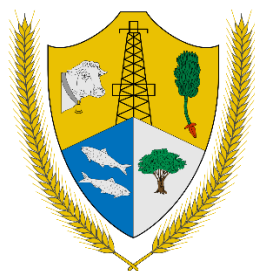


PROYECTO SOLAR
VEREDA EL ROSARIO

BOLÍVAR, COLOMBIA



**MEMORIA DE CALCULO SSFV ALTERNATIVAS
CONECTADAS A LA RED**

Tabla de Contenido

1.	Objetivo	4
2.	Presentación del proyecto	4
2.1.	Propietario	4
2.2.	Ingeniero diseñador.....	4
2.3.	Objeto del proyecto.....	4
2.4.	Normatividad	4
2.5.	Diagrama unifilar del proyecto.....	4
2.6.	Datos del sistema y medición	5
2.7.	Notas a las Generalidades y Consideraciones del Diseño Conectado de la red	5
3.	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico	9
4.	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos	9
5.	Análisis del nivel de tensión requerido.....	9
6.	Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra.....	10
7.	Dimensionamiento de conductores a utilizar	10
7.1.	Dimensionamiento de conductores A	10
7.2.	Dimensionamiento de conductores B	11
7.3.	Dimensionamiento de conductores C	11
8.	Cálculo de pérdidas de energía.....	12
9.	Cálculo de regulación de tensión.....	12
9.1.	Regulación de baja tensión.....	12
10.	Cálculo de Barrajes (Sección mm ²).....	13
11.	Conexión a Tierra	14
11.1.	Dimensionamiento del calibre del cable	14

12.	Cálculo y especificaciones técnicas de los equipos de medida.....	15
-----	---	----

Lista de Tablas

Tabla 1	Estimaciones de consumo de cada familia y de una comunidad de 90 familias....	6
Tabla 2	Datos técnicos del sistema solar fotovoltaico ONGRID – OFFGRID.....	8
Tabla 3	Datos técnicos del sistema solar fotovoltaico MICROGRID.	8

Lista de Figuras

Figura 1	Porcentaje de Regulacion.....	12
Figura 2	Calculos de Regulacion y Perdidas	13
Figura 3	Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra	15

DE ACUERDO CON EL FORMATO ANEXO 1 A LA RESOLUCIÓN CREG O30 DE
2018 PARA CONEXIÓN SIMPLIFICADA DE AGPE – ACTUALIZADA POR LA
RESOLUCIÓN CREG 174 DE 2021

1. Objetivo

Mostrar los cálculos necesarios para el diseño de un sistema solar fotovoltaico desconectado de red.

2. Presentación del proyecto

2.1. Propietario

Nombre: Beneficiario 1

Ubicación: Vereda El Rosario, San Pablo, Bolívar

2.2. Ingeniero diseñador

Nombre: Jorman Andrés Camacho Jiménez

Leyder Andres Tinjaca Salgado

2.3. Objeto del proyecto

El proyecto consiste en una instalación solar fotovoltaica desconectada de la red con una capacidad menor de 0,1 MW. Incluye opciones de diseño con inversores Growatt y Solax, y módulos fotovoltaicos Trina Solar. Este proyecto está alineado con los objetivos de la Ley 1715 de 2014, que busca mitigar el impacto del cambio climático, asegurar el futuro energético y promover el ahorro de energía. El cliente tiene la libertad de elegir entre tres propuestas de diseño, con la posibilidad de escalar el sistema en el futuro.

2.4. Normatividad

Ley 1715 de 2014

UPME 045 de 2016

Ley 2099 del 10 de Julio de 2021

Resolución CREG 174 de 2021

Resolución CREG 135 de 2021

RETIE 2013

NEC 2014

2.5. Diagrama unifilar del proyecto

El diagrama unifilar se presenta en documento anexo.

2.6. Datos del sistema y medición

Tipo de Sistema Fotovoltaico:	Conectado a la red
Tipo de sistema:	Monofásico
Tipo de sistema a tierra:	Varilla de cobre. Estructura, inversor y paneles aterrizados con varilla de cobre Copperweld 5/8"
Tipo de medida:	No aplica
Ciudad:	Vereda El Rosario, San Pablo, Bolívar
Módulos Fotovoltaicos:	TRINA SOLAR 575 W
Inversores:	(1) Growatt SPF 3000W 24V 80A LVM (Sistema-Offgrid) (1) Solax_X1-MINI-2.0K-G4 (Sistema-Ongrid-Microred) (1) Solax_X1-HYBRID-3.0-D (Sistema-Microred)
Potencia instalada en AC:	2 kVA – 3 KVA – 5 KVA (AC)
Potencia instalada en DC (generación):	1.725 – 3.45 kW (DC)
Tierra:	Varilla de cobre Copperweld 5/8"
Desconexión:	Sistema Shutdown automático
Sistema Anti Isla	No aplica
Circuito OR:	No aplica
Código Transformador OR:	No aplica

2.7. Notas a las Generalidades y Consideraciones del Diseño Conectado de la red

Nivel de Tensión: Baja Tensión con energía de corriente Alterna, con frecuencia de 60 Hz.

Tensión Nominal: sistema de dos conductores 120 V, tensión máxima de la nominal en % +5, tensión mínima de la nominal en % -10.

Para dimensionar el sistema, se debe considerar que la capacidad del transformador es limitada en comparación con la demanda de inyección de las 90 familias. Este proyecto estará

conectado a la red y dependerá del transformador existente. De igual manera, se quiere hacer una aproximación del consumo total de la comunidad, para lo que se realizó la siguiente tabla:

Tabla 1

Estimaciones de consumo de cada familia y de una comunidad de 90 familias.

o	Electrodoméstic	Potenci	Cantida	Hora	Consum
		a [W]	d	s de uso	o energético
				mensuales	[kWh/mes]
				[h/mes]	
	Televisor	300	1	45	13.5
	Ventilador	100	2	240	48
	Nevera	350	1	300	105
	Bombillos	30	2	90	5.4
	Celular	20	2	30	1.2
	Total, familia	800			173.1
	Total,				
	comunidad	72000			15579

Nota: Datos extraídos de las mediciones en cada vivienda. Elaboración Propia.

En esta tabla, se calculó los consumos que puede tener una familia rural en un mes, además de que el consumo total de la comunidad se calcula teniendo en cuenta que la comunidad está compuesta por 90 familias.

Una definición relevante en este proyecto es el *consumo de subsistencia*, el cual es reglamentado por la Resolución UPME 355 de 2004. Esta resolución resuelve: “**ARTÍCULO 1o. CONSUMO DE SUBSISTENCIA.** Se define como consumo de subsistencia, la cantidad mínima de electricidad utilizada en un mes por un usuario típico para satisfacer las necesidades básicas que solamente puedan ser satisfechas mediante esta forma de energía final. Se establece el Consumo de Subsistencia en 173 kWh-mes para alturas inferiores a 1.000 metros sobre el nivel del mar, y en 130 kWh-mes para alturas iguales o superiores a 1.000 metros sobre el nivel del mar.”. De modo que para este proyecto, el consumo de subsistencia es de 173 kWh-mes por cada casa, dado que la Vereda El Rosario se encuentra a una altura menor a 1.000 metros sobre el nivel del mar. La intención de este proyecto es dar confiabilidad energética a cada familia de la comunidad, pues es común que la red pública tenga apagones en esta zona dado que cuando llueve se caen árboles que cortan la línea eléctrica que alimenta a la comunidad desde la subestación en San Pablo, Bolívar, que es el municipio más cercano con subestación eléctrica.

Para calcular la demanda energética del proyecto se calcula la energía consumida por la vereda en un mes. Considerando que existen 90 casas de familia el cálculo es el siguiente:

$$\text{Demanda energética} = \text{Cantidad de casas} * \text{Consumo de subsistencia}$$

$$\text{Demanda energética} = 90 * 173 \text{ kWh} - \text{mes} = 15.570 \text{ kWh} - \text{mes}$$

Ecuación 1. Cálculo de demanda energética.

Evaluando la disponibilidad de equipos en el mercado, se observa que los paneles solares actualmente se encuentran en potencias entre los 400W y los 600W según los requerimientos del cliente. Para decidir cuáles paneles utilizar, se tiene en cuenta la generación de energía en la zona de implantación del proyecto, que se calcula de la siguiente manera:

Energía mensual

$$= \text{Potencia instalada DC} * \text{Horas pico Sol} * \text{Factor de corrección} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$$

$$\text{Potencia instalada DC} = \frac{\text{Energía mensual}}{\text{Horas pico Sol} * \text{Factor de corrección} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}}$$

$$\text{Potencia instalada DC} = \frac{173 \text{ kWh} - \text{mes}}{5 \text{ horas} * 0,85 * 30 \text{ días/mes}} = \mathbf{1.357 \text{ W}}$$

Ecuación 2. Cálculo de generación de energía mensual.

Teniendo en cuenta el cálculo anterior, se infiere que la potencia requerida se cubre con 3 paneles solares de 575 W cada uno. Con esta información, se calcula la energía real que generará cada sistema.

- calculo para sistemas on grid – off grid:

$$\text{Energía mensual} = 1.725 \text{ kW} * 5 \text{ horas} * 0,85 * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = \mathbf{219.93 \text{ kWh} - \text{mes}}$$

- Calculo para sistema microred:

$$\text{Energía mensual} = 3.45 \text{ kW} * 5 \text{ horas} * 0,85 * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = \mathbf{439.875 \text{ kWh} - \text{mes}}$$

Los paneles solares de 575 W son comerciales y fáciles de conseguir en Colombia con marcas de buena calidad. Es por ello, que se seleccionan los paneles TRINA SOLAR 575 W, ya que Trina Solar es una marca que cumplen normas técnicas y eléctricas internacionales para sistemas fotovoltaicos, como son IEC61215 / IEC61730 / IEC61701 / IEC62716, y se ajusta a las necesidades del proyecto. Cada panel tiene dimensiones de 2.384 m de largo y 1.134 m de ancho, según su ficha técnica, con una masa de 28.8 kg, de modo que cada panel puede ser manipulado por una persona, lo que facilita la operación de instalación.

La potencia de los inversores se presenta en potencia AC. La potencia AC puede ser menor que la potencia DC instalada en paneles solares. Los inversores seleccionados para este proyecto son: (1) Growatt SPF 3000W 24V 80A LVM, (1) Solax X1-MINI-2.0K-G4, y (1) Solax X1-HYBRID-3.0-D. Estos inversores se eligieron por su flexibilidad de configuración y sus características integradas. El Growatt SPF 3000W 24V 80A LVM tiene un regulador integrado, permitiendo la conexión con baterías en un sistema off grid. Los inversores Solax también ofrecen una buena relación de potencia AC en comparación con la potencia DC instalada en los paneles solares, adecuándose a las necesidades de instalaciones relativamente pequeñas como las de este proyecto.

Growatt y Solax son marcas establecidas en el mercado, con Growatt siendo uno de los mayores instaladores de inversores en el mundo en los últimos años. Esta popularidad es una ventaja, ya que muchas personas conocedoras del sector fotovoltaico están familiarizadas con estos

equipos, facilitando futuros mantenimientos. La información técnica completa de los inversores seleccionados se encuentra en sus respectivas fichas técnicas.

Tabla 2

Datos técnicos del sistema solar fotovoltaico ONGRID – OFFGRID.

ÍTEM	PARÁMETRO	CANTIDAD	UNIDAD
1	Consumo o demanda de diseño	173	kWh / mes
2	Generación mensual estimada	219.93	kWh / mes
3	Porcentaje de demanda cubierto	100	%
4	Generación diaria estimada	7.3	kWh / día
5	Factor de Generación	5	hPS / día
6	Capacidad a instalar en AC	03-feb	kVA
7	Potencia de planta en DC	1,725	kW
8	Potencia de cada panel	575	W
9	Potencia de los inversores	3000 - 2000	VA
10	Cantidad de inversores a instalar	1	Unidades
11	Cantidad de paneles a instalar	3	Unidades

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 3

Datos técnicos del sistema solar fotovoltaico MICROCRED.

ÍTEM	PARÁMETRO	CANTIDAD	UNIDAD
1	Consumo o demanda de diseño	173	kWh / mes
2	Generación mensual estimada	439.875	kWh / mes
3	Porcentaje de demanda cubierto	100	%
4	Generación diaria estimada	14.7	kWh / día
5	Factor de Generación	5	hPS / día
6	Capacidad a instalar en AC	03-feb	kVA

7	Potencia de planta en DC	3.45	kW
8	Potencia de cada panel	575	W
9	Potencia de los inversores	3000 - 2000	VA
10	Cantidad de inversores a instalar	1	Unidades
11	Cantidad de paneles a instalar	6	Unidades

Nota: Elaboración Propia.

3. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico

La coordinación del aislamiento tiene por objeto determinar las características de aislamiento necesarias y suficientes de los equipos conectados a las redes eléctricas, para garantizar que el nivel de tensión soportado por el aislamiento del equipo sea mayor que la tensión que pueda aparecer como resultado de una sobretensión transitoria.

La coordinación de aislamiento consiste en relacionar las sobretensiones que puedan aparecer en el sistema y los niveles de protección de los pararrayos, con los niveles de aislamiento del equipo.

Se configura una tensión en el inversor de 120 V y aislamientos para 600 voltios en el cableado y los interruptores, con el factor de seguridad requerido para su seguridad suficiente.

El BIL de los equipos a instalar cumple con los valores dados por la Norma IEEE 1313.1.

No aplica este análisis de coordinación, de acuerdo con el análisis reflejado en el numeral 5, a continuación.

4. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos

En este caso se aterrizan todos los sistemas. Se debe tener en cuenta que las instalaciones se realizarán en predios existentes. En caso de que no exista puesta a tierra, se instalará una Varilla Copperwell de 5/8", realizando la respectiva adecuación y tratamiento de la tierra. A esta adecuación se conectan los paneles, la estructura fotovoltaica, el inversor y el tablero eléctrico de la vivienda.

5. Análisis del nivel de tensión requerido

Presentar el análisis del nivel de tensión requerido. Para el proyecto en baja tensión asegurar que la tensión de operación no exceda la normal del equipo. En media tensión cumplir con la tensión de servicio indicada por el operador de RED en las condiciones de servicio para el respectivo proyecto.

Demanda Máxima: calculada previamente como 800 W en cada casa.

Nivel de Tensión: El nivel de tensión de los predios es 1. Baja Tensión con energía de corriente Alterna, con frecuencia de 60 Hz.

Tensión Nominal: sistema de un conductor 120 V, tensión máxima de la nominal en %+5, tensión mínima de la nominal en %-10.

El sistema fotovoltaico tiene sus paneles conectados en serie y llegan al inversor en una entrada MPPT. El sistema se configura con los parámetros tradicionales de la red de Colombia, cumpliendo con los parámetros de desconexión segura establecidos por la CREG.

6. Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra

Los proyectos cuentan con una tierra que interconecta la estructura fotovoltaica con el barraje que se encuentra en el tablero de distribución del punto de conexión, ya que las viviendas deben contar con sistema a tierra existente. En caso de que no exista sistema de aterrizaje eléctrico, se instalará una varilla de cobre Copperwell de 5/8" con la respectiva adecuación de la tierra alrededor de la varilla. Este es un sistema de tierra estándar para una vivienda y suficiente para el tamaño de estos sistemas solares. Teniendo en cuenta lo anterior, no se requiere algún otro sistema de pararrayos, ya que el nivel de riesgo, no lo exige acorde con la evaluación del nivel de riesgo de acuerdo RETIE 2013 ARTÍCULO 10.1.1 (d).

De igual manera, el inversor y por lo tanto el sistema está configurado para apagarse rápidamente y según los tiempos establecidos por la norma NTC2050. Esta normativa aplica para sistemas conectados a red, sin embargo, se realizará la misma configuración en este proyecto para proteger los equipos fotovoltaicos y así mismo los electrodomésticos de la vivienda. El inversor se puede configurar sin necesidad de la instalación de ningún equipo adicional.

7. Dimensionamiento de conductores a utilizar

Los conductores se seleccionan principalmente por las corrientes que van a soportar según su uso y su diseño. También se deben tener en cuenta otros parámetros de operación como el voltaje, la temperatura de trabajo y otros factores ambientales como la atmósfera en la que será envuelto. El contexto de este proyecto es el más tradicional y sencillo que se puede encontrar, pues la atmósfera es aire, la temperatura es temperatura ambiente menor a 60°C y el voltaje es baja tensión, por lo que cualquier cable que soporte hasta 600 V se podrá utilizar sin inconvenientes. Estos cables se encuentran de manera comercial de muchas marcas y alta calidad.

7.1. Dimensionamiento de conductores A

La sección (A) de cableado es la que se encuentra entre los paneles fotovoltaicos y el inversor. Esta soportará el amperaje que tienen los paneles en la salida individual, pues estos al estar conectados en serie suman sus voltajes, pero mantienen la corriente del panel de menor corriente. De manera nominal según la ficha técnica de los paneles, esta corriente es 15.9 A. Si se tiene en cuenta un factor de seguridad de 1,25, resulta que nuestra corriente de diseño es 19.875 A. Teniendo en cuenta lo anterior, se utilizará un cable 4mm² lo que equivale #12 AWG que soporta 20 A según el cuadro 310-16 de la Norma NTC 2050. Esto, con la salvedad de que se debe

instalar una protección de 20 A que acompañe a este cable. Se debe tener en cuenta, además, que esta sección de cableado transporta energía directa, por lo que la protección debe ser DC.

7.2. Dimensionamiento de conductores B

El sistema de baterías funcionará a 24 V, pues es el voltaje al que puede funcionar el banco de baterías con el inversor seleccionado para este proyecto. Según lo planteado previamente, como parámetro de diseño tenemos que las cargas de la casa suman hasta 800 W de potencia (W). Teniendo un factor de simultaneidad de 1 en el consumo, la corriente (I) máxima que llegarían a solicitar las cargas sería:

$$I = \frac{\text{Potencia}}{\text{Voltaje}} = \frac{800 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 33,33 \text{ A}$$

Ecuación 3. Cálculo de corriente.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se decide que para evitar que las baterías se consuman muy rápido, se limitará la capacidad del sistema utilizando un cable #4 AWG, con capacidad para transportar entre 70 A y 95 A según las especificaciones del cable, aunque protegido por un breaker de 60 A DC, teniendo en cuenta que esta sección del sistema funciona en corriente continua. Posiblemente sea necesario utilizar un interruptor regulador regulado a 60 A si no se consiguen los breakers de 60 A comercialmente.

En el literal 7.C se verá que el amperaje máximo esperado en el lado de la demanda es 6,67 A con un voltaje de 120 V, mientras en esta sección el voltaje son 24 V. La relación de voltajes es 5 veces menor en este tramo (B) a comparación del tramo (C), por lo tanto, el amperaje en este tramo debe ser por lo menos 5 veces mayor, es decir, 33,33 A. Analizando el dato anterior, en el que se establece el amperaje de diseño como 33,3 A, se puede concluir que el límite de 60 A es suficientemente alto para un posible consumo superior al supuesto en el inicio del proyecto, pues es casi el doble. Aunque este sobredimensionamiento también se realiza pensando en una futura ampliación de la capacidad del sistema y porque los equipos están preparados para ello.

7.3. Dimensionamiento de conductores C

Calculo para los sistemas ONGRID – MICRORED:

La sección (C) del cableado comprende desde el inversor hasta el punto de conexión, que en este caso es un tablero existente en la vivienda. Conforme a la normativa nacional NTC-2050, el inversor tiene una salida de hasta 10 A. Teniendo en cuenta lo anterior, se utilizará un cable #12 AWG que soporta 20 A según el cuadro 310-16 de la Norma NTC 2050. Esto, con la salvedad de que se debe instalar una protección de 15 A que acompañe a este cable. Se debe tener en cuenta, además, que esta sección de cableado transporta energía alterna, por lo que la protección debe ser AC.

Calculo para el sistema OFFGRID:

La sección (C) del cableado comprende desde el inversor hasta el punto de conexión, que en este caso es un tablero existente en la vivienda. Conforme a la normativa nacional NTC-2050, el inversor tiene una salida de hasta 60 A. Teniendo en cuenta lo anterior, se utilizará un cable #6

AWG que soporta 75 A según el cuadro 310-16 de la Norma NTC 2050. Esto, con la salvedad de que se debe instalar una protección de 60 A que acompañe a este cable. Se debe tener en cuenta, además, que esta sección de cableado transporta energía alterna, por lo que la protección debe ser AC.

8. Cálculo de pérdidas de energía

No aplica. La distancia del generador al punto de conexión es muy corta y no implica pérdidas significativas. Estos análisis usualmente se realizan cuando se evalúan operaciones de transmisión o distribución, pero en este caso solo estamos haciendo un análisis eléctrico dentro de una casa.

9. Cálculo de regulación de tensión

Para la realización del cálculo de la regulación, es necesario tener en cuenta las normas vigentes para el sector urbano, en este caso seguimos la norma ESSA, donde especifican en la tabla 2,3 los porcentajes de regulación de tensión.

Siguiendo el numeral 2.1.4 de la norma ESSA, normatizan que la regulación calculada sobre la demanda máxima de diseño será como máximo a lo que se expresa a continuación

En esta sección se presentan los cálculos de caída de voltaje en las diferentes secciones de cable. A continuación, se muestra una tabla con los valores obtenidos para cada sección.

Figura 1
Porcentaje de Regulacion

PORCENTAJE DE REGULACIÓN	
DESCRIPCIÓN	REGULACIÓN MÁXIMA
Acometida y Alimentador para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3%
Red de Distribución baja tensión, zona Urbana (208/120 [V])	5%
Red de Distribución baja tensión, zona Rural	7%
Acometidas y alimentador desde redes de la empresa	2%
Alumbrado Público	4%
Circuito Ramal	2%

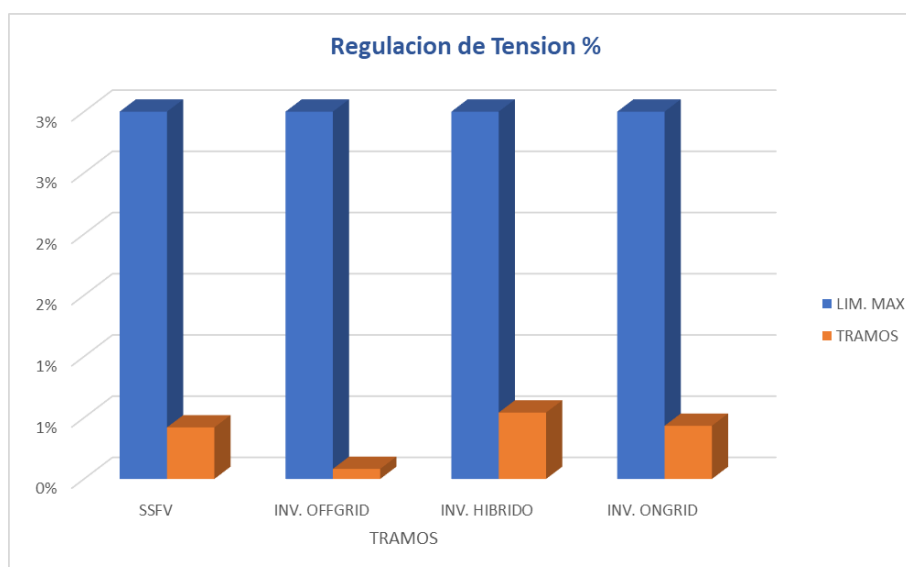
La regulación de diseño según ESSA, para acometida y alimentador para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador es del 3%

9.1.Regulación de baja tensión

Ahora teniendo esto con la siguiente formula de regulación se procedió hallar lo valores de cada uno de los usuarios de la vereda.

Figura 2
Calculos de Regulacion y Perdidas

Descripcion	Longitud	Dmax	FP	#Fases	Imax	Conductor por fase		R	X	I_{cable}	Protecciones
	[m]	[KVA]			[A]	Calibre [AWG]	Cantidad	[ohm/Km]	[ohm/Km]	[A]	[A]
SSFV - INVERSOR	8	1,725	1	2	15,9	12	1	6,56	0,223	20	20
INVERSOR 3KVA OFFGRID - TGA	3	3	1	1	60	6	1	1,61	0,21	75	60
INVERSOR 3KVA HIBRIDO - TGA	5	3	1	1	14,4	12	1	6,56	0,223	20	15
INVERSOR 2KVA - TGA existente	6	2	1	1	10	12	1	6,56	0,223	20	15
Descripcion	Conductor de neutro		Conductor de tierra		Momento	KG	Regulacion			Pp	Pp%
	calibre AWG	Cantidad	Material	Calibre AWG	[KVA*m]		Zeff [ohm/Km]	F.C	d%	[KW]	
SSFV - INVERSOR	10	1	Cu	8	13,8	583,52	6,56	1	0,421	0,013	0,769
INVERSOR 3KVA OFFGRID - TGA	6	1	Cu	8	9	147,84	1,61	1	0,082	0,017	0,580
INVERSOR 3KVA HIBRIDO - TGA	12	1	Cu	8	15	582,52	6,56	1	0,542	0,007	0,227
INVERSOR 2KVA - TGA existente	12	1	Cu	8	12	583,52	6,56	1	0,434	0,004	0,197



$$\delta\% = \frac{K_g * F_c * \Sigma M_s}{V_L^2}$$

Nota: Elaboración Propia

10. Cálculo de Barrajes (Sección mm²)

No aplica. En este proyecto no se propone la fabricación de gabinetes eléctricos, solamente el uso de cajas de distribución. Estas serían cajas de 4 puestos certificadas que soportan hasta 200 A de corriente, cantidad más que necesaria para lo propuesto en los diseños mencionados a lo largo del documento.

11. Conexión a Tierra

El diseño del sistema de puesta a tierra se realiza de acuerdo con la Metodología IEEE 80 o la metodología que mejor se adapte al diseño, garantizando que el sistema de puesta a tierra cumpla con el artículo 15 de RETIE 2013.

Para el proyecto en específico no se requiere sistema de pararrayos, ya que el nivel de riesgo no lo exige de acuerdo a RETIE 2013 ARTÍCULO 10.1.1 (d).

El análisis de coordinación de aislamiento eléctrico, en nuestro sistema de inversores inteligentes no es necesario, debido a que la tensión a la salida del Inversor es constante en caso de fallas el inversor interrumpe o apaga el suministro eléctrico de los paneles solares.

Para facilitar el diseño la tecnología del inversor se toman las siguientes consideraciones.

Se agregó la edición 2014 del Código Eléctrico Nacional (NEC 2014) nuevos requisitos de cierre rápido para sistemas fotovoltaicos instalados en edificios. Los inversores cumplen completamente con los requisitos de desconexión rápida en nuevo código sin la necesidad de instalar ningún equipo eléctrico adicional.

11.1. Dimensionamiento del calibre del cable

Para el dimensionamiento y selección de cable de protección a tierra por arreglo de equipos inversores utilizamos el siguiente modelo.

$$I_A = \frac{\text{Capacidad instalada}_{KW} * \sqrt{3} * 1000}{2 * Vac * FP}$$

Fórmula capacidad de corriente protección a tierra

$$I_A = \frac{1.725 * \sqrt{3} * 1000}{2 * 120 * 1}$$

$$I_A = 12.5 A$$

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

Figura 3
Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra

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 ²	AWG o kcmil	mm ²	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

Los cálculos indicaron que se necesitaba un conductor de calibre 14 AWG de cobre para conectar adecuadamente los marcos de los paneles, la estructura de montaje y los inversores al punto de tierra existente en el punto de conexión. Sin embargo, para garantizar una conexión aún más robusta y eficiente, se ha decidido instalar un conductor de calibre #8 AWG en su lugar.

El cable de distribución de puesta a tierra está distribuido físicamente sobre el riel de la estructura en D.C y puesto a punto de conexión a la salida AC.

12. Cálculo y especificaciones técnicas de los equipos de medida

En este proyecto no se utilizan equipos de medida, al ser sistemas desconectados de la red. Si algún cliente llega a solicitar conectar un equipo de medida, es posible adaptar un diseño para colocar el equipo requerido.