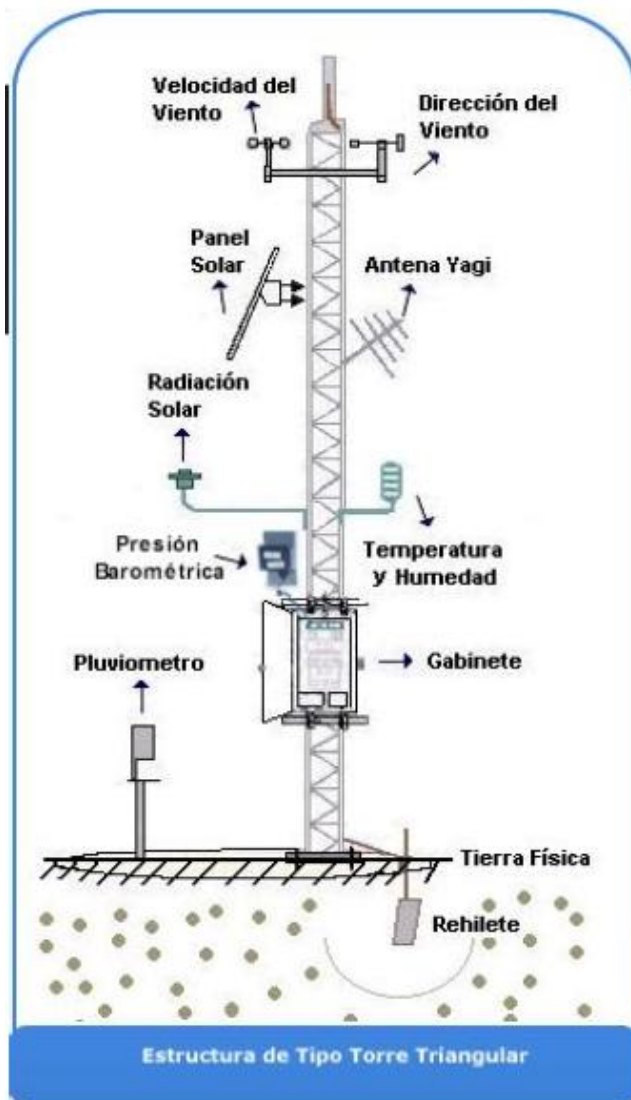
Especificaciones técnicas

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

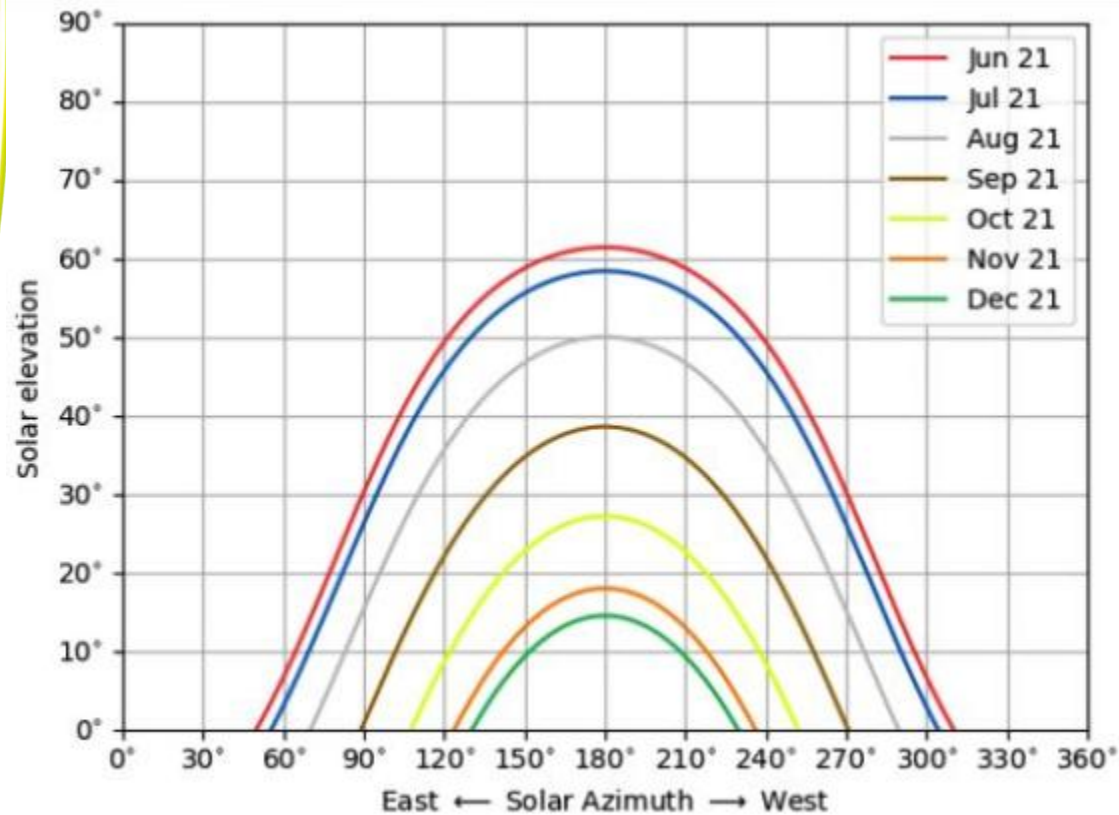
Estación Meteorológica



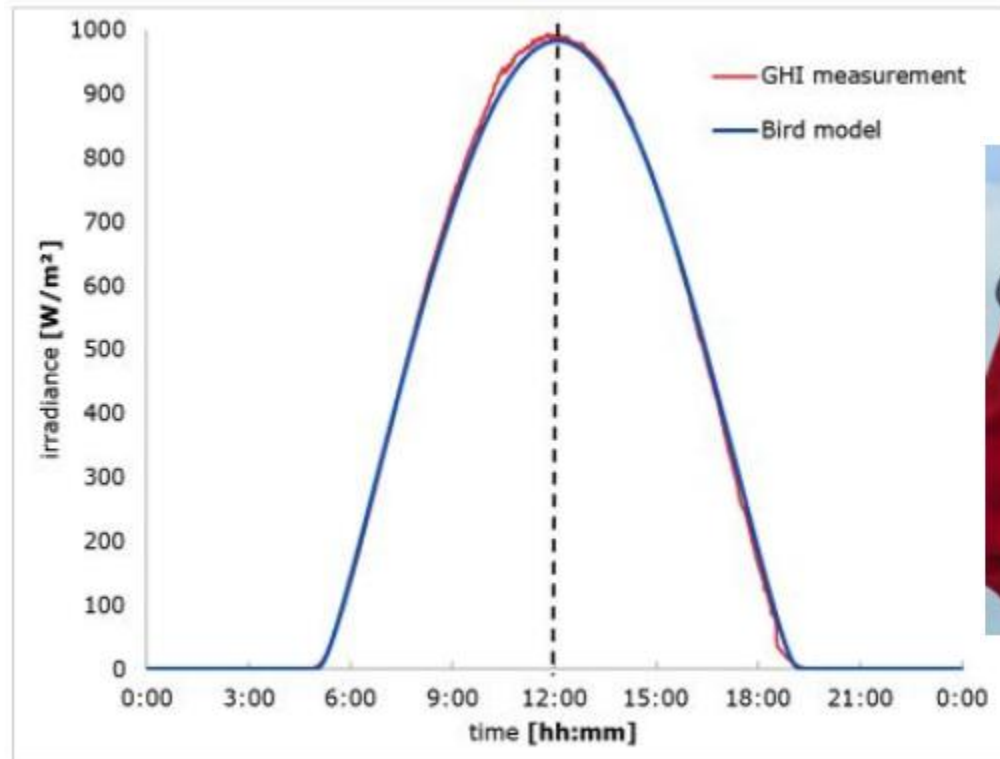
Diagrama de Estación Meteorológica



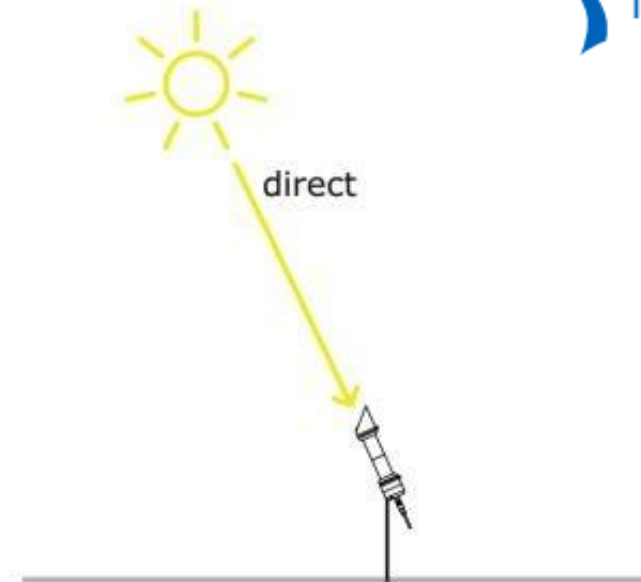
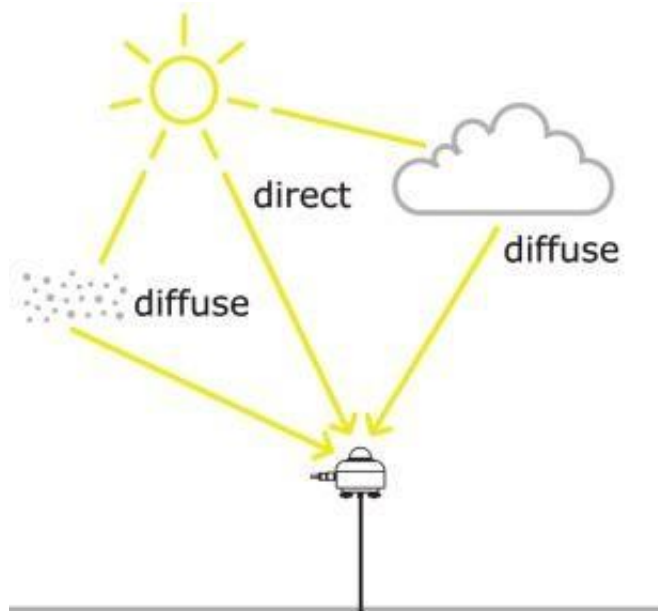
Gráficas



Gráficas



Medición de Radiación



Estimación del Recurso Solar

Red Solarimétrica Mexicana



geofísica
UNAM

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

Estaciones

Red Solarimétrica Mexicana



GEOFISICA
UNAM

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	Zpopan, 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

Red Solarimétrica Mexicana

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

PARÁMETROS	SENSOR
Irradiación Solar Global	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Difusa	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Directa	Pirheliómetro Kipp & Zonen CHP1
Irradiación Solar Inclinada (latitud sitio)	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Vertical Norte	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Vertical Este	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Vertical Sur	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Vertical Oeste	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Solar Reflejada	Piranómetro Kipp & Zonen CMP11
Irradiación Onda Larga Atmosférica	Pirgeómetro Kipp & Zonen CGR4
Irradiación Onda Larga Emitida	Pirgeómetro Kipp & Zonen CGR4
Irradiación Solar Ultravioleta Banda "B"	Biómetro Solar Light 501A
Irradiación 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

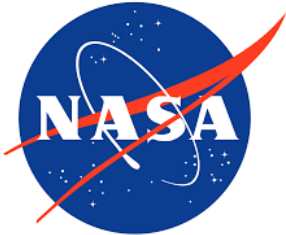
Centro Mexicano de
Innovación en Energía Solar



geofísica
UNAM



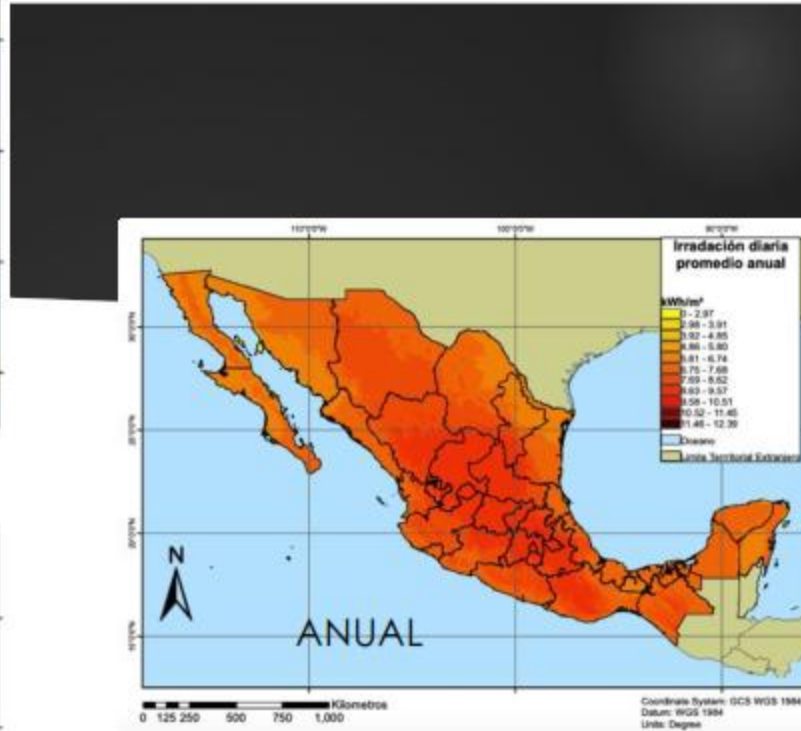
Observatorio de Radiación Solar UNAM
Centro de Investigación en Energía



NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY



Datos



Irradiancia solar diaria promedio mensual

Enero



Febrero



Marzo



Abril



Mayo



Junio



Julio



Agosto



Septiembre



Octubre



Noviembre



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 (2018), Directa W/m2, Difusa W/m2, Global W/m2, Inclínada W/m2, 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
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,	305.9,	18.36,	71.84,	1.38
29,439.85,	231.75,	539.72,	344.09,	20.69,	62.06,	1.45
30,536.43,	184.74,	564.08,	360.4,	21.77,	56.64,	1.42
31,255.06,	260.39,	426.62,	279.99,	19.12,	68.95,	1.55
32,328.34,	231.84,	457.37,	304.21,	18.83,	78.31,	1.25
33,458.91,	224.54,	543.44,	379.42,	20.02,	73.95,	1.3
34,297.35,	269.16,	459.96,	297.27,	18.86,	72.86,	1.35
35,277.39,	260.2,	450.24,	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,	407.25,	299.05,	19.28,	77.57,	1.19
38,344.01,	237.8,	477.52,	359.1,	19.96,	74.18,	1.24
39,301.5,	277.44,	479.23,	380.17,	19.74,	74.61,	664.52
40,284.06,	251.48,	425,	352.28,	19.03,	71.42,	1000
41,312.24,	261.37,	428.61,	359.53,	20.14,	76.33,	0
42,150.95,	227.35,	303.61,	253,	18.48,	76.17,	0
43,474.63,	194.02,	488.33,	473.94,	19.29,	68.05,	0
44,168.26,	263.56,	336.44,	317.57,	17.48,	78.57,	0
45,519.69,	204.16,	519.57,	568,	20.57,	61.36,	0
46,436.6,	164.31,	413.25,	434.26,	13.49,	67.21,	0

CMP21 Piranómetro



47,648.05,	141.65,	521.69,	630.25,	16.32,	54.89,	0
48,451.77,	183.29,	414.4,	479.71,	15.92,	60.83,	0
49,532.58,	153,	441.41,	522.12,	16.09,	62.41,	0
50,349.66,	239.27,	416.42,	466.47,	13.92,	61.31,	0
51,693.81,	122.89,	510.42,	658.81,	12.68,	43.7,	0
52,502.25,	194.24,	461.1,	564.06,	13.71,	50.44,	0
53,747.96,	103.76,	498.62,	691.12,	11.19,	73.68,	0

Radiación global, instrumento: CMP21	No. Serie: 100370
Sensibilidad: 8.80	Fecha calibración: 2018-06-04
Radiación difusa, instrumento: CMP21	No. Serie: 100399
Sensibilidad: 8.49	Fecha calibración: 2018-06-04
Radiación directa, instrumento: CHP1	No. Serie: 120916
Sensibilidad: 7.90	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

Solicitar

Por favor espere, generando tabla de datos ...

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 (2018)	Directa W/m2	Difusa W/m2	Global W/m2	Inclinada W/m2	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

Datos

Proyecto y localidad

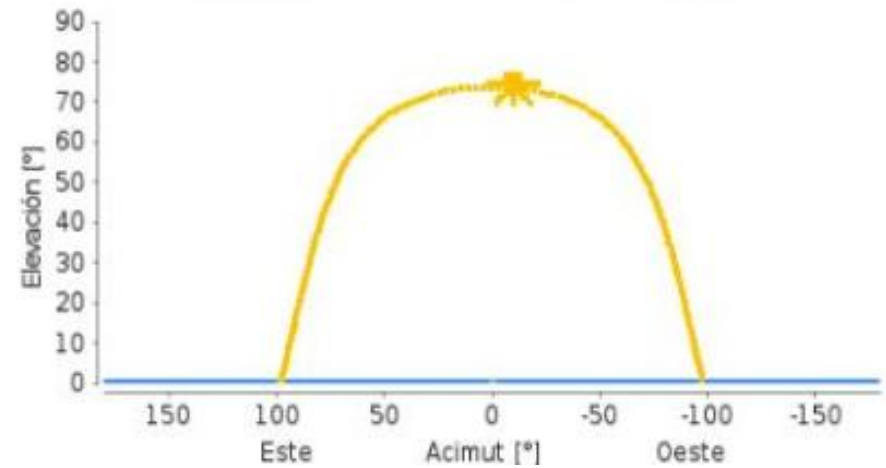
Defina el nombre del proyecto y la localidad

Nombre del proyecto

Descripción

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

Dirección

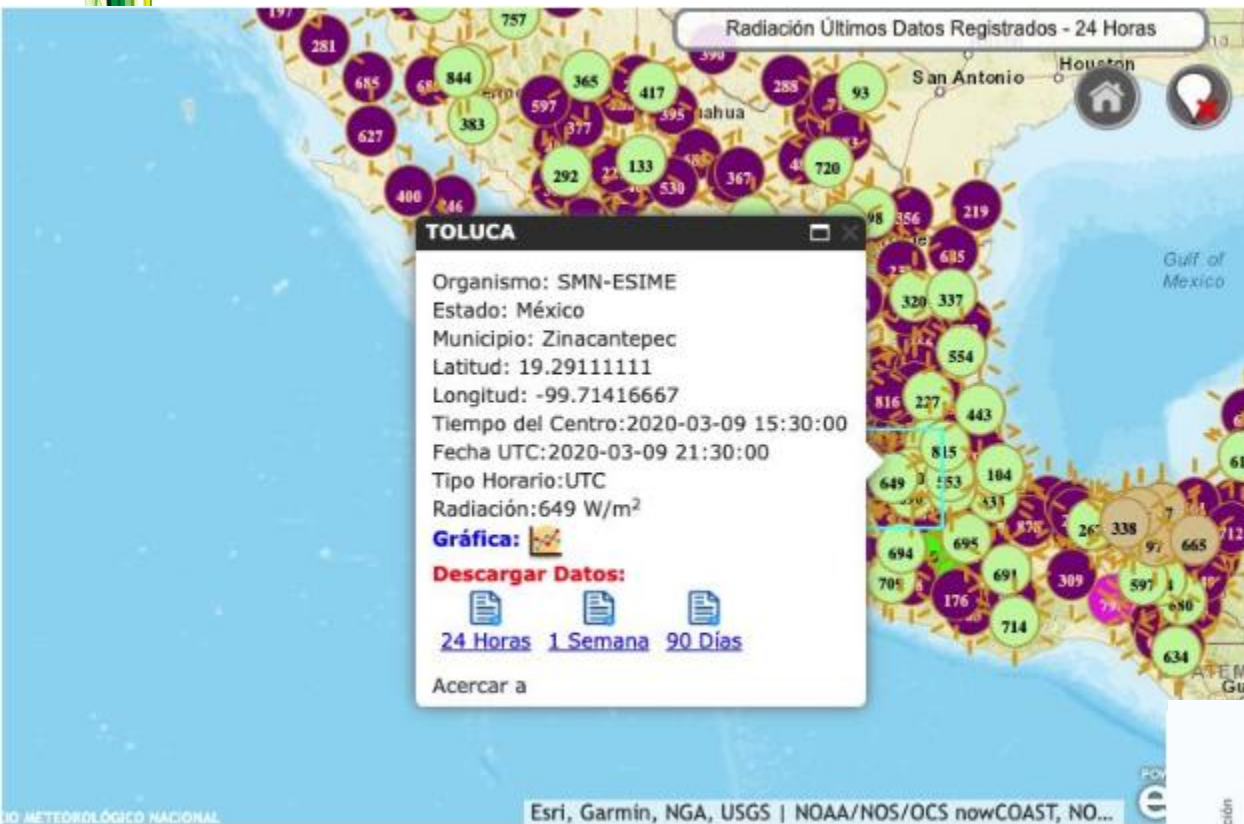


Datos

CONAGUA



Datos



Datos

RUOA



The screenshot displays the website for the Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) at UNAM. The header features the RUOA logo on the left, the site title "RED UNIVERSITARIA DE OBSERVATORIOS ATMOSFERICOS" in the center, and the UNAM logo and the logo of the Centro de Ciencias de la Atmosfera on the right. A navigation bar below the header contains links for Inicio, Acerca de, Líneas temáticas, Estaciones, Publicaciones y noticias, Proyectos participantes, and Contacto.

The main content area is titled "Observatorio Atmosférico UNAM". It includes a live video feed of the observatory station at night, with the RUOA logo in the top-left corner of the video frame. To the right of the video, there is a "Meteorología" section with a date range selector set to "16/11/2020 - 16/11/2020". Below the date selector, there are links for "Registros cada minuto, últimas 24 hrs.", "Gráfica últimos 7 días", "Descarga datos (cada minuto) (cada hora)", and "Ver condiciones internas en estación".

Below the video feed, there is a table with technical data:

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

Below the table, there are sections for "Perfiles de viento", "Gases de efecto invernadero", and "Calidad del aire". A "Captura de Pantalla" button is visible next to the "Perfiles de viento" section. At the bottom right, there is a "CPEF" logo and the text "Cámara de profesionales en energía fotovoltaica".

Datos

RUOA

Índice de /met/unam/L1/Hora

 [\[directorio principal\]](#)

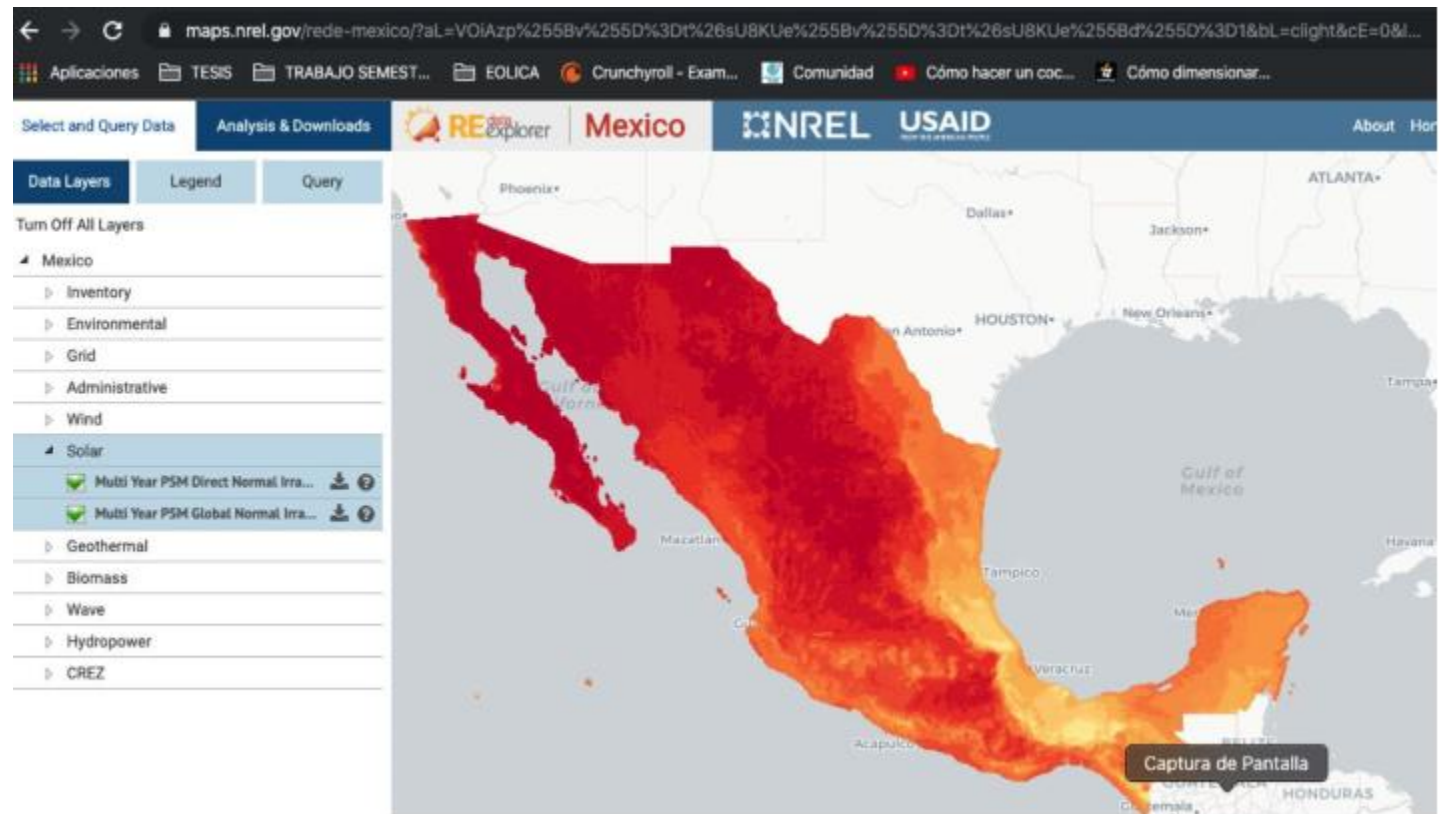
Nombre	Tamaño	Fecha de modificación
 2014-04-unam_hora_L1.csv	46.0 kB	28/06/18 19:00:00
 2014-05-unam_hora_L1.csv	47.6 kB	28/06/18 19:00:00
 2014-06-unam_hora_L1.csv	46.1 kB	04/04/19 18:00:00
 2014-07-unam_hora_L1.csv	49.9 kB	04/04/19 18:00:00
 2014-08-unam_hora_L1.csv	49.9 kB	04/04/19 18:00:00
 2014-09-unam_hora_L1.csv	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

Datos

NREL-SENER

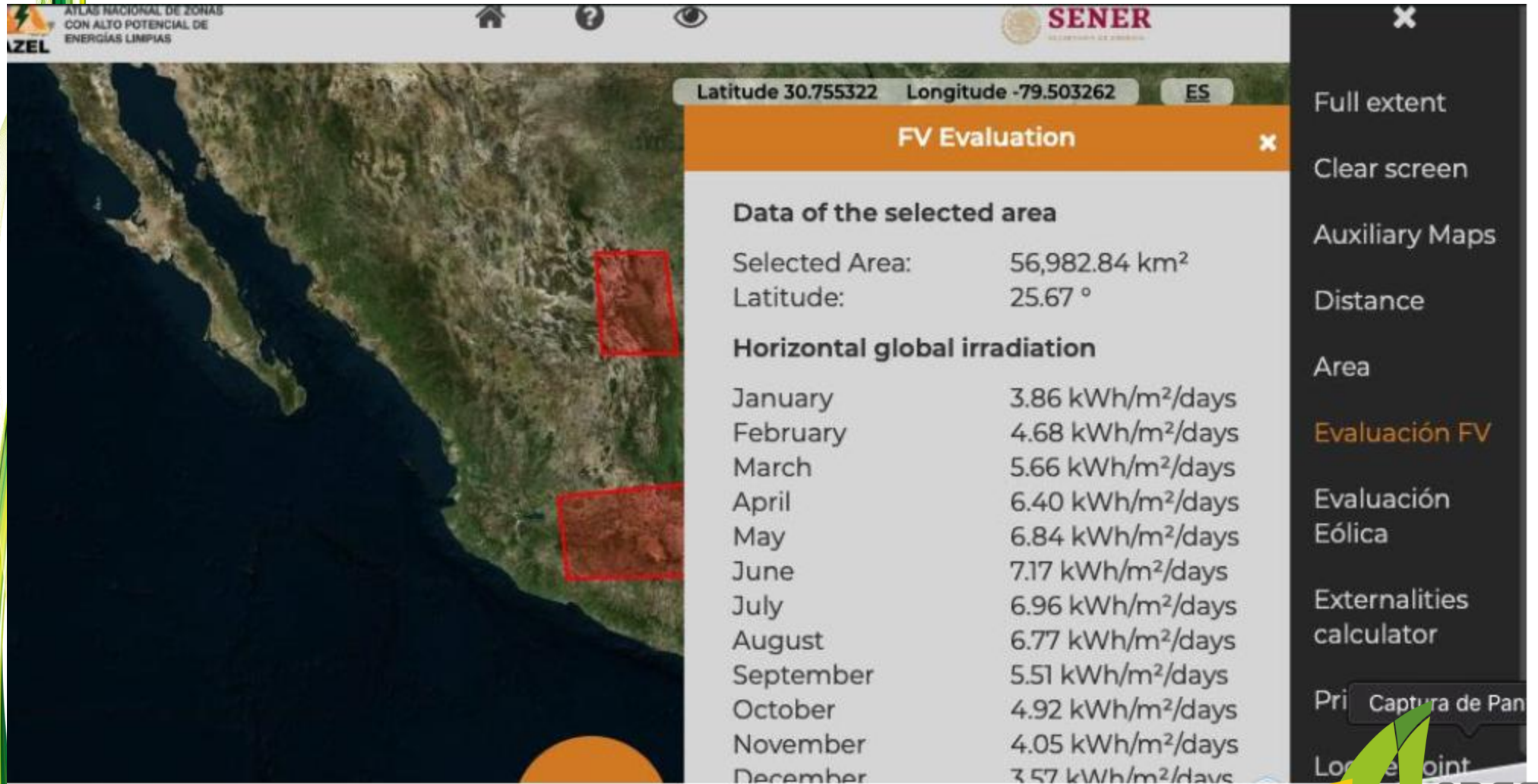
Renewable Energy Data Explorer-Mexico (RED-E MÉXICO) que evalúa e identifica las zonas con recursos renovables potenciales para el desarrollo de proyectos.

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



Datos

SENER



Datos

SENER

AZEL

El ABC de los Controladores de...

dgel.energia.gob.mx/azel/mapa.html?lang=es

Aplicaciones Sistema Institucional TESIS EOLICA SOMBREO DANIEL LAWRENCE EO-CAPACITACIÓN PERFILES SOLID ROSA DE VIENTO

Trámites Gobierno

SENER

Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias

Latitud 20.393233 Longitud -99.969096 EN

Evaluación FV

Datos del área seleccionada

Área seleccionada: 22,056.95 m²
Latitud: 20.39 °

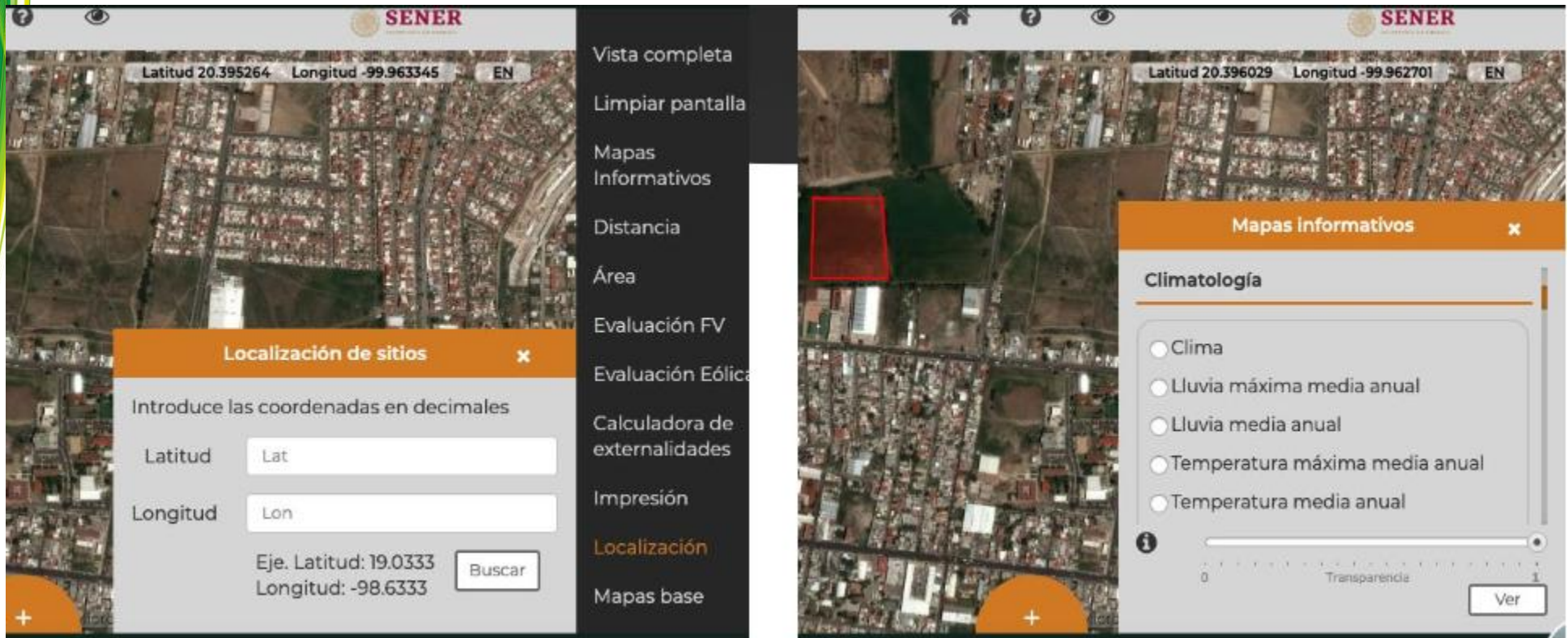
Irradiación global horizontal

Enero	5.00 kWh/m ² /día
Febrero	5.92 kWh/m ² /día
Marzo	6.88 kWh/m ² /día
Abril	7.45 kWh/m ² /día
Mayo	7.47 kWh/m ² /día
Junio	6.89 kWh/m ² /día
Julio	6.65 kWh/m ² /día
Agosto	6.58 kWh/m ² /día
Septiembre	5.83 kWh/m ² /día
Octubre	5.57 kWh/m ² /día
Noviembre	5.19 kWh/m ² /día
Diciembre	4.85 kWh/m ² /día

Vista completa
Limpiar pantalla
Mapas Informativos
Distancia
Área
Evaluación FV
Evaluación Eólica
Calculadora de externalidades
Impresión
Localización

Datos

SENER



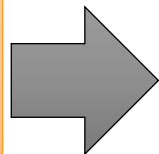


RECURSO SOLAR NASA

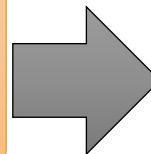


www.cpef.org.mx

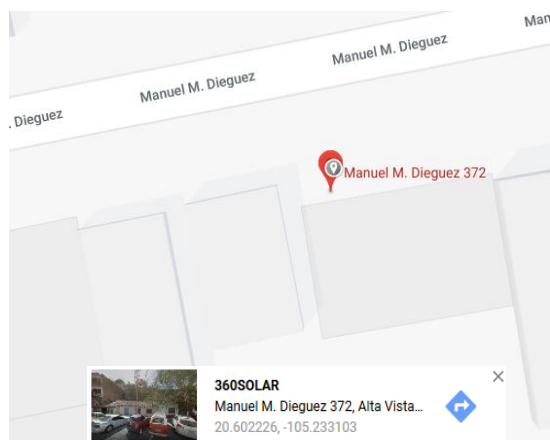
PASO 1:
Conseguir las coordenadas
del lugar en GOOGLE MAPS



PASO 2:
Entrar a la página de la nasa.
<https://power.larc.nasa.gov/>



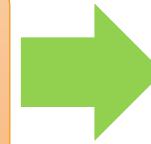
PASO 3:
Dar click en el botón de
POWER DATA ACCESS VIEWER



PASO 4:
Localizar el punto 2
Choose a Temporal
Average y escoger la
opción Interannual



PASO 5:
Ingresar los datos de latitud
y longitud en el punto 3



PASO 6:
Ingresar los datos históricos
del tiempo (año anterior a
analizar) punto 4

POWER Single Point Data Access

1. Choose a User Community
SSE-Renewable Energy

2. Choose a Temporal Average
☐ Daily ☒ Interannual ☐ Climatology

3. Enter Lat/Lon or Add a Point to Map

Latitude (Decimal Degrees)
Longitude (Decimal Degrees)

4. Select Time Extent

Start Date 1981 (YYYY)
End Date 2017 (YYYY)

5. Select Output File Formats
☒ ASCII ☐ CSV ☐ GeoJSON ☐ NetCDF

POWER Single Point Data Access

1. Choose a User Community
SSE-Renewable Energy

2. Choose a Temporal Average
☐ Daily ☒ Interannual ☐ Climatology

3. Enter Lat/Lon or Add a Point to Map

20.602226 (Decimal Degrees)
105.233103 (Decimal Degrees)

4. Select Time Extent

Start Date 2017 (YYYY)
End Date 2017 (YYYY)

5. Select Output File Formats
☒ ASCII ☐ CSV ☐ GeoJSON ☐ NetCDF

POWER Single Point Data Access

1. Choose a User Community
SSE-Renewable Energy

2. Choose a Temporal Average
☐ Daily ☒ Interannual ☐ Climatology

3. Enter Lat/Lon or Add a Point to Map

20.602226 (Decimal Degrees)
105.233103 (Decimal Degrees)

4. Select Time Extent

Start Date 2017 (YYYY)
End Date 2017 (YYYY)

5. Select Output File Formats
☒ ASCII ☐ CSV ☐ GeoJSON ☐ NetCDF

PASO 7:
Seleccionar el código ASCII
en el punto 5



PASO 8:
Escoger la opción "Solar
Cooking" en el punto 6



PASO 9:
Dar click en el botón Submit

POWER Single Point Data Access

1. Choose a User Community
SSE-Renewable Energy

2. Choose a Temporal Average
☐ Daily ☒ Interannual ☐ Climatology

3. Enter Lat/Lon or Add a Point to Map
20.602226 (Decimal Degrees)
105.233103 (Decimal Degrees)

4. Select Time Extent
Start Date: 2017 (YYYY)
End: 2017 (YYYY)

5. Select Output File Formats ☐ Select All
☒ ASCII ☐ CSV ☐ GeoJSON ☐ NetCDF

POWER Single Point Data Access

5. Select Output File Formats ☐ Select All
☒ ASCII ☐ CSV ☐ GeoJSON ☐ NetCDF

6. Select Parameters (Limit 20 parameters)
The Climatology temporal period has the most parameters.
Double-click folders to expand and show available parameters.

Search Parameters

- Meteorology (Moisture and Other)
- Meteorology (Temperature)
- Meteorology (Wind)
- Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications
- Solar Cooking**
- Tilted Solar Panels

[Parameter Definitions](#) | [Methodology](#)

7. Submit and Process

POWER Single Point Data Access

6. Select Parameters (Limit 20 parameters)
The Climatology temporal period has the most parameters.
Double-click folders to expand and show available parameters.

Search Parameters

- Meteorology (Moisture and Other)
- Meteorology (Temperature)
- Meteorology (Wind)
- Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications
- Solar Cooking**
- Tilted Solar Panels

[Parameter Definitions](#) | [Methodology](#)

7. Submit and Process
Submit

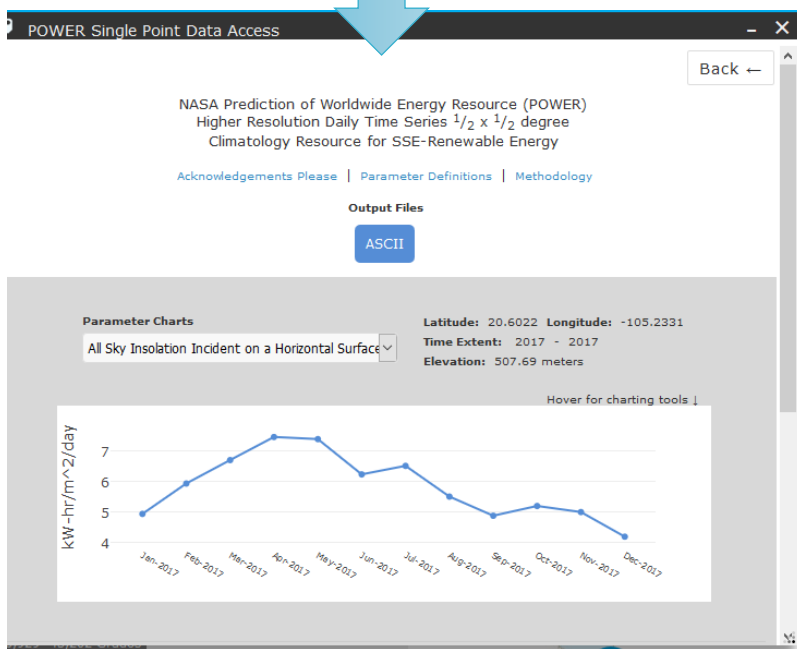
PASO 10:

Y aparece la gráfica del comportamiento de las horas pico durante el año anterior y le damos click en el botón ASCII.



PASO 11:

A continuación, nos arrojará la tabla al final, mensual y promedio anual (ANN).



```
-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/GEOS 5.12.4 (FP-IT) 0.5 x 0.5 Degree Interannual Averages/Sum
Dates (month/day/year): 01/01/2017 through 12/31/2017
Location: Latitude 20.6022 Longitude -105.2331
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 507.69 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
ALLSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kW-hr/m^2/day)
CLRSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Clear Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kW-hr/m^2/day)
PARAMETER YEAR JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
-END HEADER-
CLRSKY_SFC_SW_DWN 2017 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2017 4.92 5.92 6.69 7.45 7.38 6.22 6.50 5.49 4.86 5.18 4.98 4.17 5.80
```

Promedio anual (ANN).

-BEGIN HEADER-

NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/GEOS 5.12.4 (FP-IT) 0.5 x 0.5 Degree Interannual Averages/Sums

Dates (month/day/year): 01/01/2017 through 12/31/2017

Location: Latitude 20.6022 Longitude -105.2331

Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 507.69 meters Site = na

Climate zone: na (reference Briggs et al: <http://www.energycodes.gov>)

Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999

Parameter(s):

ALLSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kW-hr/m^2/day)

CLRSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Clear Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kW-hr/m^2/day)

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
-END HEADER-														
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2017	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2017	4.92	5.92	6.69	7.45	7.38	6.22	6.50	5.49	4.86	5.18	4.98	4.17	5.80

HSP = 5.80

Datos

NASA

POWER Single Point Data Access

1. Choose a User Community

SSE-Renewable Energy

2. Choose a Temporal Average

☐ Daily ☐ Interannual ☒ Climatology

3. Enter Lat/Lon or Add a Point to Map

17.52647

(-90 to +90 decimal degrees)

Clear

-97.22269

(-180 to +180 decimal degrees)

4. Select Time Extent

Start Date

01/01/2015

(No date needed)

End Date

03/05/2015

(No date needed)

5. Select Output File Formats

☐ Select All

☒ ASCII ☐ CSV ☐ GeoJSON ☐ NetCDF

6. Select Parameters

(Limit 20 parameters)

The Climatology temporal period has the most parameters.

Double-click folders to expand and show available parameters.

POWER Single Point Data Access

Tilted Solar Panels

☐ Minimum Solar Irradiance for Equator Facing

Tilted Surfaces (Set of Surfaces)

☐ Maximum Solar Irradiance for Equator Facing

Tilted Surfaces (Set of Surfaces)

☒ Solar Irradiance for Equator Facing Tilted

Surfaces (Set of Surfaces)

☐ Direct Normal Radiation

☐ Maximum Direct Normal Radiation

☐ Minimum Direct Normal Radiation

☐ Maximum Diffuse Radiation On A Horizontal

Surface

☐ Minimum Diffuse Radiation On A Horizontal

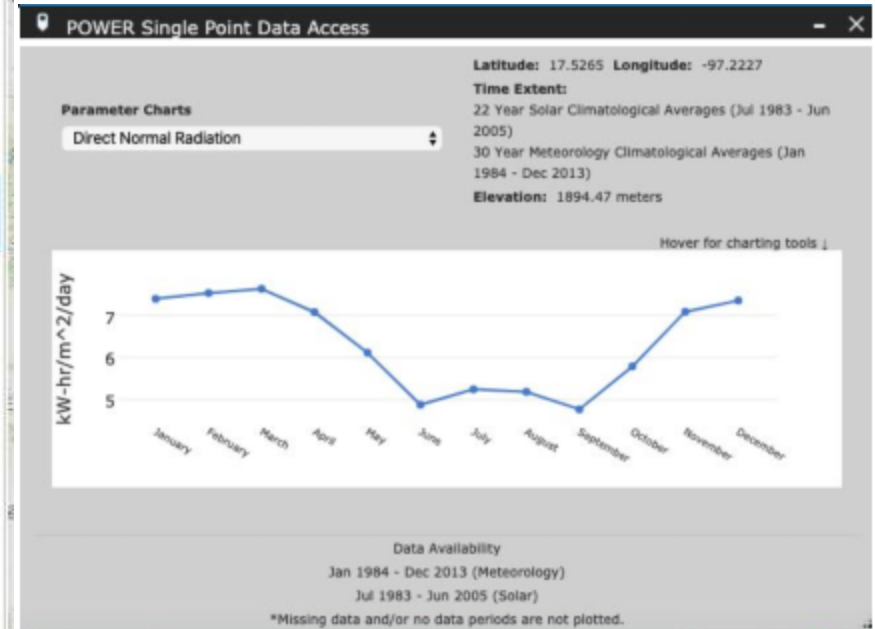
Surface

☐ Diffuse Radiation On A Horizontal Surface

☐ Insolation Clearness Index

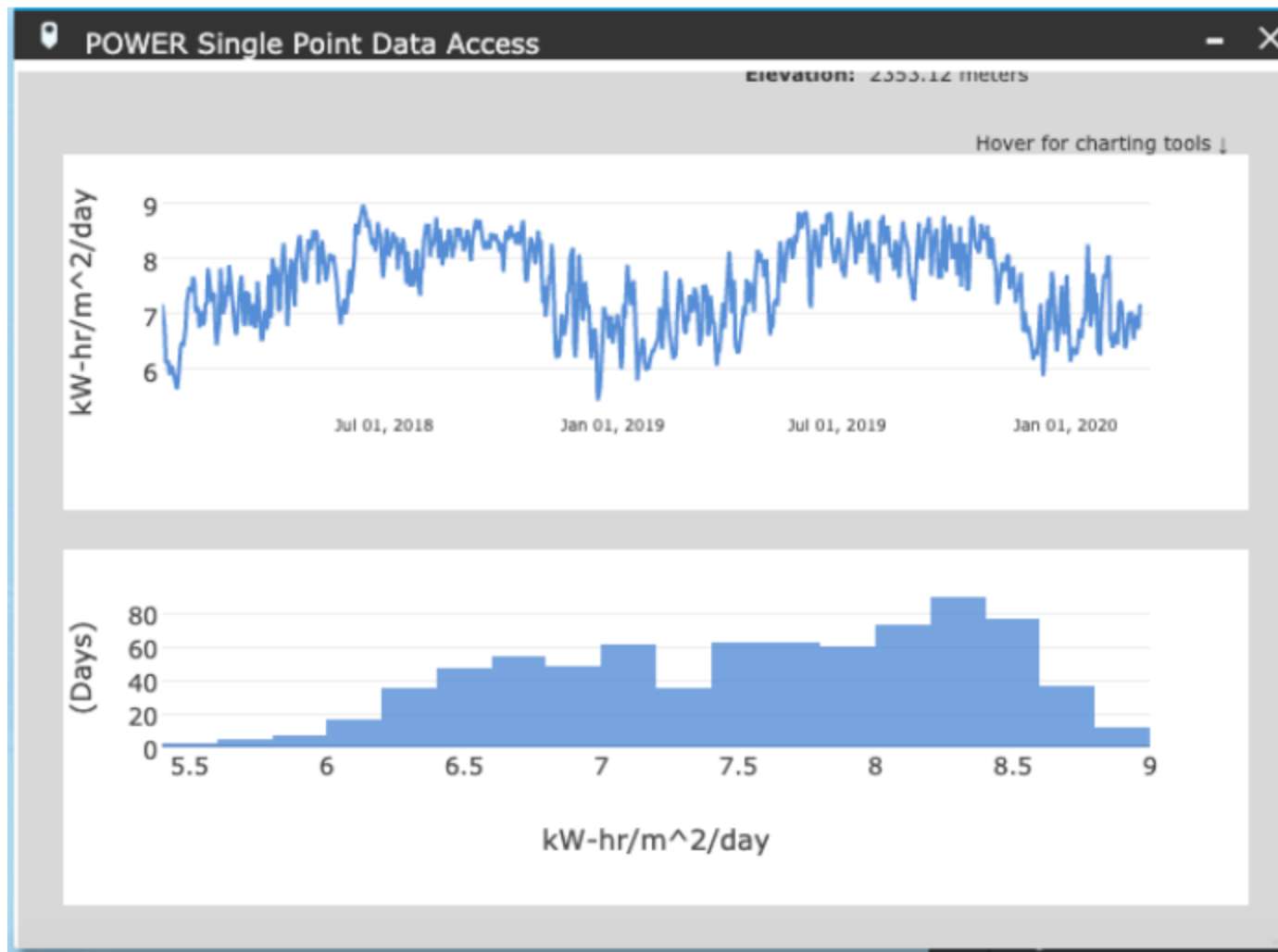
☐ All Sky Insolation Incident on a Horizontal

Surface



Datos

NASA



Datos

NREL

NSRDB: Base de datos nacional de radiación solar



[HOGAR](#) [ACERCA DE](#) [CONJUNTOS DE DATOS](#) [RECURSOS](#) [VISOR NSRDB](#) [CONTÁCTENOS](#)

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



Captura de Pantalla

Datos

NREL

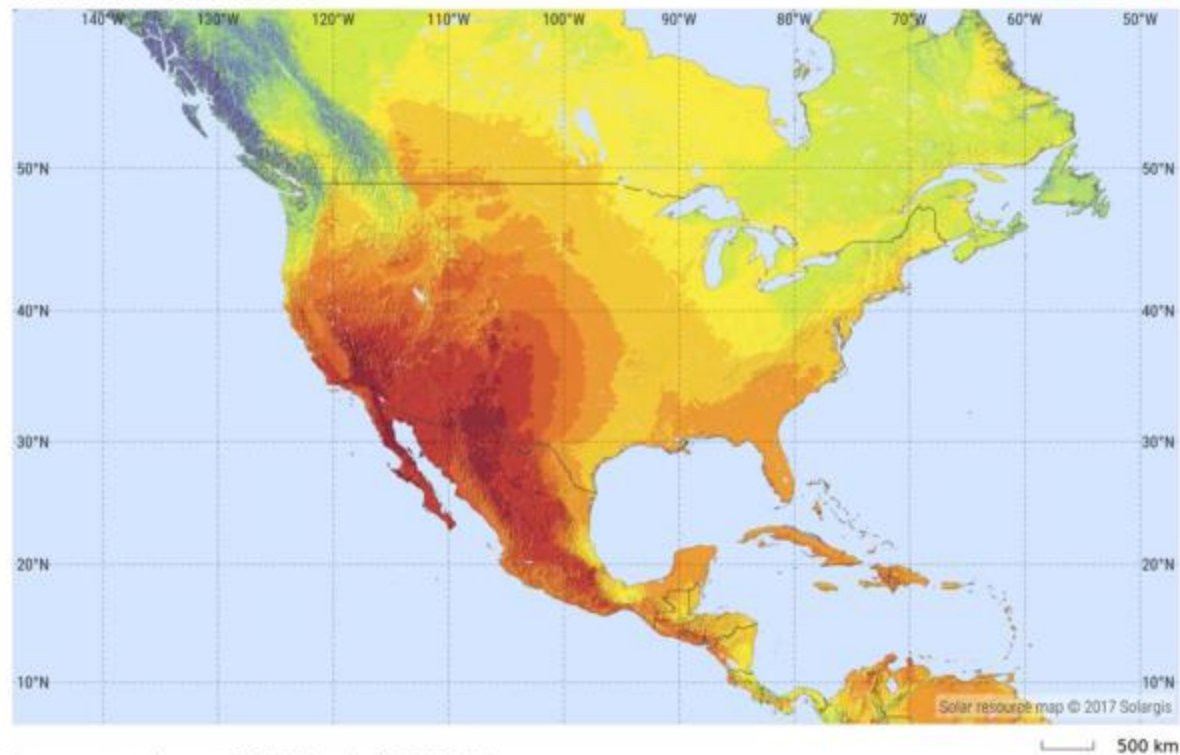


Datos

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>.

Datos

WORLDBANK

SOLAR RESOURCE MAP

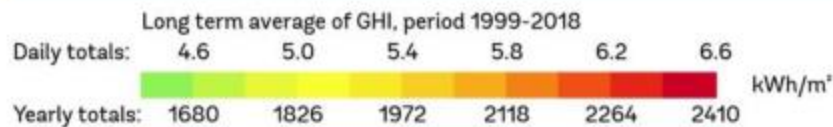
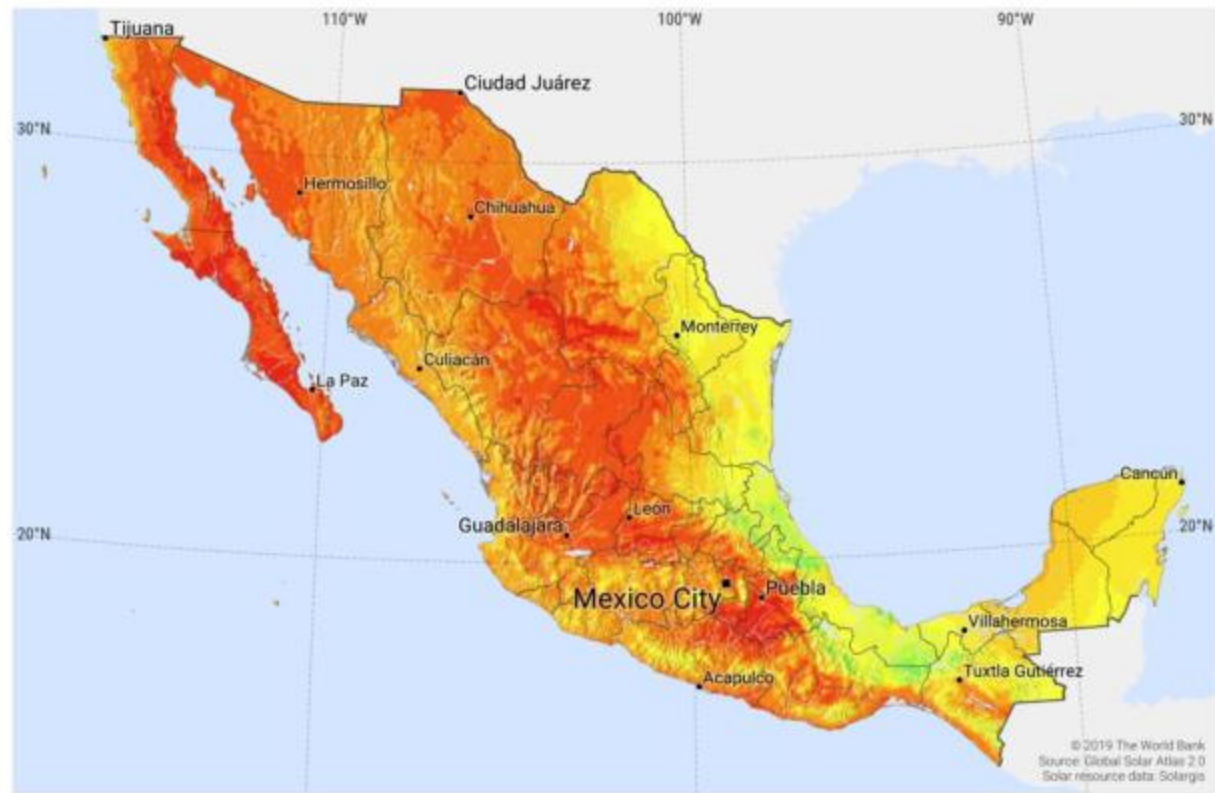
GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION

MEXICO



ESMAP

SOLARGIS



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>

COMPONENTES DE UN SFV: MÓDULOS

Contenido

- Introducción
- Tecnologías de celda
- Partes de un módulo
- Parámetros eléctricos
- Certificaciones
- Evolución de costos
- Tecnología actual
- Problemas comunes
- Garantía lineal
- Selección

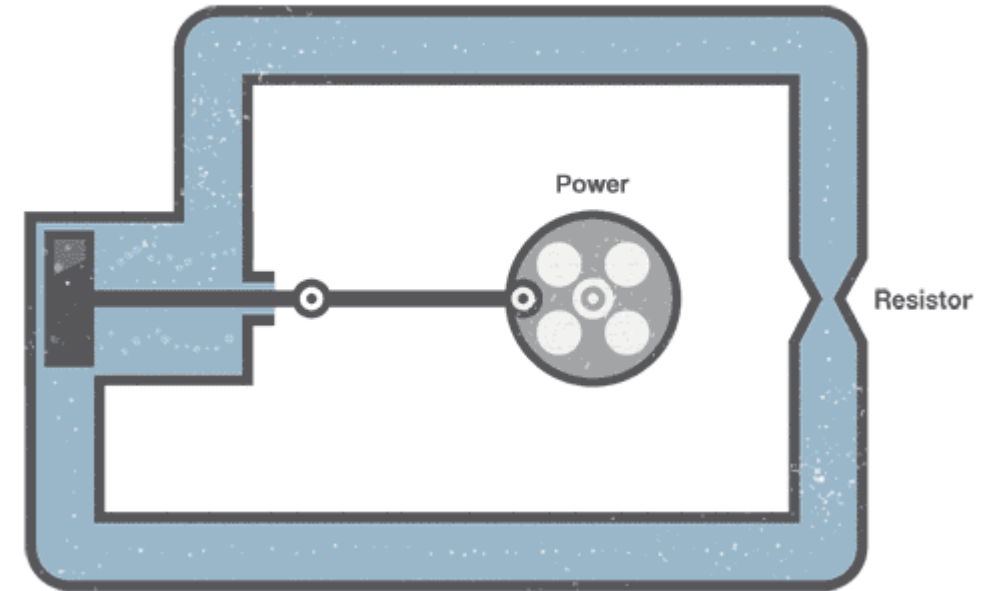
Introducción

- Principios básicos de electricidad (DC y AC)
- Termosolar vs fotovoltaico
- ¿Cómo funciona un módulo?
- Diferencias entre celda, módulo, panel fotovoltaicos.
- ¿Quién inventó el módulo?
- ¿Qué eficiencia tiene un módulo?
- Importancia del módulo fotovoltaico

Principios básicos de electricidad

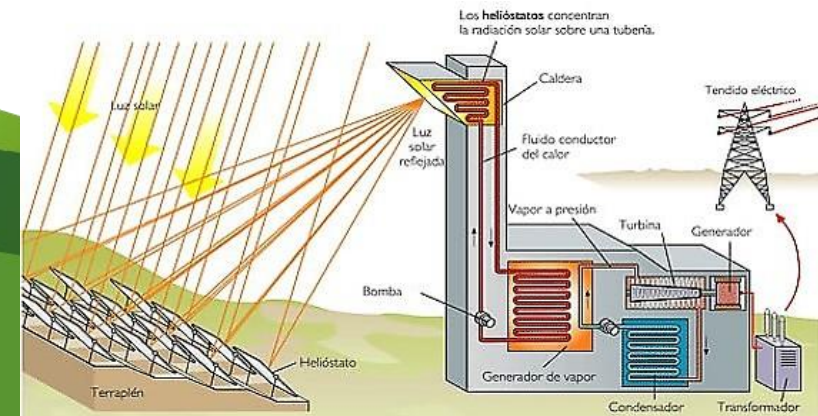
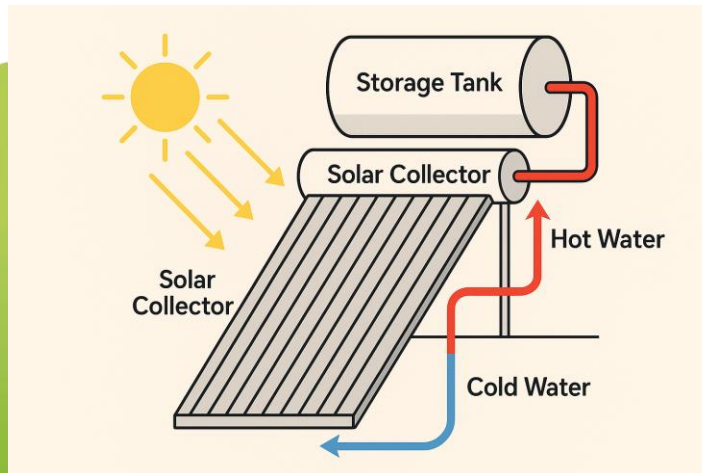
- Voltaje
- Corriente
- AC vs DC
- Resistencia e impedancia
- Potencia
- Energía eléctrica

Alternating Current: The Water Analogy



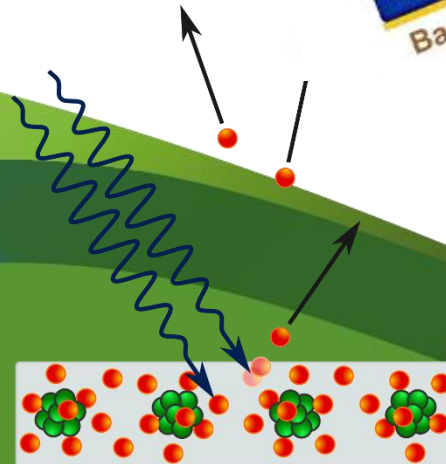
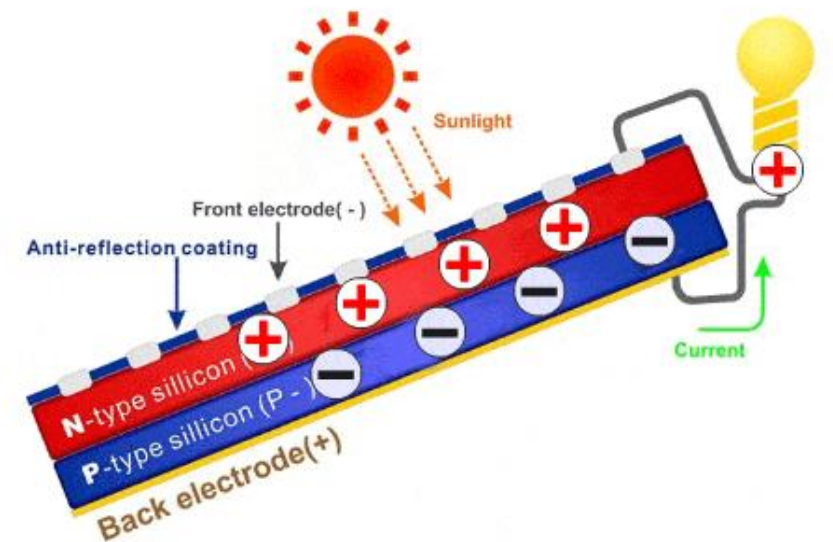
Termosolar vs Fotovoltaico

- Las aplicaciones termosolares utilizan la luz solar para incrementar temperatura
- Las aplicaciones fotovoltaicas utilizan el espectro de luz visible para generar corriente eléctrica



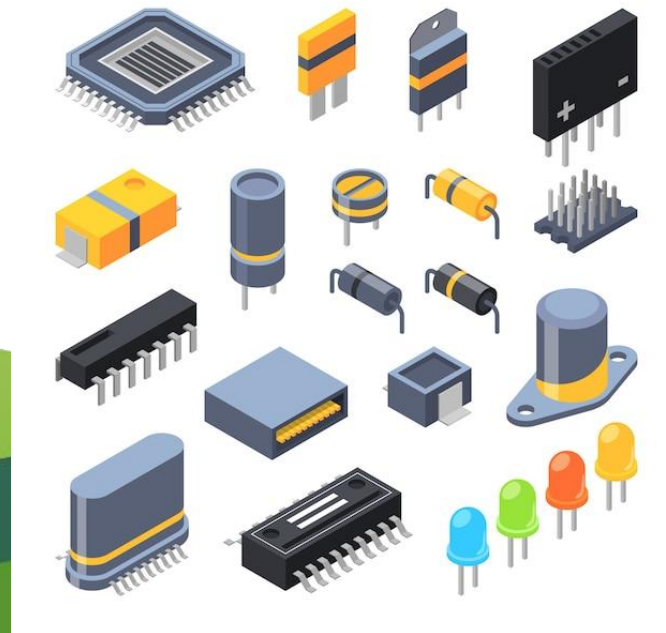
¿Cómo funciona la energía fotovoltaica?

- Efecto fotoeléctrico: liberación de electrones al vacío cuando incide radiación electromagnética sobre un material (generalmente metal).
- Efecto fotovoltaico: Un material semiconductor genera una diferencia de potencial al incidir sobre el, luz solar (infrarrojo cercano, luz visible UV).



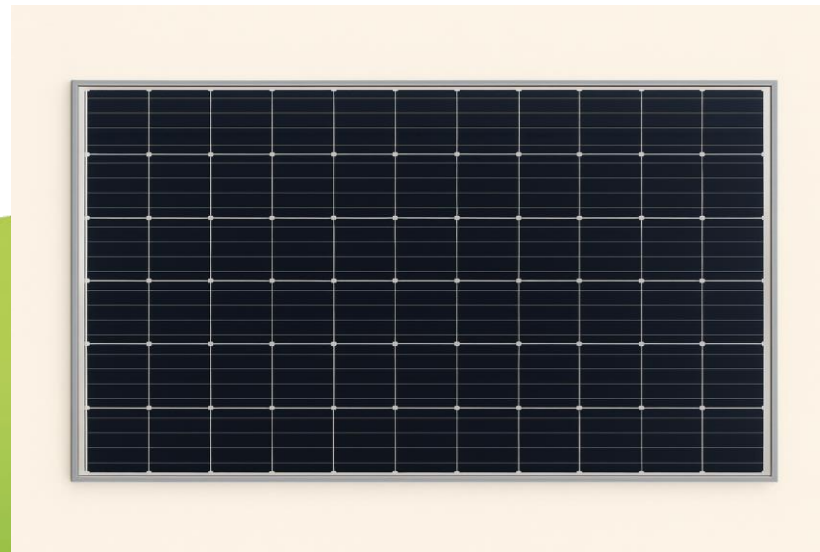
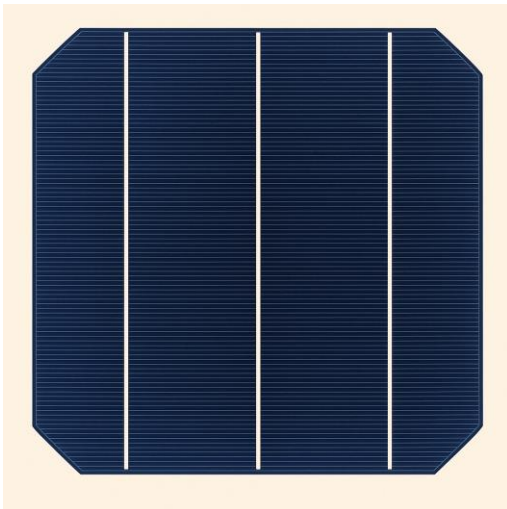
¿Qué es un semiconductor?

- Un material cuya conductividad y comportamiento eléctrico puede cambiar dependiendo de las condiciones, en función de su composición y tratamientos.
 - Fotodiodo
 - Celda fotovoltaica
 - Transistores
 - Celda del peltier
 - Diodos



Celda, módulo y panel fotovoltaico

- Celda: componente básico, material semiconductor.
- Módulo: conjunto de arreglo de celdas conectadas en serie y paralelo, estructura de aluminio, cristales, backsheet, caja de diodos. Componente comercial y técnicamente ensamblado.
- Panel: Arreglo de módulos montados en un bastidor o estructura.



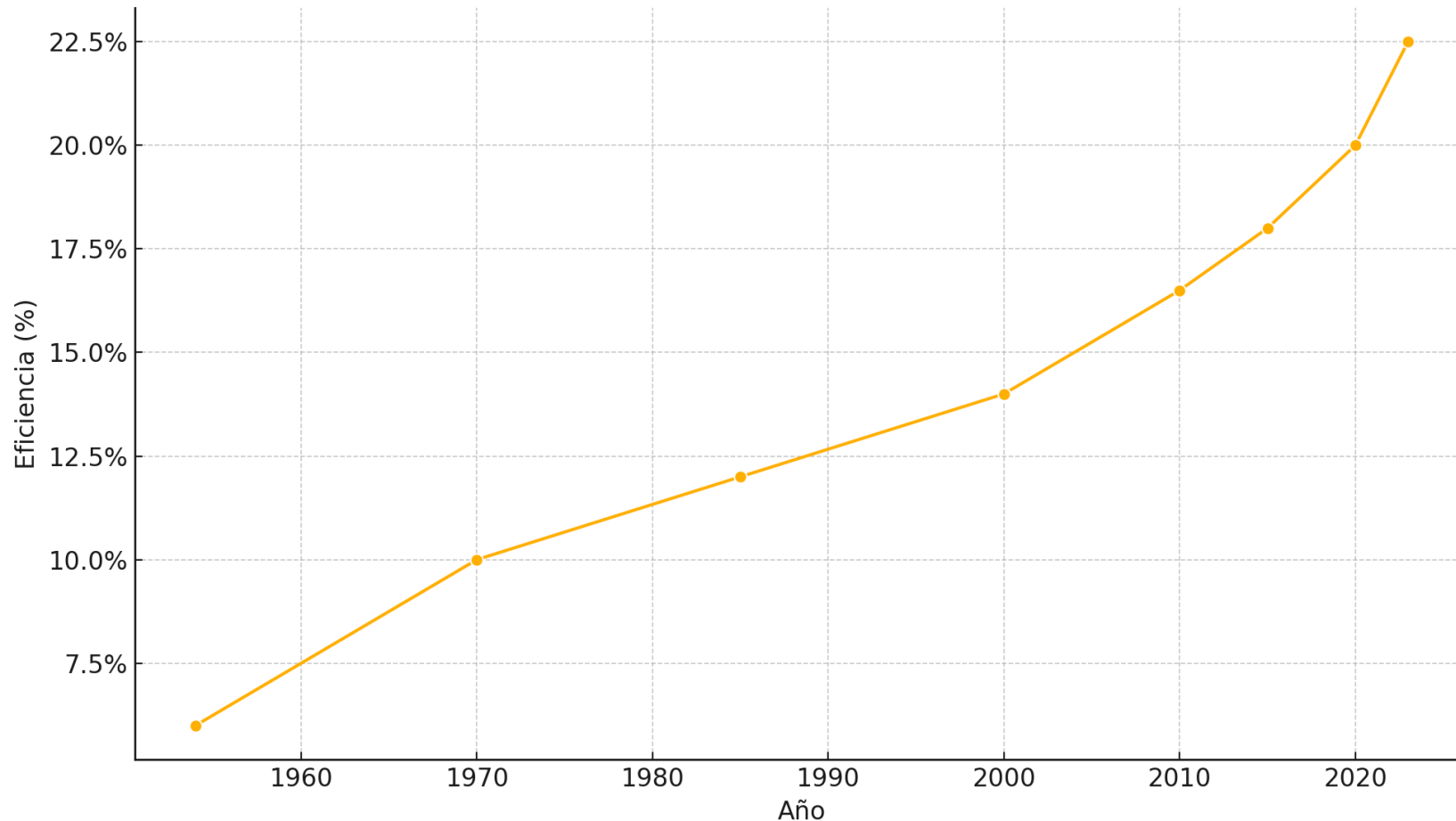
¿Quién inventó el primer módulo fotovoltaico?

- Bell Labs en 1954
- Silicio monocristalino
- 6% de eficiencia
- $P < 1W$
- USD\$256/W
(Aproximadamente USD\$3000 en valor actual)



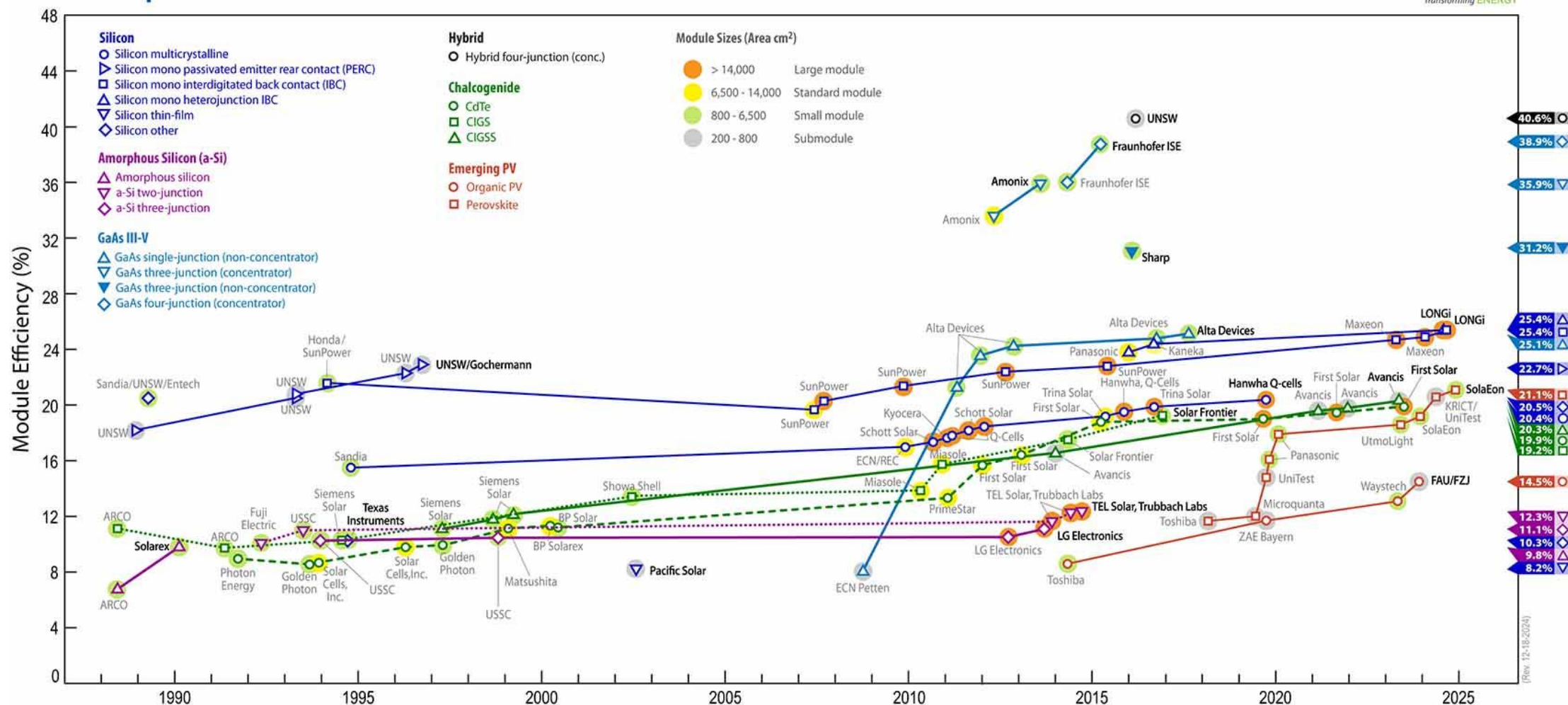
¿Qué eficiencia tiene un módulo?

Evolución de la Eficiencia de Módulos Fotovoltaicos Comerciales



$$\eta = \frac{P_{\text{modulo}}/A_{\text{modulo}}}{I_{\text{solar}}}$$
$$\eta = \frac{585W/2.58m^2}{1000 W/m^2} = \frac{226.74 W/m^2}{1000 W/m^2}$$
$$\eta = 22.64\%$$

Champion Module Efficiencies

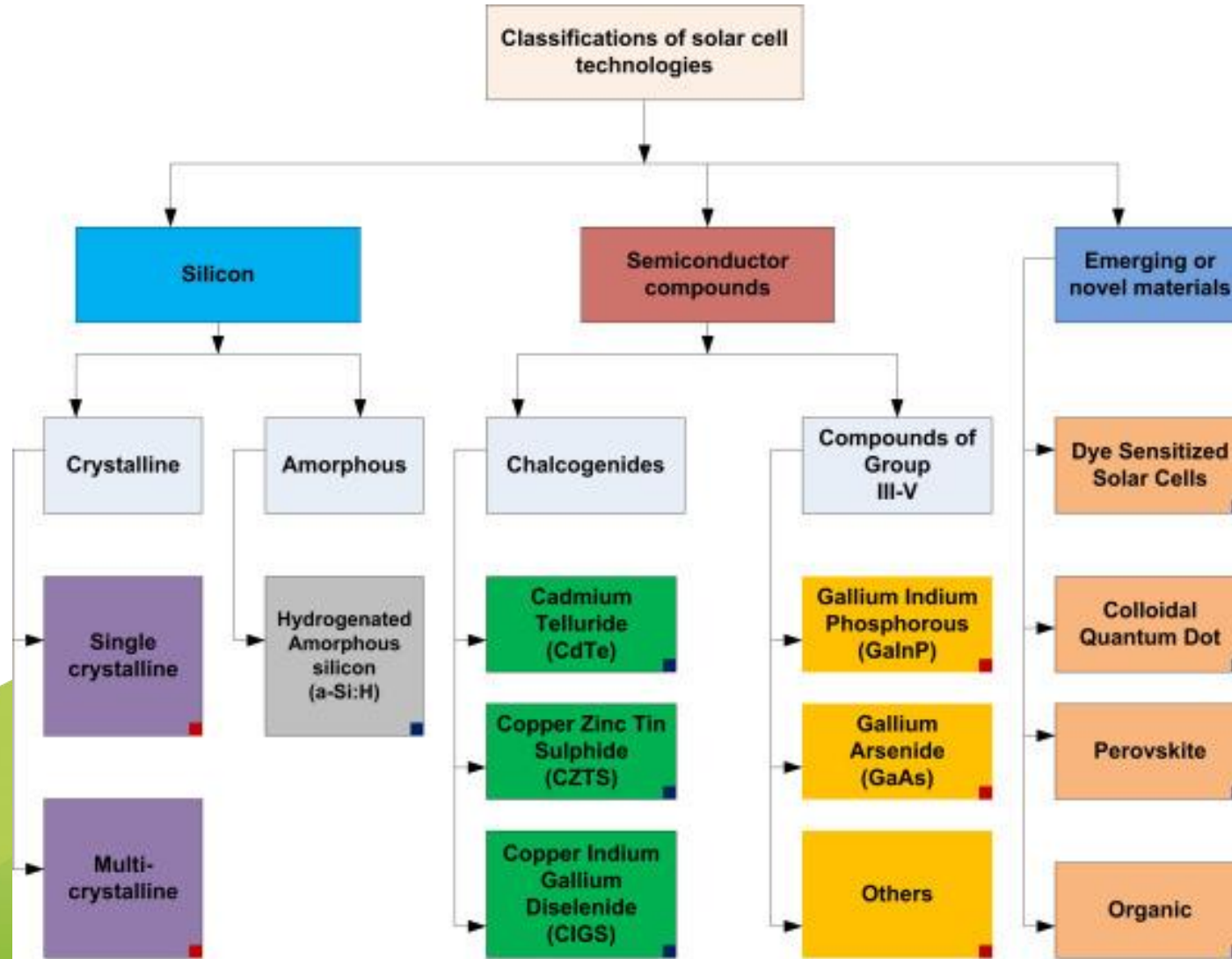




Importancia del módulo en la industria

- Unidad de generación básica, técnicamente mínimamente viable
- Transforma la energía
- Aprovechamiento de las superficies
- Importancia en el desarrollo tecnológico y económico
- Independencia energética
- Confiabilidad

Tecnologías

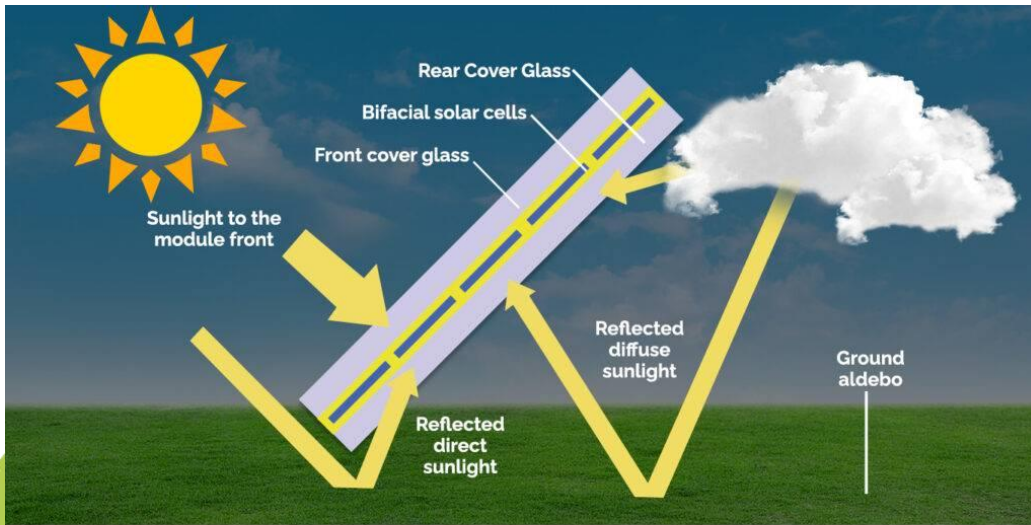
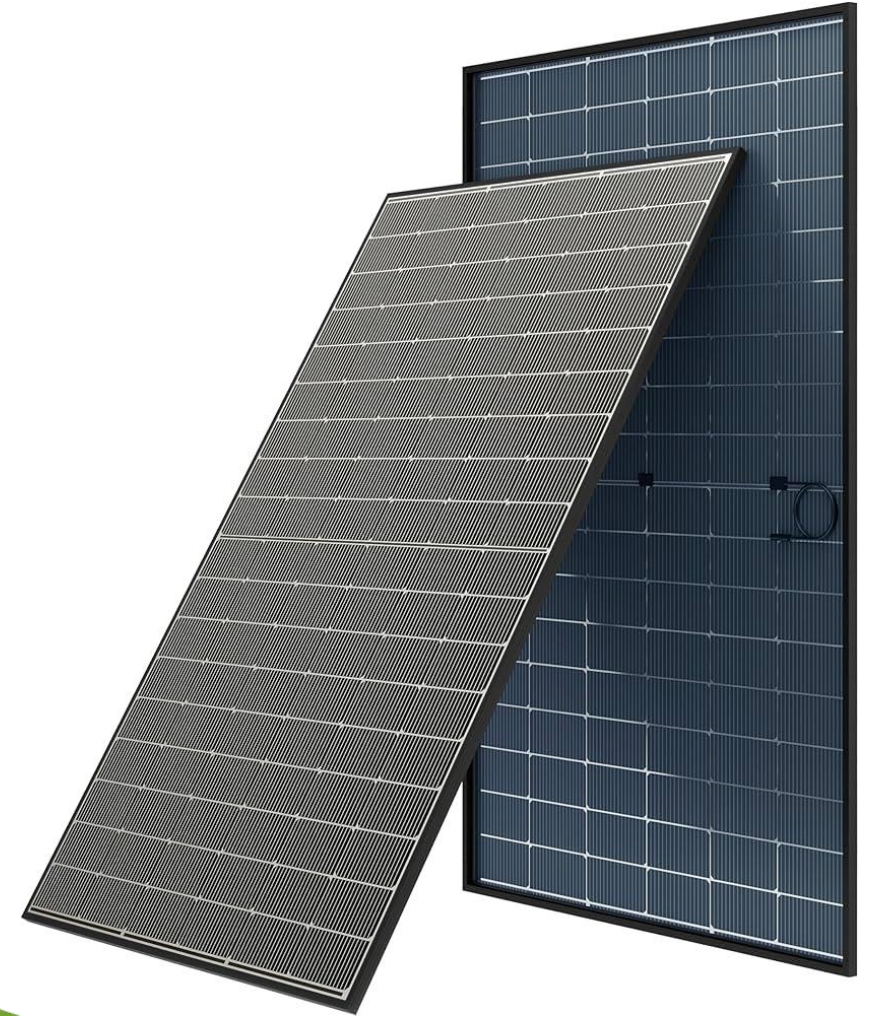


Tecnologías de celda

Tecnología	Ventajas	Desventajas	Usos principales
PERC	Alta eficiencia (21–23%), producción probada, costo moderado	Menor eficiencia frente a TOPCon/HJT, algo más sensible a temperatura	Residencial, comercial, parques solares
TOPCon	Mayor eficiencia (22–24.5%), buen comportamiento térmico, larga vida útil	Costo algo mayor que PERC, fabricación más compleja	Residencial premium, grandes plantas
HJT	Muy alta eficiencia (>23%), mejor coeficiente térmico, baja degradación	Costo alto, requiere nuevos equipos de producción	Climas cálidos, proyectos bifaciales premium
IBC	Alta eficiencia (23–24%), excelente estética, sin busbars frontales	Producción costosa y compleja	Arquitectura premium, BIPV
Tándem Silicio-Perovskita	Eficiencias récord (>30%), mejor aprovechamiento del espectro solar	En fase de investigación, problemas de estabilidad y costo	Futuro de generación de alta eficiencia
Perovskita pura	Bajo costo potencial, alta eficiencia en laboratorio (>25%), flexibilidad	Baja durabilidad, toxicidad por plomo (Pb)	Desarrollo futuro, integración en ventanas
CdTe	Bajo costo, buen rendimiento térmico, ideal en grandes plantas	Uso de materiales tóxicos (Cd), limitado acceso a telurio	Grandes plantas solares (principalmente EE.UU.)
CIGS	Flexibilidad física, mejor rendimiento bajo sombra parcial	Menor eficiencia (13–17%), producción limitada y costosa	Aplicaciones portátiles y superficies curvas
a-Si	Muy bajo costo, flexibles y ligeros	Muy baja eficiencia (<10%), rápida degradación	Gadgets solares, electrónica de bajo consumo
Emergentes (DSSC, Orgánicas, Cu ₂ O)	Alta flexibilidad, bajo costo de producción	Baja eficiencia, alta degradación	Electrónica de consumo, integración arquitectónica ligera

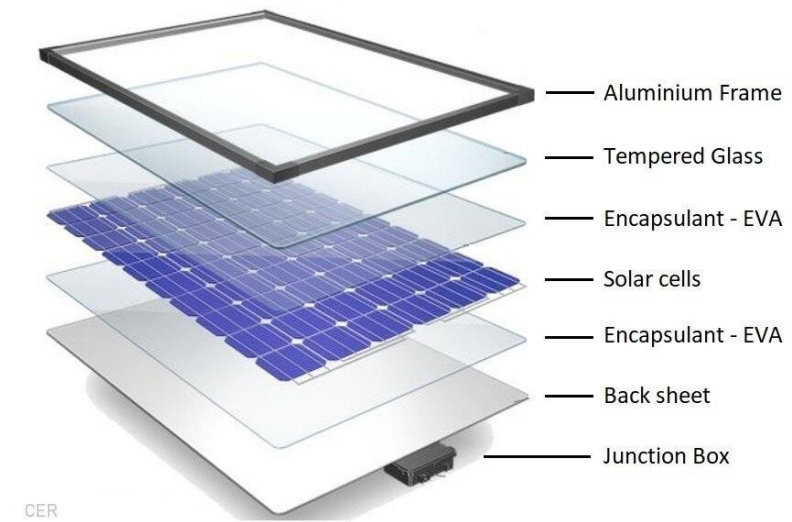
Módulos bifaciales

- Doble cara
- Mayor peso
- Mayor corriente
- Mayor eficiencia
- Incertidumbre



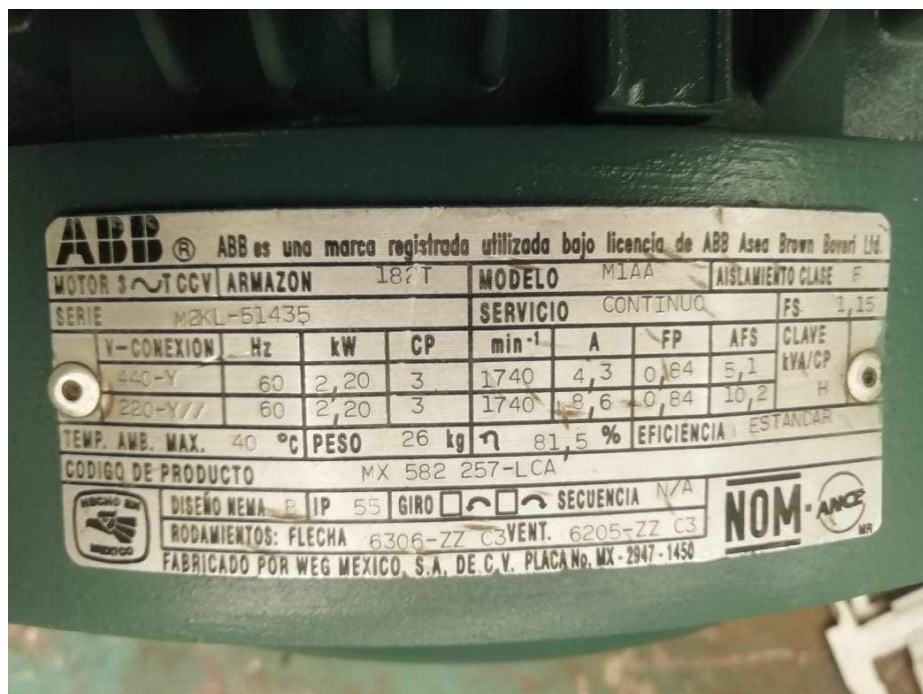
Partes del módulo

- Marco
- Cristal
- Encapsulante
- Celda
- Backsheet
- Caja de diodos
- Conectores



Parámetros eléctricos

- Ficha técnica
- Condiciones estándar de prueba y condiciones normales de operación



ELECTRICAL DATA (STC)

Model Type	RSM144-9-570-595BNDG					
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	570	575	580	585	590	595
Open Circuit Voltage-Voc(V)	51.77	51.97	52.17	52.37	52.55	52.73
Short Circuit Current-Isc(A)	14.01	14.06	14.12	14.18	14.24	14.30
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	43.40	43.60	43.80	44.00	44.16	44.32
Maximum Power Current-Impp(A)	13.15	13.21	13.26	13.32	13.37	13.43
Module Efficiency (%) ★	22.1	22.3	22.5	22.6	22.8	23.0

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

Bifacial factor: 80±10(%) ★ Module Efficiency (%): Rounding to the nearest number

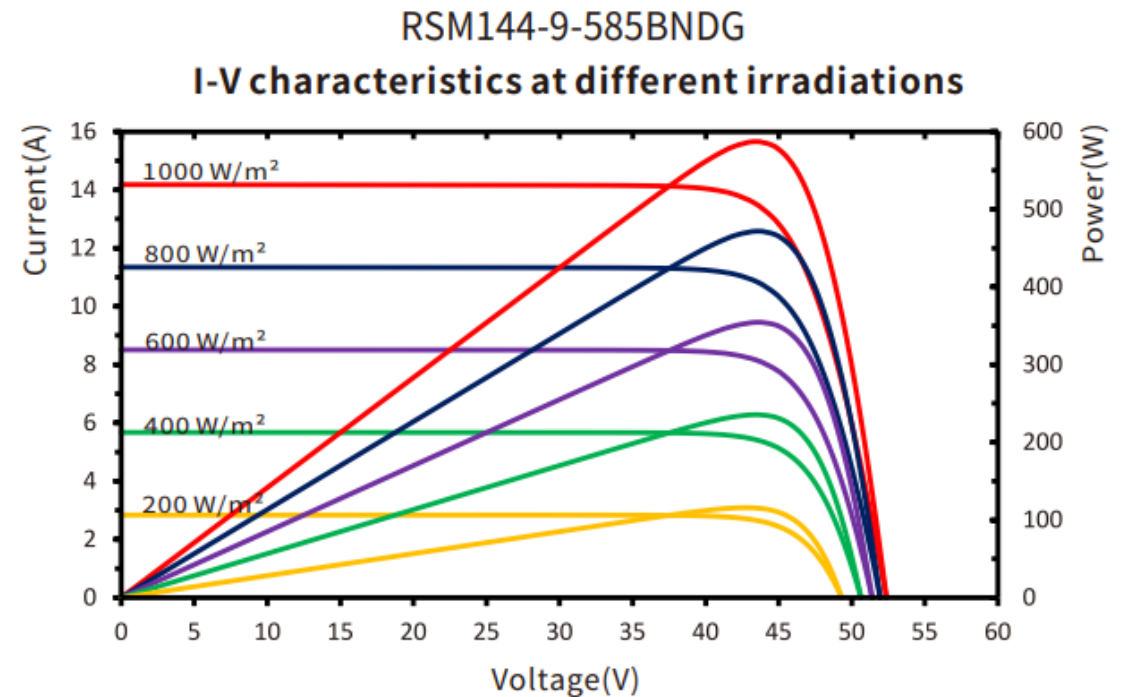
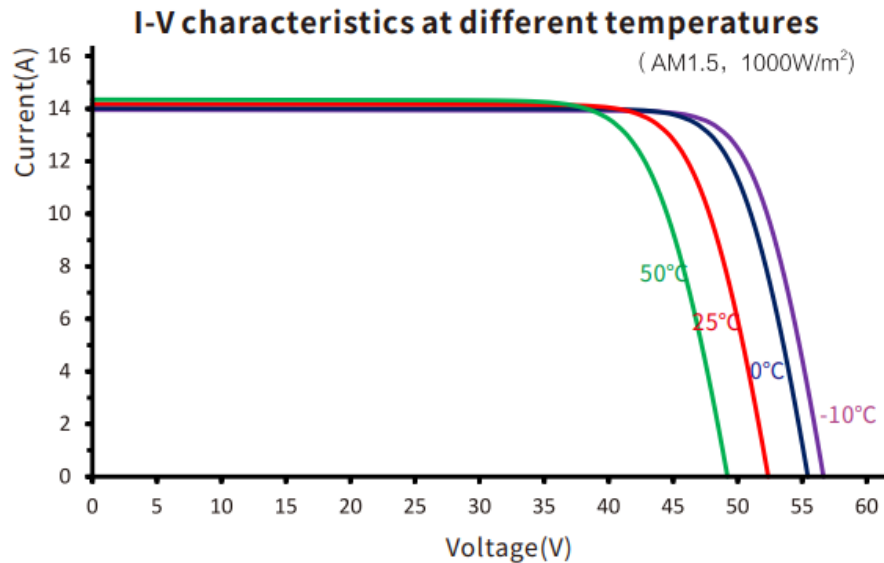
ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Type	RSM144-9-570-595BNDG					
Maximum Power-Pmax (Wp)	432.3	436.1	439.8	443.6	447.1	450.7
Open Circuit Voltage-Voc (V)	48.15	48.33	48.52	48.70	48.87	49.04
Short Circuit Current-Isc (A)	11.48	11.53	11.58	11.63	11.68	11.73
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	40.28	40.46	40.65	40.83	40.98	41.13
Maximum Power Current-Impp (A)	10.73	10.78	10.82	10.87	10.91	10.96

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

Curva I-V, Curva P-V

- Isc y Voc: Los límites físicos
- Punto de máxima potencia



Coeficientes

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	$44^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
Temperature Coefficient of Voc	$-0.25\%/^{\circ}\text{C}$
Temperature Coefficient of Isc	$0.046\%/^{\circ}\text{C}$
Temperature Coefficient of Pmax	$-0.29\%/^{\circ}\text{C}$
Operational Temperature	$-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	30A
Limiting Reverse Current	30A

Calidad y Lista Tier ONE

- ¿La bancabilidad significa calidad?

BloombergNEF

2Q 2021 Global PV Market Outlook
May 21, 2021

Table 3: Photovoltaic module manufacturers meeting BloombergNEF's tier 1 criteria as of 2Q 2021

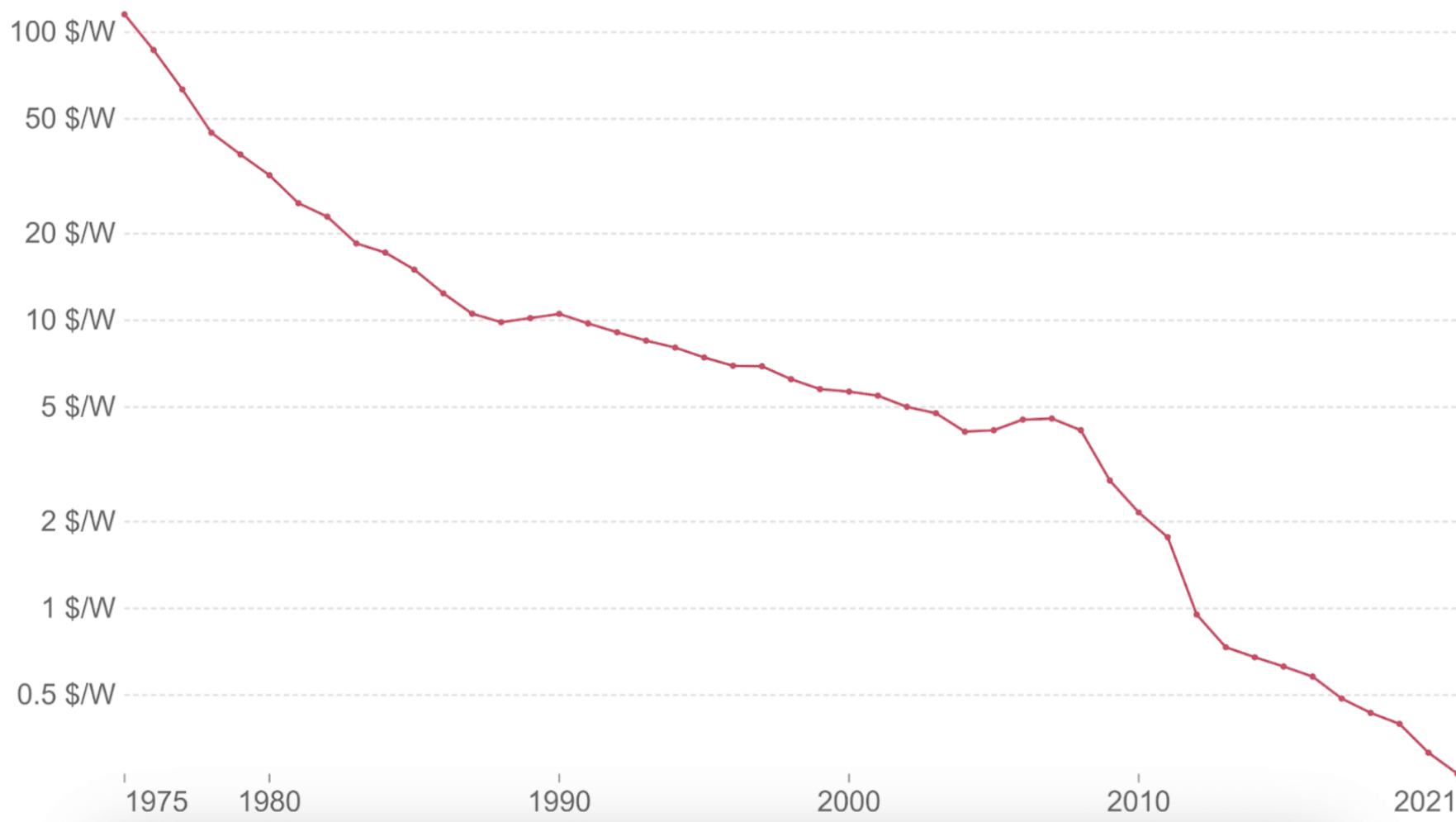
Firm/ brand	Annual module capacity, MW/year	Firm/ brand	Annual module capacity, MW/year
ZNShine	6,000	Longi*	50,000
Waaree*	2,000	Jinneng/ Jinerger	2,700
VSUN Solar*	2,600	Jinko*	31,000
Vikram Solar*	2,500	Jetion	2,500
Ulica Solar	1,200	JA Solar*	23,200
Trina Solar*	33,600	Hyundai*	1,350
Talesun*	10,000	HT-SAAE*	6,000
Suntech*	10,000	Heliene	390
SunPower/ Maxeon*	3,600	Hansol Technics	600
Sumec/ Phono Solar*	2,000	Haitai Solar	6,000
Shinsung	300	First Solar*	6,300
Sharp	210	Exiom Group	700
Seraphim / SEG*	5,500	ET Solar	1,600
S-Energy	530	Eging	6,000
Risen Energy*	14,100	DMEGC*	2,000
Renesola Yixing	1,500	Chint/ Astronergy*	8,000
Recom	600	Canadian Solar	16,100
REC Group*	1,800	Boviet*	1,500
Neo Solar Power/ URE	1,800	AE Solar	2,025
Leapton Energy	1,000	Adani/Mundra*	1,500
Jolywood*	3,000	Total	273,305

Source: BloombergNEF Note: Methodology [here](#). Note: * denotes a company for which technical due diligence reports are available from PV Evolution Labs, PVEL. Contact Tara.Doyle@pvel.com for details. Brands are shown in reverse alphabetical order to avoid giving the impression that position in the list is significant.

Certificaciones

Estándar	Descripción
IEC 61215	Calificación de diseño y aprobación para módulos FV de silicio cristalino para uso terrestre. Pruebas de durabilidad y rendimiento bajo condiciones climáticas simuladas.
IEC 61646	Similar a IEC 61215 pero para módulos de capa delgada (thin-film). Evalúa resistencia ambiental y estabilidad del módulo.
EN/IEC 61730	Requisitos de seguridad para módulos fotovoltaicos, cubre construcción mecánica, prevención de descargas eléctricas y fuego.
IEC 60364-4-41	Instalaciones eléctricas de baja tensión – Protección contra descargas eléctricas.
IEC 61701	Resistencia de módulos FV a ambientes salinos (corrosión por niebla salina), especialmente en zonas costeras.
IEC 61853-1	Medición del rendimiento energético de módulos FV en distintas condiciones de irradiancia y temperatura.
IEC 62804	Evaluación de la degradación inducida por potencial (PID) en módulos FV.
UL 1703	Normativa estadounidense para seguridad de módulos fotovoltaicos, particularmente en resistencia al fuego, impactos y conexiones.

Evolución de costos en el tiempo



Tecnología actual

- TOPCon
 - Tandem
 - Perovskita
-
- Módulos bifaciales
 - Potencias <500W
 - Mayor potencia comercial alrededor de 700W



Hyper-ion™

Heterojunction Hyper-ion Series
Bifacial Module

RSM132-8-700-725BHDG

Hyper-link Interconnection

Patented Technology

700-725 Wp

Power Output Range

23.3%

Higher Efficiency

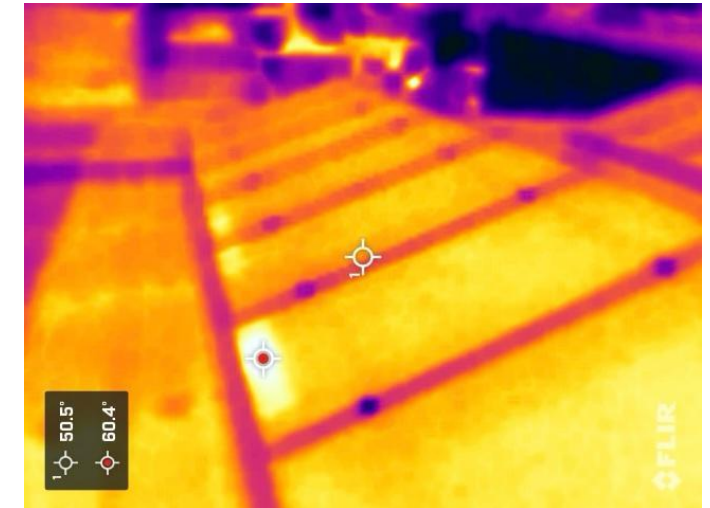
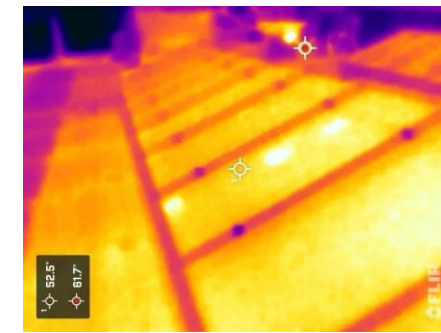
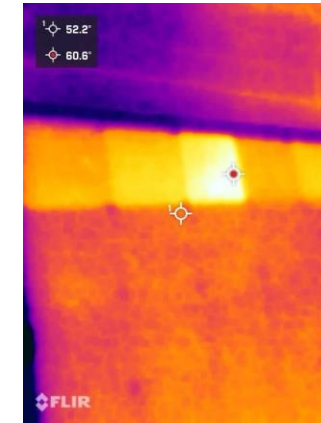
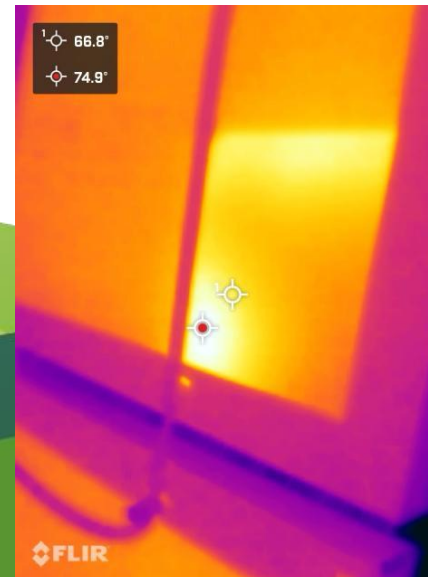
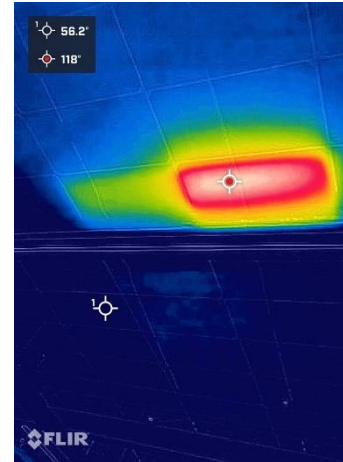
0~+3%

Positive Power Tolerance



Problemas en módulos

- Calentamiento excesivo
- Puntos Calientes
- Microfisuras
- Rotura del cristal
- PID
- Degradación óptica



¿Se le da mantenimiento a los módulos?

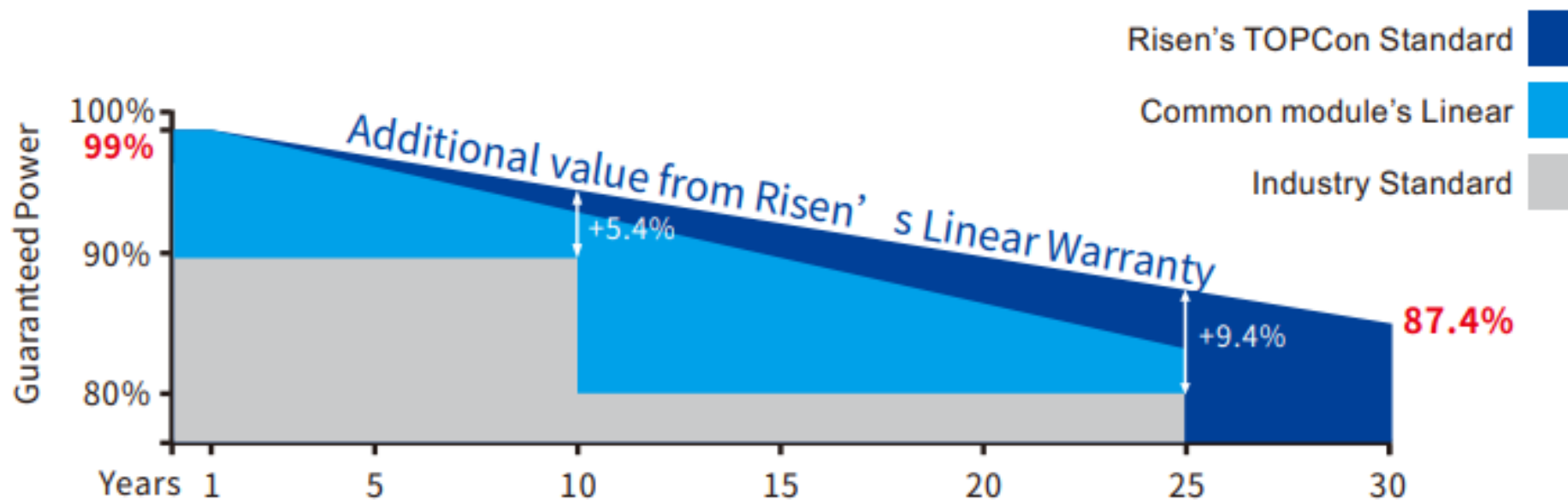


Garantía Lineal

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

15 years Product Warranty / 30 years Linear Power Warranty

0.4% Annual Degradation over 30 years



Selección de módulos



TIPO DE
APLICACIÓN



DISPONIBILIDAD



CERTIFICACIONES



EFICIENCIA

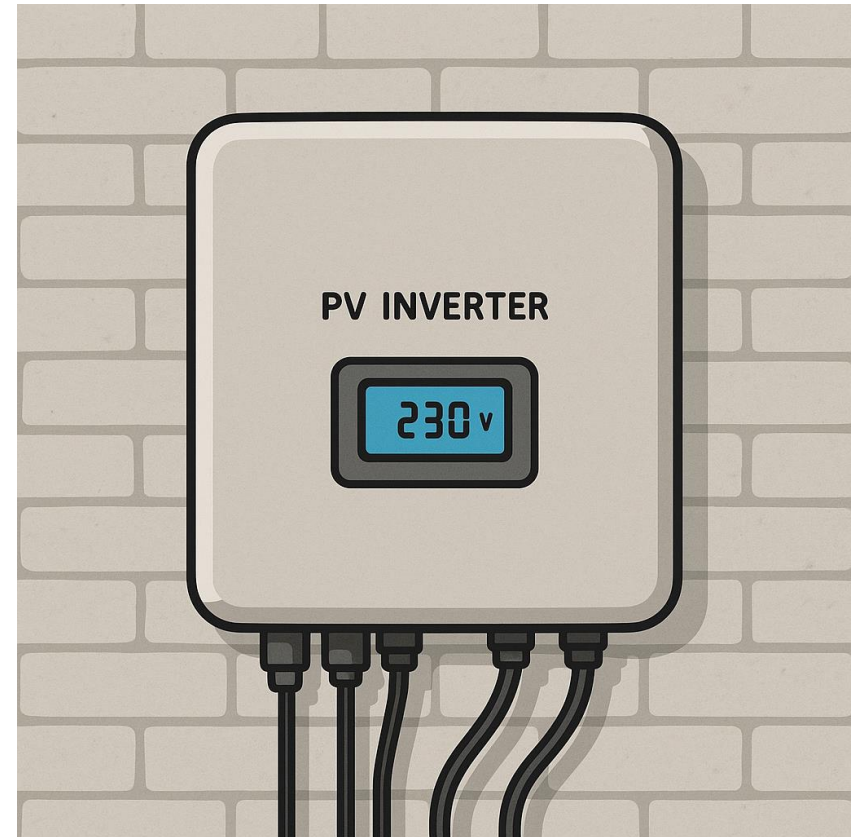


COSTOS

COMPONENTES DE UN SFV: INVERSORES

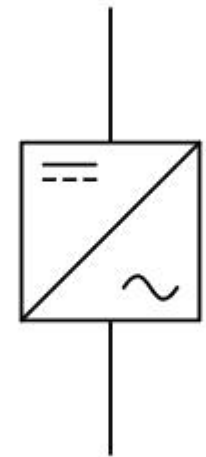
Contenido

- Introducción
- Inversor aislado
- Inversor interconectado
- Inversor híbrido
- Microinversor
- Componentes internos
- Parámetros generales
- Certificaciones
- Manuales
- Seguridad
- Monitoreo
- Fallas comunes
- Mantenimiento



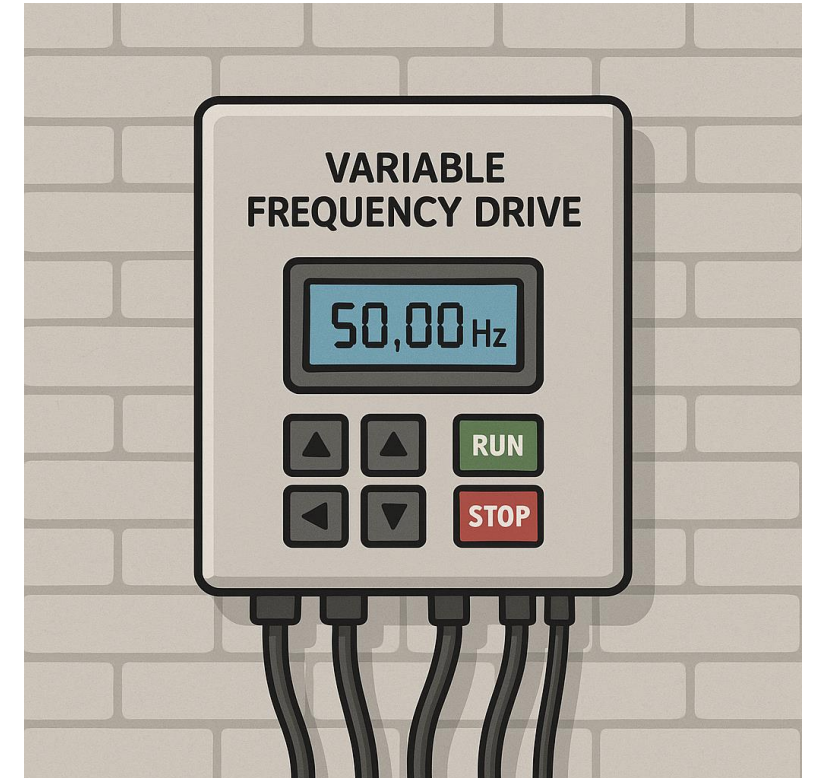
Introducción

- ¿Qué es un inversor?
- ¿Para qué sirve?
- ¿Por qué son necesarios los inversores en la industria?
- Tipos de conversión



¿Qué es un inversor?

- Un dispositivo que convierte corriente directa en corriente alterna a través de conmutaciones.
 - Generadores de funciones
 - Variadores de frecuencia
 - Inversores aislados
 - Inversores interconectados
 - UPS
 - Inversor para vehículos



¿Para qué sirve?

- Adaptar la energía de fuentes como paneles solares o baterías para que pueda ser utilizada en sistemas de corriente alterna.
- Permitir el funcionamiento de equipos que requieren una alimentación alterna precisa.
- Facilitar el control de velocidad, potencia o frecuencia en motores y procesos industriales.



¿Por qué son necesarios los inversores en la industria?

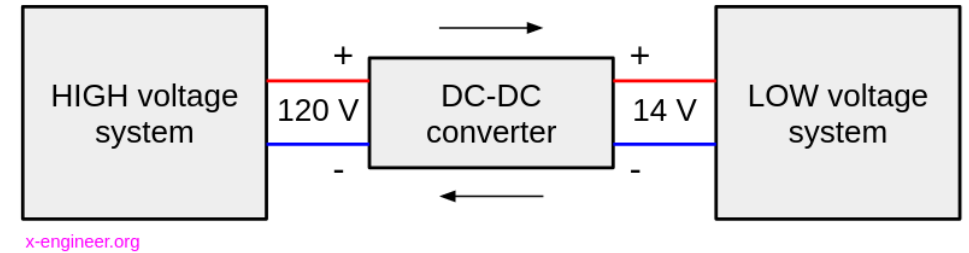
- Permiten aprovechar fuentes de energía renovable (como solar o almacenamiento).
- Mejoran la eficiencia de procesos industriales controlando motores eléctricos (variadores de frecuencia).
- Garantizan continuidad operativa mediante sistemas de respaldo (UPS).
- Cumplen funciones críticas en movilidad eléctrica, automatización y ahorro energético.



Tipos de conversión

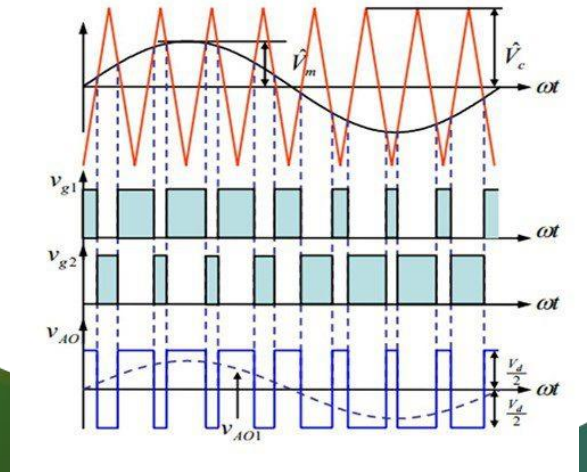
- Conversión DC-DC

- Fuentes de alimentación
- Mini UPS
- Optimizadores
- Controladores de carga



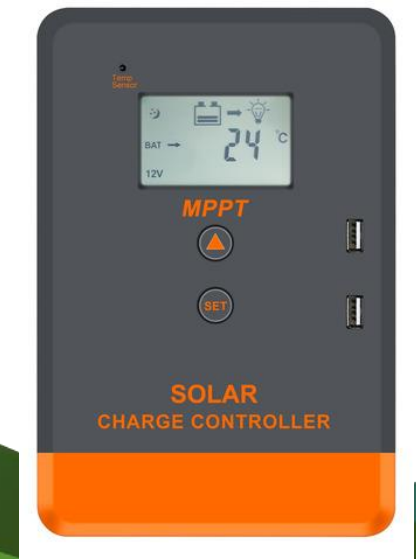
- Conversión DC-AC

- Inversores aislados, interconectados e híbridos
- UPS
- VFD
- Generadores de funciones



Funcionamiento interno

- Tecnología PWM (Pulse Width Modulation): Se fija un voltaje según la curva I-V y P-V se obtiene cierta potencia.
 - Menor rango de tensión
 - Se desperdicia energía
- Tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracker): El inversor varía la tensión y la impedancia para buscar y mantener (seguir) el punto de máxima potencia.
 - Mayor rango de tensión
 - Más eficiente
 - Entradas independientes



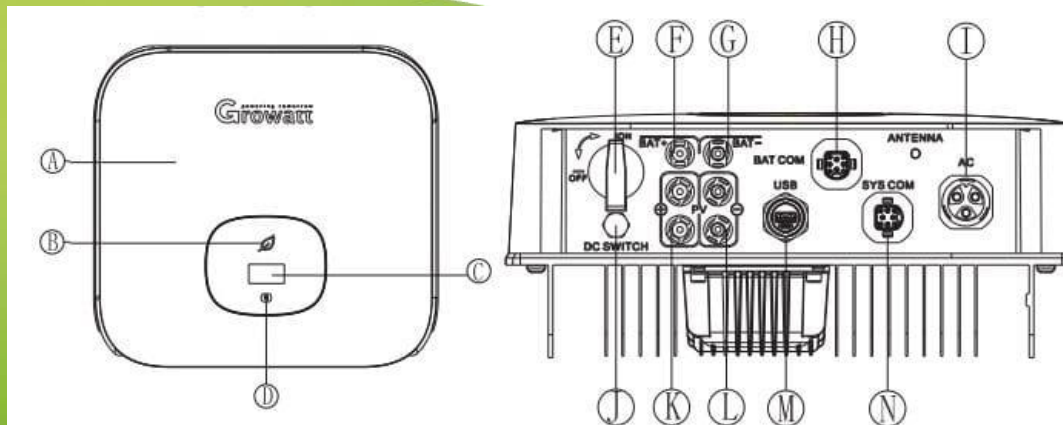
Inversores aislados

- Es una fuente de tensión
- Crea red (Frecuencia y tensión)
- Pueden cargar con la red
- Suelen integrarse con controlador de carga
- Suelen tener tecnología PWM o MPPT con menor número de entradas
- Aplicaciones:
 - Sistemas en isla
 - Respaldo parcial o total
 - Calidad de energía
 - UPS



Inversores interconectados

- Fuente de corriente
- Se sincronizan con la red eléctrica, no la crea
- Cumple con calidad de energía (Código de red)
- Entrega toda la energía a la red, esta se consume o se manda como excedente
- Suele tener de 1-10 entradas MPPT independientes



Inversor híbrido

- Pueden operar con más de una fuente generadora
- Características de interconectado y aislado
- Aplicaciones:
 - Rasurado de picos
 - Traslado de demanda
 - Zero exportación
 - Respaldo parcial o total



Microinversores

- Entradas MPPT independientes y monitoreo a nivel de módulo individual
- Menos uso de material en DC
- Mayor eficiencia contra sombreados parciales y totales
- Mayor inversión inicial



Componentes internos

- Etapa de control (I/O, Lógica):
 - Control de apertura y cierre de compuertas, controla el flujo de energía, inversión y sincronización).
- Etapa de potencia (MPPT, circuito DC-DC):
 - Se encarga de convertir la energía DC “Variable” proveniente de los módulos a una tensión constante para su posterior inversión.
- Etapa de inversión (DC-AC):
 - Convierte la energía DC a AC mediante PWM.
- Circuito de comunicación:
 - Comunicación con internet, plataforma de monitoreo, display y demás.

Parámetros generales

- Rango de tensión de entrada
 - Tensión máxima
 - Rango de tensión de máxima potencia
 - Tensión mínima
 - Tensión de arranque
- Capacidad de corriente
 - Corriente mppt
 - Corriente de corto circuito
 - Entradas por MPPT
- Tensión y conexión de salida
- Nivel de armónicos
- Consumo mínimo
- Relación AC/DC
 - Potencia máxima de entrada
 - Potencia máxima de salida
- Rango de factor de potencia
- Eficiencia

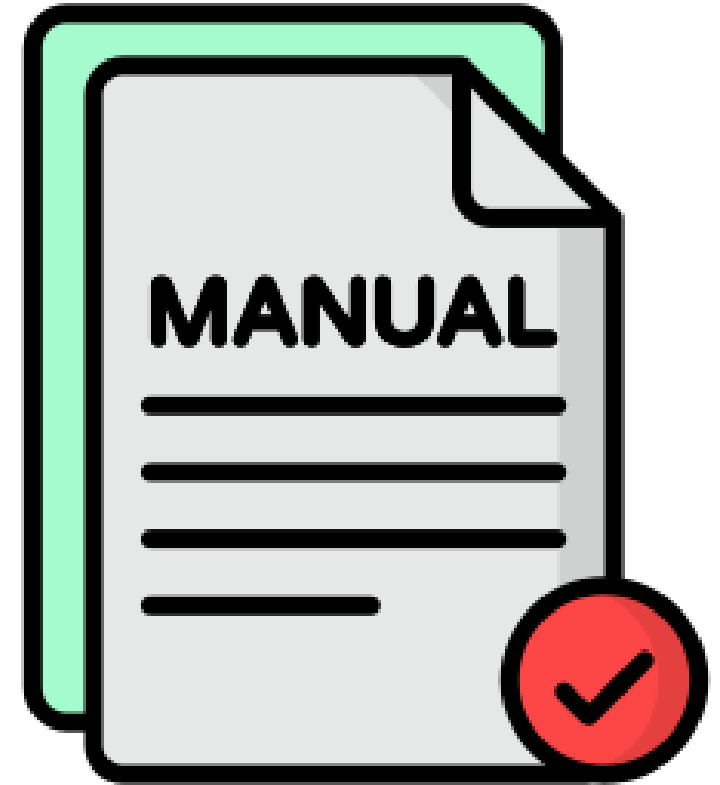
Certificaciones

- Requisitos mínimos
 - UL 1741
 - IEEE 1547
 - IEC 61727
- UL 1699B



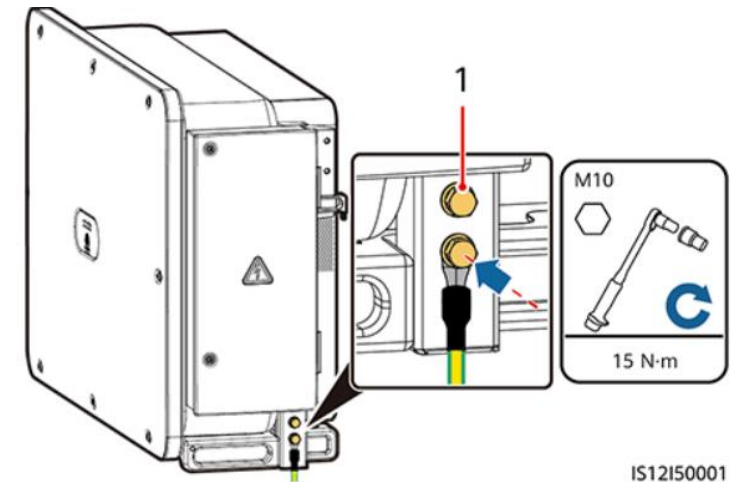
Manuales

- Requisitos de garantía
- Medidas de seguridad
- Conexiones y aprietes
- Conductores y disyuntores
- Programación (Estándar de red)
- Conexión a internet
- Diagramas
- Fallas
- Información técnica (Ficha técnica)



Seguridad en inversores

- Puesta a tierra
- Protección contra sobretensión y sobrecorriente
- Conductores
- Aprietes
- Rango de tensión
- Salidas de ventilación
- Uso en Intemperie
- Uso de conductor puesto a tierra



Monitoreo

- Programación remota
- Historial de alertas
- Gráficas
 - Potencia de salida
 - Potencia de entrada
 - Tensión
 - AC
 - DC
 - Corriente
 - AC
 - DC
 - Frecuencia
- Temperatura
- THD-V
- THD-I
- Corriente de fuga
- Resistencia de aislamiento



Fallas comunes

- Tensión fuera de rango
- Frecuencia fuera de rango
- Sin conexión AC
- Falla de relé
- Derate
- Falla de aislamiento
- Falla de arco
- Calentamiento
- Cortocircuito interno

Mantenimiento a inversores

- Limpieza externa:
 - Con aire comprimido y limpiadores dieléctricos dedicados, nunca usar solventes.
- Limpieza del sistema de enfriamiento
- Reapriete de terminales
- Revisión de fusibles
- Termografía
- Resistencia de aislamiento
- Medición de rendimiento (Salida/Entrada)



CPEF

Consejo de profesionales
en energía fotovoltaica

MARKETING Y PSICOLOGÍA DEL
CONSUMIDOR 2025
DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Conocer quién es el cliente ideal de energía solar,
cómo piensa, qué lo motiva y qué lo detiene.



AHORRADOR RACIONAL

¿Qué quiere?:

Ahorro, retorno de inversión (ROI), eficiencia.

¿Cómo detectarlo?:

- Pregunta directo por precios, comparaciones o cuánto ahorra mes a mes.
Usa frases como: “¿Y esto en cuánto tiempo se paga?”

¿Cómo conectar?:

Háblale con números claros, tablas, gráficos comparativos.
Enfatiza en los ahorros anuales, el tiempo de retorno, y cuánto perdería si no instala ahora.

Técnica de negociación:

Ofrécele descuentos por pago anticipado.



MODERNO TECNOLÓGICO

¿Qué quiere?:

Innovación, control, diseño moderno.

¿Cómo detectarlo?:

Pregunta por apps, monitoreo, es fanático de Tesla, automatización.

¿Cómo conectar?:

Muestrále apps en tiempo real, control desde el celular.

Resalta lo “smart” de su decisión.

Técnica de negociación:

Ofrece kits premium, con batería o diseño elegante.

Upselling con gadgets: cargadores solares, monitoreo inteligente, app exclusiva.



SEGUIDOR SOCIAL

¿Qué quiere?:

Lo que otros tienen, reconocimiento social. Compra porque “todos lo están haciendo”.

¿Cómo detectarlo?:

Menciona que “su primo ya puso”, “lo vio en el fraccionamiento”, o pregunta si “ya hay muchos por aquí”.

¿Cómo conectar?:

Muestra testimonios con rostro, antes/después de facturas, fotos en casas similares. Usa frases como: “En tu calle tus vecinos ya están bajando su recibo. ¿Te sumas?”

Técnica de negociación:

Promoción tipo “plan vecino”: si trae a alguien más, ambos reciben descuento.



VERDE IDEALISTA

¿Qué quiere?:

Cuidar el planeta, dejar huella positiva, enfocado en el impacto ambiental.

¿Cómo detectarlo?:

Pregunta por materiales sustentables, impacto ambiental, huella de carbono.

Habla de cambio climático, energías limpias, futuro de sus hijos.

¿Cómo conectar?:

Usa frases como: "Con este sistema, reduces 1.5 toneladas de CO₂ al año, como plantar 40 árboles." Cuenta tus prácticas de cuidado ambiental.

Técnica de negociación:

Usa argumentos clave: "Cada kilowatt que generes es un paso menos hacia la contaminación. Serás un productor de energía limpia."

Refuerza con beneficios emocionales y simbólicos (certificados verdes, placas conmemorativas).





Los principales motivadores de compra de energía fotovoltaica son:

- Ahorro mensual
- Independencia energética
- Subvenciones/gobierno
- Beneficio a largo plazo
- Prestigio / apariencia ecológica

Aplicar principios de branding, diseño y comunicación para atraer y conectar mejor con los clientes.





BRANDING

Construcción y personalidad de marca

Identidad de marca solar

Nombre con propósito: Corto, fácil de recordar, relacionado con sol, energía, evolución.

Propuesta de valor clara: No vendes paneles, vendes independencia, ahorro, futuro.

Ejemplo:

En lugar de “Vendemos paneles solares de alta eficiencia...”

→ “Te ayudamos a pagar menos luz y vivir más libre.”

TIP:

Contrata a un experto. No dejes en manos de cualquiera el diseño de tu marca. Así como no llevarías tu coche descompuesto a un despacho de abogados ¿verdad?



Colorimetría en energía solar

AMARILLO: Sol, energía, alegría.

VERDE: Naturaleza, ecología.

AZUL: Tecnología, confianza.

NARANJA: Acción, entusiasmo.

GRIS: Neutralidad, elegancia.

TIP:

Evita colores oscuros o pesados: no comunican frescura ni energía limpia.





BRANDING EMOCIONAL

¿Qué siente tu cliente al ver tu marca?

¿Se siente tranquilo, empoderado, confundido?

Test de marca rápido: Pregunta a 3 personas ¿Qué les transmite tu marca?

Elementos claves de marketing efectivo:

Página web rápida, clara, sin saturación.

Redes sociales educativas (*no solo venta directa*).

Videos cortos explicando mitos (*ej: “¿Qué pasa cuando está nublado?”*)

Uso de testimonios con rostro, foto y ahorro real.

Frases de impacto:

“Tu techo puede pagar tu luz.”

“Energía limpia, casa más libre.”



Estrategias de contenido para atraer clientes

LinkedIn: Es la red perfecta para construir autoridad en el sector.

Instagram: Historias de instalaciones, antes/después.

Facebook: Casos reales, Lives resolviendo dudas.

TikTok: Mitos solares, humor, videos de 30 segundos.

YouTube: Explicaciones técnicas sencillas, tours.

WhatsApp: Estados actualizados, catálogo interactivo.



¿QUÉ ES EL RTM?

El Real Time Marketing (RTM) se refiere a la práctica de **crear y compartir contenido relevante en tiempo real**. Responde a eventos actuales, tendencias o comportamientos de los consumidores. El objetivo es captar la atención del público en el momento preciso, aprovechando la inmediatez de las redes sociales y otras plataformas digitales.

El Real Time Marketing ofrece a las empresas la oportunidad de ser relevantes y visibles en un entorno digital en constante cambio. Al aplicar estas estrategias, una empresa de paneles solares puede no solo aumentar su visibilidad, sino también conectar de manera más efectiva con su audiencia, aprovechando momentos clave para promover su misión y productos.



¿CÓMO USARLO?

1. **Monitoreo de Tendencias:** Utiliza herramientas de análisis para seguir tendencias en redes sociales y noticias relevantes. Estar al tanto de lo que está sucediendo te permite reaccionar rápidamente.
2. **Contenido Ágil:** Crea contenido que sea fácil de producir y que se pueda publicar rápidamente, como memes, gráficos o publicaciones breves.
3. **Interacción con la Audiencia:** Responde a comentarios y menciones en tiempo real para fomentar la interacción y construir relaciones con los clientes.
4. **Aprovechamiento de Eventos:** Usa eventos en vivo, como deportes o premios, para lanzar campañas de marketing que se alineen con el evento.

ESTRATEGIAS DE RTM

Eventos de Actualidad: Lanza campañas durante eventos relevantes, como ferias o conferencias del sector.

Crisis y Oportunidades: Responde a crisis o situaciones inesperadas de manera creativa y positiva, siempre manteniendo la sensibilidad.

Interacción en Redes Sociales: Participa en conversaciones en redes sociales usando hashtags populares o respondiendo a publicaciones virales.

Personalización: Ofrece mensajes personalizados basados en el comportamiento del usuario o en su interacción previa con la marca.

APLICACIÓN

Monitoreo de Eventos Relevantes:

- Si hay un nuevo informe sobre energía renovable o un evento sobre sostenibilidad, la empresa puede crear contenido que resalte su compromiso con la energía solar.

Promociones durante Ferias de Energía:

- Durante ferias o eventos relacionados con la energía renovable, la empresa puede lanzar promociones especiales o compartir contenido en vivo, como entrevistas con expertos.

APLICACIÓN

Respuestas a Noticias:

- Si se anuncia un nuevo incentivo gubernamental para la instalación de paneles solares, la empresa puede publicar inmediatamente sobre cómo esto beneficiará a los clientes.

Participación en Conversaciones Sociales:

- Usar hashtags populares sobre sostenibilidad o energías renovables para participar en discusiones en redes sociales, ofreciendo consejos o información sobre energía solar.



Reacciones a Políticas Gubernamentales:

Ejemplo: Si se anuncia un nuevo subsidio o incentivo para la instalación de paneles solares, una empresa puede publicar inmediatamente un artículo o video explicando cómo aprovechar esta oportunidad.

Pueden incluir testimonios de clientes que se beneficiaron de incentivos similares.



Eventos Climáticos:

Ejemplo: Durante una ola de calor, una empresa de energía solar puede lanzar una campaña en redes sociales sobre cómo los paneles solares ayudan a reducir costos en aire acondicionado.

Pueden compartir gráficos de ahorro y estadísticas sobre el uso de energía.



Días Mundiales:

Ejemplo: En el Día de la Tierra, las empresas pueden realizar campañas de concienciación sobre la importancia de la energía renovable.

Esto podría incluir publicaciones en redes sociales, infografías sobre el impacto ambiental de la energía solar y promociones especiales.



Colaboraciones con Influencers:

Ejemplo: Si un influencer del sector sostenible publica sobre su nueva instalación solar, la empresa puede reaccionar rápidamente compartiendo esta publicación, o incluso colaborando en un video que explique el proceso de instalación.



Tendencias en Redes Sociales:

Ejemplo: Si hay un trending topic sobre energías renovables, la empresa puede crear contenido que resuene con esa conversación, como consejos sobre cómo reducir la huella de carbono utilizando energía solar.



Innovaciones Tecnológicas:

Ejemplo: Si se lanza un nuevo tipo de panel solar más eficiente, la empresa puede publicar un comunicado de prensa y contenido en redes sociales explicando cómo esto mejora la eficiencia energética y beneficia a los consumidores.



Crisis Energéticas:

Ejemplo: Durante una crisis de suministro energético, la empresa puede resaltar la importancia de la energía solar como una alternativa sostenible y confiable, compartiendo datos sobre cómo la energía solar puede ayudar a mitigar la dependencia de fuentes no renovables.



Casos de Éxito Locales:

Ejemplo: Si un cliente local comparte su experiencia positiva en redes sociales, la empresa puede amplificar esa historia, creando un post que celebre la instalación y muestre los beneficios que ha traído a la comunidad.



El Real Time Marketing en el sector de la energía solar permite a las empresas conectarse con su audiencia de manera efectiva y relevante. Al reaccionar rápidamente a eventos y tendencias, pueden posicionarse como líderes en el sector y fomentar un mayor interés en la energía solar.



¡Aquí están los mejores!



CPEF

Consejo de profesionales
en energía fotovoltaica

VENTAS2025

VENTAS EFECTIVAS EN LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA



**¿QUÉ ES
MARKETING?**

es

**tu
producto
al cliente
idóneo**

REDUCIENDO LA BRECHA QUE
LOS SEPARA



es mejor ser el primero que ser el mejor



1. LA LEY DEL LIDERAZGO

ES MUCHO MÁS FÁCIL ENTRAR EN LA MENTE EL PRIMERO, QUE TRATAR DE CONVENCER DE QUE SE ES MEJOR QUE EL QUE LLEGÓ ANTES.

si no se puede ser el primero en una categoría, crear una nueva



2. LA LEY DE LA CATEGORÍA

SI EN UNA CATEGORÍA NO SE ES EL PRIMERO, HAY QUE CREAR UNA NUEVA Y PROMOCIONAR LA CATEGORÍA Y NO LA MARCA.

es mejor ser el primero en la mente, que el primero en el punto de venta



3. LA LEY DE LA MENTE

SER EL PRIMERO EN LA MENTE LO ES TODO EN MARKETING. SI LLEGAR PRIMERO A LA TIENDA SIGNIFICA PENETRAR PRIMERO EN LA MENTE, ES VÁLIDO.



Marketing de necesidades. Las acciones de MKT se basan en el desarrollo de acciones orientadas a la producción. Objetivo: Satisfacer la demanda. El cliente solo era el medio para alcanzar los objetivos económicos. ***“Todo lo que se produce, se consume”.***

***El
Producto***



Marketing de aspiraciones. Adquiere más importancia la marca, su valor y la personalidad de la misma, que la lleva a integrarse con su cliente. Nacen las ventas, la publicidad y la promoción, las empresas buscaban diferenciarse ofreciendo a sus clientes: ***“más por menos dinero”***.

***La
Marca***



Marketing de experiencias. Las empresas empiezan a reconocer que el cliente *“siente”*, que tiene *“emociones”* que a su vez le generan *“experiencias”*. Y es precisamente esto último lo que en la actualidad le hace elegir una marca sobre otra. Ya no importa la diferenciación por precio, sino por la que ***“mejor experiencia le haga vivir”***.

***El
Cliente***



75%

De los clientes eligen una marca de otra, por la forma como les hicieron sentir en su último contacto.

Fuente: Informe Zendesk 2023

RETENCIÓN DE CLIENTES

¿CÓMO LOGRAR QUE NO NOS QUIERAN CAMBIAR?



Entender cómo piensa un cliente que evalúa
invertir en energía solar.
Cada modelo de compra tiene implicaciones
financieras, legales y comerciales diferentes.
Entenderlos te permite asesorar mejor y aumentar
la confianza del cliente.



1. Compra de Contado (Propiedad Directa)

El cliente paga el costo total del sistema al momento de la instalación y se convierte en propietario desde el inicio.

Ventajas para el cliente:

Ahorro inmediato en su recibo de luz.

Mayor rentabilidad a largo plazo (sin intereses).

Acceso total a incentivos fiscales o subsidios.

Ideal para:

Clientes con capital disponible y enfoque en inversión a largo plazo (hogares de alto consumo, empresas).



2. Compra con Financiamiento (Crédito Solar)

El cliente adquiere el sistema con un crédito de una institución financiera o proveedor solar, pagando en mensualidades.

Ventajas para el cliente:

No necesita hacer un desembolso grande.

Puede iniciar su ahorro desde el primer mes.

La mensualidad se compensa con el ahorro en CFE.

Ideal para:

Familias o negocios con flujo mensual, pero sin capital de entrada.



3. Arrendamiento Financiero (Leasing Solar)

El cliente "renta" el sistema por un periodo determinado (3 a 15 años). Al final, puede renovar, devolver o comprar el equipo.

Ventajas para el cliente:

Cero inversión inicial.

Mantenimiento incluido en algunos contratos.

Deducible de impuestos en empresas (leasing operativo).

Ideal para:

Empresas, oficinas, comercios o instituciones públicas que buscan ahorro sin inversión.



4. Acuerdo de Compra de Energía

El cliente no compra el sistema, sino la energía generada. Una empresa instala los paneles y cobra una tarifa mensual por la electricidad producida, generalmente más baja que la de CFE.

Ventajas para el cliente:

Cero inversión inicial.

Ahorro garantizado desde el primer mes.

No se hace cargo del mantenimiento.

Ideal para:

Empresas, industrias, universidades, hospitales y clientes con grandes techos.



5. Modelos Híbridos o Comunitarios

Ejemplos comunes:

Compra colectiva o vecinal: Se organizan vecinos o colonias para obtener descuentos por volumen.

Proyectos cooperativos: Una comunidad invierte en un sistema grande y se reparte la energía (más común en zonas rurales).

Sistemas solares compartidos: Varias personas o negocios participan de una misma planta fotovoltaica.

Ventajas:

Costos más bajos por economía de escala.

Accesible a quienes no tienen techo propio.

Ideal para:

Fraccionamientos, comunidades rurales, cooperativas, pequeñas empresas en zonas comerciales.



- Nunca vendas solo el sistema, vende el modelo de compra que le conviene al cliente.
- Haz un diagnóstico financiero inicial: ¿Tiene capital? ¿Prefiere ahorro mensual? ¿Busca deducibilidad?
- Explica en lenguaje simple: Usa analogías como **“es como rentar el sol”** o “es como financiar tu libertad energética”.



Un vendedor solar exitoso **no vende paneles**, sino motivaciones diferentes en cada persona.

ETAPAS DE LA DECISIÓN DE COMPRA

```
graph TD; A[ETAPAS DE LA DECISIÓN DE COMPRA] --- B[CONCIENCIA]; A --- C[CONSIDERACIÓN]; A --- D[DECISIÓN];
```

The diagram illustrates the three stages of the buying decision process. At the top, a white rounded rectangle with a purple, pink, and orange gradient border contains the title. A horizontal line with a central T-junction connects this title to three circular nodes below. Each node has a colored border (purple, pink, and orange respectively) and contains a stage name and a descriptive question or action.

CONCIENCIA

“¿Vale la pena cambiar a solar?”

CONSIDERACIÓN

Comparación entre empresas, productos y precios.

DECISIÓN

¿A quién le compro?
¿Quién me da confianza?



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPRA

Ahorro estimado.

Garantías.

Servicio postventa.

Opiniones/recomendaciones.

BARRERAS PSICOLÓGICAS EN LA COMPRA

Toda compra genera miedo.

Precio del producto.

Tiempo de permanencia.

Impacto en mi vida.



Miedo a la inversión inicial:

Muchos clientes se preocupan por la inversión inicial necesaria para instalar paneles solares. Precio inicial: "Es muy caro".

Discurso: *"Entiendo que la inversión inicial puede parecer elevada, pero considere esto: los paneles solares no solo reducen su factura de electricidad, sino que también aumentan el valor de su propiedad. Además, hay incentivos fiscales y financiamiento disponible que puede hacer que la instalación sea más asequible."*



Ahorro a largo plazo:

La percepción del ahorro a largo plazo es crucial para los compradores.

Discurso: *"Imagine no tener que preocuparse por el aumento de las tarifas eléctricas. Con nuestros paneles solares, puede ahorrar hasta un 70% en su factura de energía a lo largo de los años. Vamos a revisar juntos un análisis de costos que muestre exactamente cuánto podría ahorrar".*



Desconocimiento técnico: “No sé cómo funciona”:

Muchos clientes no están familiarizados con la tecnología solar.

Discurso: *"Entiendo que la tecnología solar puede parecer complicada, pero estoy aquí para ayudarlo. Permítame explicarle cómo funcionan los paneles solares y cómo pueden beneficiarlo. Le prometo que será más fácil de lo que piensa."*



Fiabilidad y durabilidad:

Los clientes quieren asegurarse de que los paneles sean duraderos y confiables.

Discurso: *"Nuestros paneles solares están diseñados para durar más de 25 años y son resistentes a condiciones climáticas extremas. Además, ofrecemos una garantía de 25 años, lo que significa que puede confiar en la calidad y el rendimiento de su inversión."*



Complejidad del proceso de instalación:

La complejidad del proceso de instalación puede ser un desincentivo.

Discurso: *"Nos encargamos de todo el proceso de instalación para que usted no tenga que pensar en ello. Nuestro equipo de expertos se asegurará de que la instalación sea rápida y sin inconvenientes. ¿Le gustaría que le muestre cómo funciona nuestro proceso?"*



Desconfianza en la empresa o en la tecnología.

Los clientes prefieren comprar a empresas con buena reputación.

Discurso: *"Nuestra empresa tiene más de 10 años de experiencia en el sector y miles de clientes satisfechos. Podemos proporcionar testimonios y estudios de caso que demuestran nuestra calidad y compromiso. ¿Le gustaría ver algunos ejemplos?"*



Ebook con el resumen de las barreras psicológicas que se presenta en el cliente al momento de la compra, sus factores reales y la forma como las debemos gestionar.





¿qué es vender?

**Vender es:
El resultado
de construir
relaciones con
tus clientes**

CERCANÍA

Nadie le
compra a
quien no
siente
cercano.

CONFIANZA

Nadie le
compra a
alguien en
quien no
confía.

EMPATÍA

Nadie le
compra a
alguien
que no le
agrada.





primero **CONECTA** y luego **CONVIERTE**



TODO ES UN PROCESO, LA VENTA
TAMBIÉN LO ES, LAS RELACIONES NO
SE CONSTRUYEN DE LA NOCHE A LA
MAÑANA.

¿CÓMO CONECTAR CON EL CLIENTE DESDE EL MOMENTO CERO?

1. Entra en sintonía con tu cliente

Escucha, observa y analiza a tu cliente y busca los puntos en común que tengas con él.

2. Descubre sus miedos y derribalos

Toda compra genera miedo y ese miedo depende de 3 puntos: Tiempo de permanencia en mi vida, precio y el impacto de esa compra en mi.

3. Muestra empatía por sus miedos

Comprende a tu cliente, recuerda que estás iniciando una relación con él. Un cliente temeroso jamás compra.

4. Interésate en ayudar tu cliente

Hazlo de manera genuina, deja tus intereses a un lado y pon tu foco en los intereses de tu cliente.

5. Implicate y busca la solución

Hazle saber a tu cliente que ya no está solo, que estás allí para apoyarlo y que juntos encontrarán la manera de hacer posible su compra.



IMPLICAXION

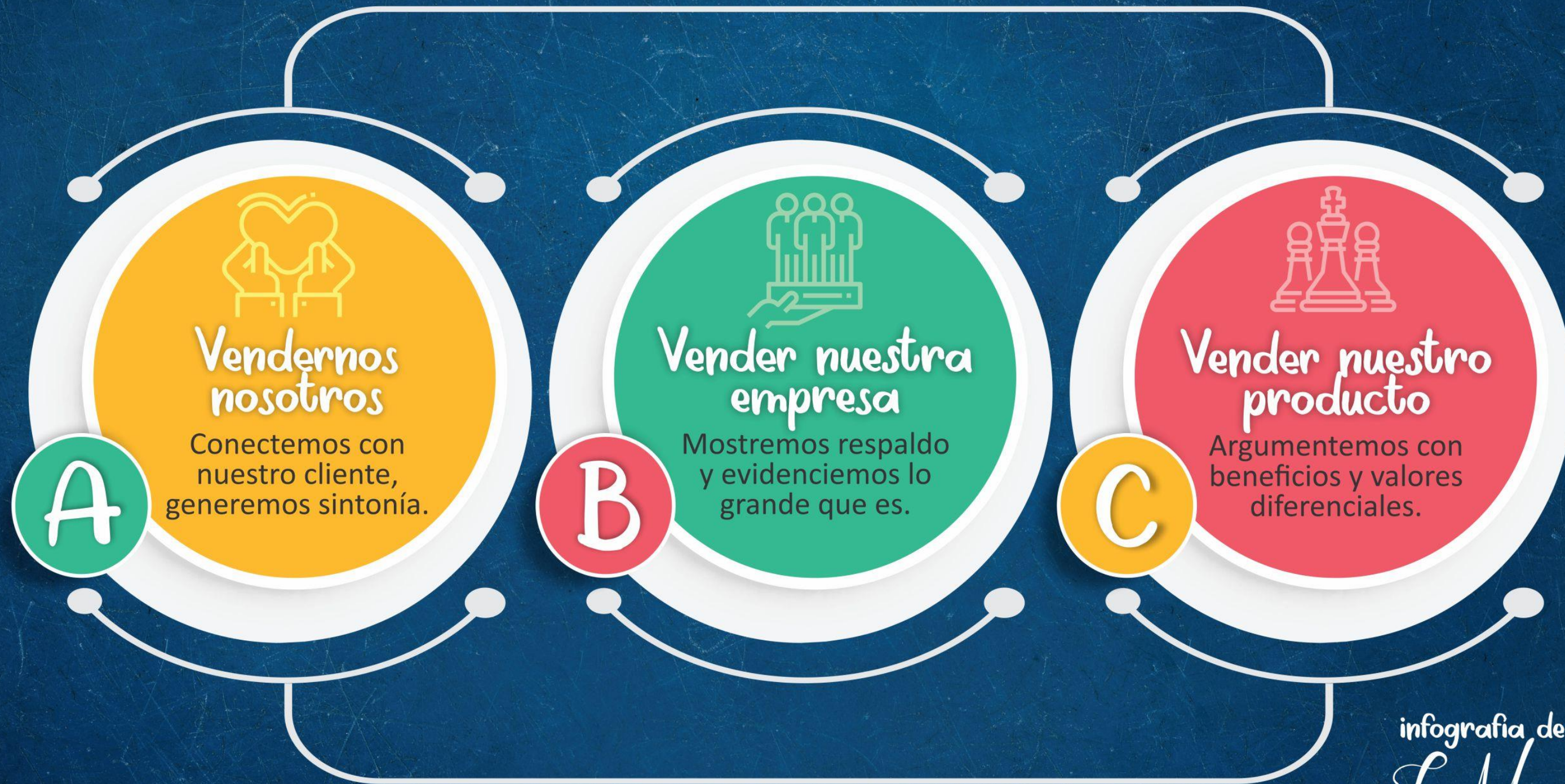
IMPLICACIÓN + CONEXIÓN + ACCIÓN

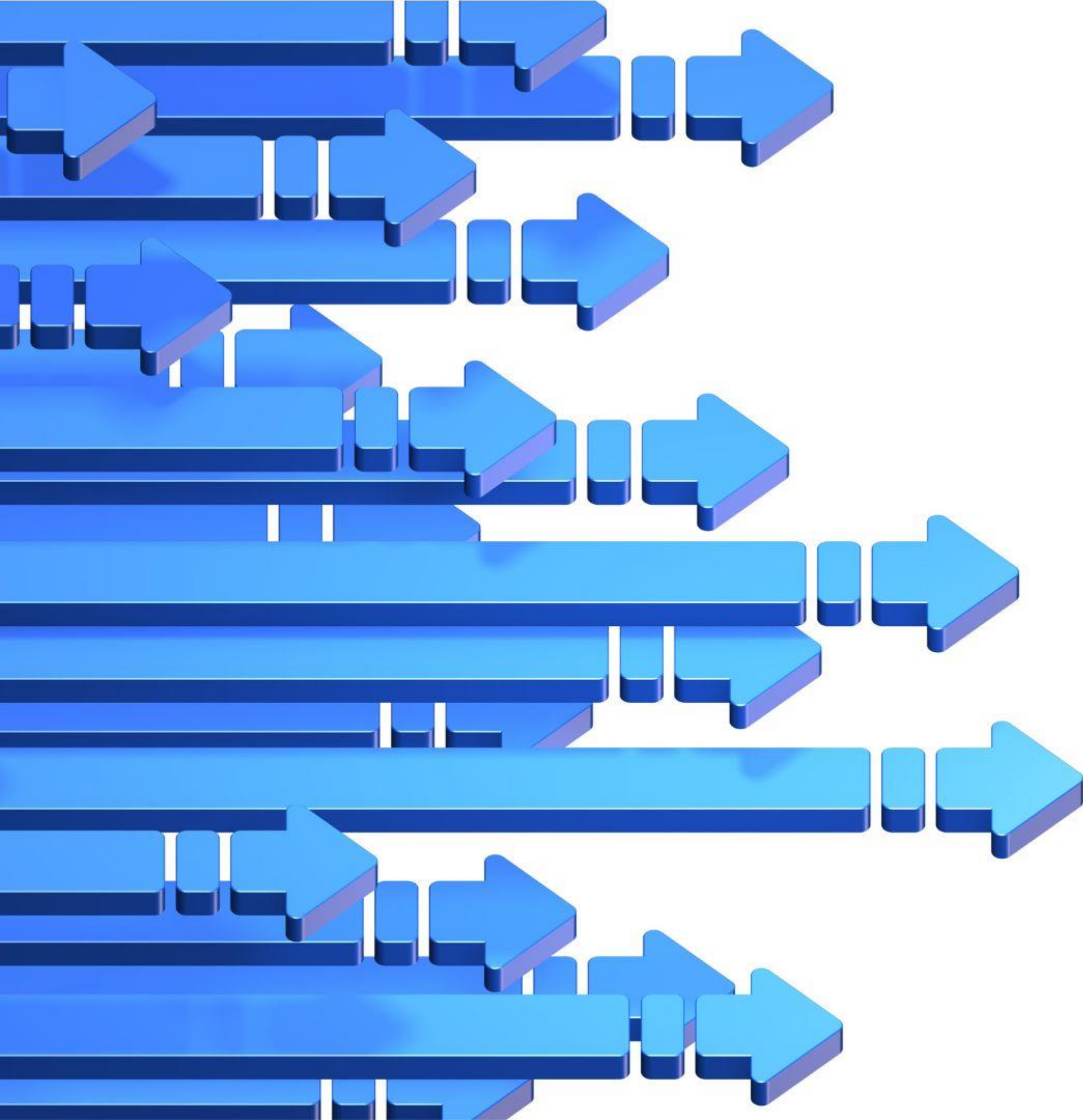
Implicación: Involúcrate en la historia de tu cliente.

Conexión: Muestra interés auténtico en ayudar.

Acción: Gestiona y toma acciones para encontrar solución.

- El ABC de la venta -





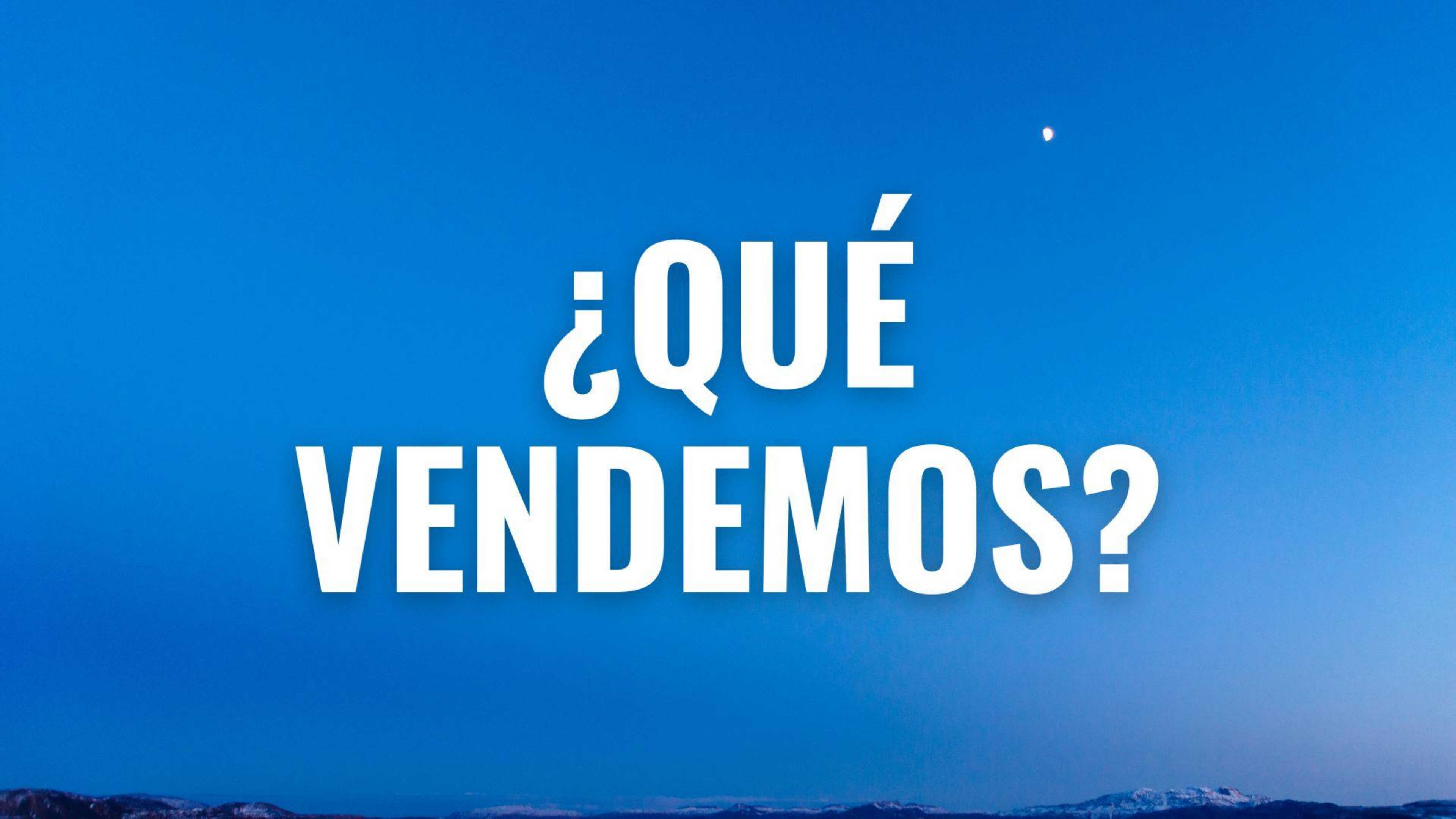
¿CÓMO HA EVOLUCIONADO EL CONCEPTO DEL CLIENTE?

CLIENTE COMO “PAGADOR”



CLIENTE COMO “MI PROTEGIDO”





**¿QUÉ
VENDAMOS?**



1. Venta Consultiva

Ideal para: Residencial medio-alto, PyMEs, clientes técnicos.

¿Cómo funciona?:

Se basa en escuchar, diagnosticar, educar y luego ofrecer una solución personalizada. No se trata de “vender paneles” sino de “resolver problemas energéticos”.

Etapas:

Descubrir necesidades energéticas del cliente.
Presentar propuesta clara, con ahorro y retorno de inversión.
Ajustar según dudas, objeciones y perfil financiero.

Claves:

Usa preguntas abiertas.
Entrega una propuesta escrita con simulación financiera, garantía y respaldo técnico.



2. Venta Directa / Door-to-Door

Ideal para: Residencias en zonas con alto consumo, nuevas colonias, casas sin sombra.

¿Cómo funciona?:

Visitas casa por casa o en zonas específicas, con un pitch breve y materiales en mano.

Busca generar citas más que cerrar de inmediato.

Claves:

Entrena tu elevator pitch:

“Hola, soy asesor de energía solar, ayudamos a familias como la tuya a reducir su recibo en un 80%. ¿Te interesa una revisión gratuita?”

Usa mapas de zonas, fotos de instalaciones cercanas, testimonios.



3. Venta Digital

Ideal para: Empresas con marca establecida o buena presencia online.

¿Cómo funciona?:

Atraes clientes a través de contenido digital.
Leads llegan a un CRM o embudo de ventas.

Herramientas clave:

Anuncios en LinkedIn, Instagram, Google.
Landing page con formulario o WhatsApp directo.
CRM para seguimiento.

Proceso:

El cliente ve un anuncio de “Cotiza tu sistema solar”.
Deja sus datos.
Un asesor lo contacta con una propuesta ya semi personalizada.



4. Venta por Referencias

Ideal para: Clientes satisfechos, mercados residenciales y comunidades rurales.

¿Cómo funciona?:

Se basa en generar ventas gracias a clientes actuales que recomiendan.
Es la más confiable y rentable si se gestiona bien.

Claves:

Programa de referidos: "Por cada amigo que recomiendes, te bonificamos \$1,000 en efectivo o mantenimiento gratis."
Testimonios con foto, video o reseña (con permiso del cliente).



5. Venta Técnica o Industrial (B2B)

Ideal para: Empresas, naves industriales, comercios de alto consumo.

¿Cómo funciona?:

Proceso de venta más largo, técnico y basado en ROI financiero.
Involucra ingenieros, decisiones en comité y análisis profundo.

Claves:

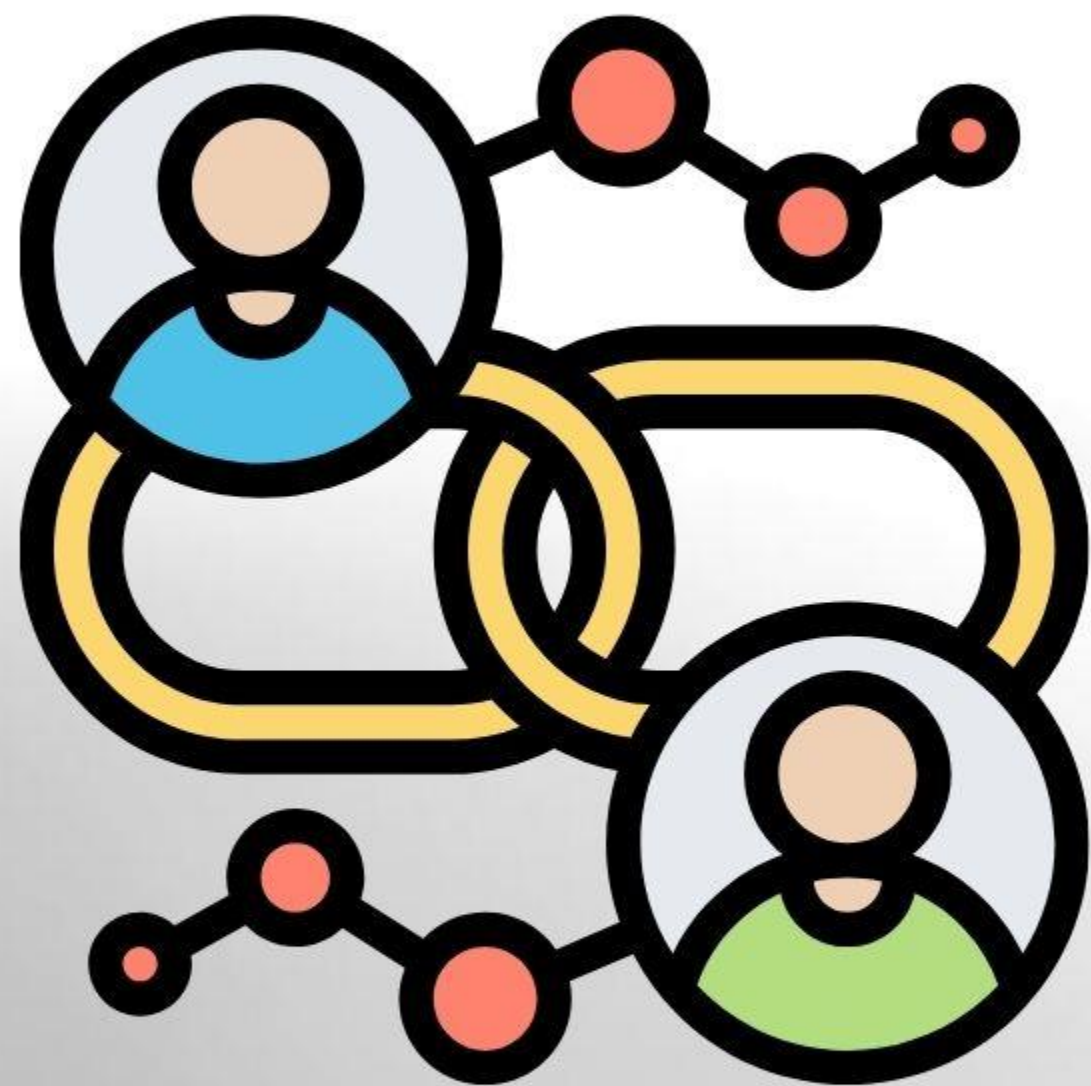
Diagnóstico energético detallado.
Casos de éxito con cifras concretas.
Ofertas de mantenimiento, garantías extendidas, financiamiento.





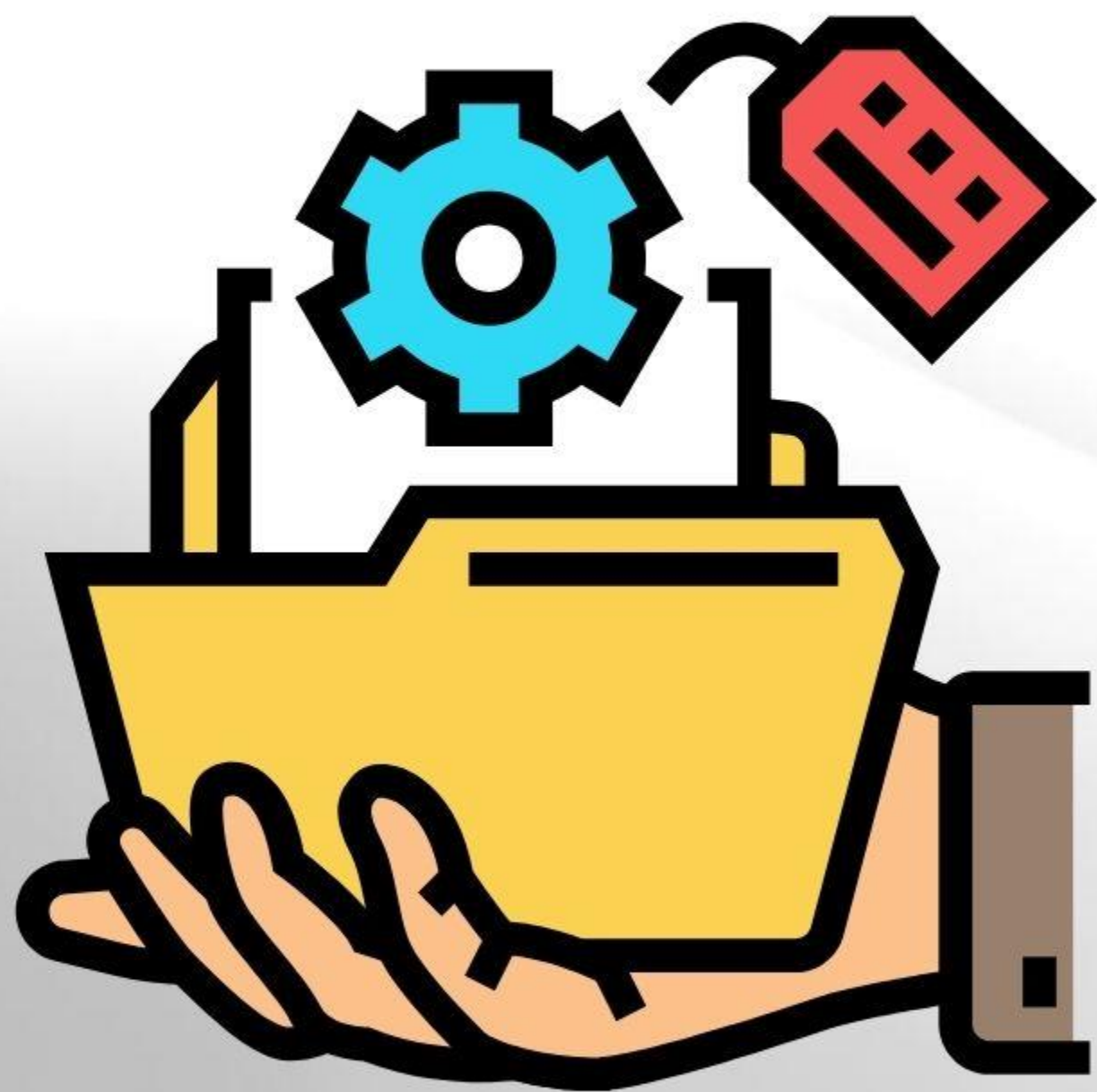
Recuerda que las ventas son la construcción de **relaciones**

Y NO UNA SIMPLE TRANSACCIÓN
DE INTERCAMBIO



Para conectar con tu cliente, **conócelo**

Y BUSCA PUNTOS EN COMÚN



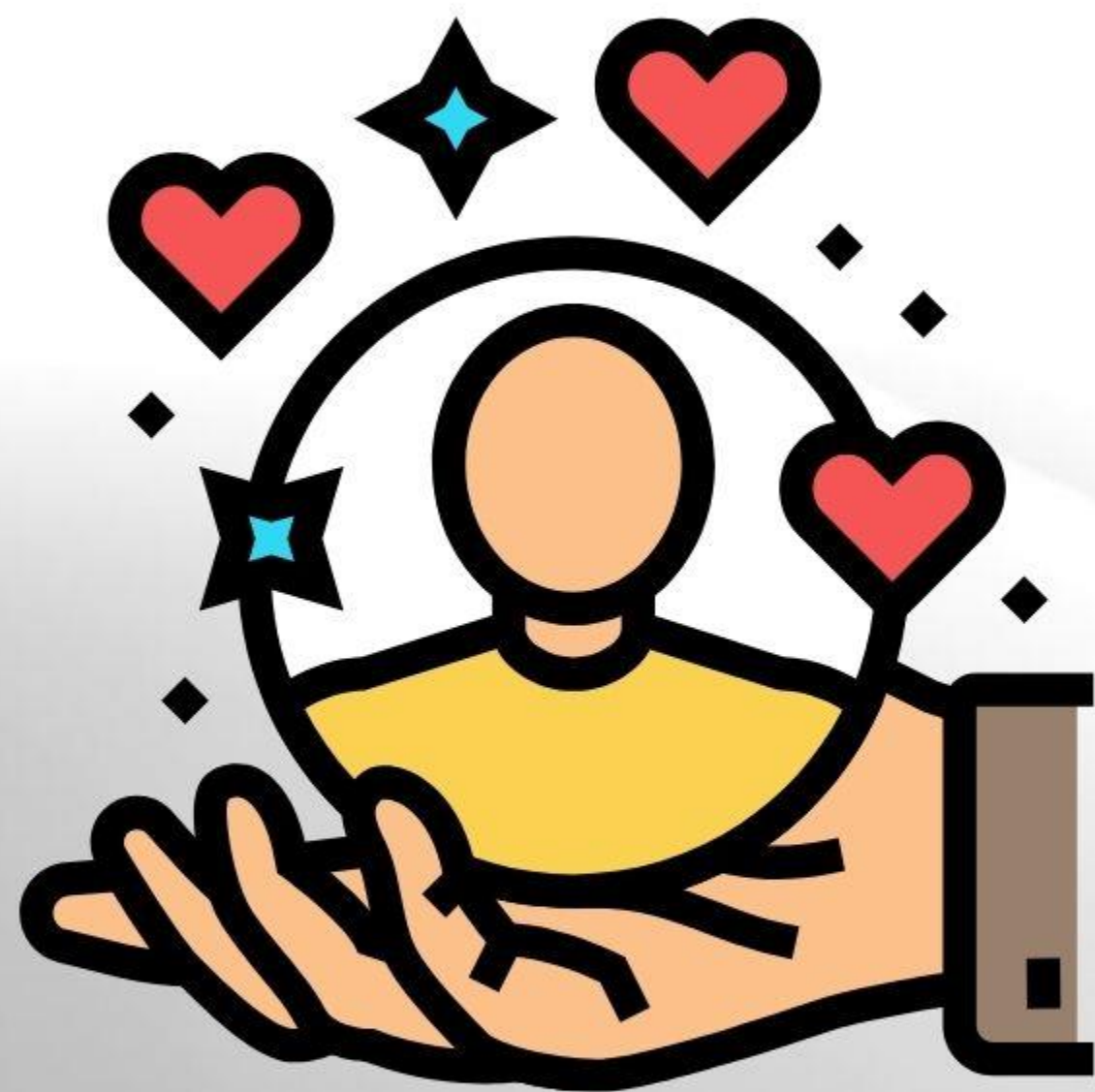
No hables de tus características

HABLA DE LO QUE TU CLIENTE
GANARÁ CON ELLAS



Busca pretextos para mantenerlo cerca

Y PRESENTE EN LA MENTE Y EN EL
CORAZÓN DE TU CLIENTE



**Empatiza con
tu cliente, no
olvides que
estás allí para
ayudar**

NO PARA VENDERLE



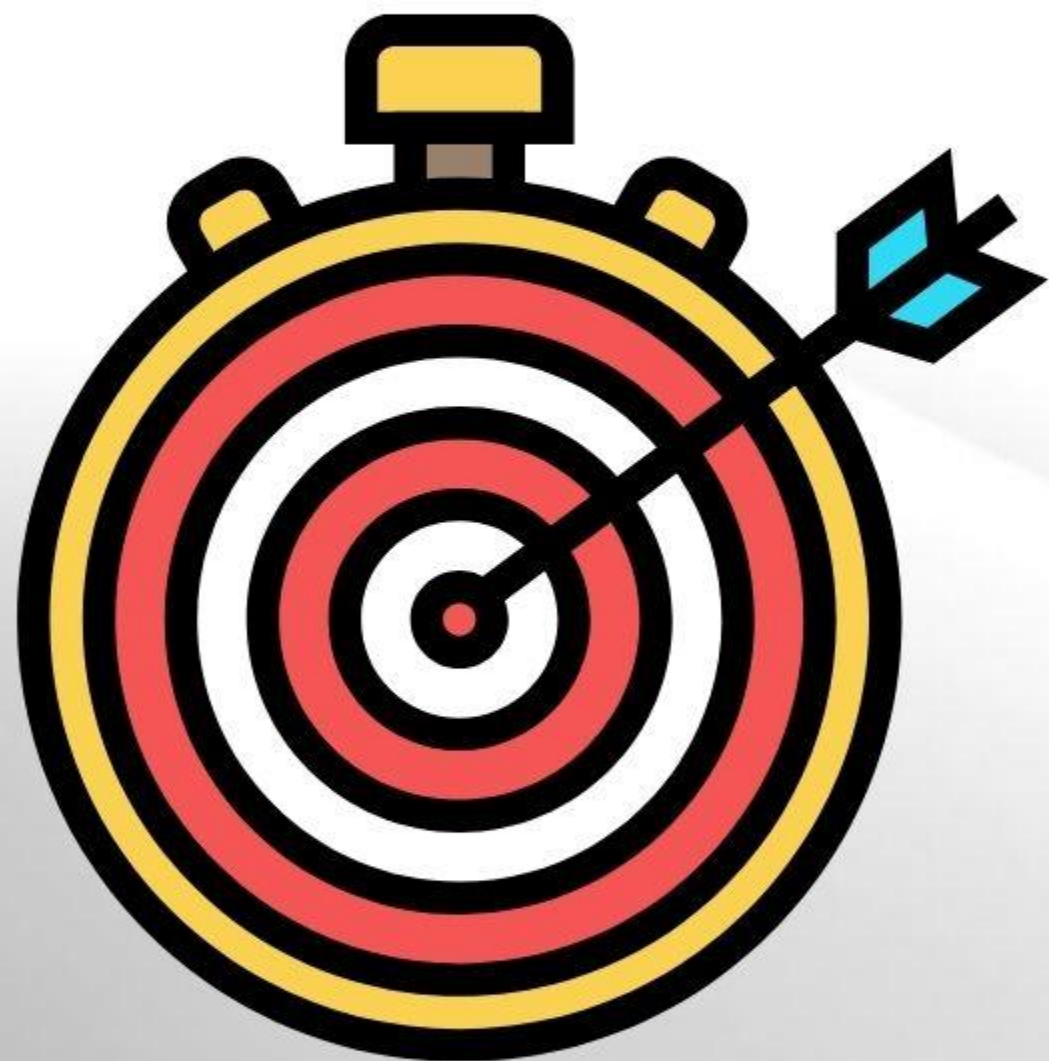
Cuida tu comunicación

VISUAL - CORPORAL - VERBAL - ESCRITA



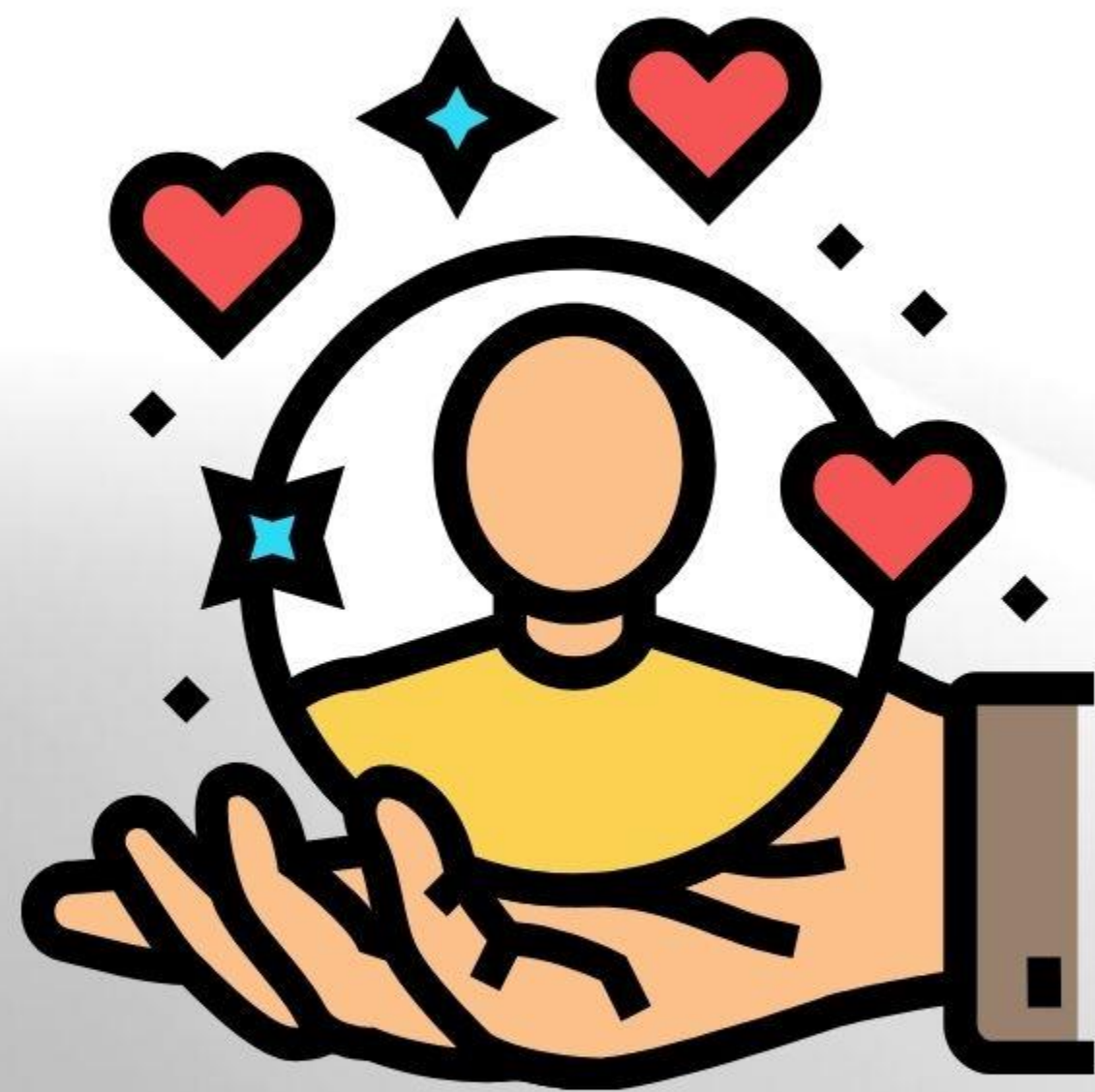
Los clientes hoy compran con la emoción

Y JUSTIFICAN CON LA RAZÓN



**Nunca
supongas, ve
a la fuente**

ESCUCHA LA VOZ DE TU CLIENTE



Entrega a tus clientes experiencias **UNICAS**

EN CADA CONTACTO QUE TENGAS
CON ÉL



Cumple siempre tu palabra y promesas

JAMÁS LE FALLES A TU CLIENTE



Cuida tus puntos de primera impresión

ATRAE SU ATENCIÓN CON TU
PRESENCIA



No hagas más de lo mismo, diferénciate

LO QUE NO SE DINTINGUE, SE
EXTINGUE



Cambia la palabra precio por valor

Y CONTRATO POR ACUERDO



Haz de tus entregas un show

SON EL INICIO DE UNA NUEVA
VENTA