



# MEMORIAS DE CÁLCULO PARA LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS DEL PROYECTO INSTALACIONES SECAR



**Elaboró: CAB**  
**Revisó: MHO**

**MEMORIAS DE CÁLCULO PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
DEL PROYECTO INSTALACIONES SECAR**

**27 DE JULIO DE 2021**

## CONTENIDO

### 0. INTRODUCCIÓN

1. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA.....	3
FACTOR DE POTENCIA.....	3
ANÁLISIS ARMONICOS.....	4
2. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO .....	5
3. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA .....	5
4. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN. ....	6
5. ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO.....	6
6. ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN.....	9
7. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS. ....	9
8. CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR.....	9
9. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	9
10. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES .....	10
11. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	11
12. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DE EQUIPOS ....	13
13. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES .....	13
14. CÁLCULO DE CANALIZACIONES .....	13
15. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA .....	14
16. CÁLCULO DE REGULACIÓN.....	15
17. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS .....	15
18. DIAGRAMAS UNIFILARES.....	16
19. PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONTRUCCIÓN .....	16
20. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS. ....	16
21. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.....	17
22. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050. ....	17
23. DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN.....	17

## 0. INTRODUCCIÓN

Este documento hace parte fundamental de los requerimientos solicitados en el artículo 10 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, para los diseños eléctricos y complementa la certificación requerida para la energización, por parte del operador de red, del proyecto. A continuación, se enuncian los puntos exigidos en dicho artículo, con su respectivo análisis o la no aplicación del mismo, para el Proyecto Casa Blanca.

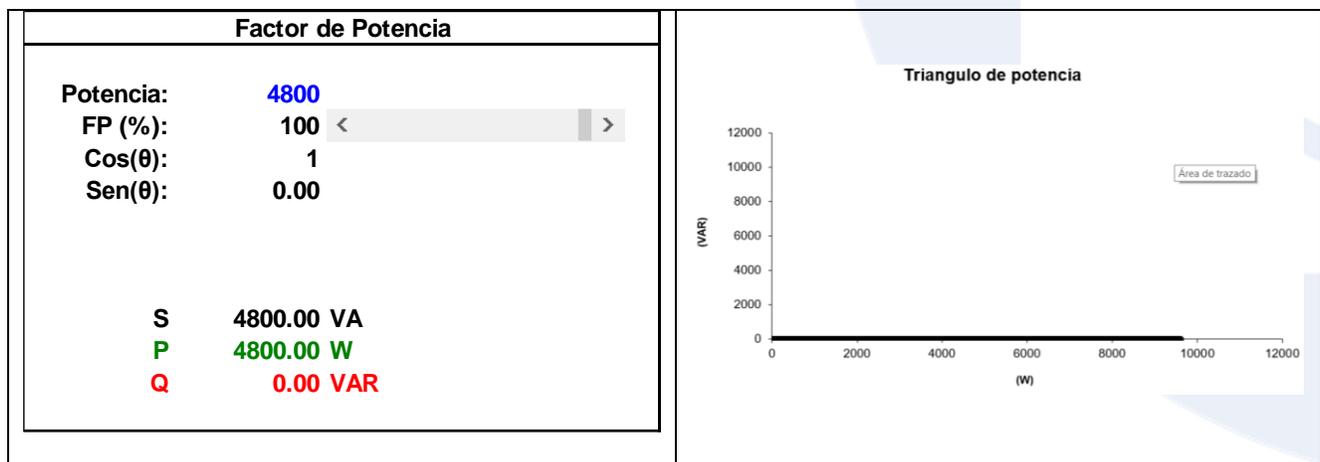
## 1. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA.

A continuación, se ilustra la carga proyectada inicial.

CUADRO DE CARGAS					
CTO	DESCRIPCIÓN	P (Wp)	I(A)	Calibre Awg	Protección
1-3	CIRCUITO 1	3200	14.8	#12	2X20A
2-4	CIRCUITO 2	3200	14.8	#12	2X20A
5-7	CIRCUITO 3	3200	14.8	#12	2X20A
6-8	CIRCUITO 4				
9-11	CIRCUITO 5				
10-12	CIRCUITO 6				

Figura 1. Cuadro de cargas para Proyecto SECAR 4.8kWp.

## FACTOR DE POTENCIA.



GRAFICA 1. Factor de potencia sin incluir armónicos.

Para una potencia a entregar pico de 4.8kWp garantizando un factor de potencia de  $fp=1$  se tiene una Potencia Reactiva de 0 kVAR para el sistema fotovoltaico. El valor optimo de FP que se puede obtener es de 0.9 +/- 5%. Para que sea acorde al factor

de potencia que se espera obtener en el sistema eléctrico general. El sistema fotovoltaico entrega potencia activa netamente.

### ANÁLISIS ARMONICOS.

En el proyecto de SECAR considera microinversores de 1.2kW que tienen una incidencia de armónicos en el sistema acorde a lo establecido en la IEE 519. El análisis de armónicos proyectado permanece dentro de los valores que se estipulan aceptables en un sistema eléctrico:

Evaluación IEEE 519 Sistema fotovoltaico 220V.

IEEE 519 Table 10.2						
Ratio	h<11	11<h<17	17<h<23	23<h<35	35<h	TDD
>0	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
0	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

El factor de potencia se ve afectado por la distorsión armónica del sistema, el fp dependerá del THD encontrado de la forma:

$$PF \approx \frac{\cos \phi_1}{\sqrt{1+THD^2}}$$

De acuerdo a la normatividad (IEEE 519) para sistemas con tensión menor a 69kV el THD debe ser máximo del 5%, para nuestro análisis nuestro THD en corriente deberá ser inferior al 3% lo que implica que nuestro factor de potencia tendrá un valor de:

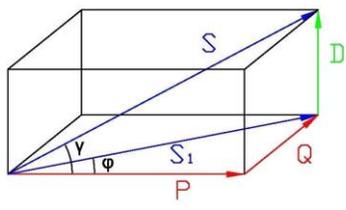
$pf = \frac{1}{\sqrt{1+0.09}}$	<p>PF= 0.9578</p>	
--------------------------------	-------------------	--

Tabla 1: Factor de potencia afectado por THD.

## 2. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

Las redes de distribución deben cumplir los requerimientos de aislamiento de las partes energizadas, para evitar contactos, tanto por disminución en las distancias de seguridad cuando el aislamiento es el aire o por deficiencias o insuficiencias de los materiales aislantes.

Los conductores seleccionados para baja tensión tienen un aislamiento de 600 V y el nivel de tensión utilizado es de 220 V lo que implica que en condiciones normales de funcionamiento durante su vida útil no se verán sometidos a tensiones superiores que pongan en riesgo su aislamiento.

## 3. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA

Los valores de corriente de cortocircuito y falla a tierra fueron suministrados por el fabricante, quien ya realizó sus cálculos y determinó los máximos valores de corriente en caso de presentarse una falla, a continuación, se presentan los datos establecidos por fabricante;

### 8.1 DC Input

Model	MI-1000	MI-1200	MI-1500
Commonly used module power (W)	Up to 310 (single panel)	Up to 380 (single panel)	Up to 470 (single panel)
Peak power MPPT voltage range (V)	27~48	32~48	36~48
Start-up voltage (V)	22	22	22
Operating voltage range (V)	16~60	16~60	16~60
Maximum input voltage (V)	60	60	60
Maximum input current (A)	4*10.5	4*10.5	4*11.5
Maximum input short circuit current (A)	4*15	4*15	4*15

### 8.2 AC Output

Model	MI-1000	MI-1200	MI-1500
Rated output power (W)	1000	1200	1500
Rated output current (A)	4.54@220V 4.35@230V 4.17@240V	5.45@220V 5.21@230V 5.00@240V	6.81@220V 6.52@230V 6.25@240V
Nominal output voltage/range (V)	220/180-275 230/180-275 240/180-275	220/180-275 230/180-275 240/180-275	220/180-275 230/180-275 240/180-275
Nominal frequency/range (Hz)	45-55 (under 50Hz @ 220V & 230V) 55-65 (under 60Hz @ 220V & 230V)		
Power factor	>0.99		
Output current harmonic distortion	<3%	<3%	<3%
Maximum units per branch	5@220V 5@230V 5@240V	4@220V 4@230V 4@240V	3@220V 3@230V 3@240V

Figura 2. Datos básicos para el diseño eléctrico suministrados por fabricante.

#### 4. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
LARGO DE LA ESTRUCTURA	30	M
ANCHO DE LA ESTRUCTURA	26	M
ALTO DE LA ESTRUCTURA	6	M
DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA	1	DDT
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
FACTOR DE LOCALIZACION	0,5	cd
PROBABILIDADES DE DAÑO POR TENSIONES DE PASO Y DE TOQUE	0,01	pa
PROBABILIDAD DE DAÑO A LA VIDA	1,90694E-05	Ra
FACTOR AMBIENTAL	1	
TIPO DE ESTRUCTURA	2,00E-02	
RIESGO DE INCENDIO O DAÑO FISICO EN LA ESTRUCTURA	1,00E+00	
PROTECCION CONTRA INCENDIO	1	rf
RIESGOS ESPECIALES	5	hiz
RV	1,91E-06	RT
RIESGO TOLERABLE	1,00E-05	rt
CONDICION DE RIESGO	BAJO	

Evaluación de nivel de riesgo por rayos de acuerdo a características de elementos de montaje de proyecto.

En conclusión, la estructura no requiere sistema de apantallamiento externo. Se recomienda contar con sistemas de extinción de incendio manual, señalización de rutas de evacuación, áreas restringidas, delimitación de espacios de trabajo.

#### 5. ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO.

En general la utilización y dependencia tanto industrial como doméstica de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, presentándose en los procesos de distribución y uso final de la electricidad la mayor parte de los accidentes.

A medida que el uso de la electricidad se extiende se requiere ser más exigentes en cuanto a la normalización y reglamentación. El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico.

La matriz de riesgo de la figura 3, está basada en el Artículo 9.2 del RETIE de agosto 30 de 2013, y tiene como principal objetivo crear una conciencia sobre los riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad suministrada por este provisional.

*Valorización Grado de Riesgo:* De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz adjunta, se utilizarán unas medidas de protección para mitigar los riesgos expuestos. Se recomienda:

- La construcción de una Sistema de Puesta Tierra (SPT), tal como se calculó y especificó en el diseño.
- Instalación de descargadores de sobretensión DPS en los tableros eléctricos principales.
- Se recomienda la implementación de extintores, en todos los cuartos que contienen los diferentes equipos eléctricos.



No.	FACTOR DE RIESGO ELÉCTRICO	NIVEL DEL RIESGO	FRECUENCIA DEL RIESGO	POSIBLES CAUSAS	MEDIDAS SE PROTECCIÓN
1	ARCOS ELÉCTRICOS	MODERADO	POSIBLE	- APERTURA DE CORTACIRCUITOS BAJO CARGA - APERTURA DE INTERRUPTORES BAJO CARGA - MAL CONTACTO DE PARTES ENERGIZADAS - APERTURA O CIERRE DE SECCIONADORES CON CARGA - MANIPULACIÓN INDEBIDA DE EQUIPOS DE MEDIDA.	- UTILIZAR EXTINGUIDORES DE ARCO. - SACAR DE FUNCIONAMIENTO LAS CARGAS ANTES DE ACCIONAR LOS INTERRUPTORES. - UTILIZAR MONOGAFAS CON FILTRO UV. - CONSERVAR LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD. (SEGÚN RETIE) - REALIZAR AJUSTES PERIÓDICOS DE BORNES ENERGIZADOS.
2	AUSENCIA DE ELECTRICIDAD	BAJO	OCASIONAL	- AUSENCIA DEL SERVICIO DE ENERGIA - NO DISPONER DE FUENTES ALTERNATIVAS (PLANTA, UPS, ETC) .	- NO REQUIERE MEDIDAS DE PROTECCIÓN. - EL RESIDENTE DE OBRA DEBE ESTAR EN CAPACIDAD PARA DETECTAR SI EL PROBLEMA ES INTERNO O EXTERNO, PARA CONTACTAR EL PERSONAL IDONEO.
3	CONTACTO DIRECTO	ALTO	OCASIONAL	- NEGLIGENCIA DEL INSTALADOR AL REALIZAR LAS INSTALACIONES. - NO UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL. - VIOLACIÓN DE LAS DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD.	- AISLAR LOS PUNTOS ENERGIZADOS. - UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL. - PROBAR AUSENCIA DE TENSIÓN, ANTES DEL CONTACTO. - UTILIZAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.
4	CONTACTO INDIRECTO	BAJO	REMOTO	- FALLA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. - FALLA DEL AISLAMIENTO.	- SEPARAR CIRCUITOS. - EQUIPOTENCIALIZADOR EL SISTEMA DE TIERRA. - REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS. - CONECTAR EL POLO DE TIERRA DE LOS EQUIPOS.
5	CORTOCIRCUITO	MODERADO	POSIBLE	- FALLA DE AISLAMIENTO. ( HUMEDAD, TEMPERATURA). - NEGLIGENCIA DEL INSTALADOR AL REALIZAR LAS INSTALACIONES. - UTILIZAR MATERIALES AISLANTES SIN CERTIFICACIÓN RETIE.	- UTILIZAR INTERRUPTORES CON PROTECCIÓN DE CORTACIRCUITO. - BRINDAR CHARLAS DE PARTICIPACIÓN AL PERSONAL TÉCNICO. - UTILIZAR MATERIALES RECONOCIDOS POR SU CERTIFICACIÓN. - PROTEGER DE LA INTEMPERIE, LOS EQUIPOS SENSIBLES A LA HUMEDAD.
6	ELECTRICIDAD ESTÁTICA	BAJO	POSIBLE	- UNIÓN Y SEPARACIÓN CONSTANTE DE MATERIALES COMO AISLANTES, CONDUCTORES, SÓLIDOS O GASES CON PRESENCIA DE UN AISLANTE.	- UTILIZAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. - CONEXIONES EQUIPOTENCIALES.
7	EQUIPO DEFECTUOSO	BAJO	POSIBLE	- MALA INSTALACIÓN - TRANSPORTE INAPROPIADO - REDES ELÉCTRICAS MAL CONSTRUÍDAS.	- REVISIÓN A LOS EQUIPOS Y A SU INSTALACIÓN FINAL. - CONSTRUIR LAS INSTALACIONES CUMPLIENDO RETIE.
8	RAYOS	ALTO	REMOTO	- ALTO NIVEL CERÁMNICO. - PROTECCIÓN INADECUADA (POR MAL DISEÑO O MALA CONSTRUCCIÓN)	- INSTALAR PARARAYOS EN LA ACOMETIDA DEL TRANSFORMADOR. - EQUIPOTENCIALIZAR EL BAUNTE DE LOS PARARAYOS CON EL SISTEMA DE TIERRA.
9	SOBRECARGA	MODERADO	OCASIONAL	- SUPERAR EL NIVEL DE CARGA DE UN CIRCUITO, SEGÚN EL DISEÑO. - INSTALACIONES QUE NO CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS - CIRCUITOS ELÉCTRICOS MAL DISEÑADOS O MAL CONSTRUÍDOS.	- UTILIZAR INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS CON PROTECCIÓN DE CORRIENTE. - REALIZAR UN DISEÑO ADECUADO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES, TENIENDO EN CUENTA LAS NORMAS TÉCNICAS.
10	TENSIÓN DE CONTACTO	MODERADO	REMOTO	- POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS. - VIOLACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD. - FALLAS A TIERRA.	- MANTENER LOS EQUIPOS EQUIPOTENCIALIZADOS. - CONSTRUIR UNA PUESTA A TIERRA ADECUADA. - REPETIR LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD.
11	TENSIÓN DE PASO	MODERADO	REMOTO	- POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS. - FALLAS A TIERRA.	- CONSTRUIR UNA PUESTA A TIERRA ADECUADA. - RETRINGIR ACCESO.

## **6. ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN.**

Los niveles de tensión, de uso final, requeridos en la instalación son: 0,220/0,127 kV.

## **7. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.**

No aplica, ya que no hay redes de 34.500 V o superiores cercanas a la instalación.

## **8. CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR**

No aplica. No se considera elevación de tensión o alimentar un transformador para distribuir carga. El sistema fotovoltaico es exclusivo para la edificación SECAR. La carga es inferior a 10kWp

## **9. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

El sistema eléctrico general debe contar con su sistema de puesta a tierra como referencia y protección. No es objeto de estas memorias determinar el SPT requerido para el sistema eléctrico.

A continuación, se presenta la tabla 250-95 NTC 2050 la cual define los calibres de conductores de tierra para los diferentes circuitos asociados al sistema fotovoltaico:

Tabla 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil	mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2.000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2.500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3.000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4.000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5.000	354,69	700 kcmil	608,04	1.200 kcmil
6.000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil

\* Véanse limitaciones a la instalación en el Artículo 250-92.a).

Para el caso particular se cuenta con tres (3) circuitos que reciben la potencia entregada por los microinversores con protecciones 2x20A, de acuerdo a la anterior table el conductor de tierra para estos circuitos es Cu es Cal. 12awg. Para el alimentador del tablero solar que tiene asociado una protección de 80 A, el conductor asociado al SPT es Cal. 8 awg.

## 10. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES

El cálculo económico de conductores es un estudio que se realiza con el fin de establecer en términos de dinero las pérdidas de energía debidas a la resistencia propia de cada conductor. Dichas pérdidas son calculadas mediante la ecuación:

$$E = R * I_{max}^2 * \Delta t$$

Donde **E** es la energía disipada por el conductor, **R** es la resistencia propia del conductor, y se calcula mediante la ecuación  $R = \rho * l / S$ ; **I<sub>max</sub>** es la corriente máxima que pasará por el conductor y **Δt** es el intervalo de tiempo.

$R = \rho * l / S$ : Donde  $\rho$  es la resistividad eléctrica del material conductor [ $\Omega m$ ],  $l$  es la longitud del circuito [m] y **S** es la sección transversal del conductor en [ $mm^2$ ].

Sustituyendo se tiene la ecuación:

$$E = \rho \cdot l / S \cdot I_{max}^2 \cdot \Delta t$$

Se deduce que entre mayor sea la resistividad del conductor, mayores serán las pérdidas de energía en el mismo.

La norma especifica las resistividades del cobre y el aluminio a 20°C, con los siguientes valores:  $18.35 \times 10^{-9} \Omega m$  para Cu, y  $30.3 \times 10^{-9} \Omega m$  para Al.

El cálculo económico se realizará para periodos de una (1) hora, en los diferentes tramos que aplican al proyecto, iniciando en los circuitos de M.T. hasta el transformador; y finalizando en las acometidas parciales de B.T hasta cada tablero o equipo de gran potencia. Finalmente, con la ecuación;

$$Pérdida \text{ en } \$ \text{ por día} = 24 \times E \times \$W$$

Se obtiene la pérdida en \$ por día. Donde \$W es el valor en pesos de cada Wh.

#### ANALISIS ECONOMICO DE CONDUCTORES

$\rho$  Cobre= 1.7200E-08

ALIMENTADOR	l=longitud [m]	Calibre conductor	S= seccion del conductor[m <sup>2</sup> ]	I <sub>max</sub>	I <sub>max</sub> <sup>2</sup>	Δt[h]	E [Wh]	Perdida \$ x dia
ALIMENTADOR	20	#4 AWG	2.12E-05	85.00	7225.00	1	117.236	407.981

PERDIDA TOTAL POR DIA \$ 408  
ANUAL \$ 148,912.98

**Tabla 2:** Perdidas en \$ de los diferentes alimentadores.

Pérdida total por día [\$]: \$408 a corriente máxima.

## 11. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

El cálculo de la corriente requerida para cada circuito ramal se realizó en los cuadros de carga de la sección "A" de este documento; las acometidas de los tableros se calcularon para el diagrama unifilar principal (numeral "Q"). Todos los cálculos fueron

comparados con las corrientes expuestas en la tabla 310-16 de la NTC 2050, para elegir el conductor que respaldara esa corriente, más el factor de seguridad, a la temperatura permitida en la normatividad colombiana.

CALCULOS DE PROTECCIONES , ACOMETIDAS, ALIMENTADORES Y REGULACIONES DE CONDUCTORES												
$P = VI \cdot (f \cdot p \cdot \text{eff})$		$I_{\text{Diseño}} = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.25 \cdot (F \cdot D)$		$Z_{\text{eff}} = (R_{AC} \cdot \cos \theta) + (X_L \cdot \sin \theta)$		$\text{Caída}_{p-n} = Z_{\text{eff}} \cdot \text{long} \cdot I_N$		$\text{Caída}_{p-n} = \text{Caída}_{p-n} \cdot \left( \frac{\text{Caída}_{p-n}}{\text{Voltage}} \right)$				
DESCRIPCION DE LA CARGA A ALIMENTAR	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (W)	POTENCIA (VA)	FACTOR DE DEMANDA	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE DE DISEÑO*	PROTECCION	CONDUCTOR FASE	CAPACIDAD DE CORRIENTE 75°C [A]	VERIFICACIÓN DE CONDUCTOR	OBSERVACIÓN
ALIMENTADOR	0,9	1	4.800	4.800	1	12,60	15,75	3X40A	Cu No 1#4awgxF	85	15,75	CUMPLE

Para la verificación de conductores considerando el tiempo de disparo de los interruptores y la corriente de cortocircuito se utilizará la siguiente ecuación:

$$S = I_{cc} * \sqrt{t} * k$$

Donde;

Icc = Corriente de cortocircuito admisible.

S = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

t = Tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

C = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

Para el uso de esta ecuación se supone: Fenómeno de duración limitada.

- La temperatura antes del cortocircuito, es la máxima admisible en régimen permanente, para cada tipo de aislamiento.
- La temperatura al final del cortocircuito es la máxima admisible por el aislamiento para este régimen.
- Todo el calor generado se acumula en la masa del conductor incrementando su temperatura y por consiguiente el que se transmite al exterior es nulo (proceso adiabático).

### 8.1 DC Input

Model	MI-1000	MI-1200	MI-1500
Commonly used module power (W)	Up to 310 (single panel)	Up to 380 (single panel)	Up to 470 (single panel)
Peak power MPPT voltage range (V)	27~48	32~48	36~48
Start-up voltage (V)	22	22	22
Operating voltage range (V)	16~60	16~60	16~60
Maximum input voltage (V)	60	60	60
Maximum input current (A)	4*10.5	4*10.5	4*11.5
Maximum input short circuit current (A)	4*15	4*15	4*15

SISTEMA 220V		
Icc [kA]	0,015	
t [s] (20ciclos)	0,3333333333	
k	18,89	
CONDUCTOR	SECCIÓN REQUERIDA POR Icc [mm <sup>2</sup> ]	SECCIÓN CONDUCTOR SELECCIONADO[mm <sup>2</sup> ]
12 AWG THHN	0,163592199	3,31
Selección de conductor alimentador. Cumple.		

## 12. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE EQUIPOS

No aplica.

## 13. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES

No aplica

## 14. CÁLCULO DE CANALIZACIONES

El dimensionamiento de la tubería conduit para canalizar las acometidas eléctricas y los circuitos alimentadores, se realizó siguiendo la tabla C11 del apéndice C de la norma NTC2050; de acuerdo al calibre del cable a utilizar en cada acometida o circuito ramal. Esta tubería esta especificada en todos los planos, en los cuadros de carga y en los diagramas unifilares relacionados al proyecto.

- Cálculo
- de ocupación canalización circuitos en tubería conduit PVC:

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4	THW 600 V	3	8,93	62,63	187,89
2	8	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	1	6,75	35,78	35,78
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
					<b>Area Total</b>	<b>223,68 mm2</b>
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 1 1/2 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 1/2 "				Diametro** 42,7 mm		Area Total 1432,01 mm2
			<b>Max. Ocupacion</b>	<b>40,00%</b>	<b>Ocupación</b>	<b>15,62%</b>
OCUPACIÓN CANALIZACIÓN ALIMENTADOR PRINCIPAL ENERGIA SOLAR.						

- Para las acometidas de 3#4awg(F) + 1#8awg(T) Se utilizó canalización de diámetro 1-1/2", 1 tubo.

## 15. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA

Las instalaciones eléctricas presentan pérdidas de energía por diversos motivos, en un proyecto de subestación se evaluarán principalmente las pérdidas de energía relacionadas a la resistividad propia de los materiales conductores, y a las causadas por la constante K de regulación. En el capítulo 11 (Cálculo económico de conductores) se estableció el procedimiento a seguir para calcular las pérdidas de energía debidas a la resistividad del material conductor.

Para conocer las pérdidas de potencia en los conductores, debidas a la regulación, se utiliza la ecuación:

$$P = I * V * Reg\%$$

I Es la corriente en Amperios y se calcula aplicando la ecuación:

$$I = S \sqrt{3} * V$$

Con lo anterior se tiene los siguientes resultados:

DESCRIPCION DE ACOMETIDA Y ALIMENTADOR	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (kW)	POTENCIA (kVA)	CORRIENTE NOMINAL	% REG	P=I*V**%REG		CONDUCTOR
						PARCIAL	TOTAL	
TABLERO FOTO-220V	0,9	4,8	4,80	12,60	0,37	10,25	10,25	Cu No 1#4xF + 1#8xN

**Tabla 3:** Pérdidas de potencia en el sistema eléctrico FOTO-220V proyectado.

## 16. CÁLCULO DE REGULACIÓN

A continuación, se presenta el cálculo de regulación del alimentador:

CALCULOS DE PROTECCIONES, ACOMETIDAS, ALIMENTADORES Y REGULACIONES DE CONDUCTORES SISTEMA FOTOVOLTAICO SECAR																
$P = VI \cdot (f \cdot p \cdot \text{eff})$		$I_{\text{Diseño}} = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.25 \cdot (F \cdot D)$		$Z_{\text{eff}} = (R_{AC} \cdot \cos \theta) + (X_L \cdot \sin \theta)$		$\text{Caída}_{F-N} = Z_{\text{eff}} \cdot \text{long} \cdot I_N$		$\text{Caída}_{F-F} = \text{Caída}_{F-N} \cdot \sqrt{3}$		$\% \text{Reg} = \left[ \frac{\text{Caída}_{F-F}}{\text{Voltaje}} \right] \cdot 100$						
DESCRIPCION DE LA CARGA A ALIMENTAR	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (W)	POTENCIA (VA)	FACTOR DE DEMANDA	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE DE DISEÑO*	PROTECCION	CONDUCTOR FASE / NEUTRO	CONDUCTOR TIERRA	Impedancia Eficaz (Z eff)	Longitud (Kmts)	Caída F-N (V)	Caída F-F (V)	Voltaje (V)	% Caída
SALIDA A TABLERO GENERAL (ENTREGA)	0,9	0,99	4.800	4.800	1	12,60	15,75	3X40A	Cu No 1#4xF	Cu No 8 AWG	0,986	0,03	0,47	0,81	220	0,37

**Figura 7.** Porcentajes de regulación alimentador proyectado.

El porcentaje de regulación del alimentador principal de baja tensión desde el tablero de microinversores hasta el tablero general es de 0.31%. Aceptable, se encuentra por debajo del 3%.

## 17. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

No aplica. En este proyecto no hay clasificación de áreas según las normas IEC o NFPA.

## 18. DIAGRAMAS UNIFILARES

Los diagramas eléctricos se muestran incluidos dentro del cuadro de cargas, donde se colocan los mismos valores de cableado, protección y la indicación de a qué línea debe ser instalado el circuito a discriminar.

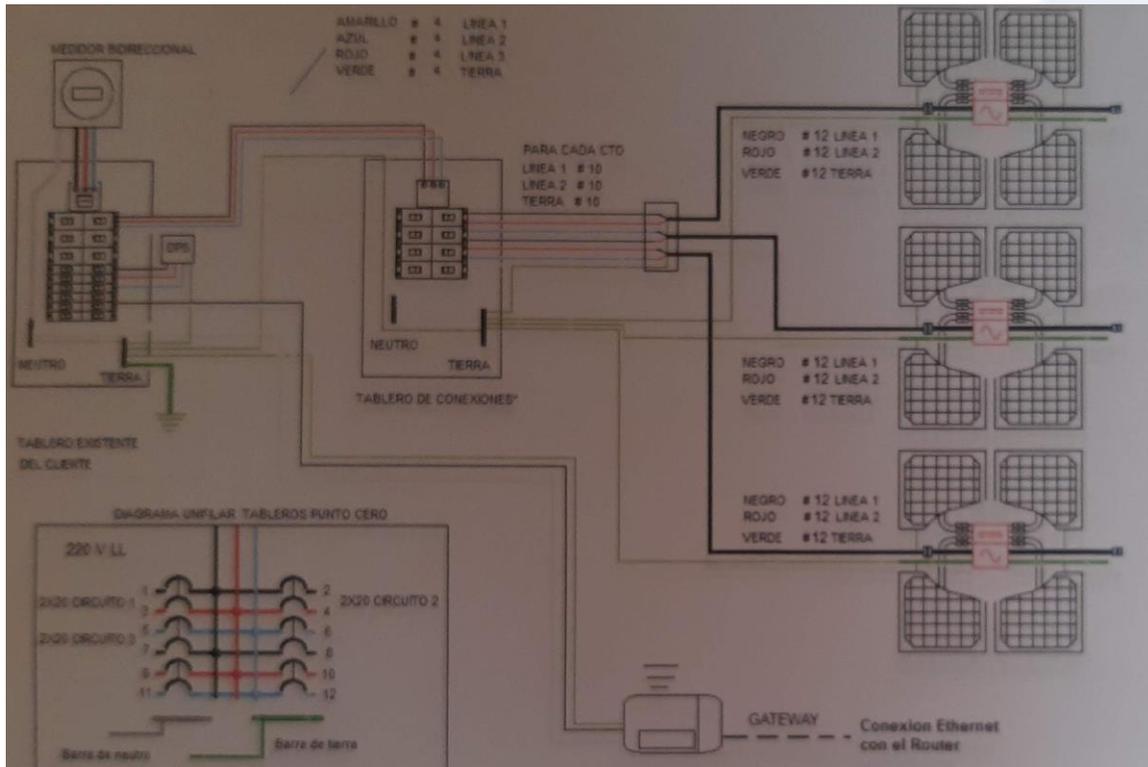


Figura 8. Diagrama unifilar.

## 19. PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONTRUCCIÓN

El diseño eléctrico de este proyecto cuenta con un plano de instalaciones eléctricas fotovoltaicas, adjunto, detalle de montaje, diagrama unifilar del sistema a instalar, cálculos, convenciones y notas aclaratorias donde se aplica la normatividad vigente, RETIE 2013, NTC 2050.

## 20. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS.

En los planos eléctricos del diseño se especifican las principales características de construcción y conexión.

## **21. DISTANCIAS DE SEGURIDAD**

El tablero que recoge la generación producida por los microinversores se encuentra en la terraza del predio y cumple con las distancias de seguridad requeridas, 0,9m como espacio de trabajo frente al tablero.

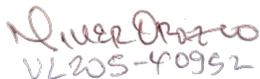
## **22. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050.**

En este proyecto no hay desviación de la norma.

## **23. DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN.**

En este proyecto no se aplican estudios adicionales.

Elaborado por:



VL205-40952

**MILLER H. OROZCO**  
Ingeniero de electricista  
**TP:** VL 205 - 40952  
Tel: 4037394- 3176575498