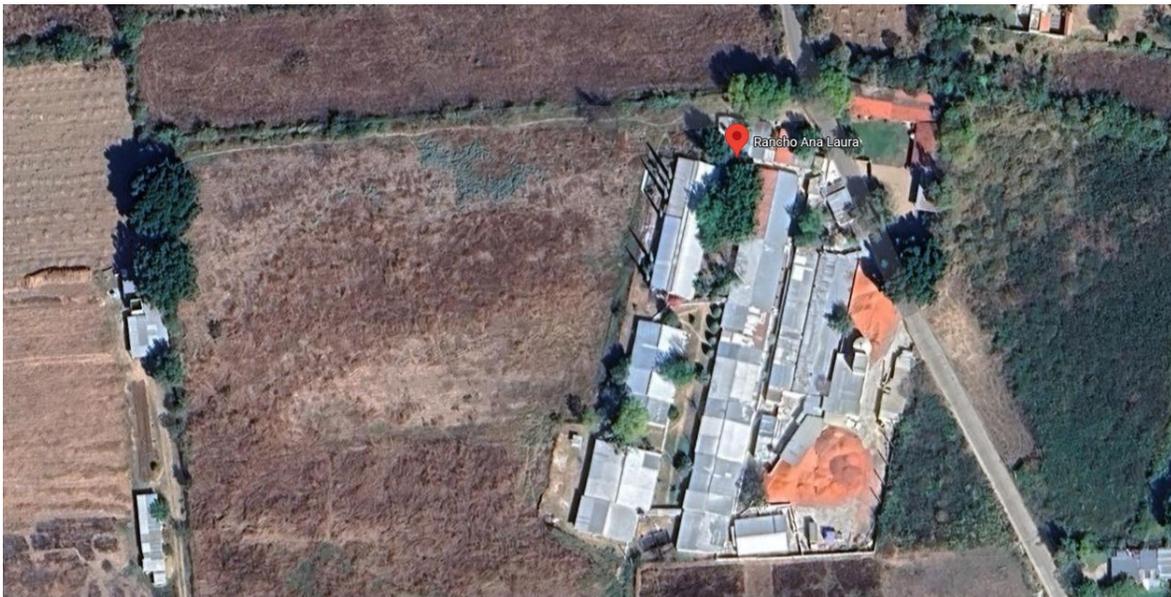


## **Memoria técnico descriptiva de sistema fotovoltaico interconectado a la red en Rancho Ana Laura , Santo Domingo Alta, Oaxaca.**



**COORDENADAS: 17.1929884, -96.7806478**

**Calle Porfirio Diaz S/N Santo Domingo Barrio Alto, Oaxaca de Juárez, Oaxaca.**

## CONTENIDO

### Índice de contenido

<b>OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>3</b>
<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b> .....	<b>3</b>
<b>DIMENSIONAMIENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>1. CÁLCULO DE LOS VOLTAJES MÁXIMOS Y MÍNIMOS EN LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS</b> .....	<b>4</b>
<b>2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE MÁXIMA DEL CIRCUITO DE FUENTE FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>5</b>
<b>3. RATIO O RELACIÓN CD/CA Y SELECCIÓN DE LOS INVERSORES</b> .....	<b>5</b>
<b>4. DISTRIBUCIÓN Y FORMACIÓN DE CIRCUITOS DE FUENTE FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>5</b>
<b>3. CÁLCULO DE CONDUCTORES EN CD</b> .....	<b>8</b>
<b>Cálculo del fusible</b> .....	<b>9</b>
<b>4. CÁLCULO DE CONDUCTORES DE CA</b> .....	<b>11</b>
<b>5. CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE EN C.A.</b> .....	<b>14</b>
<b>6. CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN</b> .....	<b>19</b>

## OBJETIVO

Fundamentar normativa y técnicamente la selección y cálculo de componentes que conforman la instalación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red con capacidad de 70 kW, salvaguardando en todo momento la seguridad del inmueble, de los equipos y componentes y sobre todo de las personas que se encuentran operando en el inmueble.

Los cálculos ejecutados en esta memoria técnica tienen como característica principal el hecho de que están basados en la NOM-001-SEDE-2012 y su numeral **4.4.1.8**.

## GENERALIDADES

Las especificaciones aquí descritas forman parte del diseño del proyecto general que, en conjunto con los planos eléctricos, diagramas unifilares, fichas técnicas y certificados de equipos, abarcan todas las características técnicas eléctricas involucradas en la ejecución del proyecto.

## INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La siguiente central de generación fotovoltaica interconectada a la red fue diseñada y calculada para el usuario con dirección en Calle Porfirio Díaz S/N Santo Domingo Barrio Alto, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, y. tiene las siguientes características:

- **Capacidad de entrega en AC:** 70 kW.
- **Potencia instalada:** 87.33 kW (142 módulos fotovoltaicos de 615 W).
- **Modelo y marca del inversor:** Solis-20K-LV-5G, S5-GC50K-LV, Solis.
- **Modelo y marca de los módulos fotovoltaicos:** CS6.2-66TB-615, Canadian Solar.
- **Ubicación con coordenadas:** 17.1929884, -96.7806478

## DIMENSIONAMIENTO

### 1. CÁLCULO DE LOS VOLTAJES MÁXIMOS Y MÍNIMOS EN LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

#### ELECTRICAL DATA | STC\*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency (%)
CS6.2-66TB-595	595 W	40.2 V	14.81 A	47.4 V	15.79 A	22.0%
Bifacial Gain**	5% 625 W	40.2 V	15.55 A	47.4 V	16.58 A	23.1%
	10% 655 W	40.2 V	16.29 A	47.4 V	17.37 A	24.2%
	20% 714 W	40.2 V	17.77 A	47.4 V	18.95 A	26.4%
CS6.2-66TB-600	600 W	40.4 V	14.86 A	47.6 V	15.85 A	22.2%
Bifacial Gain**	5% 630 W	40.4 V	15.60 A	47.6 V	16.64 A	23.3%
	10% 660 W	40.4 V	16.35 A	47.6 V	17.44 A	24.4%
	20% 720 W	40.4 V	17.83 A	47.6 V	19.02 A	26.7%
CS6.2-66TB-605	605 W	40.6 V	14.91 A	47.8 V	15.91 A	22.4%
Bifacial Gain**	5% 635 W	40.6 V	15.66 A	47.8 V	16.71 A	23.5%
	10% 666 W	40.6 V	16.40 A	47.8 V	17.50 A	24.7%
	20% 726 W	40.6 V	17.89 A	47.8 V	19.09 A	26.9%
CS6.2-66TB-610	610 W	40.8 V	14.96 A	48.0 V	15.97 A	22.6%
Bifacial Gain**	5% 641 W	40.8 V	15.71 A	48.0 V	16.77 A	23.7%
	10% 671 W	40.8 V	16.46 A	48.0 V	17.57 A	24.8%
	20% 732 W	40.8 V	17.95 A	48.0 V	19.16 A	27.1%
CS6.2-66TB-615	615 W	41.0 V	15.01 A	48.2 V	16.02 A	22.8%
Bifacial Gain**	5% 646 W	41.0 V	15.76 A	48.2 V	16.82 A	23.9%
	10% 677 W	41.0 V	16.51 A	48.2 V	17.62 A	25.1%
	20% 738 W	41.0 V	18.01 A	48.2 V	19.22 A	27.3%

Imagen 1 – Datos técnicos del módulo a utilizar

#### TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.25 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

Imagen 2 – Coeficientes de temperatura del módulo a utilizar

Temperatura mínima del lugar: 0°C Temperatura máxima del lugar: 42°C

**NOTA:** Los datos de la temperatura mínima y máxima son obtenidos de la base de datos CONAGUA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA  
COORDINACIÓN GENERAL DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL  
BASE DE DATOS CLIMATOLÓGICA NACIONAL

VALORES EXTREMOS  
EMISIÓN : 09/05/2025

DATOS DISPONIBLES EN LA BASE DE DATOS A: MAY DE 2025;  
CON LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR LAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS

ESTACIÓN : 20034  
NOMBRE : ETLA  
ESTADO : OAXACA  
MUNICIPIO : VILLA DE ETLA  
SITUACIÓN : OPERANDO  
CVE-OMI :  
LATITUD : 17.28722222 °  
LONGITUD : -96.79972222 °  
ALTITUD : 1671 msnm

TEMPERATURA MÁXIMA

MES	Año Inicio	Año Final	Núm. Años	Valor Máx.	Fecha	Se ha Rep.	Valor Mín.	Fecha	Se ha Rep.	Valor Medio	Desv. Estándar
JAN	1925	2024	70	34	15/01/1930	Sí	12	05/01/1985	Sí	25.2	3.4
FEB	1925	2024	69	38	11/02/1959	No	14	12/02/1960	Sí	27	3.5
MAR	1925	2024	68	38	31/03/1959	Sí	17	25/03/1986	Sí	29.3	3.3
ABR	1925	2024	68	40	23/04/1958	No	18	15/04/1988	No	30.9	2.8
MAY	1925	2024	68	42	25/05/1960	No	16	31/05/1984	No	30.8	3.1
JUN	1925	2024	70	40	10/06/1957	Sí	17.5	30/06/1965	No	28.2	3.5
JUL	1925	2024	69	37	02/07/1957	Sí	19	01/07/1965	Sí	27	2.9
AUG	1925	2024	68	37	28/08/1958	No	19.5	26/08/1971	Sí	27	3
SEP	1923	2024	73	39	15/09/1957	Sí	17	13/09/1997	No	26.4	3.1
OCT	1923	2024	73	38	03/10/1959	No	12	21/10/1923	Sí	25.7	3.3
NOV	1925	2024	70	38	15/11/1957	Sí	14	27/11/1997	Sí	25.3	3.2
DEC	1925	2023	71	36	18/12/1956	No	16	19/12/1929	Sí	25.1	3.1

TEMPERATURA MÍNIMA

MES	Año Inicio	Año Final	Núm. Años	Valor Máx.	Fecha	Se ha Rep.	Valor Mín.	Fecha	Se ha Rep.	Valor Medio	Desv. Estándar
JAN	1925	2024	70	24	09/01/1925	Sí	0	14/01/1986	Sí	8.6	3.4
FEB	1925	2024	69	21	04/02/1927	Sí	0	12/02/1925	Sí	9.3	3.3
MAR	1925	2024	68	23	08/03/1958	Sí	1	02/03/1974	No	11.2	3.4
ABR	1925	2024	68	26	24/04/1958	No	4	07/04/1930	Sí	13.1	3.2
MAY	1925	2024	68	27	20/05/1957	Sí	5	08/05/1964	Sí	14.6	2.8
JUN	1925	2024	70	26	08/06/1957	Sí	6	17/06/1980	No	15.3	2.6
JUL	1925	2024	69	25	27/07/1960	Sí	6	18/07/1974	Sí	14.6	2.7
AUG	1925	2024	68	25	19/08/1958	No	7	04/08/1978	Sí	14.4	2.9
SEP	1923	2024	73	29	26/09/1957	No	6	28/09/1923	Sí	14.6	2.9
OCT	1923	2024	73	24	23/10/1957	Sí	0	26/10/1923	Sí	13	3.2
NOV	1925	2024	70	23	18/11/1957	Sí	1	11/11/1921	Sí	10.8	3.6
DEC	1925	2023	71	24	07/12/1960	Sí	1	06/12/1929	Sí	9.3	3.4

Imagen 3. Temperaturas máximas y mínimas de la base de datos de CONAGUA.

DATOS:

$V_{oc} = 48.2 \text{ V}$      $V_{mp} = 41.0 \text{ V}$

Coeficiente de temperatura  $V_{oc}$ :  $-0.25\%/^{\circ}\text{C}$

Coeficiente de temperatura  $V_{mp}$ :  $-0.29\%/^{\circ}\text{C}$

**Cálculo de la tensión máxima 690-7 a) 1)**

$$V_{oc \max} = V_{oc} + [(T_{\min} - 25^{\circ}\text{C}) \times (C_T \times V_{oc})]$$

$$V_{oc \max} = 48.2 \text{ V} + \left[ 0^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} \right] \times \left( -0.25 \frac{\%}{^{\circ}\text{C}} \times 48.2 \text{ V} \right)$$

$$V_{oc \max} = 51.21 \text{ V}$$

**Cálculo de la tensión mínima** (Referencia para número mínimo de módulos por MPPT)

$$V_{MP \min} = V_{MP} + [(T_{\max} + A_{temp} - 25^{\circ}\text{C}) \times C_T \times V_{MP}]$$

$$V_{MP \min} = 41.0 \text{ V} + [(42^{\circ}\text{C} + 30^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) \times (-0.29 \frac{\%}{^{\circ}\text{C}} \times 41.0 \text{ V})]$$

$$V_{MP \min} = 35.41 \text{ V}$$

## 2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE MÁXIMA DEL CIRCUITO DE FUENTE FOTOVOLTAICA

Con base en **690-8 a) 1)**, la corriente máxima de un circuito de fuente fotovoltaica, es determinada de la siguiente manera:

$$I_{\max} = 1.25 \times I_{sc}$$

Sustituyendo la corriente de cortocircuito con la indicada en placa de datos:

$$I_{\max} = 1.25 \times 16.02 \text{ A}$$

$$I_{\max} = 20.025 \text{ A}$$

## 3. RATIO O RELACIÓN CD/CA Y SELECCIÓN DE LOS INVERSORES

Se determina el ratio del inversor de la siguiente manera:

$$\text{Ratio del inversor} = \frac{\text{Potencia fotovoltaica}}{\text{Potencia del inversor}} = \frac{142 \text{ módulos} \times 0.615 \text{ kWp}}{70 \text{ KW}} = 1.248$$

## 4. DISTRIBUCIÓN Y FORMACIÓN DE CIRCUITOS DE FUENTE FOTOVOLTAICA

### INVERSOR 1 Y 2 DE LOS MODELOS SOLIS-20K-LV-5G, S5-GC50K-LV.

Para este caso se dividirá la distribución entre 2 inversores, uno de 50 kW marca Solis (**S5-GC50K-LV**) y otro de 20 kW de marca Solis (**Solis-20K-LV-5G**)

## PARA EL INVERSOR SOLIS-20K-LV-5G:

Para el inversor Solis-20K-LV-5G se planea conectar un total de 38 módulos de la siguiente manera:

Este modelo de inversor cuenta con 3 seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) cada uno de estos con 2 entradas, por lo que puede recibir una totalidad de 6 cadenas de módulos. Para la determinación de los circuitos de fuente fotovoltaica se considera los datos de entrada permisibles por parte del inversor, tal como se muestra a continuación:

Tabla de datos

Modelo	S5-GC15K-LV	S5-GC20K-LV	S5-GC23K-LV
<b>Entrada (CC)</b>			
Potencia de entrada máxima recomendada	19.5 kW	26 kW	30 kW
Voltaje máxima de entrada		1100 V	
Voltaje de nominal		600 V	
Voltaje de arranque		180 V	
Rango de voltaje MPPT		200-1000 V	
Corriente máxima de entrada		32 A / 32 A / 32 A	
Corriente máxima de cortocircuito		50 A / 50 A / 50 A	
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada		3/6	

Imagen 4 – Datos técnicos de entrada del modelo de inversor Solis-20K-LV-5G (Solis).

Tal como se puede notar en la imagen anterior, cada MPPT admite una corriente de corto circuito de hasta 50 A, por lo que será posible conectar máximo 2 cadenas en paralelo a cada MPPT del inversor; la corriente máxima de entrada a cada MPPT será de  $20.025 \text{ A} \times 2 = 40.05 \text{ A}$ , siendo así que la corriente máxima se encuentra dentro del rango aceptable por el inversor.

### 4.1 Cálculo del número de módulos por cadena

Conociendo el  $V_{oc}$  máximo a la mínima temperatura esperada y el  $V_{mp}$  mínimo con la mayor temperatura esperada, se puede calcular el número máximo y mínimo de módulos en serie a conectar hacia el inversor.

El inversor tiene como característica eléctrica la capacidad de aceptar hasta  $1000 \text{ V}_{CD}$ , por lo tanto, el número máximo de módulos en cada cadena será:

$$\# \text{ módulos} = \frac{V \text{ máximo admitido del sistema}}{V_{oc} \text{ máximo del módulo}}$$

$$\# \text{ módulos} = \frac{1000 \text{ V}}{51.21 \text{ V}}$$

$$\# \text{ módulos} = 19.52 \text{ módulos} = 19 \text{ módulos}$$

Número mínimo de módulos conectados en serie:

$$\# \text{ módulos} = \frac{V \text{ mínimo del rango MPPT del inversor}}{V_{MP} \text{ mínimo del módulo}}$$

$$\# \text{ módulos} = \frac{200 \text{ V}}{35.41 \text{ V}}$$

$$\# \text{ módulos} = 5.64 = 6 \text{ módulos}$$

Esto quiere decir que las cadenas de módulos en cada MPPT deben contar con un rango de mínimo 6 y máximo 19 módulos en serie por MPPT.

A continuación, se muestra cómo quedará la disposición de circuitos fotovoltaicos:

Inversor	MPPT/Entradas utilizadas	Número de módulos por cadena	Voc máximo	I Max (690-8)	Potencia FV
1	MPPT 1	8	409.68 V	20.025 A	4,920 Wp
	MPPT 2	12	614.52 V	20.025 A	7,380 Wp
	MPPT 3	18	921.78 V	20.025 A	11,070Wp

### PARA EL INVERSOR S5-GC50K-LV:

Para el inversor S5-GC50K-LV se planea conectar un total de 104 módulos de la siguiente manera:

Este modelo de inversor cuenta con 6 seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) cada uno de estos con 2 entradas, por lo que puede recibir una totalidad de 12 cadenas de módulos. Para la determinación de los circuitos de fuente fotovoltaica se considera los datos de entrada permisibles por parte del inversor, tal como se muestra a continuación:

#### Tabla de datos

#### S5-GC(50-60)K-LV

Modelos	50K	60K
<b>Entrada CC (PV)</b>		
Voltaje máximo de entrada	1100 V	
Voltaje nominal	450 V	
Voltaje de arranque	195 V	
Rango de voltaje MPPT	180-1000 V	
Corriente máxima de entrada	6*32 A	8*32 A
Corriente máxima de cortocircuito	6*40 A	8*40 A
Número de MPPT/Número máximo de cadenas de entrada	6/12	8/16

Imagen 5 – Datos técnicos de entrada del modelo de inversor S5-GC50K-LV(Solis).

Tal como se puede notar en la imagen anterior, cada MPPT admite una corriente de corto circuito de hasta 40 A, por lo que será posible conectar máximo 1 cadena en paralelo a cada MPPT del inversor; la corriente máxima de entrada a cada MPPT será de 20.025 A X 1 = 20.025 A, siendo así que la corriente máxima se encuentra dentro del rango aceptable por el inversor.

### 4.2 Cálculo del número de módulos por cadena

Conociendo el Voc máximo a la mínima temperatura esperada y el Vmp mínimo con la mayor temperatura esperada, se puede calcular el número máximo y mínimo de módulos en serie a conectar hacia el inversor.

El inversor tiene como característica eléctrica la capacidad de aceptar hasta 1000 V<sub>CD</sub>, por lo tanto, el número máximo de módulos en cada cadena será:

$$\# \text{ módulos} = \frac{V \text{ máximo admitido del sistema}}{Voc \text{ máximo del módulo}}$$

$$\# \text{ módulos} = \frac{1000 V}{51.21 V}$$

$$\# \text{ módulos} = 19.52 \text{ módulos} = 19 \text{ módulos}$$

Número mínimo de módulos conectados en serie:

$$\# \text{ módulos} = \frac{V \text{ mínimo del rango MPPT del inversor}}{V_{MP \text{ mínimo del módulo}}}$$

$$\# \text{ módulos} = \frac{180 \text{ V}}{35.41 \text{ V}}$$

$$\# \text{ módulos} = 5.08 = 6 \text{ módulos}$$

Esto quiere decir que las cadenas de módulos en cada MPPT deben contar con un rango de mínimo 6 y máximo 19 módulos en serie por MPPT.

A continuación, se muestra cómo quedará la disposición de circuitos fotovoltaicos:

Inversor	MPPT/Entradas utilizadas	Número de módulos por cadena	Voc máximo	I Max (690-8)	Potencia FV
1	MPPT 1	14	716.94 V	20.025 A	8,610 Wp
	MPPT 2	18	921.78 V	20.025 A	11,070Wp
	MPPT 3	18	921.78 V	20.025 A	11,070Wp
	MPPT 4	18	921.78 V	20.025 A	11,070Wp
	MPPT 5	18	921.78 V	20.025 A	11,070Wp
	MPPT 6	18	921.78 V	20.025 A	11,070Wp

## 5. CÁLCULO DE CONDUCTORES EN CD

Al conectar 142 módulos en 2 inversores distribuidos en 9 MPPT's sin ningún arreglo en paralelo el cálculo de conductores aplicará para todos los casos:

Inversor	Inversor MPPT	Separación de la canalización con respecto al suelo	Temperatura máxima	Factores de corrección 310-15 b) 2) a) Conductor FV 90°C	Factores de ajuste 310-15 b) 2) a)	Factor de distancia 310-15 b) 3) c)
1	Inversor 1 /MPPT 1	70 cm	42 °C	0.71 (56 °C) <sup>1</sup>	0.80	14°C
	Inversor 1 /MPPT 2					
	Inversor 1 /MPPT 3					
2	Inversor 2 /MPPT 1					
	Inversor 2 /MPPT 2					
	Inversor 2 /MPPT 3					
	Inversor 2 /MPPT 4					
	Inversor 2 /MPPT 5					
	Inversor 2 /MPPT 6					

<sup>1</sup>La temperatura utilizada para seleccionar el factor de corrección por temperatura es la resultante de la temperatura ambiente máxima más los grados adicionales indicados en la tabla 310-15 b) 3) c) para canalizaciones circulares expuestas a la luz solar en o por encima de azoteas.

El cálculo de conductores se hace tomando en cuenta dos métodos, el primero contempla solo la corriente máxima ( $I_{max}$ ) multiplicada por un factor de 1.25 de acuerdo con **690-8 b) 1)**, y el segundo, toma en cuenta los factores de corrección y ajuste en conformidad con **690-8 b) 2)**. La selección del conductor se basará en la mayor ampacidad calculada de los dos métodos anteriores.

DATOS:

**Factor de corrección:** 0.71 **310-15 b) 2) a)**

**Factor de ajuste:** 0.80 **310-15 b) 3) a)**

**Corriente máxima ( $I_{max}$ ):** 20.025A

**Tipo de conductor:** Cable fotovoltaico a 90°C.

a) 125% de la corriente máxima.

$$\begin{aligned} \text{Ampacidad} &= 1.25 \times I_{max} \\ \text{Ampacidad} &= 1.25 \times 20.025 \text{ A} \\ \text{Ampacidad} &= 25.03 \text{ A} \end{aligned}$$

b) Después de aplicar factores de corrección y ajuste.

$$\begin{aligned} \text{Ampacidad} &= \frac{I_{max}}{F_{ajuste} \times F_{corrección}} \\ \text{Ampacidad} &= \frac{20.025 \text{ A}}{0.8 \times 0.71} \\ \text{Ampacidad} &= 35.25 \end{aligned}$$

La ampacidad mayor resultante es de 35.25 A, debido a que los conectores MC4 de los módulos e inversor operan a una temperatura nominal mínima de 75°C, con base en el Art. **110-14 c)**, se toma en cuenta esta columna de la tabla **310-15 b) 16)** para seleccionar el conductor, dando como resultado un conductor calibre **10 AWG (5.26 mm<sup>2</sup>)**, con una ampacidad de 35 A a una temperatura de operación de 75°C.

### 5.1 Cálculo del fusible

Con base en la sección **690-9**, se selecciona un dispositivo de protección contra sobrecorriente de tipo fusible con base en el 125% de la corriente máxima del circuito de fuente fotovoltaica y teniendo en cuenta el fusible máximo indicado en la ficha técnica del módulo fotovoltaico.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad del fusible} &= 1.25 \times I_{max} \\ \text{Capacidad del fusible} &= 1.25 \times 20.025 \text{ A} = 25.03 \text{ A} \end{aligned}$$

Por lo tanto, se elige un fusible de 25 A tipo fotovoltaico con tensión de operación de 1000 V<sub>CD</sub> para cada una de las cadenas que llegan a los inversores, el cual no supera el valor máximo para fusible indicado en la ficha técnica del módulo fotovoltaico. Para el caso de esta instalación se considera poner una caja de cadena por inversor la cual no tendrá ningún arreglo en paralelo y contará con las protecciones antes mencionadas.

### 5.2 Conductor de puesta a tierra de equipos

La selección del calibre del conductor de puesta a tierra de equipos se hace con base en la sección **690-45 y 250-122 a)** considerando el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito, o alguno simulado:

$$\begin{aligned} DPSC &\geq 1.25 \times I_{max} \\ DPSC &\geq 1.25 \times 20.025 \text{ A} \\ DPSC &\geq 25.03 \text{ A} \end{aligned}$$

Por lo tanto, sería de 25.03 A, por lo que se selecciona un cable de cobre de calibre 5.26 mm<sup>2</sup> (10 AWG), conforme a la **tabla 250-122**.

### 5.3 Cálculo de la canalización tipo conduit CD

Debido a la disposición de los módulos en la estructura, por cada canalización pasarán cierta cantidad de conductores, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

INVERSOR	Canalización	CARACTERÍSTICAS
1	Tubería 1	1 STRING (1+ solar, 1 - solar y 1 CPTE)
	Tubería 2	2 STRING (2+ solar, 2 - solar y 1 CPTE)
2	Tubería 3	2 STRING (2+ solar, 2 - solar y 1 CPTE)
	Tubería 4	2 STRING (2+ solar, 2 - solar y 1 CPTE)
	Tubería 5	2 STRING (2+ solar, 2 - solar y 1 CPTE)

La canalización utilizada será tipo IMC o Conduit pared gruesa **342-10**, cuyo porcentaje de ocupación será determinado mediante la **Tabla 1 del capítulo 10**. El factor de relleno será del 40% máximo.

Para determinar el área de sección transversal utilizada por los conductores se realizará con base en lo especificado en la ficha técnica del fabricante de cable fotovoltaico, y la Tabla 5.- Dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos estipulados en la NOM-001-SEDE-2012.



### UL PV WIRE

UL E332231 Type PV Wire \*\*AWG 90 °C Dry and Wet 1000/2000V Sun Res -40 °C VW-1 PV ACCESSORIES

Type	Color	Conductor Construction	Insulation Thickness	Jacket Thickness	Outer Dia.	Conductor Resistance	Ampacity
Awg	Color	mm	mm	mm	mm	max.mΩ/m	A
4	Black/Red	168/0.40	1.39	1.14	11.95±0.1	0.882	145
6	Black/Red	106/0.40	1.39	1.14	9.82±0.1	1.403	110
8	Black/Red	66/0.40	1.39	0.76	8.05±0.1	2.23	80
10	Black/Red	76/0.30	1.14	0.76	6.82±0.1	3.546	60
12	Black/Red	48/0.30	1.14	0.76	6.2±0.1	5.64	45
14	Black/Red	43/0.25	1.14	0.76	5.69±0.1	8.96	35

Imagen 6 – Datos técnicos de cable tipo fotovoltaico de la marca PV accesories

Con base en lo mostrado en la imagen 6 el cable FV en calibre 10 AWG, a utilizar tiene un diámetro total de 6.82 mm, por lo que realizando los cálculos del área de la circunferencia de sección transversal con todo y aislamiento se determina que el conductor cuenta con una sección transversal de:

$$Area = \pi \times r^2 = 3.1416 \times 3.41^2 = 36.53 \text{ mm}^2$$

Artículo 342 – Tubo conduit metálico semipesado (IMC)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
12	½	—	—	—	—	—	—
16	¾	16.80	222	133	117	69	89
21	1	21.90	377	226	200	117	151
27	1 ¼	28.10	620	372	329	192	248
35	1 ½	36.80	1064	638	564	330	425
41	1 ¾	42.70	1432	859	759	444	573
53	2	54.60	2341	1405	1241	726	937
63	2 ½	64.90	3308	1985	1753	1026	1323
78	3	80.70	5115	3069	2711	1588	2046
91	3 ½	93.20	6822	4093	3616	2115	2729
103	4	105.40	8725	5235	4624	2705	3490

Imagen 7 – Tabla 4 Dimensiones y porcentaje disponible para tubería Conduit tipo IMC

### CANALIZACIÓN TUBERÍA 1:

Área de los cables fotovoltaicos calibre 10 AWG solar:  $(36.53 \text{ mm}^2 \times 2) = 73.06 \text{ mm}^2$   
 Área del conductor de puesta a tierra de equipos calibre 10 AWG solar:  $(36.53 \text{ mm}^2 \times 1) = 36.53 \text{ mm}^2$ .  
 Área total de los 3 conductores basados en la Tabla 5 y ficha técnica del cable fotovoltaico:  $109.59 \text{ mm}^2$ .

De acuerdo con la **Tabla 4 en la sección del Artículo 342**, la canalización mínima requerida es de **3/4" pulgada**, sin embargo, por un tema de instalación se opta por una canalización de **1" pulgada**.

### CANALIZACIÓN TUBERÍA DE LA 2-5:

Área de los cables fotovoltaicos calibre 10 AWG solar:  $(36.53 \text{ mm}^2 \times 4) = 146.12 \text{ mm}^2$   
 Área del conductor de puesta a tierra de equipos calibre 10 AWG solar:  $(36.53 \text{ mm}^2 \times 1) = 36.53 \text{ mm}^2$ .  
 Área total de los 3 conductores basados en la Tabla 5 y ficha técnica del cable fotovoltaico:  $182.65 \text{ mm}^2$ .

De acuerdo con la **Tabla 4 en la sección del Artículo 342**, la canalización mínima requerida es de **1" pulgada**.

## 6. CÁLCULO DE CONDUCTORES DE CA

### PARA EL INVERSOR SOLIS-20K-LV-5G:

Según **690-8 a) 3)**, la corriente máxima de circuito del inversor es igual a la corriente permanente de salida del inversor. En este caso, se tomará como referencia la corriente máxima que el inversor puede entregar a la salida, al nivel de voltaje correspondiente:

Salida (CA)			
Potencia nominal de salida	15 kW	20 kW	23 kW
Potencia máxima de salida aparente	15 kVA	20 kVA	23 kVA
Potencia máxima de salida	15 kW	20 kW	23 kW
Voltaje nominal de la red	3/(N)/PE, 220 V		
Frecuencia nominal de la red	60 Hz		
Corriente nominal de salida de red	39.4 A	52.5 A	60.4 A
Corriente máxima de salida	43.3 A	57.7 A	65 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)		
THDi	<3%		

Imagen 8 – Datos de salida del inversor de interconexión

La corriente de salida del inversor a la tensión de la red (120/220 V – 3F) es de 57.7A. Este valor es considerado como la corriente máxima de salida.

$$I_{m\acute{a}x} = 57.7 A$$

El procedimiento para la selección de los conductores de salida del inversor se puede basar en la sección **215-2 a) 1)**.

La temperatura de las terminales del inversor y de los interruptores termomagnéticos que se usarán es de 75°C y el circuito de salida del inversor viajará en una tubería individual hasta el tablero de interconexión. Con esta información ya se tienen los datos suficientes para el cálculo de los conductores del circuito de salida del inversor.

Para la selección, consideraremos conductores con aislamiento THHW a 90°C.

- a) 125% de la corriente máxima

$$\text{Ampacidad} = 1.25 \times I_{\text{inversor}}$$

$$\text{Ampacidad} = 1.25 \times 57.7 A = 72.125 A$$

- b) Después de aplicar factores de corrección y ajuste

DATOS:

**Factor de ajuste:** 1 **310-15 b) 3) a)**, (Se considera que dentro de una canalización vayan 3F, 1 CPT Y 1 CPTE, en donde el CPTE se considera como no portador de corriente).

**Factor de corrección:** 0.87 **310-15 b) 2) a)**, (Temperatura máxima de 42°C y temperatura de aislamiento del conductor de 90°C)

$$\text{Ampacidad} = \frac{I_{\text{del inversor}}}{F_{\text{ajuste}} \times F_{\text{temperatura}}}$$

$$\text{Ampacidad} = \frac{57.7 A}{1 \times 0.87} = 66.32 A$$

En este caso, la corriente mayor es la de 82.90 A. Como la temperatura de las terminales es de 75°C, se procede a seleccionar el conductor de esta columna. De acuerdo con la tabla **310-15 b) 16)** se selecciona un conductor calibre 4 AWG (21.2mm<sup>2</sup>) con una ampacidad de 85 A a 75°C.

#### **PARA EL INVERSOR S5-GC50K-LV:**

Según **690-8 a) 3)**, la corriente máxima de circuito del inversor es igual a la corriente permanente de salida del inversor. En este caso, se tomará como referencia la corriente máxima que el inversor puede entregar a la salida, al nivel de voltaje correspondiente:

Salida CA (red)			
Potencia nominal de salida	50 kW		60 kW
Potencia máxima de salida aparente	50 kVA		60 kVA
Potencia máxima de salida	50 kW		60 kW
Voltaje nominal de la red	3/(N)/PE, 220 V		
Frecuencia nominal de la red	60 Hz		
Corriente máxima de salida	131.2 A		157.5 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 en adelante a 0.8 en atraso)		
THDi	<3%		

Imagen 9 – Datos de salida del inversor de interconexión

La corriente de salida del inversor a la tensión de la red (120/220 V – 3F) es de 131.2 A. Este valor es considerado como la corriente máxima de salida.

$$I_{m\acute{a}x} = 131.2 \text{ A}$$

El procedimiento para la selección de los conductores de salida del inversor se puede basar en la sección **215-2 a) 1)**.

La temperatura de las terminales del inversor y de los interruptores termomagnéticos que se usarán es de 75°C y el circuito de salida del inversor viajará en una tubería individual hasta el tablero de interconexión. Con esta información ya se tienen los datos suficientes para el cálculo de los conductores del circuito de salida del inversor.

Para la selección, consideraremos conductores con aislamiento THHW a 90°C.

- a) 125% de la corriente máxima

$$\text{Ampacidad} = 1.25 \times I_{\text{inversor}}$$

$$\text{Ampacidad} = 1.25 \times 131.2 \text{ A} = 164 \text{ A}$$

- b) Después de aplicar factores de corrección y ajuste

DATOS:

**Factor de ajuste:** 1 **310-15 b) 3) a)**, (Se considera que dentro de una canalización vayan 3F, 1 CPT Y 1 CPTE, en donde el CPTE se considera como no portador de corriente).

**Factor de corrección:** 0.87 **310-15 b) 2) a)**, (Temperatura máxima de 42°C y temperatura de aislamiento del conductor de 90°C)

$$\text{Ampacidad} = \frac{I_{\text{del inversor}}}{F_{\text{ajuste}} \times F_{\text{temperatura}}}$$

$$\text{Ampacidad} = \frac{131.2 \text{ A}}{1 \times 0.87} = 150.80 \text{ A}$$

En este caso, la corriente mayor es la de 164 A. Como la temperatura de las terminales es de 75°C, se procede a seleccionar el conductor de esta columna. De acuerdo con la tabla **310-15 b) 16)** se selecciona un conductor calibre 2/0 AWG (67.43mm<sup>2</sup>) con una ampacidad de 175 A a 75°C.

## 7. CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE EN C.A.

### PARA EL INVERSOR SOLIS-20K-LV-5G:

Dado que la corriente nominal máxima de salida del inversor es de 57.7 A el dispositivo de protección contra sobre corriente se calcula conforme **690-9 b)**

$$DPSC \geq 1.25 \times I_{m\acute{a}x}$$

$$DPSC \geq 1.25 \times 57.7 \text{ A}$$

$$DPSC \geq 72.125 \text{ A}$$

De acuerdo con **240-6 a)** se selecciona un interruptor termomagnético de 80 A trifásico a 220V, que al estar conectado a un calibre 4 AWG con una ampacidad de 85 A a 75°C se encuentra en el rango adecuado.

### 7.1 Conductor neutro

Para la selección del conductor neutro o puesto a tierra se tomará en cuenta la Excepción 2 de la sección 215-2 que nos permite dimensionarlo al 100%. Al ser la corriente circulante de 57.7 A se selecciona un conductor 4 AWG a 75°C con una ampacidad de 85 A.

### 7.2 Conductor de puesta a tierra de equipos

La selección del conductor de puesta a tierra de equipos del circuito se realiza con base en la **Tabla 250-122** dando como resultado un calibre 8 AWG (8.37 mm<sup>2</sup>), ya que se cuenta con una protección de 80 A de capacidad.

### 7.3 Cálculo de la canalización

El circuito de salida del inversor se canalizará por una sola tubería del tipo IMC o Conduit pared gruesa **Art. 342-10** con un factor de relleno determinado mediante la **Tabla 1 del capítulo 10**, el cual será del 40%.

Área de los conductores de fase calibre 4 AWG (21.2 mm<sup>2</sup>) = (3 x 60.82 mm<sup>2</sup>) = 182.46 mm<sup>2</sup>.

Área del conductor neutro de los equipos calibre 4 AWG (21.2 mm<sup>2</sup>) = (1 x 60.82 mm<sup>2</sup>) = 60.82 mm<sup>2</sup>

Área del conductor de puesta a tierra de los equipos calibre 8 AWG (8.37 mm<sup>2</sup>) = (1 x 17.13 mm<sup>2</sup>) = 17.13 mm<sup>2</sup>

Área total de los 5 conductores basados en la **Tabla 5**: 260.41 mm<sup>2</sup>

De acuerdo con la **Tabla 4, en la sección del Artículo 358** la canalización mínima requerida es de 1 1/4" pulgadas tipo IMC, ya que se realizará la instalación de esta canalización de manera visible, y sin estar expuesta a daño físico.

### PARA EL INVERSOR S5-GC50K-LV:

Dado que la corriente nominal máxima de salida del inversor es de 131.2 A el dispositivo de protección contra sobre corriente se calcula conforme **690-9 b)**

$$DPSC \geq 1.25 \times I_{m\acute{a}x}$$

$$DPSC \geq 1.25 \times 131.2 A$$

$$DPSC \geq 164 A$$

De acuerdo con **240-6 a)** se selecciona un interruptor termomagnético de 175 A trifásico a 220V, que al estar conectado a un calibre 2/0 AWG con una ampacidad de 175 A a 75°C se encuentra en el rango adecuado.

#### 7.4 Conductor neutro

Para la selección del conductor neutro o puesto a tierra se tomará en cuenta la Excepción 2 de la sección 215-2 que nos permite dimensionarlo al 100%. Al ser la corriente circulante de 131.2 A se selecciona un conductor 2/0 AWG a 75°C con una ampacidad de 175 A.

#### 7.5 Conductor de puesta a tierra de equipos

La selección del conductor de puesta a tierra de equipos del circuito se realiza con base en la **Tabla 250-122** dando como resultado un calibre 6 AWG (13.3 mm<sup>2</sup>), ya que se cuenta con una protección de 65 A de capacidad.

#### 7.6 Cálculo de la canalización

El circuito de salida del inversor se canalizará por una sola tubería del tipo IMC o Conduit pared gruesa **Art. 342-10** con un factor de relleno determinado mediante la **Tabla 1 del capítulo 10**, el cual será del 40%.

**Área de los conductores de fase calibre 2/0 AWG** (160.6 mm<sup>2</sup>) = (3 x 160.6 mm<sup>2</sup>) = 481.8 mm<sup>2</sup>.

**Área del conductor neutro de los equipos calibre 2/0 AWG** (160.6 mm<sup>2</sup>) = (1 x 160.6 mm<sup>2</sup>) = 160.6 mm<sup>2</sup>

**Área del conductor de puesta a tierra de los equipos calibre 6 AWG** (8.37 mm<sup>2</sup>) = (1 x 17.13 mm<sup>2</sup>) = 45.365 mm<sup>2</sup>

**Área total de los 5 conductores basados en la Tabla 5:** 687.765 mm<sup>2</sup>

De acuerdo con la **Tabla 4, en la sección del Artículo 358** la canalización mínima requerida es de 2" pulgadas tipo IMC, ya que se realizará la instalación de esta canalización de manera visible, y sin estar expuesta a daño físico.

## 8. BLOQUE DE DISTRIBUCIÓN 1

En este caso se utilizará un bloque de distribución que unirá ambos inversores de 20 kW y 50 kW, donde se tendrá que soportar una corriente total de:

$$Ampacidad = 1.25 \times I_{max}$$

$$I_{max} = I_{inversor\ 1} + I_{inversor\ 2} = I_{total}$$

$$I_{max} = 57.7 A + 131.2 A = 188.9 A$$

$$Ampacidad = 1.25 \times 188.9 A = 236.125 A$$

Por lo tanto, se concluye que las barras del bloque de distribución deberán de soportar un total de 236.125 A, sin embargo, por temas de distribución dentro del mercado se propone el uso de un bloque de distribución de 240 A, igualmente debe de cumplir con las siguientes características, deberá contar con 2 entradas y 2 salidas tripolares,

donde las entradas deberán de permitir el acceso de calibre de conductores de 4 AWG a 2/0 AWG, mientras que a la salida será tripolar con 2 salidas de aluminio 1/0 AWG, que llevaran un total de 3 fases en paralelo hasta el punto de interconexión.

Para la selección del conductor de salida del bloque de distribución, y teniendo en cuenta que la corriente máxima es de 236.125 A se opta por el uso de un arreglo en paralelo de las fases, donde se usara conductor de aluminio, de acuerdo con la tabla **310-15 b) 16)** con una temperatura de las terminales de 75°C; se selecciona un conductor calibre 1/0 AWG (53.49 mm<sup>2</sup>) con una ampacidad de 120 A a 75°C, garantizando entonces que cada fase al llevar dos conductores en paralelo puedan soportar la corriente total.

Dado que la corriente nominal máxima que llegara al bloque de distribución es de 188.9 A el dispositivo de protección contra sobre corriente se calcula conforme **690-9 b)**

$$DPSC \geq 1.25 \times I_{m\acute{a}x}$$

$$DPSC \geq 1.25 \times 188.9 \text{ A}$$

$$DPSC \geq 236.125 \text{ A}$$

De acuerdo con **240-6 a)** se selecciona un interruptor termomagnético de 240 A trifásico a 220V, que al estar cada fase conectada en paralelo a un conductor de aluminio calibre 1/0 AWG con una ampacidad de 120 A a 75°C, y para al final en ambas fases contar con 240 A a 75°C se encuentra en el rango adecuado.

### 8.1 Barra de neutros

Para la selección del conductor neutro o puesto a tierra se tomará en cuenta la **Excepción 2** de la **sección 215-2** que nos permite dimensionarlo al 100%. Al ser la corriente circulante de 188.9 A y planear llevar en paralelo se selecciona un conductor de aluminio de 1/0 AWG a 75°C con una ampacidad de 120 A.

### 8.2 Barra de puesta a tierra

La selección del conductor de puesta a tierra de equipos del circuito también se planea llevar en paralelo por lo cual con base en la **Tabla 250-122** se da como resultado un conductor calibre 4 AWG (21.2 mm<sup>2</sup>) que será de cobre desnudo.

### 8.3 Cálculo de canalización

El circuito de salida del bloque de distribución se canalizará por 2 tuberías Conduit del tipo HDPE **Art. 353** con un factor de relleno el cual será del 40%.

#### CANALIZACIÓN TUBERÍA 6 Y 7:

**Área de los conductores de fase y neutro URD 3+1 calibre 1/0 AWG** (4 X 117.9 mm<sup>2</sup>) = (471.6 mm<sup>2</sup>) = 471.6 mm<sup>2</sup>.

**Área del conductor de puesta a tierra de los equipos calibre 4 AWG** (1 X 21.2 mm<sup>2</sup>) = (21.2 mm<sup>2</sup>) = 21.2 mm<sup>2</sup>

**Área total de los 5 conductores basados en la Tabla 5:** 492.8 mm<sup>2</sup>

De acuerdo con la **Tabla 4, en la sección del Artículo 352 Y 353** la canalización mínima requerida es de 1 1/2" pulgadas tipo HDPE, sin embargo, por temas de instalación se opta por el uso de canalización de 2" ya que se realizará la instalación de esta canalización de manera visible, y sin estar expuesta a daño físico.

## 9. BLOQUE DE DISTRIBUCIÓN 2 A PUNTO DE INTERCONEXIÓN

Para el punto de interconexión se considera un bloque de distribución, el cual llegaran los conductores del bloque de distribución denominado como 1, al igual que también se compartirá con conductores que corresponden al tablero de protecciones del cuarto de máquinas, dicho bloque de distribución comprende de una capacidad de 240 A, será tripolar y contará con 3 entradas y una salida, donde las entradas deberán admitir conductores de calibre 1/0 AWG al 2/0 AWG, mientras la salida deberá de admitir conductores del 2/0 AWG.

### 9.1 Cálculo de conductores

La corriente de salida que estará llegando a la red (120/220 V – 3F) es de 188.9 A. Este valor es considerado como la corriente máxima de salida.

$$I_{m\acute{a}x} = 188.9 \text{ A}$$

El procedimiento para la selección de los conductores de salida del bloque de distribución se puede basar en la sección **215-2 a) 1)**.

La temperatura de las terminales de los interruptores termomagnéticos que se usarán es de 75°C y el circuito de salida del bloque de distribución viajará en una tubería individual hasta el tablero de interconexión. Con esta información ya se tienen los datos suficientes para el cálculo de los conductores del circuito de salida del bloque de distribución.

Para la selección, consideraremos conductores con aislamiento THHW a 90°C.

- a) 125% de la corriente máxima

$$\text{Ampacidad} = 1.25 \times I_{\text{bloque de distribución}}$$

$$\text{Ampacidad} = 1.25 \times 188.9 \text{ A} = 236.125 \text{ A}$$

- b) Después de aplicar factores de corrección y ajuste

DATOS:

**Factor de ajuste:** 0.80 **310-15 b) 3) a)**, (Se considera que dentro de una canalización vayan 3F, 1 CPT Y 1 CPTE, en donde el CPTE se considera como portador de corriente).

**Factor de corrección:** 0.87 **310-15 b) 2) a)**, (Temperatura máxima de 42°C y temperatura de aislamiento del conductor de 90°C)

$$\text{Ampacidad} = \frac{I_{\text{del inversor}}}{F_{\text{ajuste}} \times F_{\text{temperatura}}}$$

$$\text{Ampacidad} = \frac{188.9 \text{ A}}{0.80 \times 0.87} 271.4 \text{ A}$$

En este caso, la corriente mayor es la de 271.4 A. se propone el uso de dos conductores de aluminio por fase que se llevaran en paralelo, como la temperatura de las terminales es de 75°C y de acuerdo con la tabla **310-15 b) 16)** se selecciona un conductor calibre 3/0 AWG (85.01mm<sup>2</sup>) con una ampacidad de 155 A a 75°C, garantizando entonces que cada fase al llevar dos conductores en paralelo pueda soportar la corriente total.

## 9.2 Cálculo de protecciones

Dado que la corriente nominal máxima que llegara al bloque de distribución es de 188.9 A el dispositivo de protección contra sobre corriente se calcula conforme **690-9 b)**

$$DPSC \geq 1.25 \times I_{m\acute{a}x}$$

$$DPSC \geq 1.25 \times 188.9 A$$

$$DPSC \geq 236.125 A$$

De acuerdo con **240-6 a)** se selecciona un interruptor termomagnético de 240 A trifásico a 220V, que al estar cada fase conectada en paralelo a un conductor de aluminio calibre 3/0 AWG con una ampacidad de 155 A a 75°C, y para al final en ambas fases contar con 310 A a 75°C se encuentra en el rango adecuado.

## 9.3 Barra de neutros

Para la selección del conductor neutro o puesto a tierra se tomará en cuenta la **Excepción 2** de la **sección 215-2** que nos permite dimensionarlo al 100%. Al ser la corriente circulante de 188.9 A y planear llevar en paralelo se selecciona un conductor de aluminio de 3/0 AWG a 75°C con una ampacidad de 155 A.

## 9.4 Barra de puesta a tierra

La selección del conductor de puesta a tierra de equipos del circuito también se planea llevar en paralelo por lo cual con base en la **Tabla 250-122** se da como resultado un conductor calibre 4 AWG (21.2 mm<sup>2</sup>) que será de cobre desnudo.

## 9.5 Cálculo de canalización

El circuito de salida del bloque de distribución se canalizará por 2 tuberías Conduit del tipo IMC **Art. 353** con un factor de relleno el cual será del 40%.

## 8.3 Cálculo de canalización

El circuito de salida del bloque de distribución se canalizará por 2 tuberías Conduit del tipo IMC **Art. 353** con un factor de relleno el cual será del 40%.

### CANALIZACIÓN TUBERÍA 8 Y 9:

Área de los conductores de fase y neutro URD 3+1 calibre 3/0 AWG (4 X 149.57 mm<sup>2</sup>) = (471.6 mm<sup>2</sup>) = 598.28 mm<sup>2</sup>.

Área del conductor de puesta a tierra de los equipos calibre 4 AWG (1 X 21.2 mm<sup>2</sup>) = (21.2 mm<sup>2</sup>) = 21.2 mm<sup>2</sup>

Área total de los 5 conductores basados en la **Tabla 5**: 619.48 mm<sup>2</sup>

De acuerdo con la **Tabla 4, en la sección del Artículo 342** la canalización mínima requerida es de 2" pulgadas tipo IMC, ya que se realizará la instalación de esta canalización de manera visible, y sin estar expuesta a daño físico.

## 10. CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN

### 10.1 Caída de tensión en CD

Para el cálculo de la caída de tensión de CD, se utilizará la fórmula siguiente:

$$e = 2 \times R \times L \times I$$

Como se puede observar, es necesario conocer la distancia en kilómetros de cada uno de los circuitos de fuente fotovoltaica, así como la resistencia del conductor seleccionado previamente. La resistencia en CD del conductor calibre 5.26 mm<sup>2</sup> (10 AWG) es de 4.226 Ω/km, con base en la **Tabla 8**. Por lo tanto, para este caso en particular, la fórmula se podría reescribir de la siguiente manera:

$$e = 2 \times 4.226 \frac{\Omega}{km} \times 15.01 A \times L = 126.87x L$$

**NOTA:** Para el caso de la caída de tensión, se utiliza la corriente en el punto de máxima potencia del módulo, pues es la que va a estar circulando la mayor parte del tiempo cuando existan buenas condiciones de irradiancia.

Se calcula la caída de tensión para cada uno de los inversores.

Inversor	Circuito	Corriente	Longitud	Volts de caída de tensión	V nominal	Porcentaje de caída (e%)
1	C1 (8 módulos)	15.01 A	98 m	12.40 V	328 V	3.70 %
	C2 (12 módulos)	15.01 A	87 m	11.04 V	492 V	2.43 %
	C3 (18 módulos)	15.01 A	84 m	10.66 V	738 V	1.44 %
2	C4 (14 módulos)	15.01 A	96 m	12.18 V	574 V	2.12 %
	C5 (18 módulos)	15.01 A	73 m	9.27 V	738 V	1.26 %

Al no contar con porcentajes de caída de tensión superiores al 5% en los circuitos más largos del inversor podemos determinar que los circuitos trabajarán eficientemente.

El cálculo de caída de tensión en conductores de CA se basa en el mismo principio, solo que ahora la impedancia del conductor se obtiene de la **Tabla 9**.

### 10.2 Caída de tensión en CA (Inversores)

La fórmula a aplicar para la caída de tensión de CA es la siguiente:

$$e = \sqrt{3} \times Z \times L \times I$$

#### PARA EL INVERSOR SOLIS-20K-LV-5G:

Al ser los conductores de calibre 4 AWG (21.2 mm<sup>2</sup>) y al trabajar el inversor a factor de potencia unitario, se obtiene que la impedancia de dichos conductores, según la **Tabla 9** es de 1.02 Ω/km, Además, la corriente permanente de salida del inversor posee un valor de 57.7 A. Por lo tanto, la ecuación anterior se reduce a:

$$e_{3/0} = \sqrt{3} \times 1.02 \frac{\Omega}{km} \times 57.7 A \times L = 101.93 V \times L$$

### PARA EL INVERSOR S5-GC50K-LV:

Al ser los conductores de calibre 2/0 AWG (53.49 mm<sup>2</sup>) y al trabajar el inversor a factor de potencia unitario, se obtiene que la impedancia de dichos conductores, según la **Tabla 9** es de 0.33 Ω/km, Además, la corriente permanente de salida del inversor posee un valor de 131.2 A. Por lo tanto, la ecuación anterior se reduce a:

$$e_{3/0} = \sqrt{3} \times 0.33 \frac{\Omega}{km} \times 131.2 A \times L = 74.99 V \times L$$

Circuito/ Inversor	Vnom/ calibre de cable	Longitud	Volts de caída de tensión	Porcentaje de caída (e%)
Inversor 1	220V 3F / 4 AWG	5 m	0.50 V	0.22%
Inversor 2	220V 3F / 2/0 AWG	2 m	0.14 V	0.06%

Considerando el que la caída de tensión es menor al 3%, se opta por utilizar el calibre 4 AWG para el inversor SOLIS-20K-LV-5G y un calibre 2/0 AWG para el inversor S5-GC50K-LV.

### 10.3 Caída de tensión CA (Bloque de distribución)

La fórmula a aplicar para la caída de tensión de CA es la siguiente:

$$e = \sqrt{3} \times Z \times L \times I$$

Al ser los conductores de calibre 1/0 AWG (21.2 mm<sup>2</sup>) y al trabajar el bloque de distribución un factor de potencia unitario, se obtiene que la impedancia de dichos conductores, según la **Tabla 9** es de 0.66 Ω/km, Además, la corriente permanente de salida del inversor posee un valor de 94.45 A. Por lo tanto, la ecuación anterior se reduce a:

$$e_{3/0} = \sqrt{3} \times 0.66 \frac{\Omega}{km} \times 94.45 A \times L = 107.97 V \times L$$

Circuito	Vnom/ calibre de cable	Longitud	Volts de caída de tensión	Porcentaje de caída (e%)
Bloque de distribución	220V 3F / 1/0 AWG	60 m	6.47 V	2.94 %