

**IMPULSANDO EL
DESARROLLO**



HMV
INGENIEROS

IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

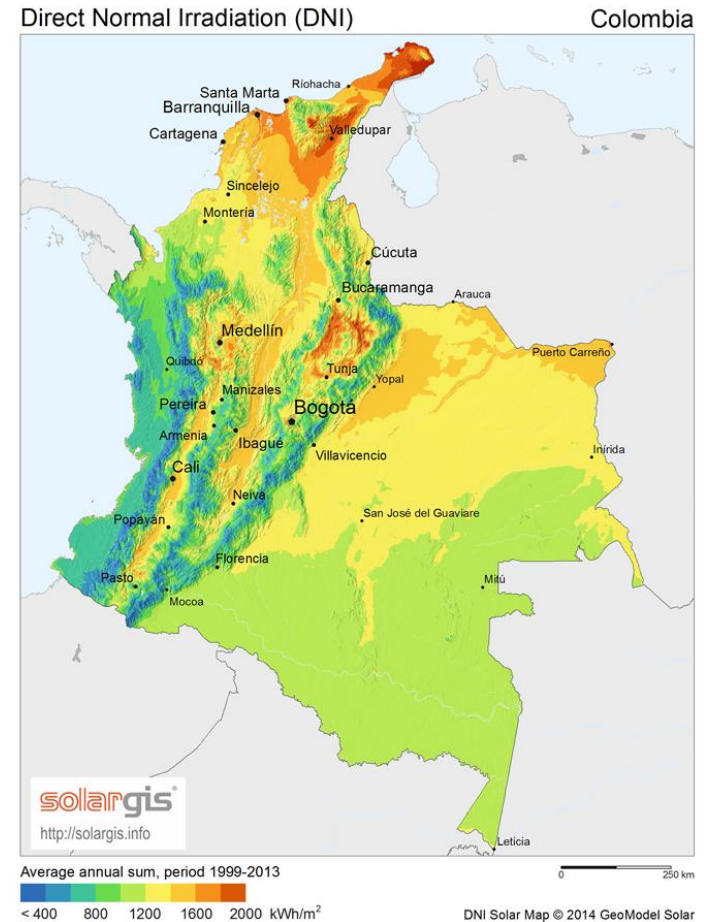
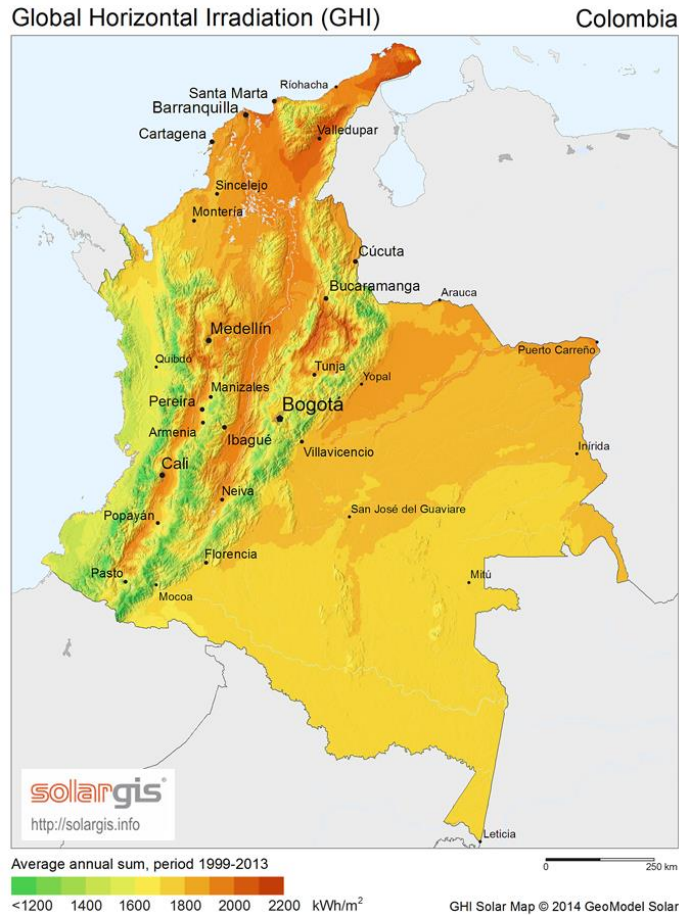
ASPECTOS CLAVES PARA TENER EN
CUENTA EN EL DISEÑO

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA
2. VERIFICACIÓN ÁREA DISPONIBLE
3. NORMATIVA PARA EL DISEÑO
4. PÉRDIDAS DEL SISTEMA
5. BATERÍAS

- 1. SELECCIÓN DEL SISTEMA**
2. VERIFICACIÓN ÁREA DISPONIBLE
3. NORMATIVA PARA EL DISEÑO
4. PÉRDIDAS DEL SISTEMA
5. BATERÍAS

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

DATOS CLIMATOLÓGICOS: Radiación solar en el emplazamiento



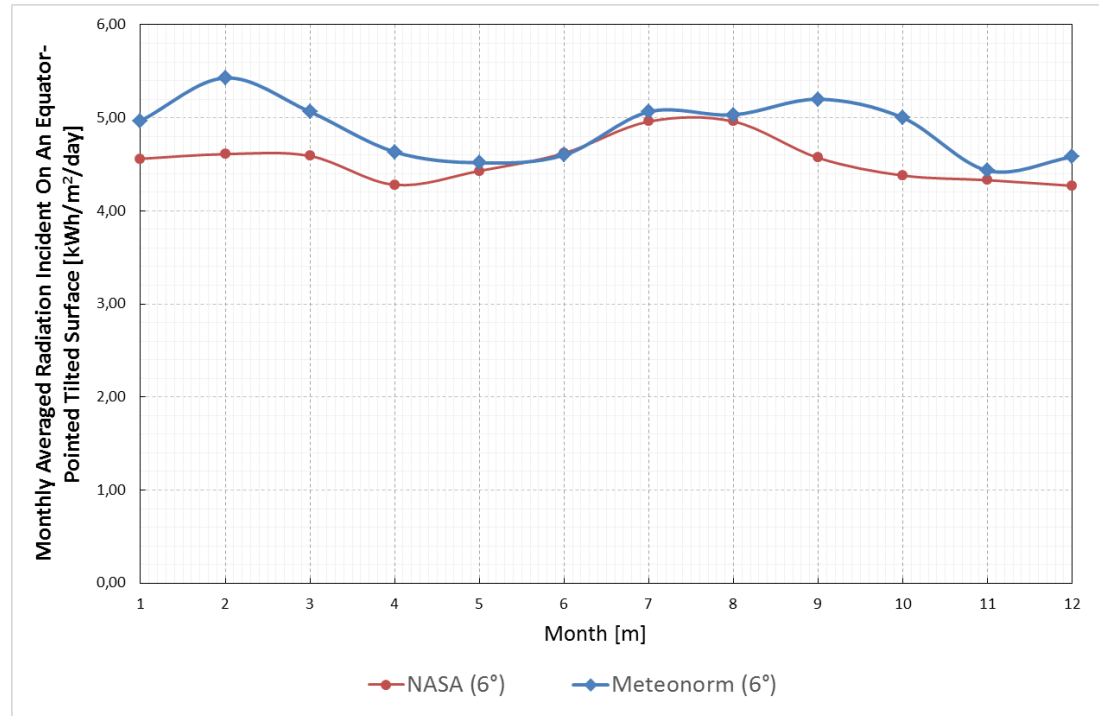
1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

Surface Meteorology and Solar Energy,
Atmospheric Science Data Center.

Información recogida durante 22 años
por medio de 200 satélites para un
lugar determinado. Web site:
<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
(1983 – 2005)

Meteotest **Meteonorm** (software).
Cobertura global con mas de 8000
estaciones meteorológicas y cinco
satélites estacionarios. Períodos
estándar entre 1991-2010 / 1996-
2015. Resolución espacial de 0,5°.

Información puntual de cada país:
UPME con el Atlas Solar, cuyos datos
de radiación son rangos amplios.



IMPORTANTE: MEDIDAS EN EL SITIO

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

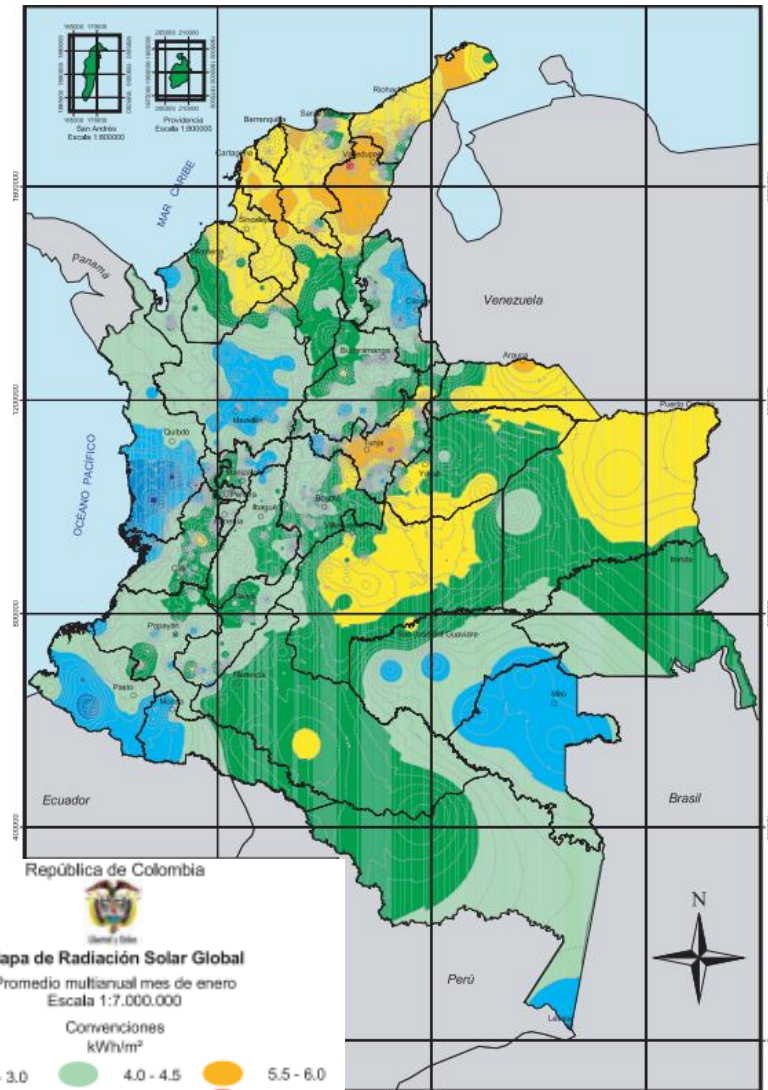
Surface Meteorology and Solar Energy,
Atmospheric Science Data Center.

Información recogida durante 22 años
por medio de 200 satélites para un
lugar determinado. Web site:
<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
(1983 – 2005)

Meteotest Meteonorm (software).
Cobertura global con mas de 8000
estaciones meteorológicas y cinco
satélites estacionarios. Períodos
estándar entre 1991-2010 / 1996-
2015. Resolución espacial de 0,5°.

Información puntual de cada país:
UPME con el Atlas Solar, cuyos datos
de radiación son rangos amplios.

IMPORTANTE: MEDIDAS EN EL SITIO



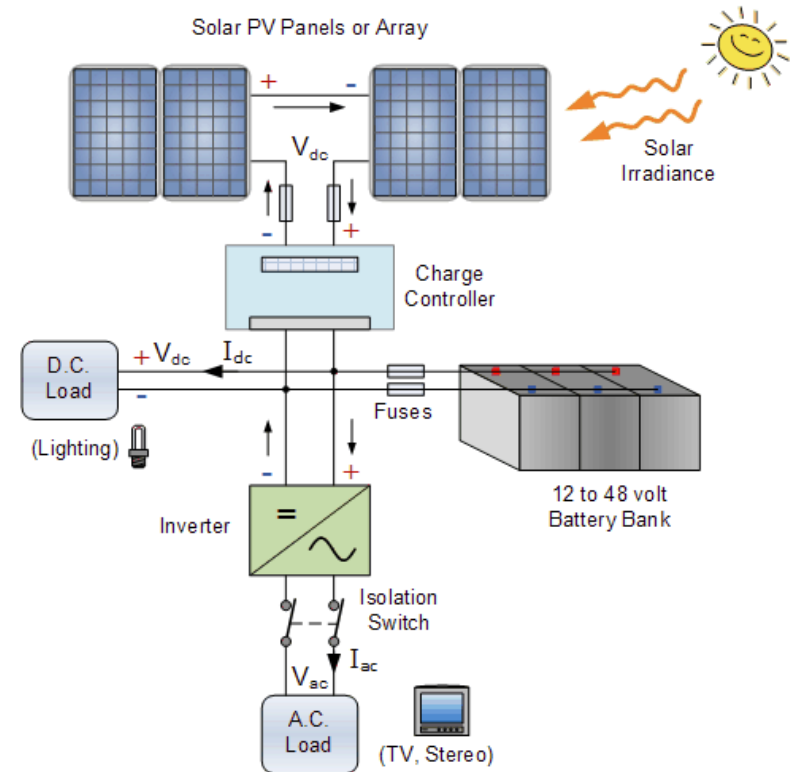
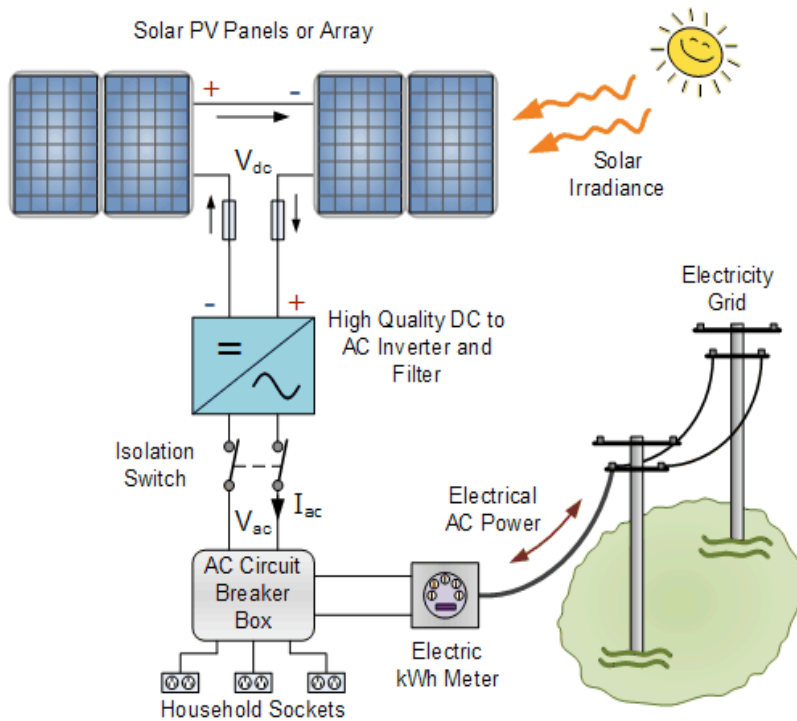
1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

¿Qué se quiere?

Energía consumo diurno, nocturno, ambas...

¿Qué tipo de sistema?

Conectado a red, aislado, con respaldo, híbrido...

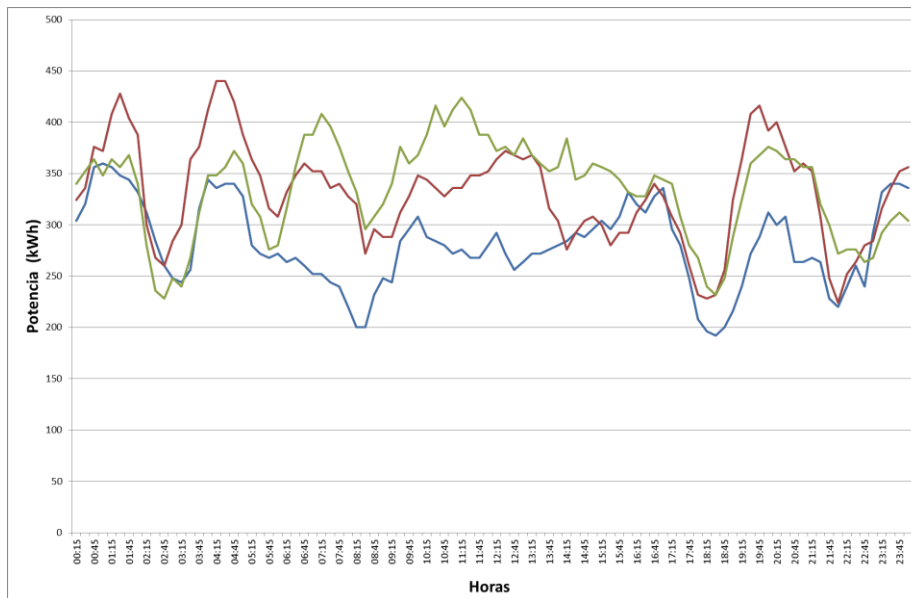


Meta: cálculo del sistema para proporcionar la energía esperada

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

CONSUMO: principal condición para determinar las características de un sistema fotovoltaico: CARGA

Conectado a Red



Curva de carga, ejemplo ilustrativo

Aislado

| Table 1: Residence Devices and Daily Energy Consumption | | | | | | | | |
|---|------|-----|----------|-------------|------------------------|-----------|----------|----------------|
| Individual Load | Qty. | V | Amps | Watts AC | * Use h/d | * Use d/w | ÷ 7 days | W.h AC |
| Ceiling Fan | 3 | 220 | 0.454545 | 120 | 8 | 7 | 7 | 690 |
| Coffee Maker | 1 | 220 | 2.727273 | 600 | 0.3 | 7 | 7 | 180 |
| Iron | 1 | 220 | 4.545455 | 1000 | 0.8 | 4 | 7 | 457.143 |
| Computer & Accessories | 1 | 220 | 0.568182 | 120 | 2 | 7 | 7 | 240 |
| Light, 4 Comp. | 4*15 | 220 | 0.272727 | 60 | 5 | 7 | 7 | 300 |
| Radio | 1 | 220 | 0.363636 | 80 | 4 | 7 | 7 | 320 |
| Refrigerator | 1 | 220 | 0.909091 | 200 | 12 | 7 | 7 | 2400 |
| Television | 1 | 220 | 0.568182 | 125 | 6 | 7 | 7 | 750 |
| Washing Machine | 1 | 220 | 1.136364 | 250 | 0.5 | 5 | 7 | 89.28571 |
| AC Total Connected Watts: | | | | 2555 | AC Average Daily Load: | | | 5696.43 |
| Total Average Energy Consumption 5696.426 approximated to 5700 | | | | | | | | |

Recent Advances in Renewable Energy Source , ISBN 978-1-61804-303-0

Tabulación y cuantificación

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

Centrales Fotovoltaicas tipo "UTILITY"

Objetivo: Producción de la mayor cantidad de energía posible

Concepción del proyecto:

- Recurso Solar (bases de datos meteorológicas)
- Viabilidad de conexión (simulaciones en horizonte 2019 -2028)
- Selección de áreas potenciales para el desarrollo de estos proyectos
- Restricciones socio-ambientales

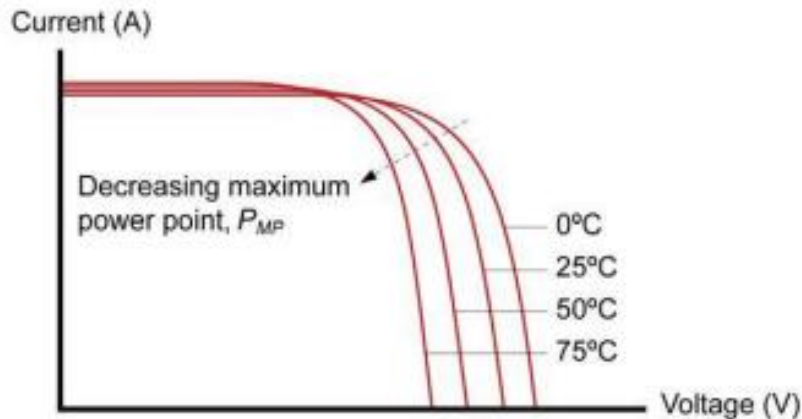


- 12 estudios de conexión radicados, equivalentes a 714 MW
- Procesos de aseguramiento de los terrenos

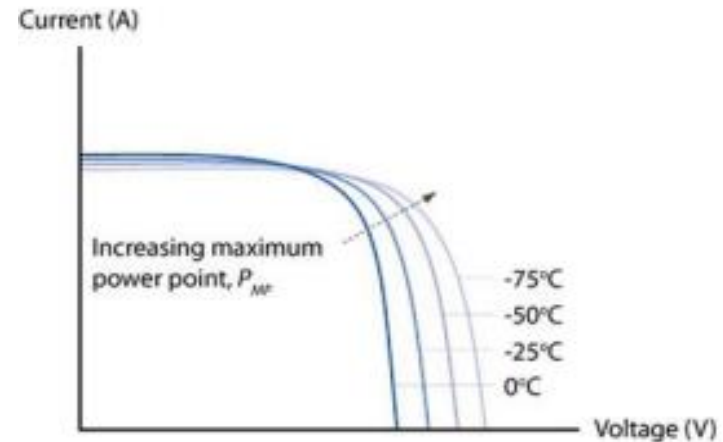
1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

TEMPERATURA: efecto significativo en la respuesta eléctrica del módulo

Cuando aumenta:



Cuando disminuye:



Fuente: Grid-Connected Solar Electric Systems. Earthscan. Stapleton, Neil (2017)

- Parámetro necesario para el diseño de los "strings" para no exceder el rango nominal del voltaje en los inversores.
- La ventilación limitada contribuye a que estas pérdidas se incrementen.

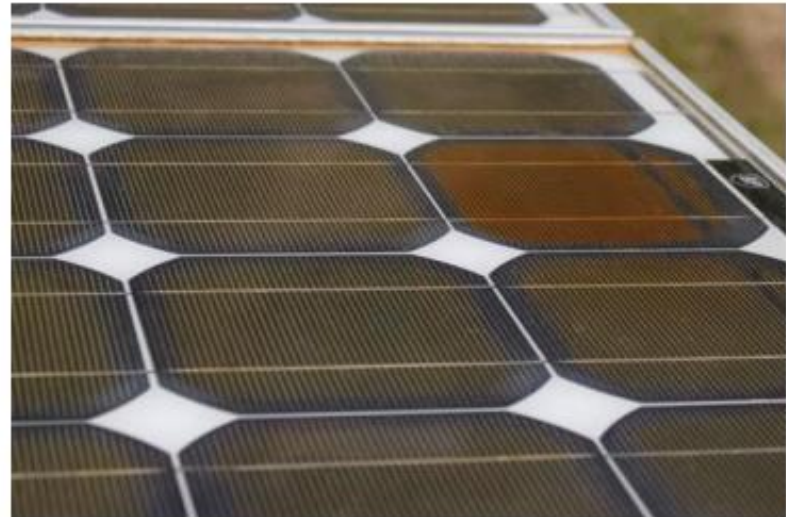
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

| Specification | Data |
|------------------------------------|--------------|
| Temperature Coefficient (Pmax) | -0.41 % / °C |
| Temperature Coefficient (Voc) | -0.31 % / °C |
| Temperature Coefficient (Isc) | 0.053 % / °C |
| Nominal Operating Cell Temperature | 45±2 °C |

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

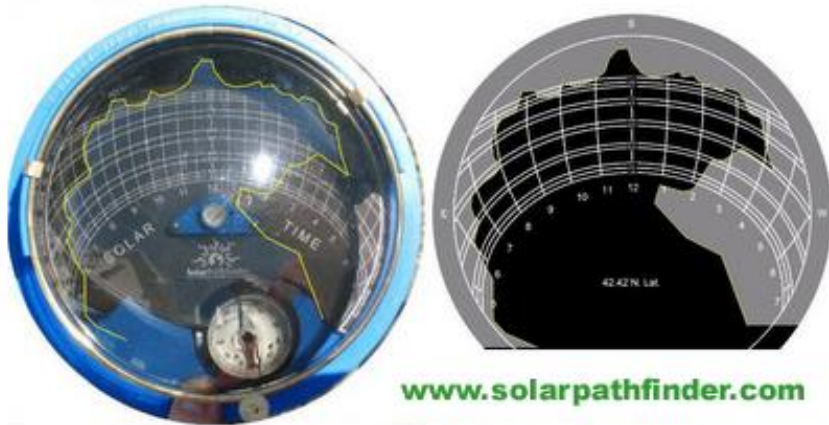
SOMBREADO:

- Normalmente las células están conectadas en serie, cuando una o mas células están sombreadas, la corriente de salida del módulo se ve reducida.
- Puede llevar a un daño irreversible – puntos calientes



Fuente: Grid-Connected Solar Electric Systems. Earthscan. Stapleton, Neil (2017)

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

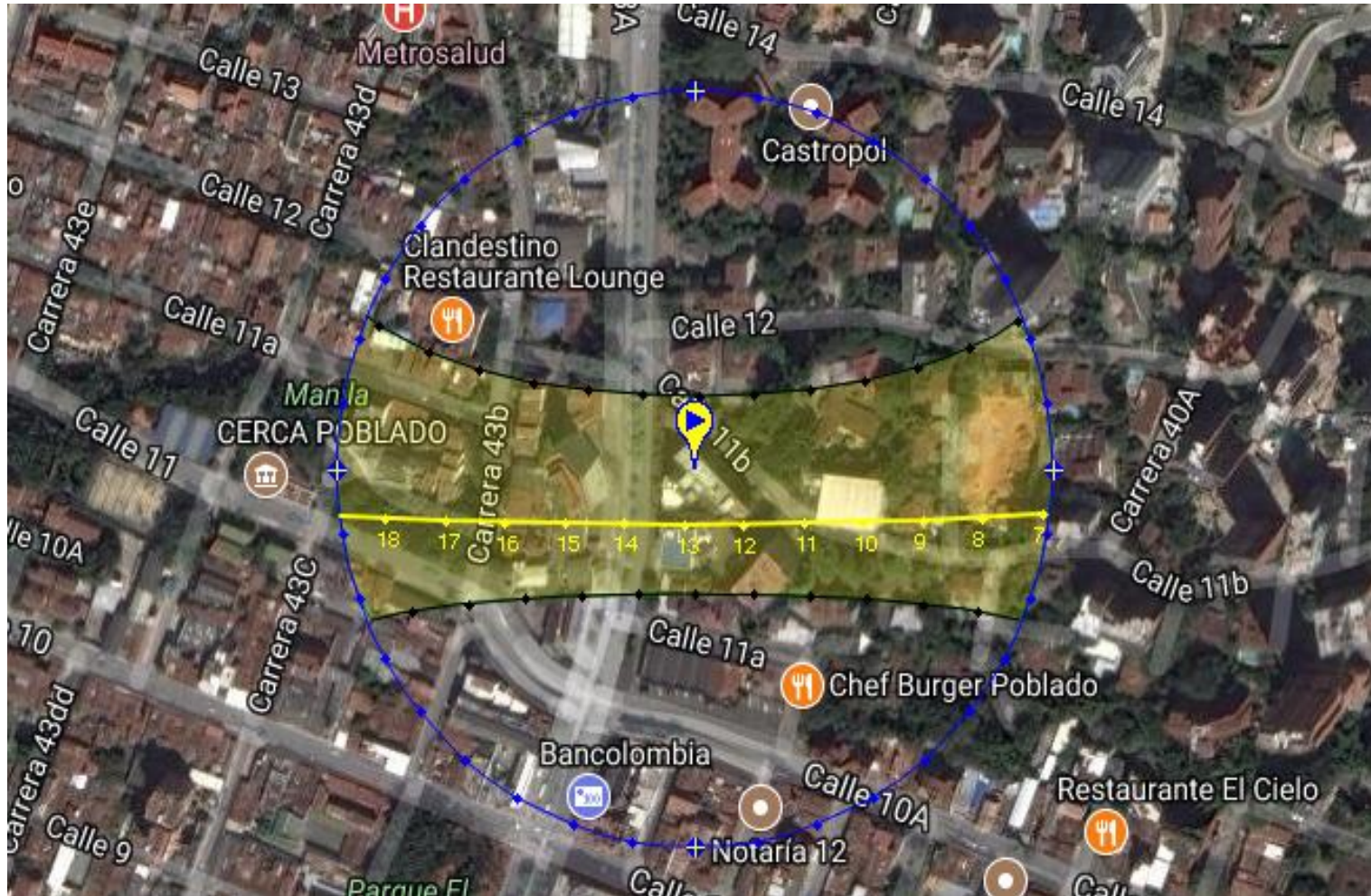


Identificación de los objetos que pueden causar sombreado y la cantidad de veces que ocurrirá en el año.



Fuente: Grid-Connected Solar Electric Systems. Earthscan. Stapleton, Neil (2017).

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA

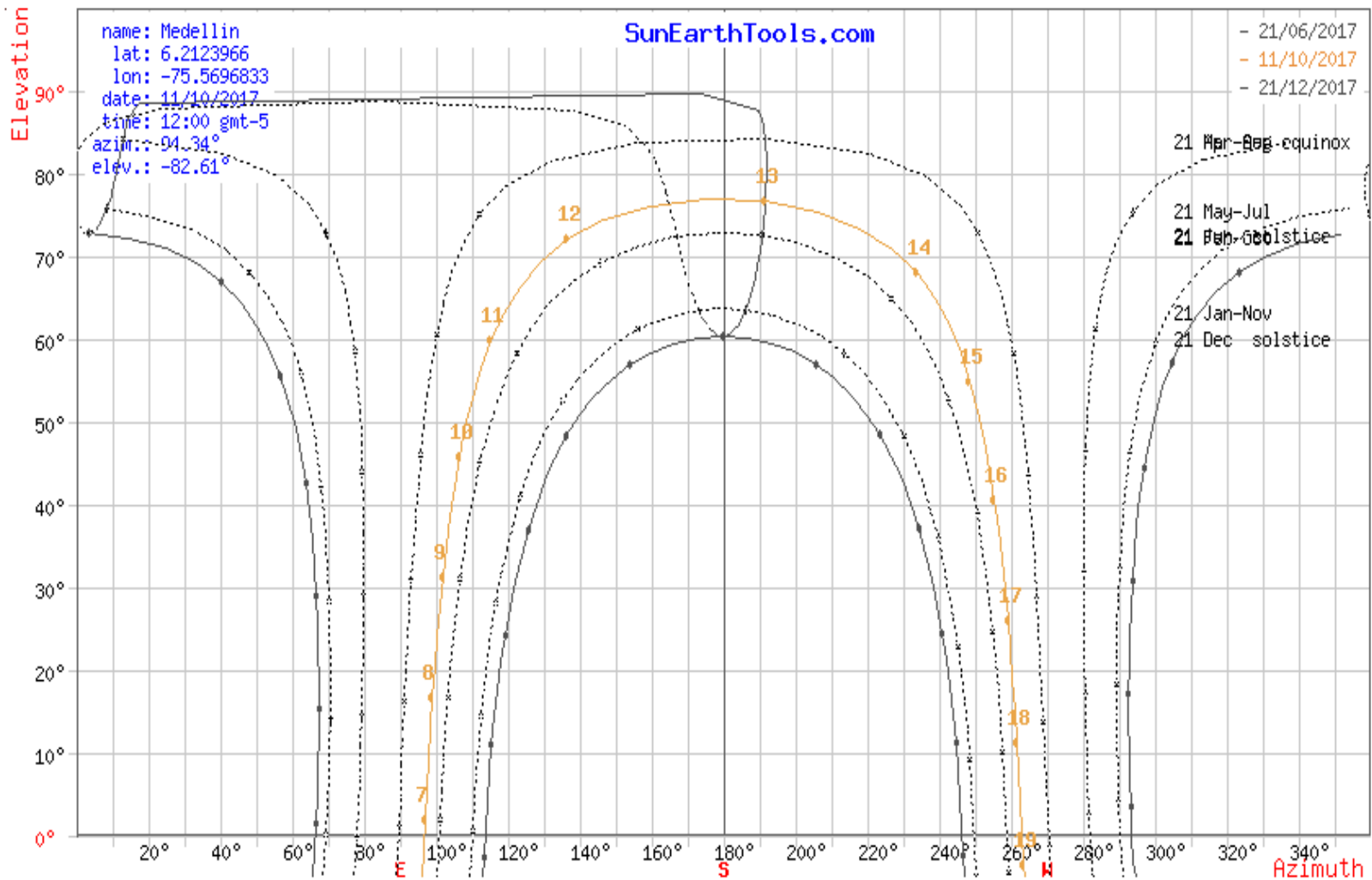


HMV Ingenieros Ltda, Sede Medellín. Trayectoria solar.

Latitud: 6,2123984 y Longitud: -75,569657

<https://www.sunearthtools.com>

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA



1. SELECCIÓN DEL SISTEMA
- 2. VERIFICACIÓN ÁREA DISPONIBLE**
3. NORMATIVA PARA EL DISEÑO
4. PÉRDIDAS DEL SISTEMA
5. BATERÍAS

2. VERIFICACIÓN ÁREA DISPONIBLE

Cubiertas:

- Lo ideal: para hemisferio norte, orientación al sur. Para hemisferio sur, orientación norte.
- Al instalar módulos sobre techo, su orientación es la misma, limita el rendimiento energético.
- Ángulo de inclinación: mayoría de los casos es el mismo que el del techo. Impacta directamente en el rendimiento energético.
- Evitar obstáculos, evaluar todas las posibilidades (libre de sombras)

Suelo:

- Topografía
- Aseguramiento del área en etapas tempranas del proyecto
- Aspectos de interconexión del sistema a la red (estudios de conexión)
- Restricciones socio-ambientales
- Vías de acceso

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA
2. VERIFICACIÓN ÁREA DISPONIBLE
- 3. NORMATIVA PARA EL DISEÑO**
4. PÉRDIDAS DEL SISTEMA
5. BATERÍAS

3. NORMATIVA PARA EL DISEÑO

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

IEEE 929 – IEEE Recommended Practice for utility interface of photovoltaic (PV) Systems.

IEEE 1547 series standard for interconnecting distributed resources with electric power systems.

IEEE P57.159/D6 – Draft Guide on transformers for application in distributed photovoltaic power generations systems.

ANSI/IEEE C37.2-2008 Standard Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms and Contact Designations

National Electrical Code (NEC)

NEC 690 Solar photovoltaic Systems

NEC 250 Grounding and bonding

Normas Técnicas Colombianas

NTC 2050 código eléctrico colombiano

International Organization for Standardization (ISO)

ISO 9845 Solar energy – Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions.

ISO 9060 Solar energy – Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation

ISO 9846 Solar energy – Calibration of a pyranometer using a pyrheliumeter

International Electrotechnical Commission (IEC)

IEC/TS 60904 Series Photovoltaic devices

IEC/TS 61215 Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval.

IEC/TS 62446 Grid-connected PV systems – Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection

IEC/TS 62040 series Uninterruptible power systems

IEC 61701 Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules

IEC 61829 Crystalline silicon photovoltaic (PV) array – On-site measurement of I-V characteristics.

IEC/TS 62116 Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures.

IEC/TS 62804 Photovoltaic modules – Test methods for the detection of potential-induced degradation.

IEC/TS 62852 Connectors for DC Application in photovoltaic systems – safety requirements and tests.

IEC/TS 62790 Junction Boxes for photovoltaic modules – safety requirements and tests

IEC/TS 60502 for cables between 1 kV to 36 kV

IEC/TS 60364 series for LV cabling

IEC/TS 60840 for cables rated for voltages above 30 kV and up to 150 kV

IEC/TS 61386 conduit systems for cable management

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA
2. VERIFICACIÓN ÁREA DISPONIBLE
3. NORMATIVA PARA EL DISEÑO
- 4. PÉRDIDAS DEL SISTEMA**
5. BATERÍAS

4. PÉRDIDAS DEL SISTEMA

Energía Generada (IDEAL) \longrightarrow $E_{sys} = P_{array_STC} \times H_{tilt}$

Orientación e
inclinación

Sombras
potenciales

Efecto de la
temperatura

Eficiencia de
equipos

Material
particulado

Tolerancias de
fabricación

Caída de tensión:

Entre el arreglo fotovoltaico y el inversor no superior al 3%

Entre el inversor y el tablero de distribución 1%

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA
2. VERIFICACIÓN ÁREA DISPONIBLE
3. NORMATIVA PARA EL DISEÑO
4. PÉRDIDAS DEL SISTEMA
- 5. BATERÍAS**

5. BATERÍAS

- Variabilidad cíclica de la radiación solar
- Suministro de potencia y energía en los periodos de tiempo en los que la demanda es superior
- Mantener un nivel de tensión estable



Componente más costoso de un sistema autónomo.

Potencialmente el más peligroso si no se maneja, instala y mantiene de forma adecuada.

Fuente: Mayquist Technologies.
<http://mayquisttech.com/off-grid-power-sources/battery-bank/>

5. BATERÍAS

Factores importantes para el dimensionamiento:

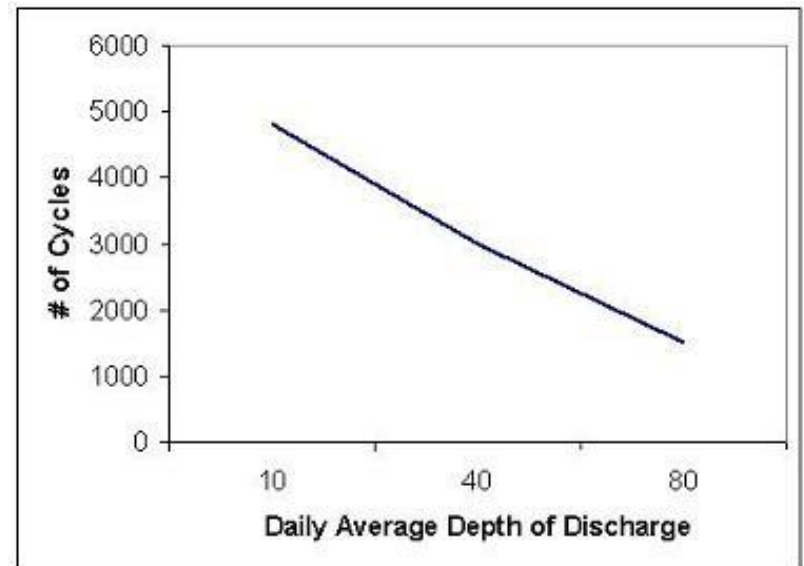
- Energía diaria (Wh, kWh)
- Días de autonomía
- Capacidad
- Profundidad de descarga (límite)
- Condiciones ambientales

Factores que afectan el comportamiento:

- Ciclos de carga y descarga
- Temperatura (elevada) -> deterioro vida útil
- Gasificación (plomo-ácido)
- Sulfatación

Pautas:

- Mantenimiento periódico
- Ventilación
- Adecuar un espacio exclusivo
- Equilibrio de la temperatura
- Seguir pautas del fabricante



Fuente: BTEK Energy, <http://www.btekenenergy.com>

1. SELECCIÓN DEL SISTEMA
2. VERIFICACIÓN ÁREA DISPONIBLE
3. NORMATIVA PARA EL DISEÑO
4. PÉRDIDAS DEL SISTEMA
5. BATERÍAS

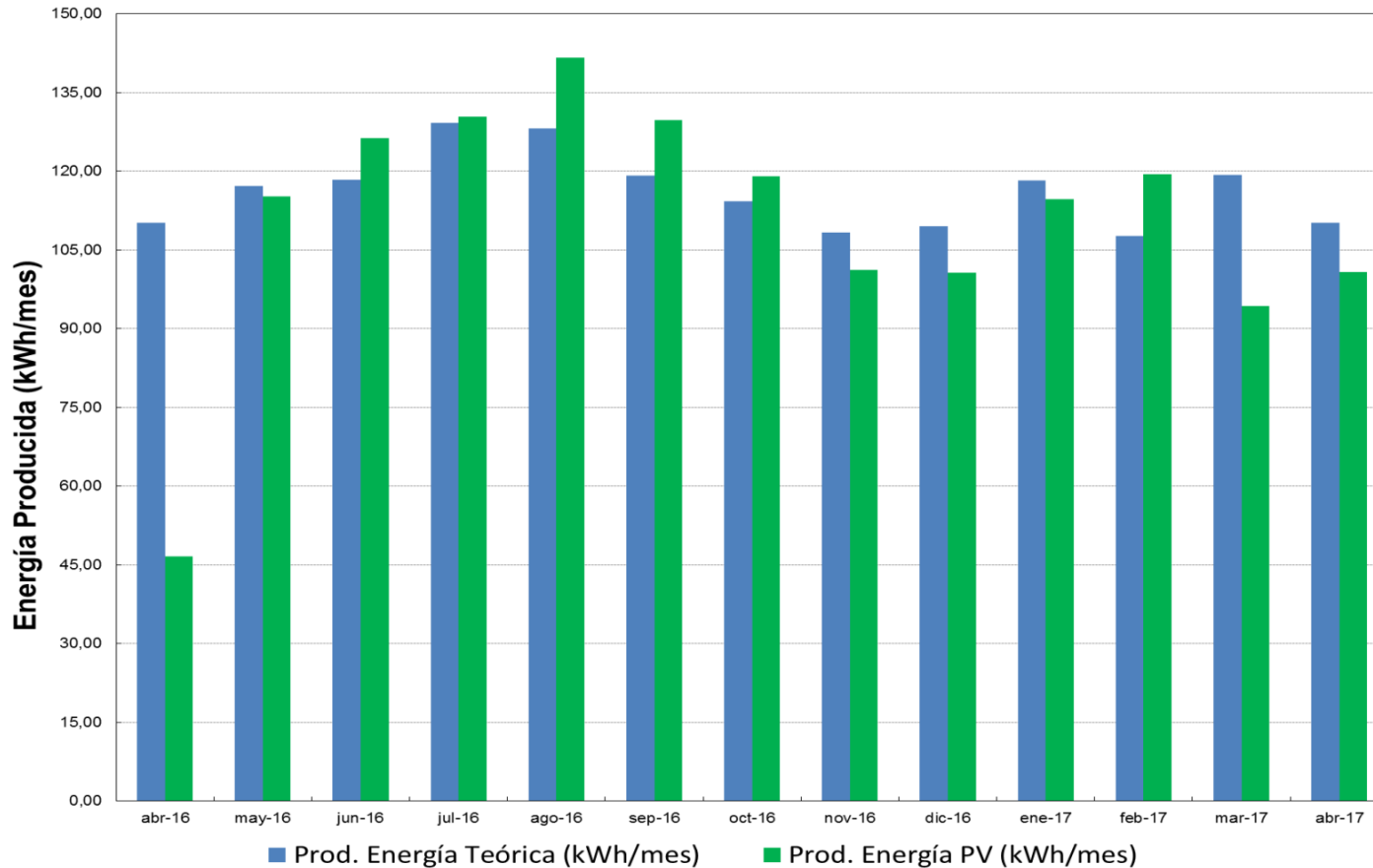
Proyecto de Validación H MV Ingenieros

Proyecto de implementación de sistemas fotovoltaicos en la sede principal de H MV Ingenieros.



Proyecto de Validación H MV Ingenieros

Producción de energía vs estimación de energía (unitaria)



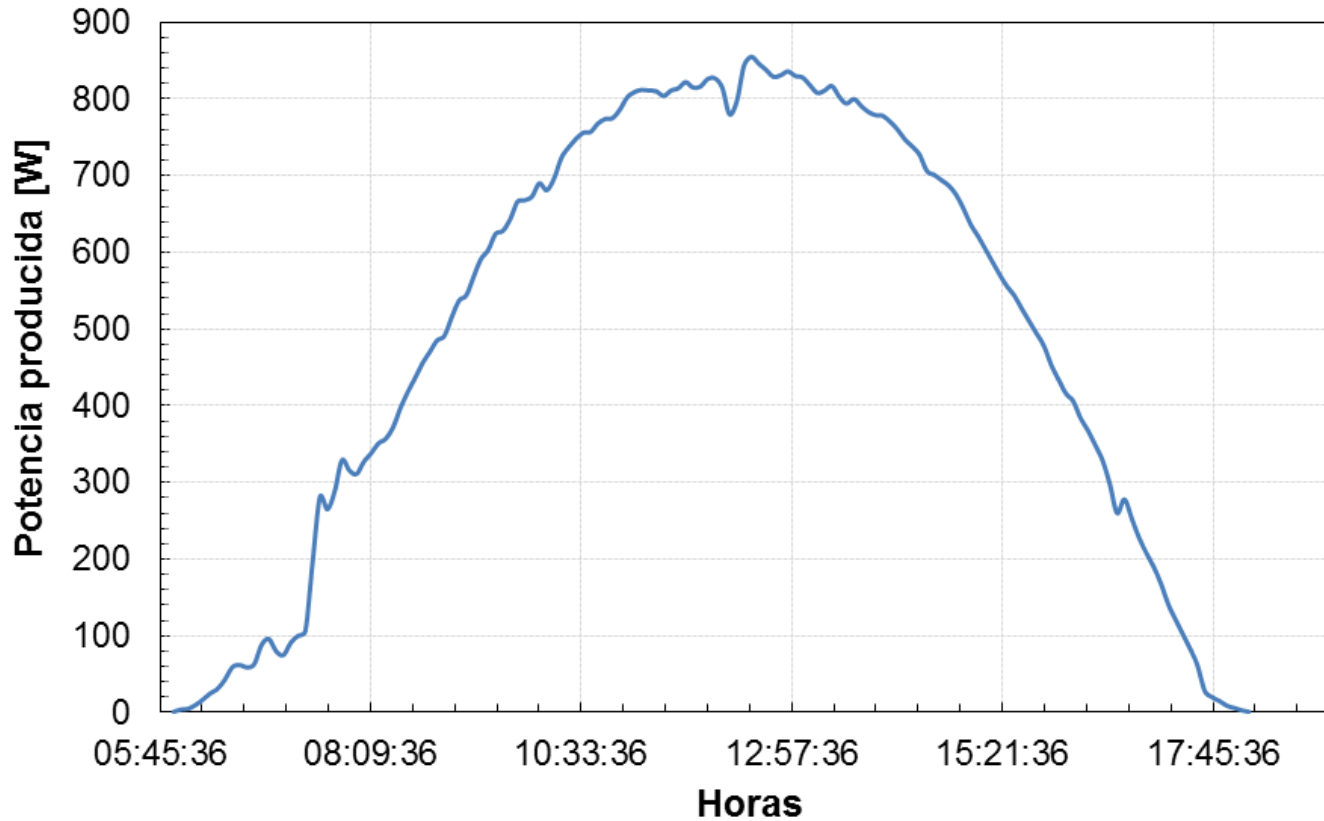
Proyecto de Validación H MV Ingenieros

| Tiempo | Prod. Energía Teórica (kWh/mes) | Factor Planta Teórico | Prod. Energía PV (kWh/mes) | Factor Planta Real |
|--------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| abr-16 | 110,13 | 15,30% | 46,55 | 6,47% |
| may-16 | 117,25 | 16,29% | 115,18 | 16,00% |
| jun-16 | 118,33 | 16,43% | 126,26 | 17,54% |
| jul-16 | 129,24 | 17,95% | 130,39 | 18,11% |
| ago-16 | 128,20 | 17,81% | 141,66 | 19,68% |
| sep-16 | 119,22 | 16,56% | 129,77 | 18,02% |
| oct-16 | 114,34 | 15,88% | 119,09 | 16,54% |
| nov-16 | 108,40 | 15,06% | 101,24 | 14,06% |
| dic-16 | 109,49 | 15,21% | 100,68 | 13,98% |
| ene-17 | 118,22 | 16,42% | 114,72 | 15,93% |
| feb-17 | 107,73 | 14,96% | 119,48 | 16,59% |
| mar-17 | 119,31 | 16,57% | 94,36 | 13,11% |
| abr-17 | 110,13 | 15,30% | 100,75 | 13,99% |

Factor planta estimado: 16,13 %

Factor planta real: 15,39 %

Proyecto de Validación H MV Ingenieros



Potencia [W] producida para el 23 de Agosto de 2016, equivalentes a 6,078 kWh/kWp instalado

Proyecto de Validación H MV Ingenieros



Fase 1



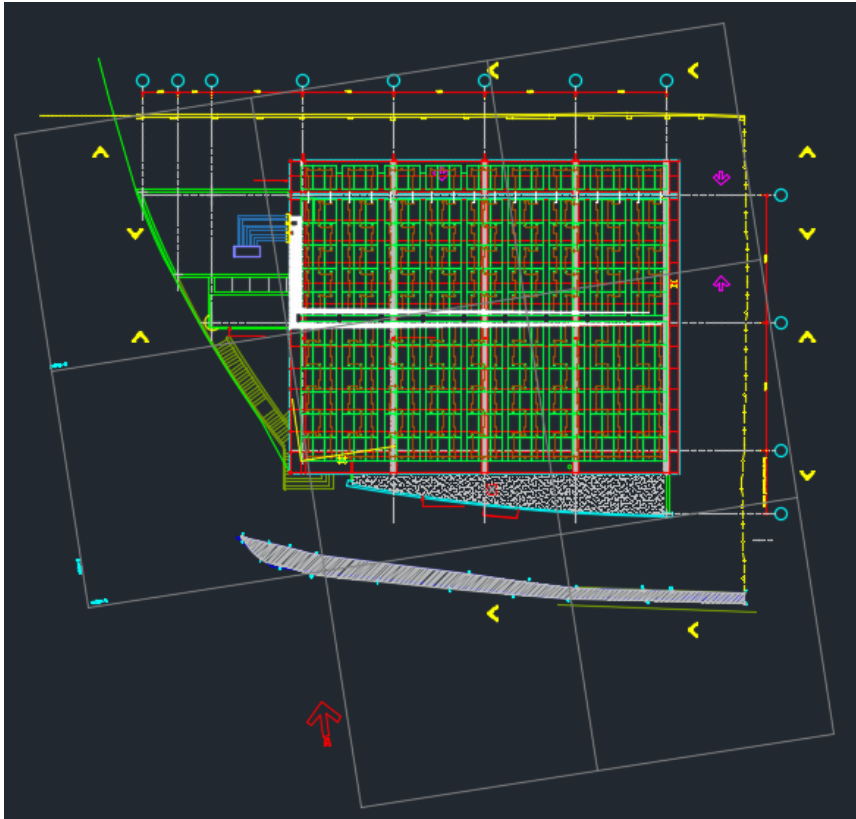
Proyecto de implementación de sistemas fotovoltaicos en la sede principal de H MV Ingenieros.

Sistema fotovoltaico 15 kWp Torre 1 – Fase 2

48 módulos silicio policristalino, 12 micro-inversores

Proyecto de Validación H MV Ingenieros

Fase 3: 100 kWp



324 módulos silicio policristalino

5 inversores, 20 kW

Aporte solar al consumo: 50%

Energía Estimada: 134 MWh/año

Producción específica: 1340 kWh/kWp



Desarrollo completo del proyecto

Proyecto de Validación H MV Ingenieros

Energía de construcción: instalación fotovoltaica

- PCH San Matías
- SE Barranca



Generación de energía eléctrica en zonas con menor radiación

Potencia Nominal: 3 kWp

9 módulos fotovoltaicos

Inversor centralizado



INFORMACIÓN DE CONTACTO

MUCHAS GRACIAS!

Miguel García Vélez
Coordinador de Proyectos ERNC
mvelez@h-mv.com

Tel: (574) 3706666
FAX: (574) 3122298
www.h-mv.com



**IMPULSANDO EL
DESARROLLO**

Nuestras Sedes

HMV Ingenieros Ltda.
Colombia, Medellín
Carrera 43 A # 11 A - 80
El Poblado
Tel: (574) 370 66 66
Fax: (574) 312 22 98

HMV Ingenieros Ltda.
Colombia, Bogotá
Calle 70 # 7 - 30 Pisos 3,4,5 y 7
Edificio Séptima Setenta
Tel: (571) 643 9500
Fax: (571) 211 4577

HMV Ingenieros Ltda. Sucursal Perú,
Perú, Lima
Avenida El Derby 250, Ed. Capital
Derby, Oficina 1601, Santiago de
Surco
Tel: (+51-1) 7158500

HMV Chile,
Chile, Santiago de Chile
Av. Isidora Goyenechea 3000
Piso 16, Oficina 1602
Tel: (562) 2959 6600

JPPA, Filial HMV Ingenieros
Brasil, Porto Alegre
Rua Dr. Barros Cassal 180/501
Tel: (55 51) 2123-9000
Fax: (55 51) 2123-9001

HMV ENGINEERS LLC
7380 W Sand Lake Road
Suite 576E
Orlando, FL 32819
Tel (+1 407) 352 39 60

HMV Engineers of Trinidad Ltd.
Trinidad & Tobago, Chaguanas
Corner Bijlah Road and Uriah Butler
Highway
Tel: (868) 221 0675
Fax: (868) 468 1571

HMV Ingenieros Ltda. Panamá,
Panama City
Bella Vista, Jose Marti, Local # 3,
Lupita 3
Tel: (507) 2637702
Fax: (507) 2640320