

Apéndice H.

Dimensionamiento de sistema de generación

1.1. Antecedentes del Proyecto

Este proyecto tiene como propósito el dimensionamiento y diseño de un sistema fotovoltaico para una comunidad energética en la Vereda Busaga. Con este proceso se determina la cantidad optima de paneles solares, inversor y demás componentes del sistema, La iniciativa busca ofrecer una solución energética sostenible y autónoma que permita cubrir las necesidades energéticas de la comunidad, garantizando un suministro eléctrico confiable.

1.1.1. Análisis de Factores Climáticos y Geográficos

1.1.2. Ubicación Geográfica

La Vereda Busaga está ubicada en el municipio de Iza, en el departamento de Boyacá, Colombia. Iza se encuentra en la región Andina, y la vereda se localiza dentro de este municipio, al suroeste de la capital del departamento, Tunja.

- Latitud: Vereda Busaga, Iza. se encuentra a aproximadamente 5.6218 grados al norte del ecuador.
- Longitud: Está ubicado a aproximadamente -72.930 grados al oeste del meridiano de Greenwich.

1.1.3. Zona Climática

Vereda Busaga (Iza), al estar en la región andina de Colombia, experimenta un clima de montaña o de páramo. Las temperaturas en esta área pueden ser frescas durante todo el año debido a la altitud. Las temperaturas promedio varían, pero pueden oscilar entre los 12°C y 20°C. Las estaciones en la zona de Iza incluyen una temporada de lluvias y una temporada seca, con variaciones estacionales en la precipitación.

1.1.4. Geografía del Terreno

Está situado en una zona montañosa, parte de la cordillera oriental de los Andes. El terreno es generalmente ondulado y montañoso, lo que puede afectar la disposición de paneles solares y la eficiencia de la generación de energía solar. La topografía montañosa puede requerir una planificación específica para la ubicación de paneles solares en áreas que reciban la máxima exposición solar.

1.1.5. Orientación y Ángulo de Inclinación

Orientación sur noroeste un ángulo de inclinación de 15 grados los paneles solares para maximizar la captación de radiación solar.

1.1.6. Descripción de la actividad

En la Vereda Busaga viven aproximadamente 45 familias, las cuales están equipadas con electrodomésticos básicos, como iluminación, cocción, refrigeración, y otros dispositivos de uso común. Sin embargo, muchas de estas familias enfrentan problemas con el suministro eléctrico

de manera ocasional. Por esta razón, es esencial contar con soluciones energéticas sostenibles y confiables que garanticen un suministro eléctrico estable y contribuyan al bienestar de la comunidad.

1.1.7. Tipo de conexión

La conexión para el sistema fotovoltaico es aislado, también conocido como "on-grid", es una solución energética autónoma que depende de la red eléctrica convencional. Este tipo de instalación se adapta perfectamente a un proyecto de dimensionamiento y diseño de un sistema solar en la vereda Busaga, como se describe en el proyecto presentado.

1.2. Reglamentación

La normatividad de energía renovable en Colombia se basa principalmente en la Ley 1715 de 2014, que tiene como objetivo integrar las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) al sistema energético nacional, incluyendo la energía solar fotovoltaica. Posteriormente, la Ley 2099 de 2021 amplía esta regulación, promoviendo la transición energética, dinamizando el mercado energético y favoreciendo la reactivación económica. Además, Colombia cuenta con regulaciones específicas que establecen los requisitos para la instalación de sistemas fotovoltaicos, su conexión a la red y los incentivos fiscales disponibles fomentar el uso de energías renovables, contribuyendo así a la sostenibilidad y eficiencia energética en el país.

1.3. Demanda

El análisis de consumo eléctrico tabla H1 realizada para toda la comunidad de la Vereda Busaga nos permite conocer con mayor claridad la demanda energética de los hogares en esta comunidad. En base a su consumo mensual de cada una de las facturas, se obtuvo un consumo total de 19.233 Wh/día de toda la comunidad, lo que equivale a 577 kWh/mes promedio de toda la comunidad, lo cual es crucial para dimensionar un sistema energético adecuado.

Tabla H1

Consumo promedio mensual por usuario

Casa	Usuario	Promedio
		Consumo Mes (Kwh)
1	Orlando Montaña	52
2	Misael Preciado	46
3	Dorely Riveros	46
4	Leonor Rodríguez	53
5	María Del Carmen Pérez	49
6	Jesús Rojas	45
7	Martin Patiño	50
8	Héctor Cárdenas	48
9	Elizabeth Cepeda	47
10	Sandra Carrillo	47
11	Carlos Preciado	46
12	Hernán Africano	48

Tabla H2*Irradiancia mínima vereda Busaga*

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANN
2.38	2.3	2.38	2.5	2.57	2.55	2.8	2.84	2.65	2.38	2.34	2.51	2.52

Los datos suministrados por la plataforma Power Nasa indican que la irradiancia mínima es de 2.3 kWh/m²/día. Este valor es utilizado como referencia para el dimensionamiento de un sistema on-grid.

$$\text{HSP} = 2.30 \text{ Horas} (1)$$

1.4. Generación del sistema

De acuerdo con la resolución CREG 174 los sistemas de generación solar conectados podrían generar el 50% de la potencia del transformador al que este asociado dicho sistema.

El consumo diario de energía es de 19.233 Wh, con el sistema fotovoltaico se espera abastecer el 100% de este consumo, por lo tanto, el dimensionamiento del sistema se hará utilizando un consumo de energía de total en Wh/día.

$$\text{Energía a cubrir} = 19.223 \text{ Wh} (2)$$

Sin embargo, este consumo se ajustará de acuerdo con la eficiencia del sistema, teniendo en cuenta principalmente las pérdidas del sistema, ocasionadas por el cableado en DC, la temperatura del sitio y la suciedad en el ambiente, obteniendo pérdidas del 13%, esto significa

que los componentes del sistema que utilizan corriente continua cuentan con una eficiencia del 87%. Por otra parte, los componentes de corriente alterna del sistema, como el inversor y la controladora MPPT, cuentan con una eficiencia del 89%, de acuerdo con esto el consumo de energía ajustado será el siguiente.

$$\text{Consumo de energía ajustado} = \frac{\text{Energía a cubrir}}{\eta_{\text{sist}} \cdot \eta_{\text{invr}} \cdot \eta_{\text{MPPT}}} \quad (3)$$

$$\text{Consumo de energía ajustado} = \frac{19.233}{0.87 \cdot 0.9 \cdot 0.99} = 24.811 \text{ Wh/día} \quad (4)$$

La potencia por hora que necesitará el sistema de generación fotovoltaica será dada por el consumo ajustado de energía (24.798 Wh). las horas solar pico (2.30 HSP). Como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Potencia de generación} = \frac{\text{Consumo de energía ajustado}}{\text{HSP}} \quad (5)$$

$$\text{Potencia de generación} = \frac{24.811 \text{ Wh/día}}{2.30} = 10.78 \text{ kW} \quad (6)$$

Sin embargo, Según lo establecido en la CREG 174, únicamente se puede aprovechar el 50% de la capacidad disponible del transformador, lo que restringe la capacidad de instalación a 7.5 kW."

Tabla H3*Parámetros generales para el dimensionamiento “on grid”*

Parámetro	Consumo
Energía total consumida	19.233 kWh/día
Consumo ajustado	24.811 kWh/día
Potencia De generación	10.78 kW
Potencia instalada DC	7.500 Kw
Potencia instalada AC	6.000kW
Irradiancia solar peor mes	2.3 kWh/m ² /día
Horas solar pico (HSP)	2.3

1.5. Cálculo fotovoltaico

1.5.1. Panel solar

De acuerdo con los datos anteriores, el número de paneles necesarios para abastecer la demanda de energía de la Vereda Busaga se determina en función del panel solar seleccionado. En este caso se usará la referencia TSM-NE19R1 de la marca Trina Solar, es un panel monocristalino con una potencia de 625 W.

Tabla H4*Datos técnicos del panel*

Característica	Valor
(Wp)	625
Voc (V)	49.8
Isc (A)	15.93
Vmp (V)	41.6
Imp (A)	15
Eficiencia %	23.1

$$\text{Potencia de generación}_{\text{real}} = 10.78 \cdot 1.18 = 12.73 \text{ kW} \quad (7)$$

El cálculo del número de paneles está dado por la siguiente ecuación:

$$N \text{ ° paneles} = \frac{7500}{625} \approx 12 \text{ paneles}$$

De acuerdo con los cálculos realizados y a las consideraciones que se tuvieron en cuenta, la vereda Busaga necesitará de 12 paneles solares para abastecer la demanda de la comunidad.

1.5.2. Ficha técnica del panel

Figura H1

Ficha técnica del panel

ELECTRICAL DATA (STC)							
Peak Power Watts-P _{MAX} (Wp)*	595	600	605	610	615	620	625
Power Tolerance-P _{MAX} (W)	0 ~ +5						
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	40.0	40.3	40.5	40.8	41.1	41.4	41.6
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	14.89	14.91	14.94	14.96	14.98	14.99	15.00
Open Circuit Voltage-V _{OC} (V)	48.1	48.4	48.7	49.0	49.3	49.6	49.8
Short Circuit Current-I _{SC} (A)	15.76	15.80	15.83	15.86	15.89	15.91	15.93
Module Efficiency η_m (%)	22.0	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.1

Figura H2

Temperaturas del panel

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	- 0.29%/°C
Temperature Coefficient of V _{OC}	- 0.24%/°C
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.04%/°C

1.5.3. Selección del micro inversor

La potencia disponible de 7.5 kW no cumple con el tamaño mínimo requerido para la selección de un inversor central. Por esta razón, se opta por instalar tres micro inversores en serie, cada uno de 2000 W, obteniendo una potencia total instalada de 6.000 kW figura H3.

Figura H3

Ficha técnica del micro inversor

Ficha técnica del micro inversor DS3D	
Región	LATAM
Datos de entrada (DC)	
Rango recomendado de potencia del módulo fotovoltaico (STC)	315Wp-670Wp+
Voltaje de seguimiento de potencia máxima	64V-110V
Rango de voltaje de operación	52V-120V
Voltaje de entrada máximo	120V
Corriente de entrada máxima	20A x 2
Datos de salida (CA)	
Potencia de salida continua máxima	2000W
Voltaje / rango de salida nominal *	240V/211-264V
Rango de voltaje de salida ajustable	170V-278V
Corriente de salida nominal	8.3A
Frecuencia / rango de salida nominal *	60Hz/59.3Hz-60.5Hz
Rango de frecuencia de salida ajustable	55Hz-65Hz
Factor de potencia	>0.99
Unidades máximas por rama **	3
Eficiencia	
Eficiencia máxima	97%
Eficiencia CEC	96.7%
Consumo de energía nocturna	99.5%
de eficiencia nominal MPPT	20mW
Datos mecánicos	
Rango de temperatura ambiente de funcionamiento	-40 °F al +149 °F (-40 °C hasta +65 °C)
Rango de temperatura de almacenamiento	-40 °F al +185 °F (-40 °C hasta +85 °C)
Dimensiones (An x Al x Pr)	11" × 9" × 2" (283mm X 233mm X 48.4mm)
Peso	8.4libras(3.8kg)
Tipo de conector DC	Stäubli MC4 PV-ADBP4-S2&ADSP4-S2
Enfriamiento	Convección natural: sin ventiladores
Clasificación ambiental del recinto	Tipo 6
Características	
Diseño de transformador de comunicación (inversor a ECU)	ZigBee cifrado
Gestión de energía	Transformadores de alta frecuencia, aislados galvánicamente Sistema de análisis de gestión energética (EMA)
Certificado y cumplimiento	
Cumplimiento	UL1741 (IEEE1547); FCC Part15;CSA C22.2 No. 107.1-16; NOM-001

Tabla H5*Conexión de paneles según el inversor (String/Panel)*

MPPT	STRING	# PANEL
1	2	4
1	2	4
1	2	4
TOTAL DE PANELES		12

1.6. Selección de cables, protecciones y demás elementos

Todos los accesorios y componentes del sistema fotovoltaico, como paneles solares, inversores, cables, disyuntores, breaker, fusibles etc. deben cumplir con una serie de normas técnicas para garantizar su seguridad, eficiencia y rendimiento. Entre las principales normas y requisitos que deben cumplirse se incluyen:

IEC 60898, IEC 60947-2, RETIE, NTC El cumplimiento de estas normas es esencial para garantizar un funcionamiento seguro y conforme a las regulaciones nacionales e internacionales, optimizando la eficiencia del sistema y protegiendo tanto a los usuarios como a los equipos de posibles fallos.

1.7. Ubicación

El sistema fotovoltaico se instalará en un predio propiedad del municipio de iza de un área aproximadamente de 1.8000 m² y un perímetro de 175 metro como se muestra en la figura H4-H5 según plan de ordenamiento territorial del municipio (POT) no tiene restricciones para la

implementación, donde se pueden ubicar estratégicamente para evitar sombra y maximizar la radiación solar para su máximo aprovechamiento

Figura H4

Área disponibles instalación de paneles

