



MICOL S.A.
MONTAJES DE INGENIERÍA DE COLOMBIA



GOBERNACION DEL VALLE DEL CAUCA

SECRETARIA DE VIVIENDA Y HABITAT

PROYECTO INSTALACION DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INCLUIDO LOS ESTUDIOS DE DIAGNOSTICO, DISEÑOS E IMPLEMENTACION, EN EL RESGUARDO INDIGENA DRUA DO ASENTAMIENTO QUIVAREGAMA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TRUJILLO, VALLE DEL CAUCA

SANTIAGO DE CALI, NOVIEMBRE DE 2018



CONTENIDO

INTRODUCCION	3
1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO	4
2. DESCRIPCION DE LA SOLUCION	5
2.1. DESCRIPCION DE COMPONENTES	6
2.1.1. OBRA CIVIL	6
2.1.2. OBRA ELECTRICA	7
3. CONSIDERACIONES ADICIONALES	8
4. ANEXOS	9
Anexo 1 – Cálculo estructura metálica	10
Anexo 2 – Cálculos eléctricos	15
Anexo 3 – Planos	27



MICOL S.A.
MONTAJES DE INGENIERÍA DE COLOMBIA



INTRODUCCION

Las energías renovables se están convirtiendo en una opción cada vez más accesible, no solo para suplir las necesidades energéticas de grandes empresas, sino para las viviendas particulares.

En este sentido, uno de los productos de mayor auge en la actualidad es el de los paneles solares, los cuales debido a su tamaño, peso y facilidad de instalación son la alternativa más práctica para generar energía de forma autónoma.

Aprovechar la energía solar es una forma de reducir gastos y contribuir al cuidado del medio ambiente.

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

BENEFICIARIO	RESGUARDO INDIGENA DRUA DO ASENTAMIENTO QUIVAREGAMA
UBICACIÓN	MUNICIPIO DE TRUJILLO
COORDENADAS	LATITUD: 4.260331; LONGITUD: -76.278823
CONTACTO	AIDA GUTIERREZ - 3165334943

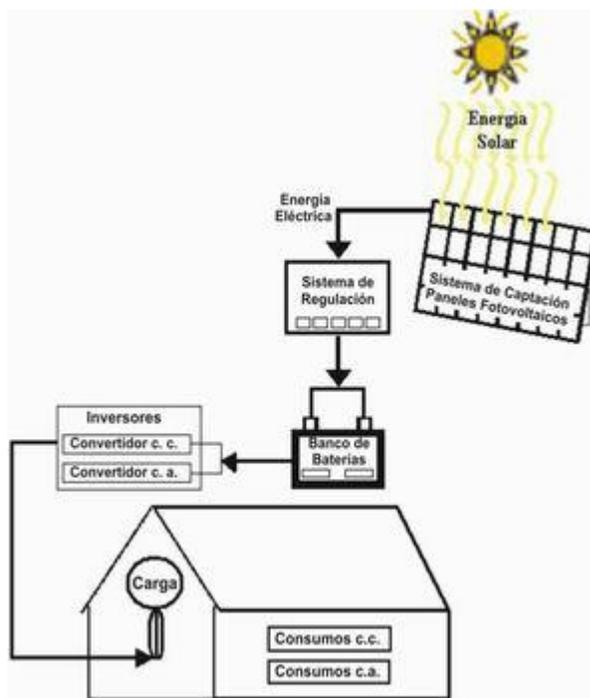
MAPA DE UBICACION



2. DESCRIPCION DE LA SOLUCION

- INSTALACION DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Se caracteriza por ser una solución de instalación sencilla con la particularidad de que puede ubicarse en los techos de las viviendas o en el piso. Está compuesto por un conjunto de paneles solares, los cuales reciben la radiación del sol y son los encargados de generar la energía eléctrica. Estos paneles producen electricidad de corriente directa (DC), la cual es llevada por líneas conductoras a un dispositivo inversor que la convierte en corriente alterna (AC), para ser usada en el sitio requerido. Asimismo, parte de la energía se almacena en baterías que proveen del servicio eléctrico durante la noche.



- MEJORAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA LOCATIVA

Consiste en el mejoramiento de la infraestructura física de la caseta comunal, lugar que es utilizado para la formación académica de los niños y para las reuniones de la comunidad. Las obras consisten en reemplazar la estructura actual, construida en madera y techo de plástico sobre un piso en tierra, por una estructura metálica soportada en pedestales de concreto, una cubierta en teja galvanizada y un contrapiso en concreto reforzado abarcando un área de 98 m².



2.1. DESCRIPCION DE COMPONENTES

2.1.1. OBRA CIVIL

- CIMENTACION EN CONCRETO REFORZADO

Corresponde a la construcción de zapatas individuales de 50x50x20 cm enlazadas entre sí por una viga de cimentación de 25x20 cm.

- RELLENO COMPACTADO

Corresponde al mejoramiento del suelo que servirá de soporte al contrapiso mediante la colocación y compactación de un relleno en material granular de 12 cm de espesor.

- PEDESTALES EN CONCRETO REFORZADO

Corresponde a la construcción de las bases de 25x25x50 cm sobre la que se apoyará la estructura metálica.

- CONTRAPISO EN CONCRETO REFORZADO

Corresponde a la fundición de un piso de 8 cm de espesor reforzado con malla electrosoldada para proveer una superficie plana a la caseta.

- ESTRUCTURA METALICA

Corresponde a las columnas, vigas, y correas que soportarán la cubierta. Las columnas y vigas serán de elementos estructurales metálicos tipo tubo rectangular y las correas tipo perlín. Para facilitar el montaje dicha estructura será pernada.

- CUBIERTA METALICA

Corresponde a las tejas y caballetes galvanizados que conformarán el techo de la caseta cubriendo un área de 98 m² (14x7 m).

- ESTRUCTURAS PARA OBRAS ELECTRICAS

Corresponde a la construcción de las bases sobre las que se apoyarán los paneles solares y el murete donde se alojarán las baterías y demás elementos eléctricos.

2.1.2. OBRA ELECTRICA

- PANELES SOLARES

Corresponde a los elementos que generarán 2000 W de energía eléctrica, se ubicarán en el piso a un lado de la caseta.

- INVERSOR

Corresponde al dispositivo que convierte la corriente directa (DC) producida por los paneles en corriente alterna (AC) para ser consumida en la caseta.

- BATERIAS

Corresponde a los elementos encargados de acumular la energía producida.

- ACOMETIDA

Corresponde a la tubería y el cableado que conducirá la energía producida desde los paneles solares hasta las baterías y demás elementos.

- ILUMINACION

Corresponde a las lámparas y reflectores que iluminarán la caseta y sus alrededores.





3. CONSIDERACIONES ADICIONALES

- El proyecto planteado pretende mejorar y proveer de energía eléctrica única y exclusivamente las instalaciones de la caseta.
- Una vez culmine la construcción de todas las obras y el montaje de todos los elementos eléctricos, la solución entrará en una etapa de pruebas, optimización y puesta a punto.
- Finalmente se capacitará a la(s) persona(s) designadas por la comunidad en la operación y mantenimiento del sistema.



MICOL S.A.
MONTAJES DE INGENIERÍA DE COLOMBIA

ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007
BUREAU VERITAS
Certification

CO18.02528 / CO18.02530 / CO16.00749



4. ANEXOS



MICOL S.A.
MONTAJES DE INGENIERÍA DE COLOMBIA

ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

BUREAU VERITAS
Certification

CO18.02528 / CO18.02530 / CO16.00749



ANEXO 1

CALCULO ESTRUCTURA METALICA

CALCULO DE LAS CERCHAS

REACCIONES EN LAS CERCHAS:

Se calcularán las fuerzas que intervienen como cargas en la estructura.

Fuerza del viento $P = (0.00256V^2) = 0.613 V^2$ siendo conservadores se usará una velocidad del viento de 100 km/h

Cargas del viento $P_v = A_x P_x C_d$

A = Area de impacto del viento

C_d = Coeficiente de arrastre = 2 para superficies planas

P = Presión del viento $P = 0.613 \times 27,77 = 17.02 \text{ N/ m}^2$

$V = 100 \text{ km/h} = 27.77 \text{ m/s}$

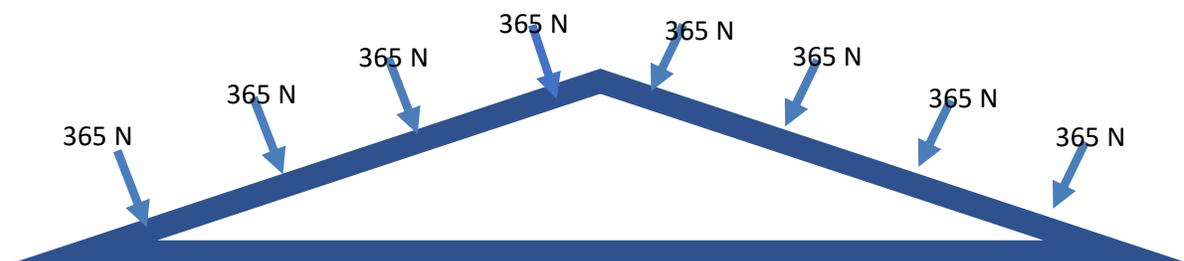
$P = (0.00256V^2) = (0.00256 \times 100^2) = 25,6 \text{ kg/m}^2$

$P_v = A_x P_x C_d \quad A = 14 \times 7 = 98 \text{ m}^2 \quad P_v = 98 \text{ m}^2 \times 17.02 \text{ N/ m}^2 \times 2 = 3336 \text{ N}$

Peso propio de la cubierta.

Se estima un peso por teja de 8 Kg para un total de 38 tejas el peso sería $P_{teja} = 38 \times 8 = 394 \text{ kg}$

$P_{teja} = 2982 \text{ N}$



P_c = Peso de la cercha $P_c = 102,2 \text{ kg} = 1002,6 \text{ N}$ las 5 cerchas pesan $511 \text{ kg} = 5020 \text{ N}$

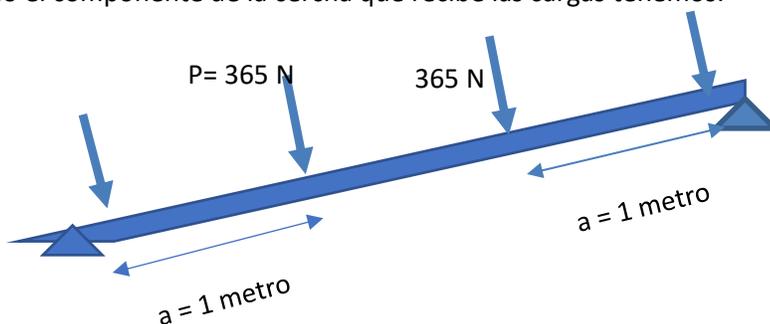
$P_{correas} = 336 \text{ kg} = 3296 \text{ N}$

Carga total del techo

$P_{total} = P_v + P_c + P_{correas} + P = 3336 \text{ N} + 5020 \text{ N} + 3296 \text{ N} + 2982 \text{ N} = 14636 \text{ N}$

Peso sobre cada cercha = $14636 / 5 = 2926 \text{ N} = 2,93 \text{ KN}$

Analizando el componente de la cercha que recibe las cargas tenemos:



$$\delta_{\max} = Pa (3L^2 - 4a^2) / 24EI$$

$$L = 3.2 \text{ m} \quad P = 365 \text{ N} \quad a = 1 \text{ m} \quad E = 200 \text{ Gpa} \quad I = 298.57 \text{ cm}^4 = 0,0000029857 \text{ m}^4$$

$$\delta_{\max} = 365 * 1 (3 * 3.2^2 - 4 * 1^2) / 24 * 200000000000 \text{ pa} * 0,0000029857 \text{ m}^4$$

$$\delta_{\max} = 9752 \text{ N m}^3 / 1433136 \text{ m}^2 \quad \delta_{\max} = 9752 \text{ N m}^3 / 1433136 \text{ m}^2 = 0.0068 \text{ m} = 6.80 \text{ mm}$$

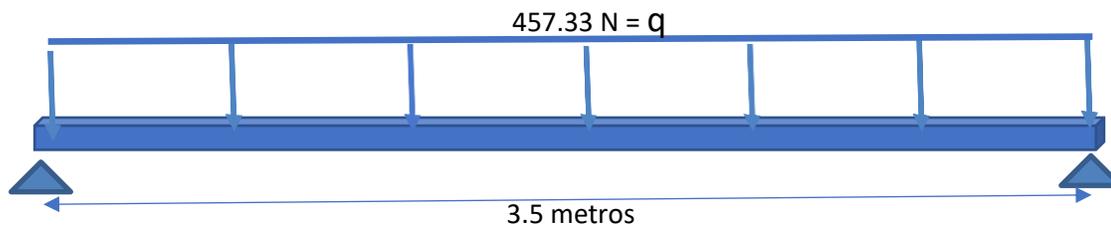
la deflexión máxima admitida para una viga apoyada es L/250

$$\delta_{\max \text{ permitida}} = 3.2 \text{ m} / 250 = 12.8 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max \text{ permitida}} \geq \delta_{\max} \quad \delta_{\max \text{ permitida}} = 12.8 \text{ mm} \geq \delta_{\max} = 6.80 \text{ mm}$$

por lo tanto, cumple.

DEFLEXIONES EN LAS CORREAS



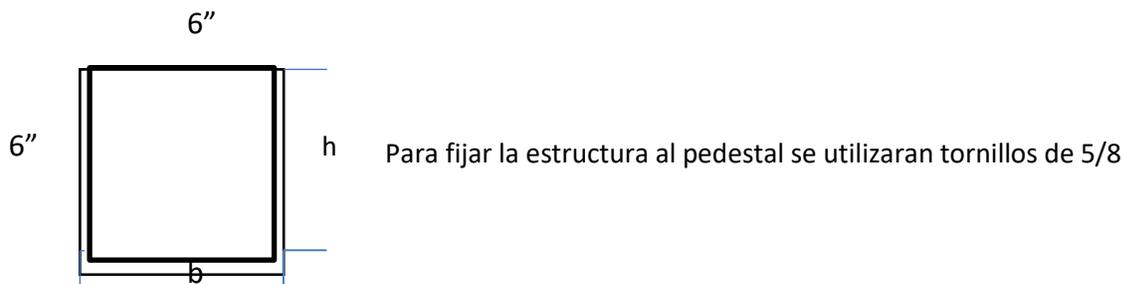
$$\delta_{\max} = 5qL^4 / 384EI \quad \delta_{\max} = 5 * 457.33 (3.5)^4 / 384 * 200000000000 \text{ pa} * 6.5 * 10^{-7}$$

$$\delta_{\max \text{ permitida}} = 3.5 \text{ m} / 250 = 14 \text{ mm} \quad \delta_{\max} = 343140 / 49920000 = 6.87 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max \text{ permitida}} \geq \delta_{\max} \quad \delta_{\max \text{ permitida}} = 14 \text{ mm} \geq \delta_{\max} = 6.87 \text{ mm} \text{ cumple}$$

CALCULO DE LAS COLUMNAS

Para la fabricación de las columnas de soporte se usará acero estructural cuadrado, de 6"x6" calibre 10, se usa este ancho de perfil por la esbeltez del soporte pues es de 2.4 metros de altura.



Se construirán las columnas de soporte de 2.4 metros de altura, con espacio entre columnas soportes laterales de 3.5 metros, longitudinalmente y 6 metros transversalmente.

Para el cálculo de la estructura se tendrá en cuenta un módulo de elasticidad $E = 190 \text{ GPa}$

Hallando el momento de inercia $I = bh^3/12$ como $b=h$ $I = h^4/12$ $I = 992.94 \text{ cm}^4$

Chequeo por pandeo por lo tanto hallamos la carga crítica de pandeo de la estructura dado que uno de sus extremos está anclado al suelo y el sostiene las cerchas de techo usamos la fórmula de Euler $P_{cr} = \pi^2 EI / (KL)^2$ donde K es una constante o factor de longitud efectiva

Para el caso en cuestión de una columna empotrada y articulada $K = 0.7$ y L es la longitud de la columna o sea 2.4 metros.

Por lo tanto $P_{cr} = (\pi^2 190 \times 10^9 \text{ N/m} (0.0000080739)) / (0.7 \times 2.4)^2 = 5364.58 \text{ KN}$ carga critica pero la carga máxima por soporte es inferior a 500 kg por tanto se garantiza que no se pandeara.

$\sigma_{cr} = P_{cr} / A$ donde $A = 4 \times (0.150 \text{ m}) \times 0.004 \text{ m} = 0.0024 \text{ m}^2$

$\sigma_{cr} = 5364.58 \text{ KN} / 0.0024 \text{ m}^2 = 2235 \text{ Mpa}$ se garantiza que jamás habrá pandeo en las columnas.

CALCULO DE LOS PERNOS DE LOS SOPORTES

En condiciones normales de trabajo las fuerzas máximas están en el extremo de las columnas solo son en los apoyos entre cerchas y columnas.

Donde las columnas resisten hasta 546 toneladas sin deflexión de pandeo.



Pero en el diseño se deben tener en cuenta condiciones extremas y el caso más extremo posible sería que todo el peso de la estructura actuara sobre la columna haciendo esfuerzos de tracción soporte es decir a 2.4 metros es decir una fuerza de 14636N algo muy improbable.

Esta fuerza nos da un momento flector en la base perna de $M=14636 \times 2.4\text{m} = 35126\text{N/m}$

Si los pernos los colocamos a 10 cm de la línea de centro del tubo tendremos una fuerza de $35126\text{Nm} = F \times 0.1\text{m}$ $F = 351260\text{ N}$

Teniendo en cuenta que se pretende utilizar 6 pernos por soporte y que 4 de ellos cargarían el máximo esfuerzo en un caso de tracción en un sentido, para garantizar la estabilidad y la no ocurrencia de la falla se deben dimensionar los pernos

Entonces la fuerza que soportaría cada perno sería $F_p = F/4 = 351260/4 = 87815\text{N}$

Si utilizamos pernos grado 5 $\sigma_t = 634.317 \times 10^6\text{N/m}^2$ $A = F_p / \sigma_t$

Para hallar el diámetro del perno tenemos $A = \pi r^2 / 2 = 87815\text{N} / 634.317 \times 10^6\text{N/m}^2$

$r = 6.64\text{mm}$ $\varnothing = 14\text{ mm}$ aproximadamente usaremos tornillos de 5/8 pulgada diámetro



MICOL S.A.
MONTAJES DE INGENIERÍA DE COLOMBIA

ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

BUREAU VERITAS
Certification

CO18.02528 / CO18.02530 / CO16.00749



ANEXO 2

CALCULO ELÉCTRICO



DISEÑO DE SOLUCIÓN FOTOVOLTAICA

UBICACIÓN: RESGUARDO INDÍGENA DRUA DO ASENTAMIENTO QUIVAREGAMA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TRUJILLO

APLICACIÓN: ZONA ESCOLAR, UNA CASETA.

NIVEL DE UTILIZACIÓN: HABITADA DURANTE TODO EL AÑO, CONSUMOS HOMOGÉNEOS.

USUARIOS: MIEMBROS DEL RESGUARDO, ESPECIALMENTE, MENORES DE EDAD.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS RECEPTORES:

ELEMENTOS EN CA, a

- *PC 200W
- *TV COLOR 110W
- *OTRAS CARGAS 40W
- *3 REFLECTORES LED 70W
- *6 LUMINARIAS INTERNAS 18W

POSIBILIDAD DE FUTURAS AMPLIACIONES: NO SE PIENSA AMPLIAR EN ESTE CASO.

CONSUMO DE LOS RECEPTORES					
EQUIPO	POTENCIA [W]	Nº EQUIPOS SIMULTÁNEOS	POTENCIA TOTAL [W.N]	TIEMPO EN H/DÍA [H]	CONSUMO Wh/Día W.N.H
PC	250	1	250	8	2000
TV	210	1	210	8	1680
OTRAS CARGAS	70	1	70	8	560
REFLECTORES LED	70	3	210	7	1470
LUMINARIAS INTERNAS	21	6	126	6	756
TOTAL P _{CA} W			866	TOTAL E _{CA} Wh/Día	6466

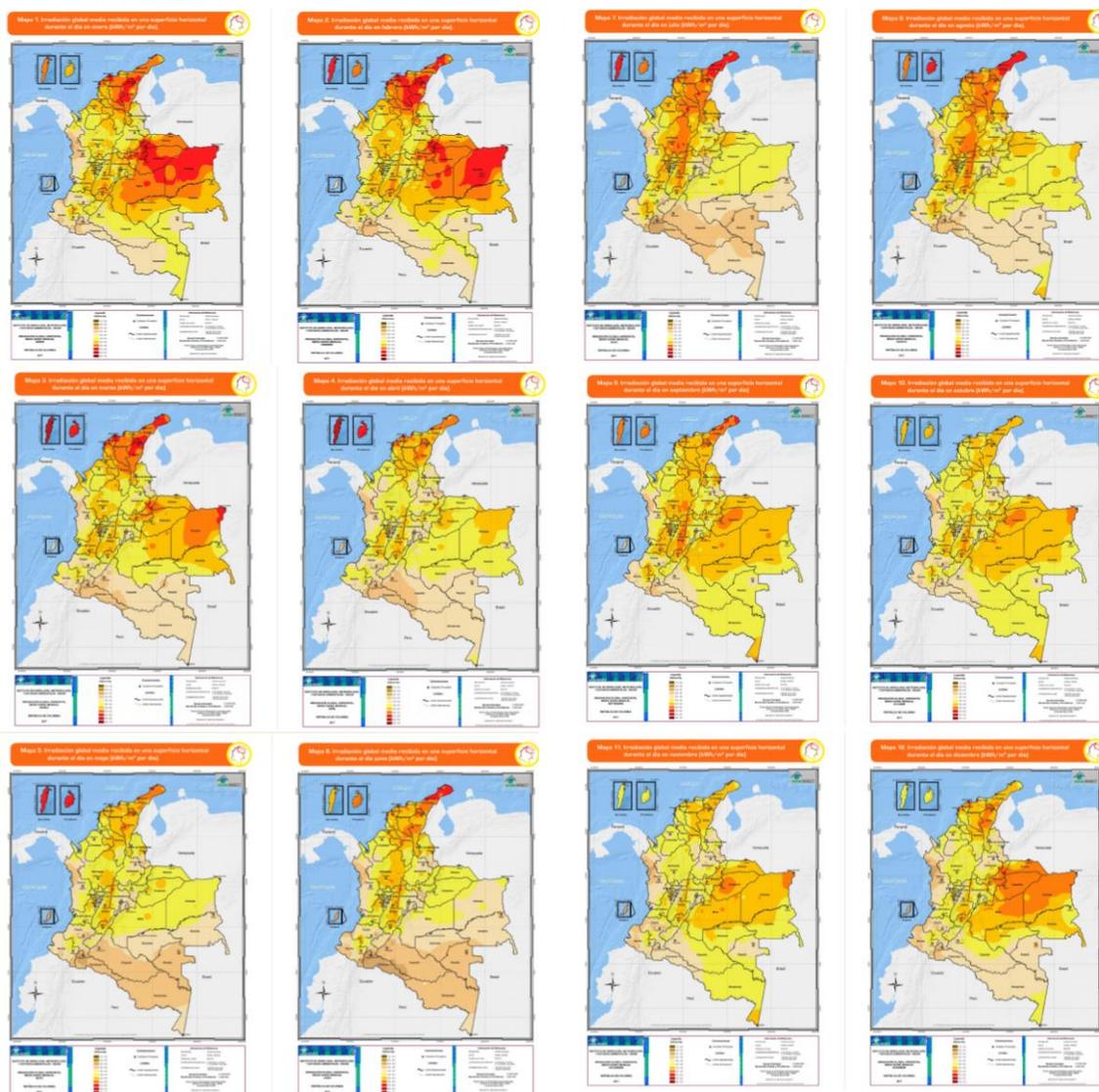
Para el cálculo de la energía total (ET) los consumos en las instalaciones FV:

$$ET = 6466$$

Definida la demanda energética, queda analizar la potencia recibida del Sol para calcular el número de módulos fotovoltaicos necesarios.

Cálculo de las HSP: Este concepto de Hora Sol Pico es necesario para poder realizar el cálculo del número de módulos FV.

Como los datos técnicos de los módulos FV están referidos a una irradiación de 1.000 W/m², necesitaremos saber a cuántas horas de una irradiación cte. (de 1.000 W/m²) corresponde la irradiación diaria en kWh/m².



Mapa de irradiación solar mensual.

: Comportamiento horario de la irradiación global horizontal en algunas ciudades del país



Ubicación del proyecto

- **Calculo de HPS (Horas pico solares)**

En el valle es aproximadamente **4.3 horas**

- **Cálculo de energía requerida por las baterías**

$$E_{bateria} = ET / V_{sis}$$

$$E_{bateria} = \frac{6466}{12} = 539Ah$$

- **Calculo de la capacidad total de la batería**

$$C = \frac{E_{bateria}}{F_{des} \cdot E_f} = \frac{539}{0.7 \cdot 0.8} = 962Ah$$

Donde:

F_{des} = Factor de profundidad de descarga

E_f = Eficiencia

- **Calculo de potencia de autonomía del banco de baterías**

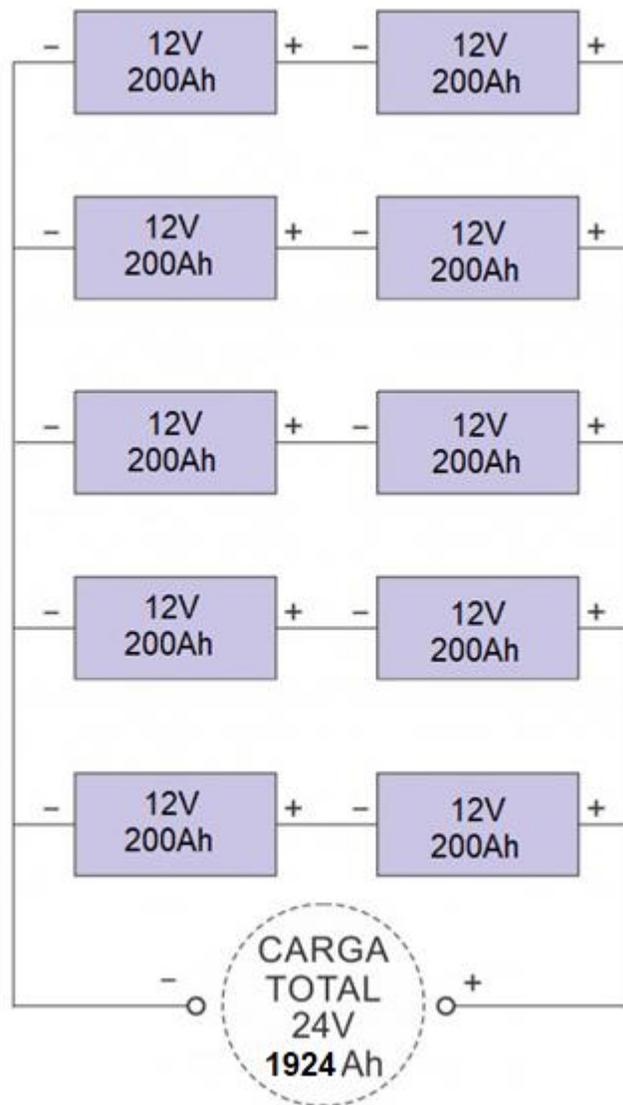
$$C_A = C \cdot N = 962 \cdot 2 = 1924Ah$$

- **Calculo de cantidad de baterías**

$$No\ Baterías = \frac{C_A}{capacidad\ individual} = \frac{1924}{200Ah} = 10$$

- **Configuración de baterías**

Con un inversor de 24V, 3000A:



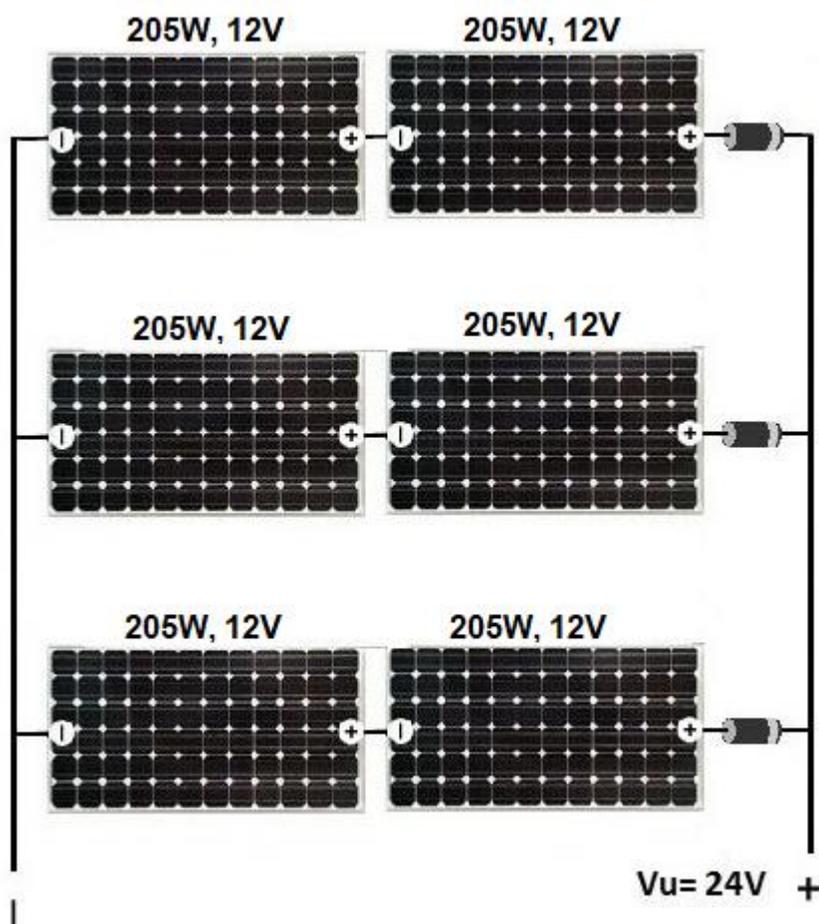
- **Calculo de Paneles solares**

$$P = \frac{Et}{HSP \cdot Perdidas} = \frac{6466}{4.3 \cdot 1.2} = 1253$$

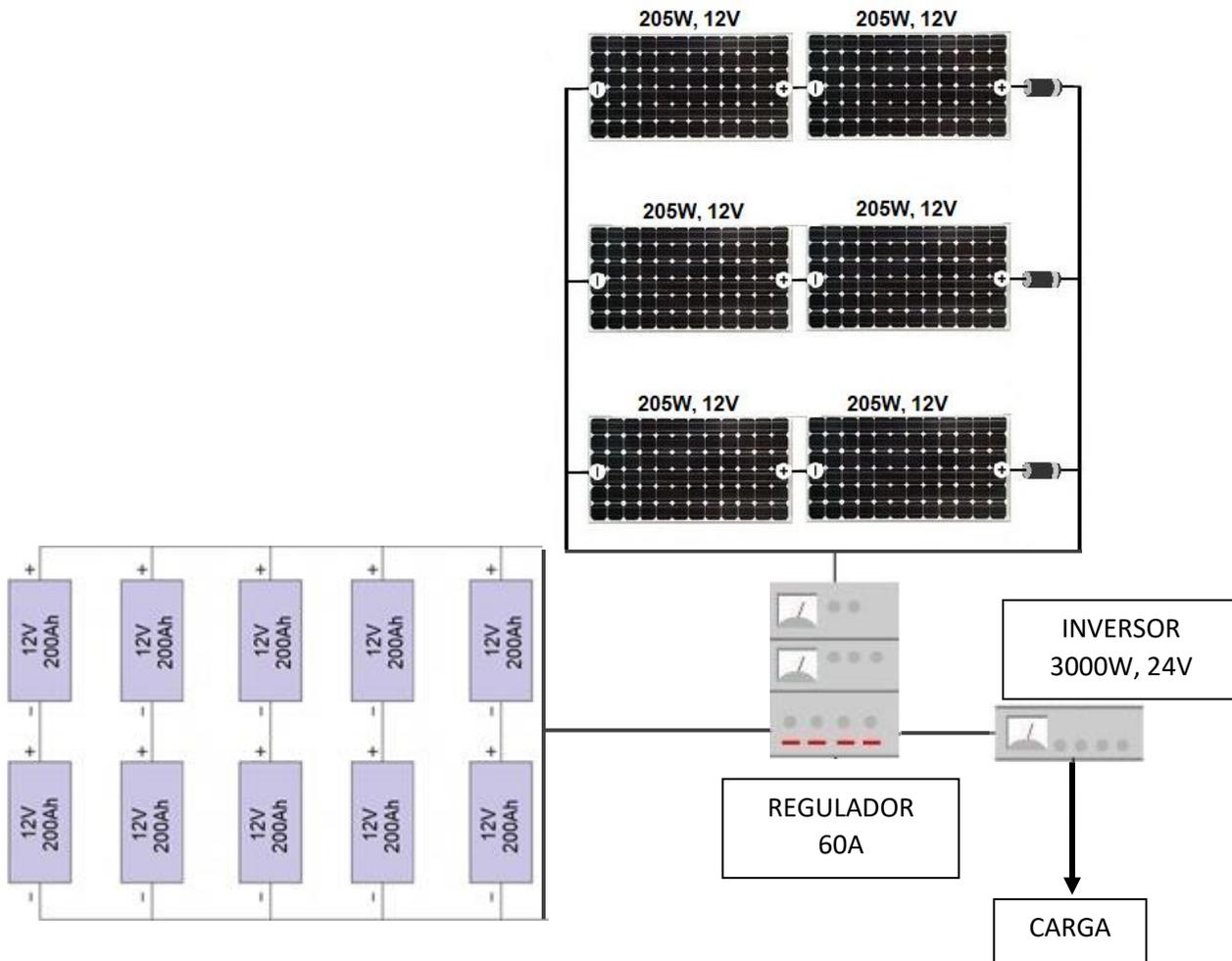
- **Calculo de Paneles solares individuales**

$$P_i = \frac{P}{P_c} = \frac{1253}{205} \approx 6$$

- **Configuración de paneles**



- Configuración general del sistema



- **Selección de acometida en baja tensión**

- *Características generales*

Construcción

1. Conductor: Cobre estañado Clase 5 para servicio móvil (-F)
2. Aislamiento: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
3. Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)



Normas

- TÜV 2 Pfg 1169/08.2007
- UTE C 32-502

Tensión

- 1.8 kV DC - 0.6/1 kV AC



Características Obligatorias

Resistencia a la intemperie



TEMPERATURA MÁXIMA
DEL CONDUCTOR:
120°C (I)
IEC 60216



RESISTENCIA
A TEMPERATURAS
EXTREMAS
Mínima: -40°C
IEC 60811-504, -505, -506



RESISTENCIA
A LOS RAYOS
ULTRAVIOLETAS (UV)
UL 1581



RESISTENCIA
AL OZONO
IEC 60811-403



RESISTENCIA
A LA ABSORCIÓN
DE AGUA
IEC 60811-402

Vida útil



VIDA ÚTIL
30 AÑOS
IEC 60216

Resistencia Mecánica



RESISTENCIA
AL IMPACTO
IEC 60811-506



RESISTENCIA
A LA ABRASIÓN
EN 50305



RESISTENCIA
AL DESGARRO
HD 605

Ecológico - Alta seguridad



ECOLÓGICO



LIBRE DE HALÓGENOS
IEC 60754-1



BAJA EMISIÓN DE GASES
CORROSIVOS
IEC 60754-2



BAJA OPACIDAD DE
HUMOS
IEC 61034-2



NO PROPAGADOR
DEL INCENDIO
IEC 60332-1-2



Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Tabla de *conductividad* de cables eléctricos

- **La fórmula general para el cálculo de sección de cable para continua es:**

$$S = 2 * L * I * Y / (VA - VB) = 2 * L * I / 56 * (VA - VB)$$

Siendo :

L => La longitud de la conducción

I => La intensidad

Y => Resistividad o resistencia específica cuyo valor a 20° C, para hilo estirado en frío, con una resistencia de más de 30 kg / mm² y con un diámetro mayor o igual a 1 mm es 1/56 W mm² m⁻¹ = 0.001786 W mm² m⁻¹ . (La resistividad es la inversa de la conductividad)

(VA – VB) => Caída de tensión máxima admisible.

Subsistema	Caída tensión Máxima	Recomendada
Paneles – Regulador	3%	1%
Regulador – Baterías	1%	0,5%
Baterías – Inversor	1%	1%

Caída de tensión máxima admisible

Suponemos una caída de tensión de 1 %, es decir, 1 % de la tensión de trabajo 24 V (tensión del sistema de baterías) y la intensidad que circulará como máximo en cada una de las “strings” (cadena de paneles conectados en serie) será la de un panel (Isc), que para nuestro caso es 8,5 A.

Así pues, trasladando esos datos a la fórmula general, tenemos:

$$S = (2 * 10 * 8,5) / 56 * 0,24 = 12,64 \text{ mm}^2.$$

	mm ²
Cobre	1,5
	2,5
	4
	6
	10
	16
	25
	35
	50
	70
	95
	120
	150
	185
240	
300	

Tabla de secciones comerciales de cable de cobre

Por lo tanto, en nuestro caso, utilizaremos la sección de cable estándar de **10 mm²**.



Código General Cable	Sección mm ²	Color de cubierta	Diámetro exterior mm	Peso kg/km	Radio mín. de curvatura mm	Resist. máx. del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad al aire [1] A	Caída de tensión en DC V/A.km
1614106	1x1,5	■ ■	4,3	35	18	13,7	30	38,17
1614107	1x2,5	■ ■	5,0	50	20	8,21	41	22,87
1619108/1614108	1x4	■ ■	5,8	62	23	5,09	55	14,18
1619109/1614109	1x6	■ ■	6,6	85	26	3,39	70	9,445
1619110/1614110	1x10	■ ■	8,0	135	32	1,95	96	5,433
1614111	1x16	■ ■	8,8	200	35	1,24	132	3,455
1614112	1x25	■ ■	10,5	295	42	0,795	176	2,215
1614113	1x35	■ ■	11,8	395	47	0,565	218	1,574

Tabla de secciones comerciales de cable de cobre



MICOL S.A.
MONTAJES DE INGENIERÍA DE COLOMBIA

ISO 9001:2015
ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007
BUREAU VERITAS
Certification

CO18.02528 / CO18.02530 / CO16.00749



ANEXO 3

PLANOS