

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO Y GRUPOS
ELECTRÓGENOS PARA GARANTIZAR EL ABASTECIMIENTO DE
ENERGÍA DEL NODO SITE LOR0128 DE LA EMPRESA VIETTEL PERÚ
S.A.C., LORETO 2020”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CUEVA ENCISO, DENNIS RONALD

**Villa El Salvador
2020**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por el apoyo incondicional que siempre me dieron, y a mi abuelo por los valores de humildad y perseverancia que me inculco desde pequeño.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios porque es mi guía en todo momento, a mis padres y hermanos por apoyarme y velar por mí, a mis compañeros de VIETTEL PERU S.A.C que siempre me apoyaron en mi desempeño laboral y a la universidad y mis profesores por los conocimientos que me proporcionaron para mi desarrollo profesional.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE..... | 4 |
| LISTADO DE FIGURAS..... | 6 |
| RESUMEN..... | 8 |
| INTRODUCCIÓN | 9 |
| OBJETIVOS..... | 11 |
| a. Objetivo general..... | 11 |
| b. Objetivos específicos..... | 11 |
| MARCO TEÓRICO | 12 |
| 1.1 Bases teóricas..... | 12 |
| 1.1.1 Estado del arte..... | 12 |
| 1.1.1.1 Antecedentes Internacionales..... | 12 |
| 1.1.1.2 Antecedentes Nacionales..... | 13 |
| 1.1.2 Implementación de sistema Híbrido Solar-Diésel..... | 13 |
| 1.1.2.1 Implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos..... | 15 |
| 1.1.2.2 Implementación de grupos electrógenos estacionarios..... | 22 |
| 1.1.3 Redes de Telecomunicación..... | 27 |
| 1.1.3.1 Nodos..... | 28 |
| 1.1.3.2 SITES..... | 28 |
| 1.2 Definición de términos básicos..... | 29 |
| METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL | 31 |
| 2.1 Delimitación de la investigación..... | 31 |
| 2.1.1 Delimitación temporal..... | 31 |
| 2.1.2 Delimitación espacial..... | 31 |
| 2.2 Determinación y análisis del problema..... | 31 |
| 2.3 Modelo de solución propuesto..... | 32 |
| 2.4 Resultados..... | 40 |

| | |
|---|----|
| CONCLUSIONES | 55 |
| RECOMENDACIONES | 56 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS | 57 |
| ANEXOS..... | 60 |
| ANEXO 1: Radiación Solar en LOR0128..... | 60 |
| ANEXO 2: Plano de estructura para 24 paneles..... | 61 |
| ANEXO 2: Plano de estructura para 18 paneles..... | 62 |
| ANEXO 2: Plano de estructura para 12 paneles..... | 63 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Sistema Híbrido Solar-Diésel..... | 15 |
| Figura 2. Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA). Sólo cargas DC..... | 16 |
| Figura 3. Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA). Cargas DC y Cargas AC..... | 16 |
| Figura 4. Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (SFCR)..... | 17 |
| Figura 5. Sistemas Auxiliares de tensión. Grupos electrógenos..... | 23 |
| Figura 6. Redes de telecomunicación..... | 27 |
| Figura 7. Diagrama Antiguo de LOR0128..... | 32 |
| Figura 8. DC SYSTEM Solar..... | 33 |
| Figura 9. Conexión de paneles al DC System..... | 34 |
| Figura 10. Paneles instalados en el nodo LOR0128..... | 40 |
| Figura 11. Grupos electrógenos instalados en el nodo LOR0128..... | 41 |
| Figura 12. Conexiones en LOR0128..... | 41 |
| Figura 13. Monitoreo de los DC Systems..... | 42 |
| Figura 14. Consumo de energía del DC System 1..... | 43 |
| Figura 15. Generación de energía Solar del DC System 1..... | 43 |
| Figura 16. Duración Solar en el DC System 1..... | 44 |
| Figura 17. Duración del encendido del primer generador en el DC System1..... | 44 |
| Figura 18. Duración del encendido del segundo generador en el DC System 2.. | 45 |
| Figura 19. Capacidad de carga del primer banco de baterías en el DC System 1 | 45 |
| Figura 20. Capacidad de carga del segundo banco de baterías en el DC System 1 | 46 |
| Figura 21. Consumo de energía del DC System 2..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Figura 22. Generación de energía Solar del DC System 2..... | 47 |
| Figura 23. Capacidad de carga del primer banco de baterías en el DC System 2 | 48 |
| Figura 24. Capacidad de carga del segundo banco de baterías en el DC System 2 | 48 |
| Figura 25. Consumo de energía del DC System 3..... | 49 |
| Figura 26. Generación de energía Solar del DC System 3..... | 50 |
| Figura 27. Capacidad de carga del primer banco de baterías en el DC System 3 | 50 |
| Figura 28. Capacidad de carga del segundo banco de baterías en el DC System 3 | 51 |
| Figura 29. Consumo de energía del DC System 4..... | 52 |
| Figura 30. Generación de energía Solar del DC System 4..... | 52 |
| Figura 31. Capacidad de carga del primer banco de baterías en el DC System 4 | 53 |
| Figura 32. Capacidad de carga del segundo banco de baterías en el DC System 4 | 53 |
| Figura 33. Energía Total en el DC System 5..... | 54 |

RESUMEN

Este trabajo de suficiencia profesional tiene como propósito describir los pasos que se siguieron para la implementación de un sistema fotovoltaico y grupos electrógenos que tienen como finalidad garantizar el abastecimiento de energía del nodo site LOR0128 de la empresa VIETTEL PERÚ S.A.C.

El problema principal de este nodo era que debido a que se encontraba en una zona aislada de Loreto no llegaba la energía comercial y funcionaba con grupos electrógenos permanentes que consumían mucho combustible fósil y no aseguraban el abastecimiento de energía por eso se optó por la implementación de paneles solares como primera fuente de energía y grupos electrógenos como sistema de respaldo.

La implementación se desarrolló mediante un estudio en el cual se precisó el cálculo de la potencia total de consumo de carga eléctrica para dimensionar correctamente los componentes que intervenían en la implementación tanto de los grupos electrógenos como del sistema fotovoltaico y así finalmente poder determinar los indicadores de operatividad del sistema. Luego de desarrollar la implementación se logró evidenciar a través del sistema de monitoreo Netnuamen que los cálculos realizados eran correctos y permitían la sostenibilidad del sistema. Este resultado me permitió concluir que el total de energía necesaria para los DC System era menor que 31 KW-h, con un total de 120 paneles conectados y 53 baterías de Ion Litio. También se pudo concluir que los grupos electrógenos seleccionados de 50 Kva con motor a Diésel y configuración trifásica de arranque eléctrico automático estaban correctamente seleccionados.

INTRODUCCIÓN

Según un artículo editado por Interempresas (2017), señala que, el suministro eléctrico es necesario para abastecer diferentes sistemas imprescindibles en zonas aisladas. La necesidad de fuentes de reserva es más urgente y se utilizan grupos electrógenos a diésel para suministrar energía. El principal inconveniente de esta fuente de energía es la variabilidad en los costes, debido a la alta dependencia del precio de gasolina, además de ser un sistema poco ecológico. (p.1)

Continuando por lo dicho en el artículo de Interempresas (2017), menciona que por todo esto que se creó una solución híbrida, compuesta por sistemas fotovoltaicos y/o eólicos, baterías de alto ciclado y un generador eléctrico. Esta solución es un sistema desarrollado para sustituir los grupos electrógenos en estas localizaciones aisladas y sin acceso a la red, por un sistema de generación de energía con fuentes renovables. (p.1)

Finalmente, Interempresas (2017) menciona que los sistemas híbridos permiten disminuir el consumo de combustibles fósiles hasta un 80%, dependiendo de la energía demandada y de las configuraciones del sistema híbrido, utilizando los grupos electrógenos solo en caso de emergencias, cuando la energía solar y la energía almacenada en las baterías no fuera suficiente. (p.1)

Según lo anteriormente señalado, en este trabajo de experiencia profesional se analizó el contexto de VIETTEL PERU S.A.C., empresa vietnamita de telecomunicaciones que presta servicios de telefonía fija, móvil e internet, cuya sede principal se encuentra ubicada en el distrito de San Isidro-Lima.

Actualmente esta empresa cuenta con más de 5000 cuartos de equipos (SITES) en todo el Perú, los cuales envían señales de radio y transmisión para poder dar cobertura a los clientes que adquieren sus servicios. De estos 5000 cuartos, existen 156 que son indispensables para el funcionamiento de toda la red de telecomunicación, a estos SITES los llamamos nodos, estos nodos necesitan tener energía constantemente, por lo cual se evaluó y se implementó sistemas de respaldo en caso de cortes de energía para salvaguardar su correcta operación. (VIETTEL,2020).

Entre los principales nodos se encuentra el nodo LOR0128 que se ubica en Loreto, el cual poseía generadores diésel de funcionamiento permanente, sin embargo, ante la necesidad energética de este Nodo Site se implementó un sistema híbrido Solar-Diésel teniendo en cuenta la carga que iban a abastecer.

En ese sentido, en este trabajo de suficiencia profesional, se describe la implementación de un sistema fotovoltaico y grupo electrógeno para garantizar el abastecimiento de energía del Nodo Site LOR0128 de la empresa VIETTEL PERU S.A.C., Loreto 2020; para lo cual precisare los cálculos de potencia, el dimensionamiento de los componentes de cada sistema y la evaluación del antes y después de su implementación.

OBJETIVOS

a. **Objetivo general.**

Implementar un sistema fotovoltaico y grupos electrógenos para garantizar el abastecimiento de energía del Nodo Site LOR0128 de la empresa Viettel Perú S.A.C., Loreto 2020.

b. **Objetivos específicos.**

- Calcular la potencia total de consumo de carga eléctrica para garantizar el abastecimiento de energía mediante la implementación de un sistema fotovoltaico y grupos electrógenos en el Nodo Site LOR0128 de la empresa Viettel Perú SAC, Loreto 2020.
- Dimensionar los componentes en la implementación de un sistema fotovoltaico y seleccionar correctamente los grupos electrógenos a fin de garantizar el abastecimiento de energía del Nodo Site LOR0128 de la empresa Viettel Perú SAC, Loreto 2020.
- Determinar los indicadores de operatividad del sistema para el abastecimiento de energía después de la implementación del sistema fotovoltaico y grupo electrógeno, a fin de demostrar el óptimo funcionamiento en el Nodo Site LOR0128 de la empresa Viettel Perú SAC, Loreto 2020.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Bases teóricas.

1.1.1 Estado del arte.

1.1.1.1 Antecedentes Internacionales

Enero (2016), realizo la investigación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO PV-MCI-BATERÍA PARA REALIZACIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES (LER) USM.” , para obtener el título profesional de Ingeniero Civil Mecánico en la Universidad Técnica Federico Santa María de Chile. En la investigación se comprobó que un sistema híbrido es un sistema de generación de energía eléctrica autónomo que no depende de fuentes externas y además entrega energía ininterrumpidamente, de la cual cierto porcentaje provendrá de una fuente renovable, la que ayudará a disminuir el uso de la fuente convencional y por lo tanto reducir la contaminación atmosférica.

Asprilla (2016), realizo la investigación: “Estudio de Sistemas Híbridos De Energía Renovable (solar – gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en Zonas no Interconectadas del Departamento del Chocó.”, para obtener el título profesional de Magister en Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional de Colombia. La investigación llego a la conclusión que implementar sistemas híbridos solar-biomasa, permite realizar una adecuada combinación energética en las ZNI del Departamento del Chocó, ya que fomenta al uso eficiente de los recursos naturales que se obtienen localmente y es un sistema que tiende a ser auto sostenible

1.1.1.2 Antecedentes Nacionales

Santa Cruz (2018) realizo la investigación: "DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO POBLADO NUEVA ESPERANZA UBICADO EN EL DISTRITO DE CATACHESANTA CRUZ - CAJAMARCA." , para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Perú. La investigación llego a la conclusión que la energía promedio diaria que demanda el centro poblado Nueva es de 12,840 KWh/día. Para 33 viviendas proyectadas, 01 iglesia, 01 local comunal, 01 centro educativo de educación inicial.

Cruz (2010) realizo la investigación: "DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE POTENCIA.", para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad de Piura de Perú. La investigación llego a la conclusión que el dimensionamiento, simulación y el análisis económico presentado en esta tesis es una herramienta tanto para aplicaciones con energía renovable y aplicaciones con tecnología convencional como es el caso de la energía de combustibles fósiles. Los resultados económicos muestran el valor presente, los costes de ciclo de vida y los costos anualizados de cada una de las componentes del sistema, muy útiles cuando son usados por el usuario para realizar comparaciones entre sistemas de generación eléctrica.

1.1.2 Implementación de sistema Híbrido Solar-Diésel.

Según Hernández (2016), señala que, debido al descenso de costes de la energía solar fotovoltaica, se está extendiendo el uso de sistemas híbridos solar-diésel, que es una combinación de la energía solar fotovoltaica con los generadores a diésel para producir electricidad de forma continua y estable. (p.13).

Siguiendo con lo dicho por Hernández (2016), este tipo de instalaciones normalmente se encuentran equipadas con equipos auxiliares tales como baterías y sistemas especiales de control para mantener en todo momento la estabilidad del suministro eléctrico. Lo que se pretende con esta nueva configuración es la sustitución de un generador diésel (como único generador) por una hibridación Fotovoltaica más Generación Diésel (con dos fuentes generadoras) (p.13). Véase la figura 1.

Según Reyes y Osorio (2018) citando a Walker (2014), señala que la categorización de acuerdo a la capacidad y conexión a red (estable o no estable), se da en cuatro tipos: (p.19).

- **Tipo 1.** Cargas críticas, para aplicaciones en la cuales se requiere un servicio de energía constante como por ejemplo hospitales, centros de datos, bases militares, telecomunicaciones. (Reyes y Osorio, 2018, p.20).
- **TIPO 2.** Mini redes con conexión a redes inestables, en este caso la implementación de sistemas híbridos se hace con el propósito de ahorrar combustible durante interrupciones del suministro eléctrico en los cuales el sistema actúa en modo isla. (Reyes y Osorio, 2018, p.20).
- **TIPO 3.** Mini redes aisladas a gran escala, para aplicaciones en las cuales estos sistemas de generación son manejados por empresas y producen utilidades, así mismo poseen varios sistemas de generación (grupos electrógenos) operando en paralelo, en éste la parte fotovoltaica del sistema híbrido se utiliza como fuente de generación y a su vez para reducción de consumo de combustibles fósiles. (Reyes y Osorio, 2018, p.20).
- **TIPO 4.** Mini redes aisladas a pequeña escala, para aplicaciones de pequeñas villas o un pequeño grupo de casas, en este tipo de aplicación se cuenta generalmente con un solo Paneles solares /Inversores Generadores Diésel Transmisión SCADA Ahorrador de combustible generador diésel en combinación con el sistema

fotovoltaico y a veces sistemas de almacenamiento. (Reyes y Osorio, 2018, p.20).

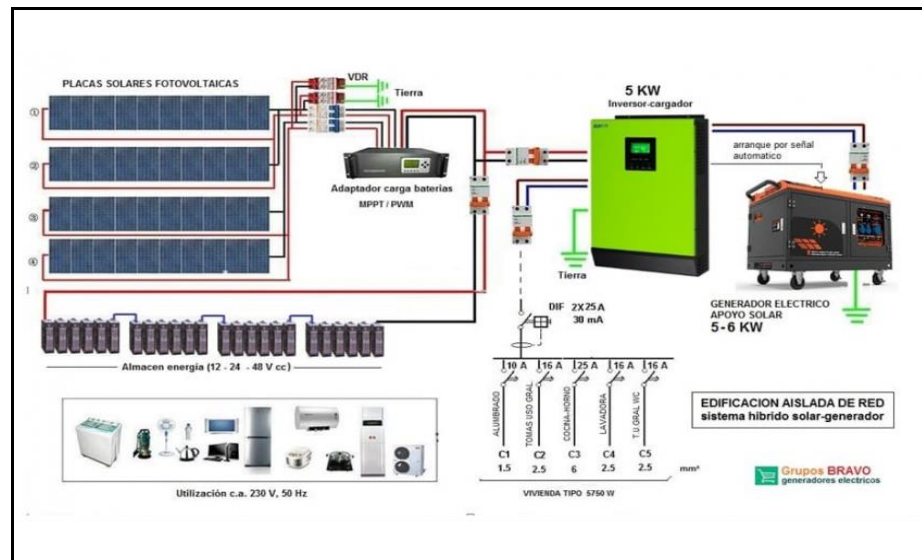


Figura 1. Sistema Híbrido Solar-Diésel.

Fuente: <https://gruposbravo.com/blog/como-conectar-el-generator-al-inversor-cargador-solar-b25.html>

1.1.2.1 Implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos.

Según Perpiñan (2018), señala que un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos los cuales producen energía eléctrica a partir de la radiación solar, este sistema está conformado por módulos fotovoltaicos los cuales contienen células que son capaces de transformar la energía luminosa en energía eléctrica de corriente continua. Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en: conectados a red, autónomos y de bombeo. Dependiendo del tipo de sistema se selecciona los componentes como el sistema de acumulación de energía, el regulador o el inversor. (p.1). A continuación, se muestra mayor detalle en las figuras 2,3 y 4.

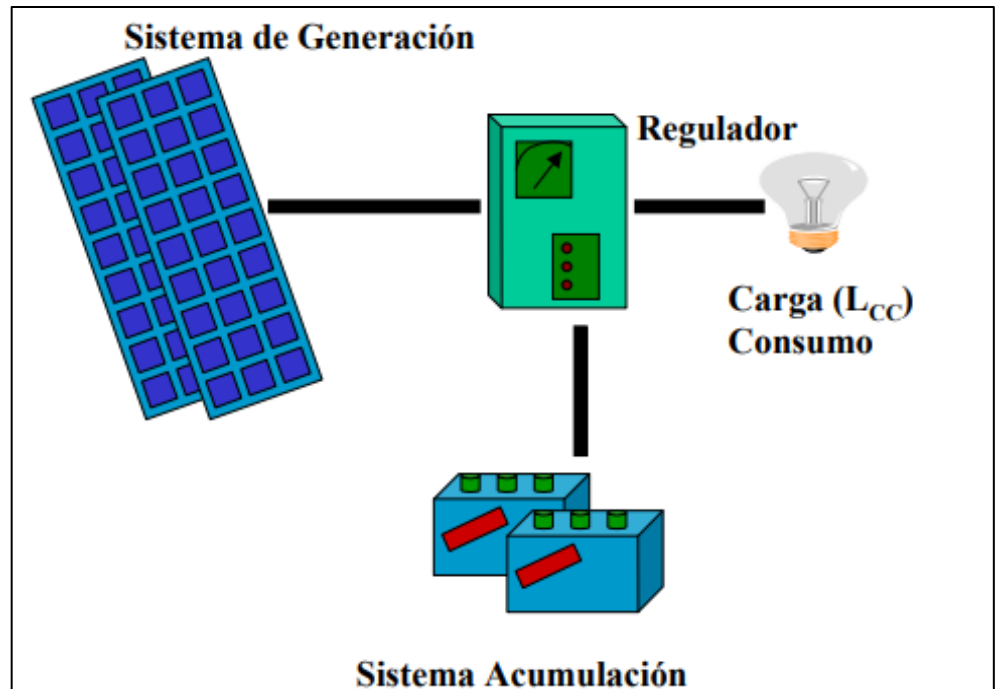


Figura 2. Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA). Sólo cargas DC.
Fuente: <https://manuelberaun.files.wordpress.com/2011/12/dimensionado-de-sfv-autonomos.pdf>

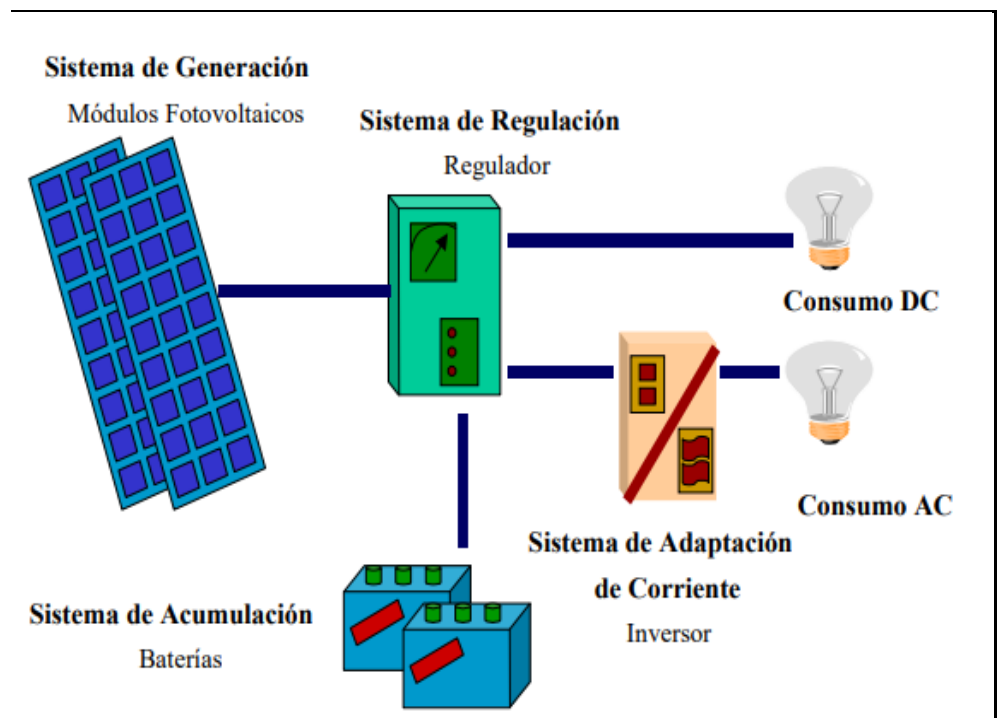


Figura 3. Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA). Cargas DC y Cargas AC.
Fuente: <https://manuelberaun.files.wordpress.com/2011/12/dimensionado-de-sfv-autonomos.pdf>

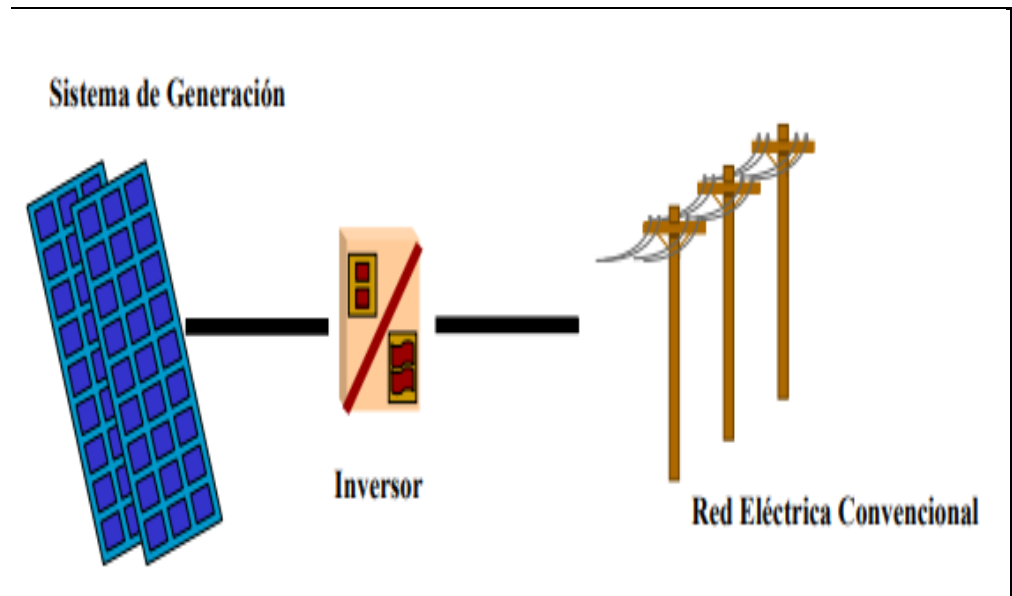


Figura 4. Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (SFCR).

Fuente: <https://manuelberaun.files.wordpress.com/2011/12/dimensionado-de-sfv-autonomos.pdf>

A) Estimación del consumo

Según Aguilera y Hontoria (2011), señala que la demanda de energía influye mucho en las características de la instalación, por lo que en la planificación es necesario anotar todo lo referente a los aparatos eléctricos que serán la carga del sistema. Para calcular la energía que el usuario necesitará diariamente, se deberá determinar la potencia de todos los aparatos junto con el tiempo medio de uso de cada uno de ellos. (p.8).

Siguiendo con lo expuesto por Aguilera y Hontoria (2011), sabemos que, conociendo los aparatos, potencia y tiempos, el cálculo de la energía de consumo se determinará con la siguiente formula: (p.8).

$$EAC = \sum P(AC)_i \cdot t_{di} \dots (1)$$

$$EDC = \sum P(DC)_i \cdot t_{di} \dots (2)$$

Siendo:

- E_{AC} : Energía consumida en AC (Wh).
- E_{DC} : Energía consumida en DC (Wh).

- P_i : Potencia Nominal (W).
- t_{di} : Tiempo diario de uso (h).

Para el consumo total se aplicará la siguiente expresión:

$$ET = EDC / \eta_{BAT} + EAC / (\eta_{BAT} \cdot \eta_{INV}) \dots (3).$$

Donde:

- E_T : Energía real requerida por el sistema (consumo) (Wh).
- η_{BAT} : Rendimiento de la batería.
- η_{INV} : Rendimiento del inversor.

B) Radiación solar y ángulo de inclinación

Según Abella (2005), señala que para el método de dimensionado de “Amperios-Hora” existe un mes determinante para el diseño del sistema, este mes será el que presente la más baja proporción de energía solar disponible y el consumo. Con este criterio, el sistema fotovoltaico se dimensiona para satisfacer dicho consumo en el peor mes de un año promedio. Por ejemplo, si el consumo es constante durante todo un año, el peor mes será el de menor radiación media. Si el consumo no es constante se necesitará realizar los cocientes para cada mes del año. El ángulo de inclinación será el que mayor radiación da en el peor mes del año. (p.5).

Según un artículo publicado por Click Renovables (2015), señala que “Para obtener la radiación solar incidente podemos utilizar tablas ya existentes, de las cuales se puede obtener los datos de insolación”. (p.1).

C) Dimensionado del generador fotovoltaico

Según Aguilera y Hontoria (2011), señalan que para calcular el número total de módulos fotovoltaicos se debe utilizar la siguiente fórmula: (p.12).

$$NT = ET / (P_p \cdot G_m \beta \cdot PG) \dots (4).$$

Donde:

- ET: Energía real requerida (Wh)
- Pp: Potencia Pico del Módulo (W / kW / m²)
- Gm β : Radiación Global sobre una superficie inclinada un ángulo β (kWh /m²)
- PG: Factor Global de Pérdidas (suele variar entre 0.65 y 0.9)

Continuando con lo dicho por Aguilera y Hontoria (2011), luego de saber el número total de paneles que se va a instalar, es necesario saber si van a estar conectados en paralelo o en serie. (p.12).

Para módulos en serie se calcula con la siguiente formula:

$$N_s = V_{Bat} / V_m \dots (5)$$

Donde:

- N_s : número de módulos en serie por rama
- V_{Bat}: tensión nominal de la batería (V)
- V_m: tensión nominal de los módulos (V)

Para módulos en paralelo se calcula con la siguiente formula:

$$N_p = N_t / N_s \dots (6)$$

Donde:

- N_p : número de módulos en serie por rama
- V_{Bat}: tensión nominal de la batería (V)
- V_m: tensión nominal de los módulos (V)

Finalmente, según Aguilera y Hontoria (2011), los valores para N_t, N_s y N_p se redondean por exceso, para asegurar el suministro de potencia que requiere la instalación. (p.12).

D) Dimensionado de los acumuladores

Según Aguilera y Hontoria (2011), para definir la dimensión del acumulador, se tiene que tener en cuenta los siguientes puntos: (p.13).

- Máxima Profundidad de descarga: Es el máximo valor de descarga que puede tener la batería para que esta no se dañe, en el caso de las baterías de plomo ácido este valor es de 0.7. (Aguilera y Hontoria, 2011, p.13).
- Días de autonomía: Es el número total de días que el sistema de acumulación será capaz de atender el consumo sin sobrepasar la máxima profundidad de descarga de la batería. Esto depende entre otros factores del tipo de instalación y condiciones climatológicas. (Aguilera y Hontoria, 2011, p.13).

Continuando con lo dicho por Aguilera y Hontoria (2011), para hallar la capacidad de las baterías en Ah o Wh se utilizará las siguientes fórmulas: (p.13).

- $C_n (Wh) = ET \cdot N / Pd \dots (7)$
- $C_n (Ah) = C_n (Wh) / V_{bat} \dots (8)$

Donde:

- C_n : capacidad nominal de la batería (Wh o Ah).
- ET : Energía real requerida (Wh).
- Pd : Máxima Profundidad de descarga de la batería.
- V_{Bat} : tensión nominal de la batería (V).

E) Dimensionado del regulador

Según Aguilera y Hontoria (2011), el regulador es el dispositivo que controla las cargas y descargas de la batería, para dimensionar el regulador se tiene que tener en consideración la corriente que produce el generador fotovoltaico y la corriente

de la carga que se va a alimentar y seleccionar la máxima de estas dos corrientes. (p.13).

Siguiendo con lo dicho Aguilera y Hontoria (2011), para calcular la intensidad de corriente que produce el generador se suman las intensidades que produce cada módulo funcionando a pleno rendimiento. (p.13).

$$I_G = I_R \cdot N_R \dots (9)$$

$$I_R = P_p \cdot \eta_m / V_m \dots (10)$$

Siendo

- I_G : Corriente producida por el generador (A)
- I_R : Corriente producida por cada rama en paralelo del generador (A)
- N_R : Número de ramas en paralelo del generador
- P_p : Potencia Pico del módulo fotovoltaico (W)
- η_m : Rendimiento del módulo
- V_m : Tensión nominal de los módulos (V).

Aguilera y Hontoria (2011), también señalan que para calcular la intensidad de corriente de la carga se tiene en cuenta todos los consumos al mismo tiempo. (p.14)

$$I_C = P_{DC} / V_{bat} + P_{AC} / 220 \dots (11)$$

Donde:

- I_C : Corriente que consume la carga (A)
- P_{DC} : Potencia de las cargas en DC (W)
- V_{bat} : Tensión nominal de la batería (V)
- P_{AC} : Potencia de las cargas en AC (W)

Finalmente, Aguilera y Hontoria (2011) mencionan que de estas dos corrientes se seleccionará la mayor para el regulador. (p.14).

$$IR = \max (IG, IC)... (12)$$

F) Dimensionado del inversor

Según Aguilera y Hontoria (2011), señalan que las características de funcionamiento que definen un inversor o convertidor DC –AC son: (p.14)

- Potencia Nominal (kW)
- Tensión Nominal de Entrada (V)
- Tensión Nominal de Salida (V)
- Frecuencia de operación (HZ)
- Rendimiento (%)

Siguiendo con lo dicho por Según Aguilera y Hontoria (2011), para dimensionar el inversor se tiene que tener en cuenta la potencia de demanda de carga AC, por lo cual se seleccionara el inversor cuya potencia nominal sea un poco superior a la máxima demanda, esto sin sobredimensionarlo para hacerlo trabajar con mayor eficiencia. (p.15).

$$P_{inv} \approx PAC... (13)$$

1.1.2.2 Implementación de grupos electrógenos estacionarios.

Según un artículo publicado por GRUPEL (2019), señala que un grupo electrógeno es un equipo que tiene como función convertir la capacidad calorífica en energía mecánica y luego en energía eléctrica. De forma sucinta consiste en un motor y un alternador que están acoplados en una base con otros elementos. (p.1).

Continuando con lo dicho en el artículo de GRUPEL (2019), señala que en términos de utilización los grupos electrógenos pueden ser utilizados como fuente principal o fuente auxiliar,

para responder a las necesidades energéticas. (p.1). Véase la figura 5.

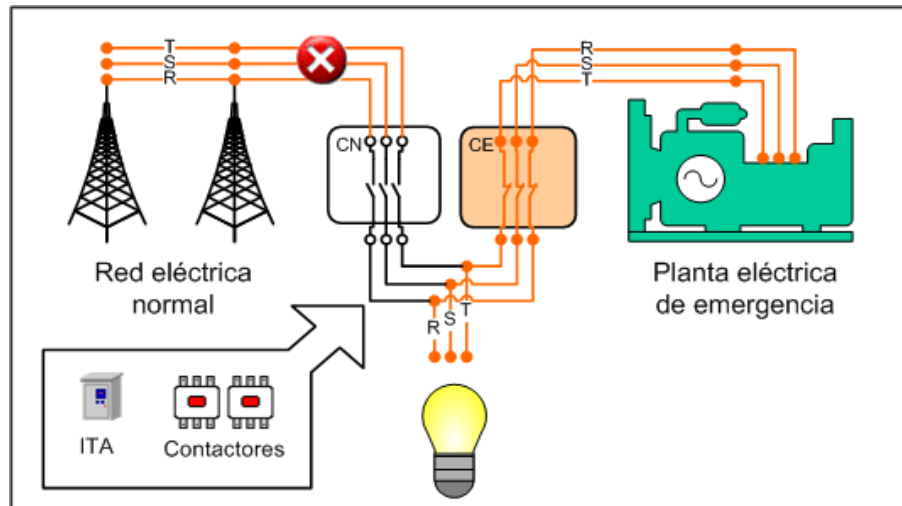


Figura 5. Sistemas Auxiliares de tensión. Grupos electrógenos
Fuente: <http://electrofacil-soltec.blogspot.com/2017/04/sistemas-auxiliares-de-tensiongrupos.html>.

A) Dimensionado del grupo electrógeno.

Según un artículo publicado por Tecnis Grupos Electrógenos, SL (2017), señala que uno de los factores más importantes para decidirse por un grupo electrógeno es determinar correctamente los KVA del equipo. (p.1).

Continuando con el artículo publicado por Tecnis Grupos Electrógenos, SL (2017), señala que dimensionar correctamente la potencia del grupo electrógeno, es uno de los factores más importantes a la hora de realizar la compra de uno de estos equipos. Teniendo en cuenta que una correcta elección del grupo electrógeno es importante para asegurar la vida útil de la máquina y minimizar el consumo de combustible, para evitar sobrecostos de mantenimiento innecesarios. (p.1).

Teniendo en cuenta:

- Tipo de corriente: monofásico o trifásico.
- La potencia del motor o la suma de potencias del objeto de estudio (CV o KW).
- El arranque.

Finalmente, en el artículo publicado por Tecnis Grupos Electrógenos, SL (2017), señala que por tablas de conversión o por cálculo matemático se puede obtener la potencia necesaria en KVA. (p.1).

A.1 Tablas de conversión

Según el artículo de Tecnis Grupos Electrógenos, SL (2017), este método permite convertir la potencia, en kW o CV, conocida de las máquinas que vamos a sustentar con el grupo electrógeno, de una manera rápida y sencilla a kVA. Dependiendo del tipo de arranque de la máquina, usaremos una tabla u otra. (p.1).

A.2 Calculo de potencia

Según el artículo de Tecnis Grupos Electrógenos, SL (2017), podemos obtener cualquier otro valor que no esté reflejado en las tablas, mediante las siguientes formulas:(p.1).

$$\text{kW} / \cos \varphi = \text{kVA} \dots (14).$$

$$\text{kW} = \text{CV} * 0.736 \dots (15).$$

B) Selección del grupo electrógeno.

B.1 Selección de acuerdo al tipo de motor

Según un artículo publicado por GRUPO SINELEC (2018), señala que los grupos electrógenos según el tipo de motor se pueden clasificar en: (p.1).

- *Grupo electrógeno de Diésel:* Estos grupos electrógenos son ideales para potencias superiores a los 5 KW y para uso intensivo, se usan a menudo en talleres, lugares remotos, etc. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).
- *Grupo electrógeno de Gasolina:* Estos grupos electrógenos son dispositivos económicos, son más

apropiados para usos esporádicos y casos puntuales. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).

- *Grupo electrógeno de Nafta:* Estos grupos electrógenos son aún más económicos que los de gasolina y se emplean para potencias menores a los 2kw. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).
- *Grupo electrógenos de Gas:* Su uso es similar a los de nafta, solo con la diferencia que tienen menor impacto sobre el medio ambiente. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).

B.2 Selección por su tensión

Según un artículo en publicado por GRUPO SINELEC (2018), señala que los grupos electrógenos según la tensión se pueden clasificar en: (p.1).

- *Monofásicos:* Para la mayoría de grupos electrógenos de baja potencia (hasta 5kw) suministran tensión alterna de 220V. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).
- *Trifásicos:* Para generadores de potencia superior, pueden incorporar tomas de corriente alterna de 400V. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).

B.3 Selección de Arranque

Según un artículo publicado por GRUPO SINELEC (2018), señala que los grupos electrógenos según el tipo de arranque se pueden clasificar en: (p.1).

- *Manual:* Este tipo de arranque es el más habitual en grupos electrógenos de baja potencia Se puede realizar el arranque con y sin conmutador de carga. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).
- *Arranque electro simple:* Mediante un simple botón, es posible accionar el grupo electrógeno para que

comience a generar energía eléctrica. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).

- *Arranque eléctrico automático*: Se configuran para soportar la carga máxima sin exponerse a sobrecargas. Es muy útil en ciertos campos, por ejemplo, en instalaciones fotovoltaicas aisladas de cierta envergadura. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).

B.4 Selección por su aplicación

Según un artículo publicado por GRUPO SINELEC (2018), señala que los grupos electrógenos por su tipo de operación y basado en la norma ISO-8528-1 pueden clasificarse en: (p.1).

- *-Potencia Auxiliar de Emergencia*: Se usan como máximo 200 horas, para cargas bajas y medias. Habitualmente de gasolina. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).
- *-Potencia Auxiliar*: uso de entre 200-500 horas. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).
- *-Potencia Principal*: tiempo de uso ilimitado. Muy empleados en industria, obras, etc. y alimentados por diésel o gasolina. Además, generalmente son fijos. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).
- *-Potencia Continua*: tiempo de uso ilimitado, cumple la misma función que el anterior, pero además se emplea en operaciones en los que es vital no cortar el suministro eléctrico. Empleado en bombeos de agua, centrales eléctricas, etc. (GRUPO SINELEC, 2018, p.1.).

1.1.3 Redes de Telecomunicación.

Según Kuhlman y Alonso (1996), señala que un sistema de telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones. Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y, por tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales. Por ejemplo, para tener acceso a la red telefónica, el equipo terminal requerido consiste en un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía celular, el equipo terminal consiste en teléfonos portátiles con receptor y transmisor de radio, etcétera. (p.5). Tal como se muestra en la figura 6.

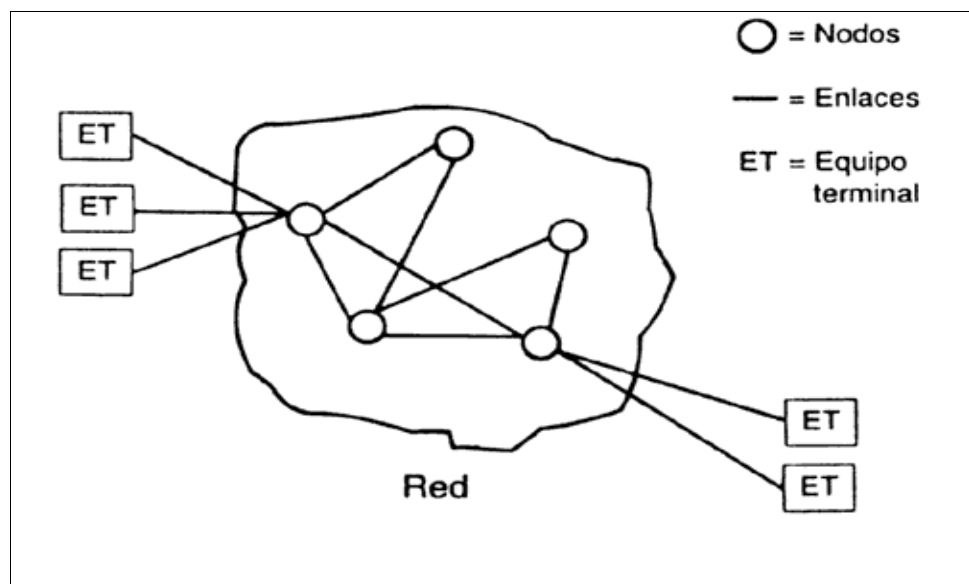


Figura 6. Redes de telecomunicación.

Fuente: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_13.htm

Siguiendo con lo señalado por Kuhlman y Alonso (1996), mencionan que en general se puede afirmar que una red de telecomunicaciones consiste en las siguientes componentes: a) un conjunto de nodos en los cuales se procesa la información, y b) un conjunto de enlaces o

canales que conectan los nodos entre sí y a través de los cuales se envía la información desde y hacia los nodos. (p.5).

1.1.3.1 Nodos.

Según Kuhlman y Alonso (1996), señala que los nodos son parte fundamental en cualquier red de telecomunicaciones, son los equipos encargados de realizar las diversas funciones de procesamiento que requieren cada una de las señales o mensajes que circulan o transitan a través de los enlaces de la red. Desde un punto de vista topológico, los nodos proveen los enlaces físicos entre los diversos canales que conforman la red. Los nodos de una red de telecomunicaciones son equipos (en su mayor parte digitales, aunque pueden tener alguna etapa de procesamiento analógico, como un modulador). (p.5).

1.1.3.2 SITES.

Según un artículo publicado por IRET TELECOMUNICACIONES (2019), señala que los Cuartos de Equipos (ER), comúnmente llamados SITE's de comunicaciones, proveen el espacio para albergar el equipo de telecomunicaciones y cómputo de una organización. El espacio del cuarto de Equipos (ER) no debe ser compartido con instalaciones eléctricas que no sean de telecomunicaciones.

Y debe ser capaz de albergar equipo de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión asociado. El diseño de cuartos de telecomunicaciones debe considerar, además de voz y datos, la incorporación de otros sistemas de información del edificio tales como televisión por cable (CATV), alarmas, seguridad, audio y otros sistemas de comunicaciones. (p.1).

Típicamente un Cuarto de Equipos tiene los siguientes elementos:

- Conexiones, interconexiones y cross-connections para cables de distribución.
- Aire acondicionado.
- Piso Elevado.
- Techo Falso.
- Sistema de detección y extinción de incendio.
- Control de acceso.
- Sistema de Videovigilancia.
- Acometida del Carrier.
- Backbone.
- Servidores.

1.2 Definición de términos básicos.

- AC BOX: Se hace referencia al AC BOX cuando hablamos del tablero de distribución en corriente continua que alimenta los DC SYSTEM.
- ATS: Es la abreviatura de Automatic Transfer Switch, es un tablero de transferencia automática que detecta la interrupción en el suministro de energía eléctrica y acciona el grupo electrógeno.
- Carga: Se hace referencia a carga cuando se habla de la intensidad de corriente que pasa por un circuito.
- Dc System: Se hace referencia a Dc System cuando nos referimos al sistema donde se albergan las cargas que son alimentadas con corriente continua.
- Grupo electrógeno: Se hace referencia a grupos electrógenos cuando hablamos de máquinas que transforman la energía mecánica en energía eléctrica para abastecer una carga.
- Nodo: Se hace referencia a nodos cuando hablamos de sites en los cuales concurren varios enlaces de red.
- Potencia Activa: Se hace referencia a la potencia activa cuando se habla de la potencia útil del sistema.
- Red de telecomunicación: El término red de telecomunicación hace referencia a consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino.

- Sistema fotovoltaico: Se hace referencia a sistema fotovoltaico cuando hablamos de un generador que transforma la radiación solar en energía eléctrica en corriente continua.
- Sites: Se hace referencia a sites cuando hablamos de los cuartos de equipos que se encuentran ubicados en distintos lugares.

CAPITULO II

METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1 Delimitación de la investigación.

2.1.1 Delimitación temporal.

El presente trabajo se desarrolló entre los meses de febrero y julio del año 2020.

2.1.2 Delimitación espacial.

El presente trabajo se desarrolló en el Nodo Site LOR0128 de la empresa VIETTEL PERU S.A.C. que se encuentran en Loreto, específicamente en Nauta-Iquitos.

2.2 Determinación y análisis del problema.

La empresa de telecomunicaciones VIETTEL PERU S.A.C. cuenta con 13 Nodos Sites que se encuentran en zonas alejadas de la selva peruana; específicamente entre Iquitos y Yurimaguas; donde no llega la energía comercial y el acceso a estas zonas es mediante viajes en embarcaciones. De estos Nodos Sites existe uno que tuvo una pérdida de energía que perjudico a la empresa, este Nodo es el LOR0128.

LOR0128 contaba con grupos electrógenos estacionarios que alternaban su funcionamiento para abastecer de energía al nodo mediante un ATS conectado a los AC BOX (V5-3P) y que estos a su vez alimentaban de energía a los DC SYSTEM, los cuales poseen las cargas principales. (Véase la figura 7). Sin embargo, debido a su tiempo de vida estos se iban desgastando y consumían mucho combustible fósil el cual es costoso y complejo de trasladar debido a la lejanía.

Si surgía alguna perdida de energía por falta de combustible o por alguna falla de los grupos electrógenos, este Nodo dejaba de operar y se perdía señal en Loreto, lo cual causaba una multa por parte de OSIPTEL; ente regulador de telecomunicaciones en el Perú; por lo cual era necesario evaluar otra

propuesta más viable y económica, la cual no causara problemas con la pérdida de energía y que no desgastara tanto los grupos electrógenos. Debido a lo anteriormente señalado también eran imprescindible cambiar los grupos electrógenos debido a su tiempo de vida, para lo cual era necesario conocer la potencia actual que necesitaría el nodo y seleccionar correctamente el grupo.

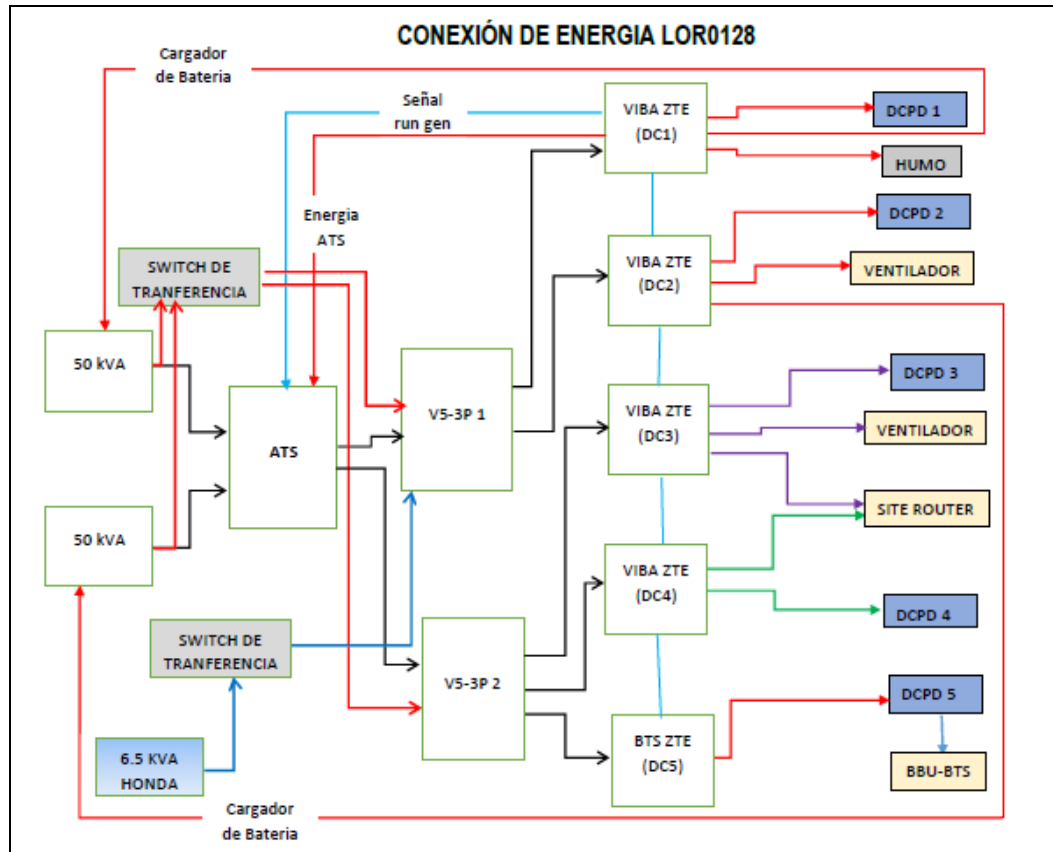


Figura 7. Diagrama Antiguo de LOR0128.
Fuente: Propia.

2.3 Modelo de solución propuesto.

Como parte de mi experiencia profesional y en concordancia con la problemática, mi objetivo general y mis objetivos específicos, a continuación, detallo la descripción del desarrollo del proyecto.

Ante la necesidad de mantener un flujo de energía constante se evaluó la posible implementación de un sistema híbrido Solar-Diésel el cual constaría de un sistema fotovoltaico autónomo y dos grupos electrógenos a Diésel como respaldo.

Para esto era necesario conocer la potencia en KVA que necesitarían los grupos electrógenos y dimensionar los componentes para la instalación de los paneles solares.

A) Implementación del Sistema Fotovoltaico autónomo.

Para la implementación del sistema fotovoltaico autónomo solo se dimensiono los paneles solares y los bancos de baterías ya que no se utilizó inversor por que las cargas que se iban a alimentar son cargas en DC de acuerdo a la Figura 2. Tampoco se dimensiono los reguladores ya que los Módulos PU regulan la cantidad de tensión que ingresa a los DC System Solar ZXDU68 que posee la empresa. Ver la Figura 8 y 9.

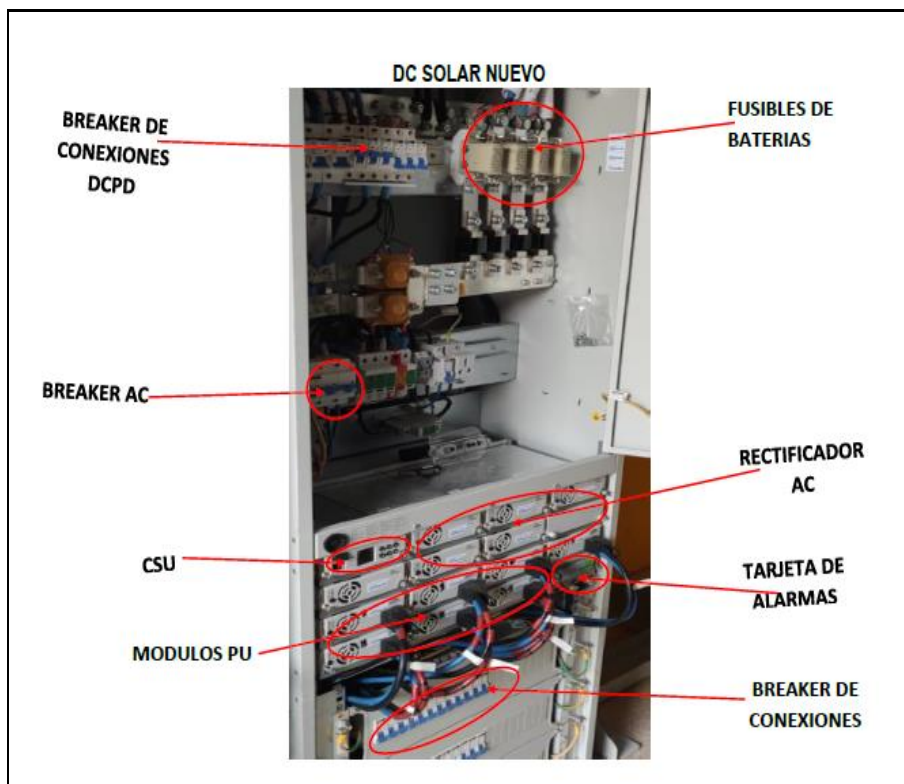


Figura 8. DC SYSTEM Solar.
Fuente: Propia

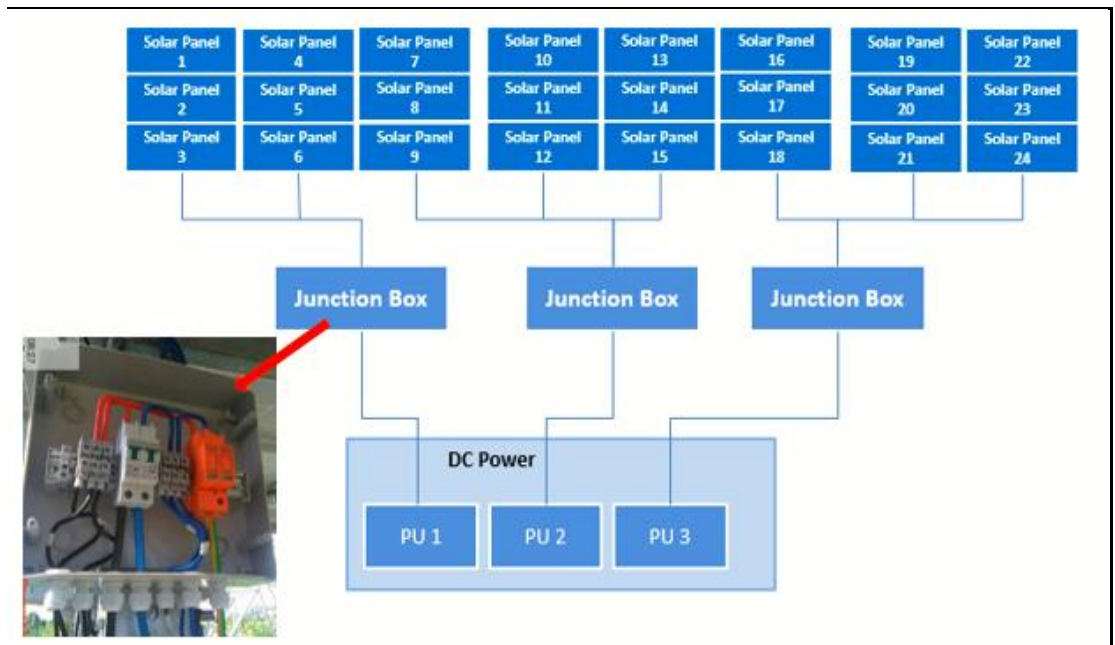


Figura 9. Conexión de paneles al DC System.
Fuente: Propia.

A.1 Estimación de consumo.

Para la estimación de consumo se utilizó la fórmula (2) y (3).

Los paneles son conectados directamente a cada DC SYSTEM de forma independiente por lo cual se debe calcular la energía total para cada DC SYSTEM considerando que las cargas son en corriente continua y el rendimiento de la batería es 70% con un voltaje promedio de 50V.

$$EDC = \sum P(DC)_i \cdot t_{di} \dots (2)$$

$$T_{di} = 24$$

Para DC SYSTEM 1

$$P(DC1) = 12.2 \cdot 50 = 610 \text{ W}$$

$$EDC = 610 \cdot 24 = 14640 \text{ Wh/día}$$

$$ET = EDC / \eta_{BAT} + EAC / (\eta_{BAT} \cdot \eta_{INV}) \dots (3).$$

$$ET = 14640 / 0.7 + 0 = 20914.29 \text{ Wh/día.}$$

Para DC SYSTEM 2

$$P(DC2) = 12.6 \cdot 50 = 630 \text{ W}$$

$$EDC = 630 \cdot 24 = 15120 \text{ Wh/día}$$

$$ET = EDC / \eta_{BAT} + EAC / (\eta_{BAT} \cdot \eta_{INV}) \dots (3).$$

$$ET = 15120/0.7+0= 21600\text{Wh/dia.}$$

Para DC SYSTEM 3

$$P (\text{DC3}) = 14.5 \cdot 50 = 725 \text{ W}$$

$$EDC=725 \cdot 24= 17400\text{Wh/dia}$$

$$ET = EDC / \eta_{BAT} + EAC / (\eta_{BAT} \cdot \eta_{INV}) \dots (3).$$

$$ET = 17400/0.7+0= 24857.14\text{Wh/dia.}$$

Para DC SYSTEM 4

$$P (\text{DC4}) = 13.1 \cdot 50 = 655 \text{ W}$$

$$EDC=655 \cdot 24= 15720\text{Wh/dia}$$

$$ET = EDC / \eta_{BAT} + EAC / (\eta_{BAT} \cdot \eta_{INV}) \dots (3).$$

$$ET = 15720/0.7+0= 22457.14\text{Wh/dia.}$$

A.2 Radiación solar y ángulo de inclinación.

Para la obtención de la radiación solar tomamos la ubicación del site y obtuvimos el nivel de radiación solar y para el ángulo de inclinación se seleccionó de acuerdo a las estructuras prefabricadas de la empresa, en este caso para Loreto usamos una inclinación de 5° para efectos prácticos.

Latitud: -4.5097060

Longitud: -74.1651350

Radiación: 4.921 Kwh/dia/m²

Angulo de inclinación óptimo: 7°. (Ver Anexo 1).

A.3 Dimensionamiento de paneles solares.

Para dimensionar los paneles solares VIETTEL PERU S.A.C. cuenta con estructuras adaptadas para 24, 18, 12, 9 y 6 paneles por lo cual se dimensionará por exceso de acuerdo a las estructuras de soporte. (Ver Anexo 2, 3 y 4).

Al realizar el dimensionamiento de los paneles asumimos un factor global de pérdidas de 0.7 se utilizó la fórmula 4 para hallar la cantidad de paneles que necesitamos implementar.

$$NT = ET / (Pp \cdot Gm\beta \cdot PG) \dots (4)$$

Para DC SYSTEM 1

$$NT = ET / (Pp \cdot Gm\beta \cdot PG) \dots (4)$$

$$NT = 20914.29 / (300 \cdot 4.921 \cdot 0.7)$$

$$NT = 20.23$$

Por exceso la cantidad de paneles serian 24

Para DC SYSTEM 2

$$NT = ET / (Pp \cdot Gm\beta \cdot PG) \dots (4)$$

$$NT = 21600 / (300 \cdot 4.921 \cdot 0.7)$$

$$NT = 20.90$$

Por exceso la cantidad de paneles serian 24

Para DC SYSTEM 3

$$NT = ET / (Pp \cdot Gm\beta \cdot PG) \dots (4)$$

$$NT = 24857.14 / (300 \cdot 4.921 \cdot 0.7)$$

$$NT = 24$$

La cantidad de paneles serian 24

Para DC SYSTEM 4

$$NT = ET / (Pp \cdot Gm\beta \cdot PG) \dots (4)$$

$$NT = 22457.14 / (300 \cdot 4.921 \cdot 0.7)$$

$$NT = 21.73$$

Por exceso la cantidad de paneles serian 24

El número total de paneles seria 96, sin embargo, teniendo en cuenta que los paneles no deben trabajar a su máxima potencia debido se dimensiono la cantidad de paneles al 80% de su potencia

Entonces los paneles serian:

$$NT=1.25*96$$

$$NT=120 \text{ paneles}$$

Por lo tanto, irían conectados 30 paneles solares por cada DC System los cuales producirían una energía total máxima de 31kwh.

$$ET= 30*(300*4.921*0.7)$$

$$ET= 31002.3\text{wh}=31\text{kw-h}$$

A.4 Dimensionamiento de acumuladores.

Para dimensionar los Ah se consideró solo 1 día de autonomía de las baterías ya que éstas tienen otra fuente de alimentación en caso de corte de energía y las baterías son de ion litio de 48v-50Ah se consideró un máximo de descarga de 0.7 V. ya que estas baterías son más robustas y se llegan a cargar entre los 48v y 54v aproximadamente.

Para el dimensionamiento de las baterías utilizamos las fórmulas (7) y (8).

Reemplazando 7 en 8 podemos obtener:

$$C_n (\text{Ah}) = (ET \cdot N / P_d) / V_{\text{bat}}$$

Para DC SYSTEM 1

$$C_n (\text{Ah}) = (ET \cdot N / P_d) / V_{\text{bat}}$$

$$C_n (\text{Ah}) = (20914.29*1/0.7) / 50$$

$$C_n (\text{Ah}) = 597.55 \text{ Ah}$$

$$\text{Cantidad de baterías} = 597.55\text{Ah}/50\text{Ah}=11.95$$

Por aproximación serían 12 baterías

Para DC SYSTEM 2

$$C_n (\text{Ah}) = (ET \cdot N / P_d) / V_{\text{bat}}$$

$$C_n (\text{Ah}) = (21600*1/0.7) / 50$$

$$C_n (\text{Ah}) = 617.14 \text{ Ah}$$

$$\text{Cantidad de baterías} = 617.14\text{Ah}/50\text{Ah}=12.34$$

Por aproximación serían 13 baterías

Para DC SYSTEM 3

$$C_n (\text{Ah}) = (ET \cdot N / Pd) / V_{\text{bat}}$$

$$C_n (\text{Ah}) = (24857.14 \cdot 1 / 0.7) / 50$$

$$C_n (\text{Ah}) = 710.204 \text{ Ah}$$

$$\text{Cantidad de baterías} = 710.204 \text{ Ah} / 50 \text{ Ah} = 14.20$$

Por aproximación serian 15 baterías

Para DC SYSTEM 4

$$C_n (\text{Ah}) = (ET \cdot N / Pd) / V_{\text{bat}}$$

$$C_n (\text{Ah}) = (22457.14 \cdot 1 / 0.7) / 50$$

$$C_n (\text{Ah}) = 641.63 \text{ Ah}$$

$$\text{Cantidad de baterías} = 641.63 \text{ Ah} / 50 \text{ Ah} = 12.83$$

Por aproximación serian 13 baterías.

La sumatoria total de baterías seria 53.

B) Implementación de Grupo Electrónico.

B.1 Dimensionamiento del Grupo Electrónico.

Para el dimensionado del grupo electrónico se tomó en consideración la sumatorias de cargas que intervenían en el Nodo Site. Las cargas dependían de los Dc System, la cantidad de aires acondicionados y la cantidad de baterías.

La carga de los Dc System se obtuvo de un sistema de monitoreo a tiempo real, la carga de los aires acondicionados depende de los BTU (Unidad Térmica Británica) que tenga y finalmente la carga de las baterías determinada por una fórmula simple.

- **Cálculo de Potencia de los DC SYSTEM:**

$$P (\text{DC1}) = 12.2 \cdot 50 = 610 \text{ W}$$

$$P (\text{DC2}) = 12.6 \cdot 50 = 630 \text{ W}$$

$$P (\text{DC3}) = 14.5 \cdot 50 = 725 \text{ W}$$

$$P (\text{DC4}) = 13.1 \cdot 50 = 655 \text{ W}$$

$$\Sigma P (\text{DC})_i = 2620 \text{ W}$$

- **Cálculo de Potencia del aire acondicionado:**

En este caso no se implementó aire acondicionado ya que los DC se encuentran en un ambiente fresco.

- **Cálculo de Potencia de las baterías:**

Para la potencia de las baterías tomamos la mayor tensión y consideramos el tiempo de carga de la batería es 6h.

$$P(\text{bat}) = (53 \cdot 50\text{Ah} \cdot 54\text{v}) / 6\text{h}$$

$$P(\text{bat}) = 23850 \text{ W}$$

- **Cálculo de Potencia total:**

Sumando las potencias existentes podemos obtener la potencia en KW

$$\Sigma P = ((P(\text{DC}) + P(\text{AIRE}) + P(\text{BAT})) / 1000$$

$$P = (2620 + 0 + 23850) / 1000$$

$$P = 26.47 \text{ KW}$$

Usando la formula (14) para el cálculo de la potencia activa del grupo electrógeno podemos obtener los KVA:

$$\text{kW} / \cos \varphi = \text{kVA} \dots (14).$$

$$P(\text{GRUPO}) = 26.47 / 0.81$$

$$P(\text{GRUPO}) = 32.68 \text{ KVA}$$

Finalmente teniendo en cuenta que el grupo no debe trabajar a su máxima potencia debido a que acorta su tiempo de vida se seleccionó un grupo que trabaje con un 80% de su potencia

Entonces los KVA del grupo seria:

$$P(\text{GRUPO}) = 1.25 \cdot 32.68$$

$$P(\text{GRUPO}) = 40.85 \text{ KVA}$$

Entonces el grupo electrógeno seleccionado será mayor o igual a 40.85 KVA

B.2 Selección del grupo electrógeno.

- **Selección de acuerdo al tipo de motor:**
Se seleccionó un generador a diésel, debido a que estos grupos son más robustos y para cargas superiores a los 5KW.
- **Selección por su tensión:**
Se seleccionó un grupo con una configuración trifásica.
- **Selección por su arranque:**
Se seleccionó un grupo para un arranque eléctrico automático, mediante un tablero de transferencia automática en caso de pérdida de energía (ATS).
- **Selección por su aplicación:**
Por su aplicación se seleccionó un grupo electrógeno estacionario para emergencias.

2.4 Resultados

Según lo calculado en la solución propuesta para el problema de LOR0128 se optó por instalar 120 paneles como fuente principal para los DC SYSTEM SOLARES. Tal como se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Paneles instalados en el nodo LOR0128.
Fuente: Propia.

De acuerdo al cálculo de potencia y a la selección del grupo según al tipo de motor, tensión, arranque y aplicación se instalaron 2 grupos electrógenos estacionarios KUBOTA con una potencia de 50kva cada uno, que funcionaran como respaldo para cuando se descarguen las baterías de Ion Litio. Para ello se conectaron un tablero de transferencia automática. Tal como se muestra en las Figuras 11 y 12.



Figura 11. Grupos electrógenos instalados en el nodo LOR0128
Fuente: Propia.



Figura 12. Conexiones en LOR0128.
Fuente: Propia

Finalmente, los resultados obtenidos de la implementación de paneles y grupos electrógenos se pueden verificar en el sistema de monitoreo y supervisión Netnumen que muestra los parámetros a tiempo real que tienen los DC System y que verifican el correcto funcionamiento de estos. Véase la Figura 13.

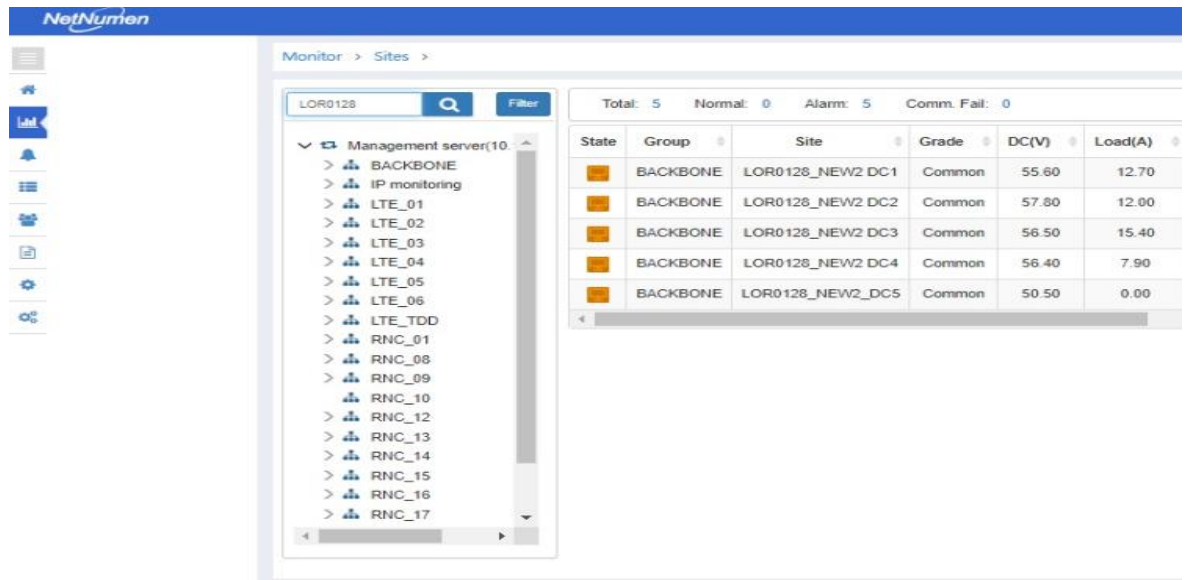


Figura 13. Monitoreo de los DC Systems.
Fuente: Propia.

Para el DC SYSTEM 1:

Se puede observar que la energía consumida por el DC System 1 no excede los 30Kw-h, sin embargo, por un intervalo de tiempo los paneles solares llegaron a generar un poco más de 30 Kw-h y que tienen una duración solar promedio de 10 horas día. Por otro lado, los grupos electrógenos como se había previsto solo funcionan en caso de emergencia o para hacer pruebas y su intervalo de funcionamiento rara vez excede las 8 horas, también se aprecia que el único generador en funcionamiento hasta el momento es el generador 1. Finalmente se pudo observar que la sumatoria de capacidad de carga de las baterías no excede los 500 A-h. (Véase las figuras 14,15,16,17,18,19 y 20).



Figura 14. Consumo de energía del DC System 1.
Fuente: Propia.



Figura 15. Generación de energía Solar del DC System 1.
Fuente: Propia.

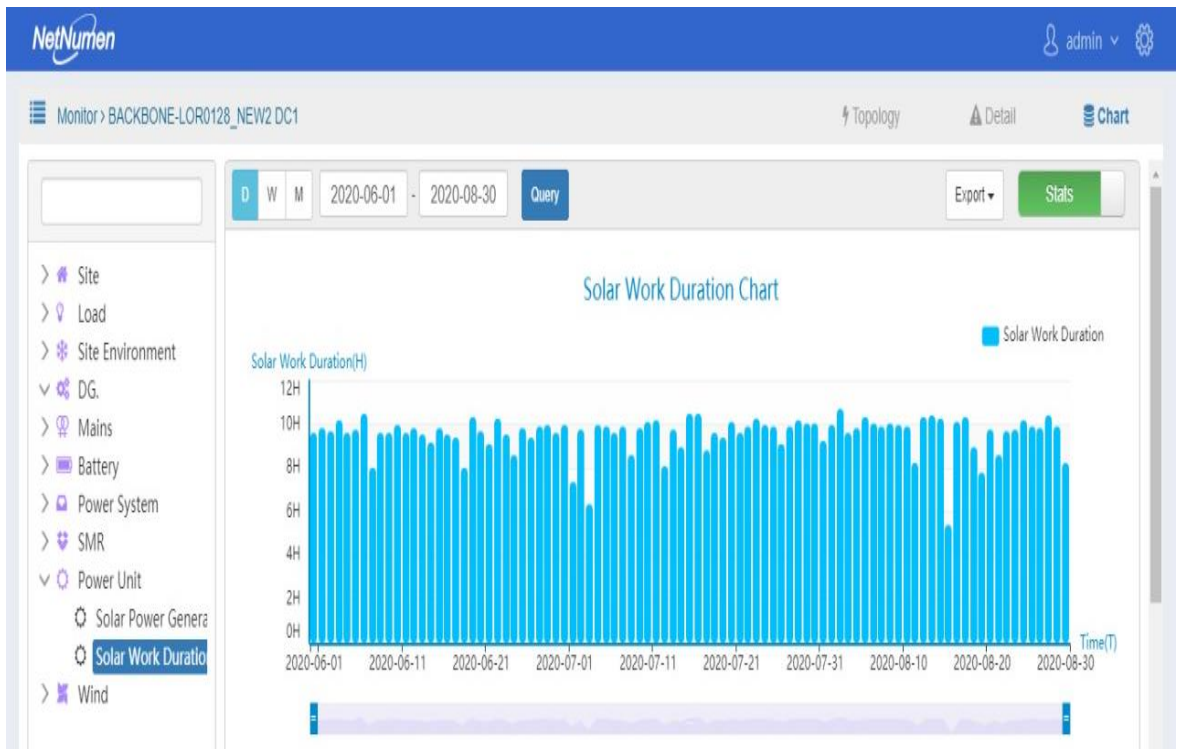


Figura 16. Duración Solar en el DC System 1
Fuente: Propia.



Figura 17. Duración del encendido del primer generador en el DC System1
Fuente: Propia.

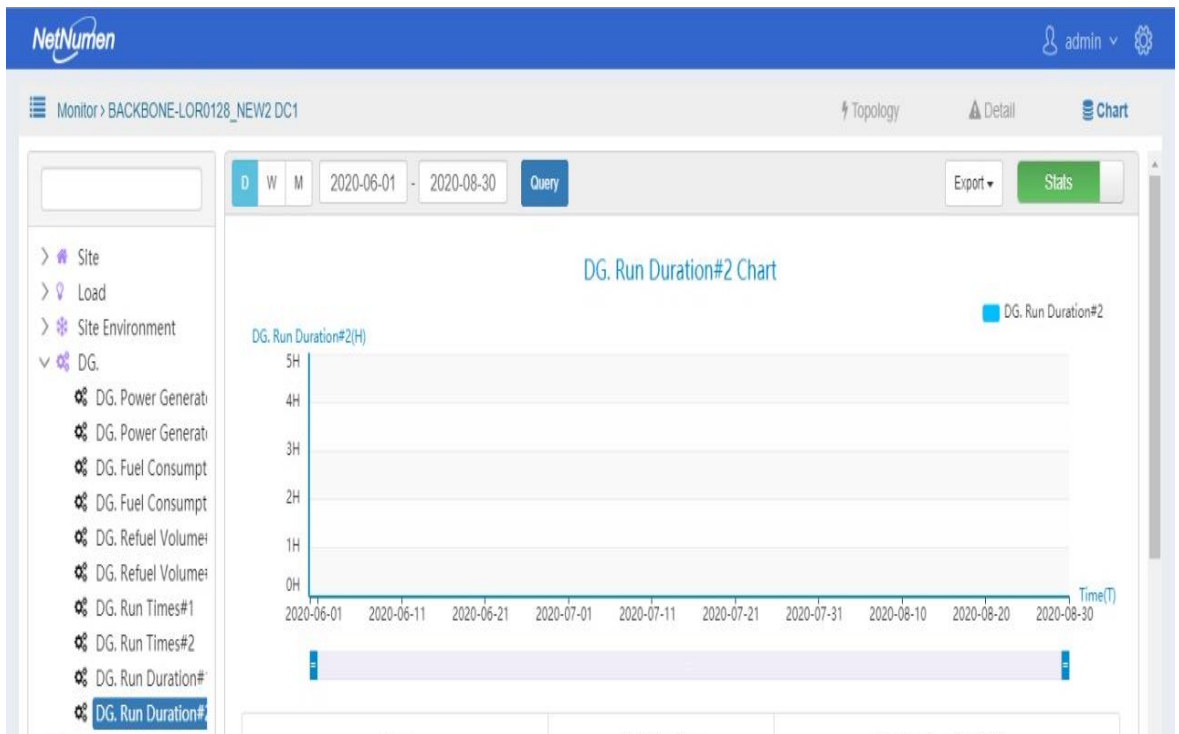


Figura 18. Duración del encendido del segundo generador en el DC System 2
Fuente: Propia.

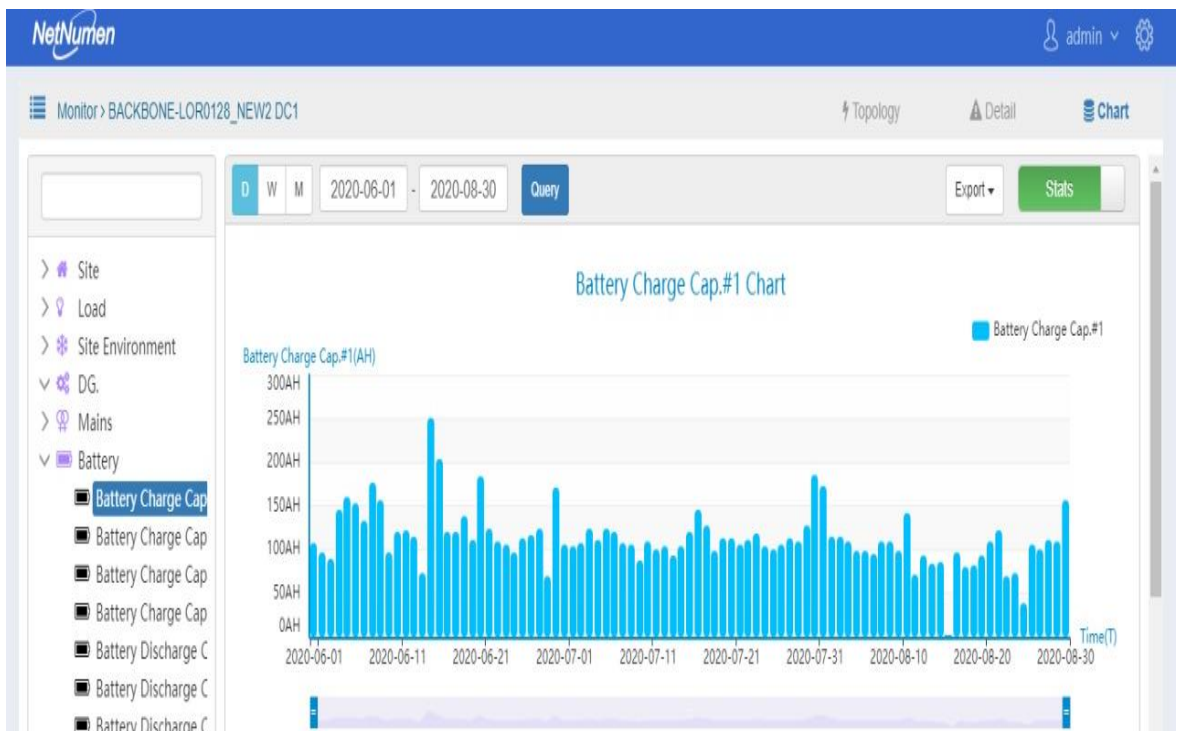


Figura 19. Capacidad de carga del primer banco de baterías en el DC System 1.
Fuente: Propia.

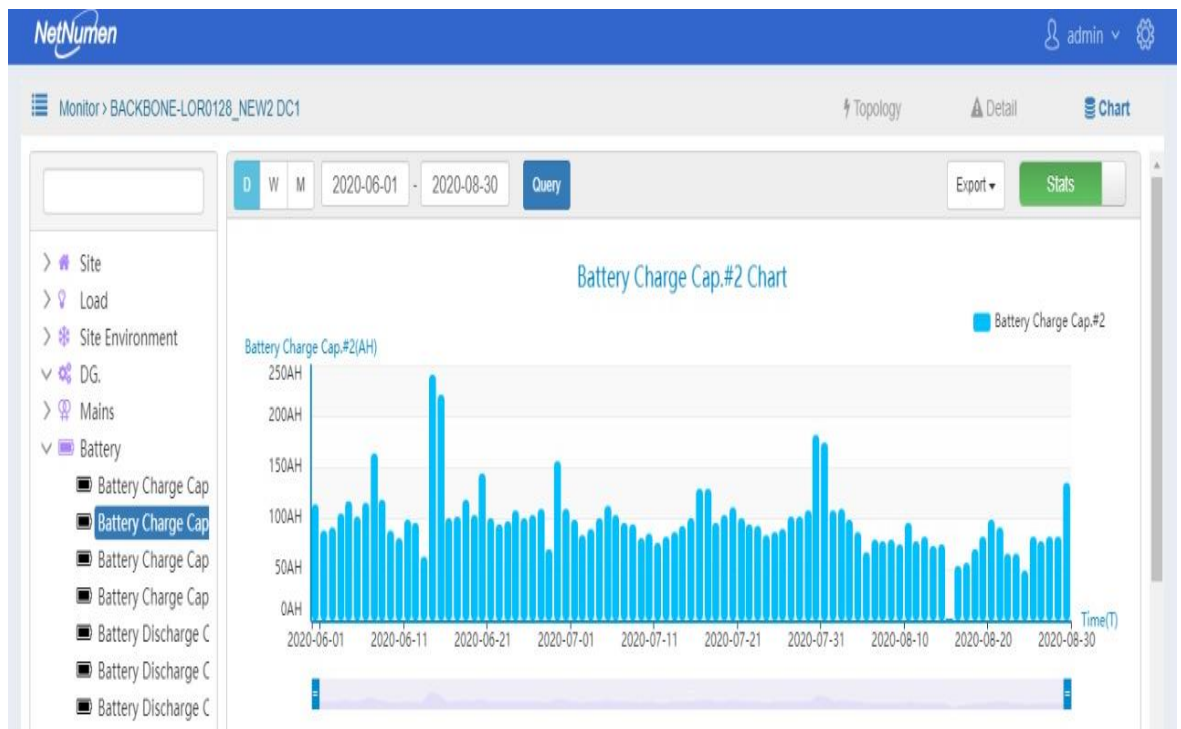


Figura 20. Capacidad de carga del segundo banco de baterías en el DC System 1.
Fuente: Propia.

Para el DC SYSTEM 2:

Se puede observar que el pico más alto de consumo de energía no excede los 25 KWh, también se observa que la energía producida por los paneles es menor a los 20 KWh con una duración promedio de 10h. Los generadores se encienden igual que en el DC System 1 ya que estos no están conectados independientemente, sino que trabajan por igual para todos los DC System. Finalmente se puede ver que la sumatoria de capacidades de los bancos de baterías no excede los 250Ah. (Vease las figuras 21,22.23 y 24)

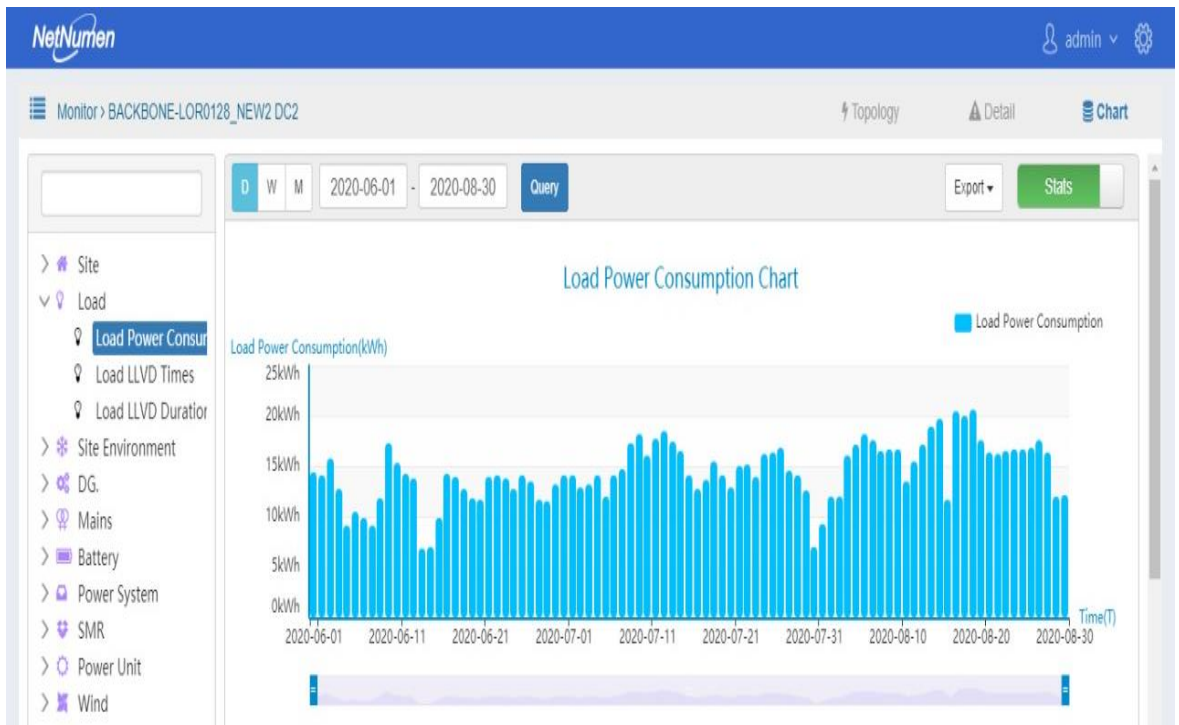


Figura 21. Consumo de energía del DC System 2.
Fuente: Propia.



Figura 22. Generación de energía Solar del DC System 2.
Fuente: Propia.



Figura 23. Capacidad de carga del primer banco de baterías en el DC System 2.
Fuente: Propia.



Figura 24. Capacidad de carga del segundo banco de baterías en el DC System 2.
Fuente: Propia.

Para el DC System 3:

Se puede observar que el pico más alto de consumo de energía generalmente no excede los 30KWh y que la energía producida por los paneles llega hasta los 30Kwh con un promedio de duración solar de 10h. El funcionamiento de los generadores 1 y 2 es igual en todos los DC System y solo funciona en emergencias. También se puede ver que la sumatoria de capacidades de almacenamiento de energía de las baterías no excede los 500 Ah. (Vease las figuras 25,26,27 y 28).

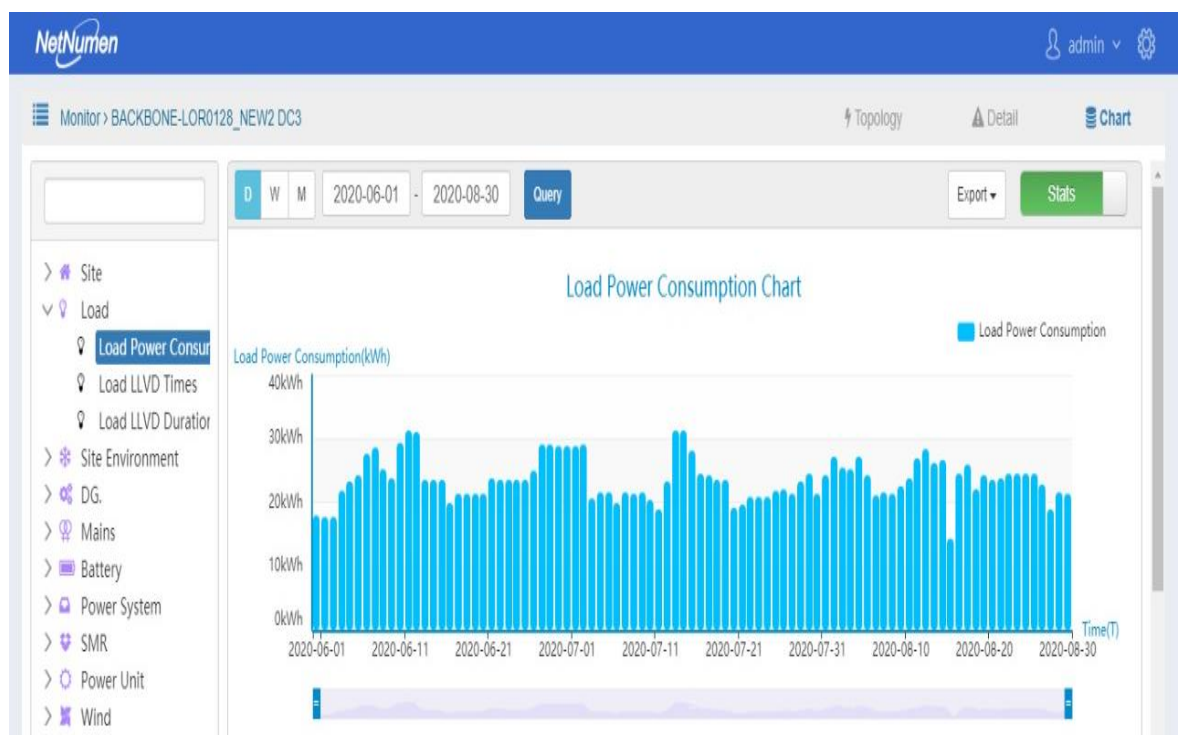


Figura 25. Consumo de energía del DC System 3.
Fuente: Propia.



Figura 26. Generación de energía Solar del DC System 3.
Fuente: Propia.

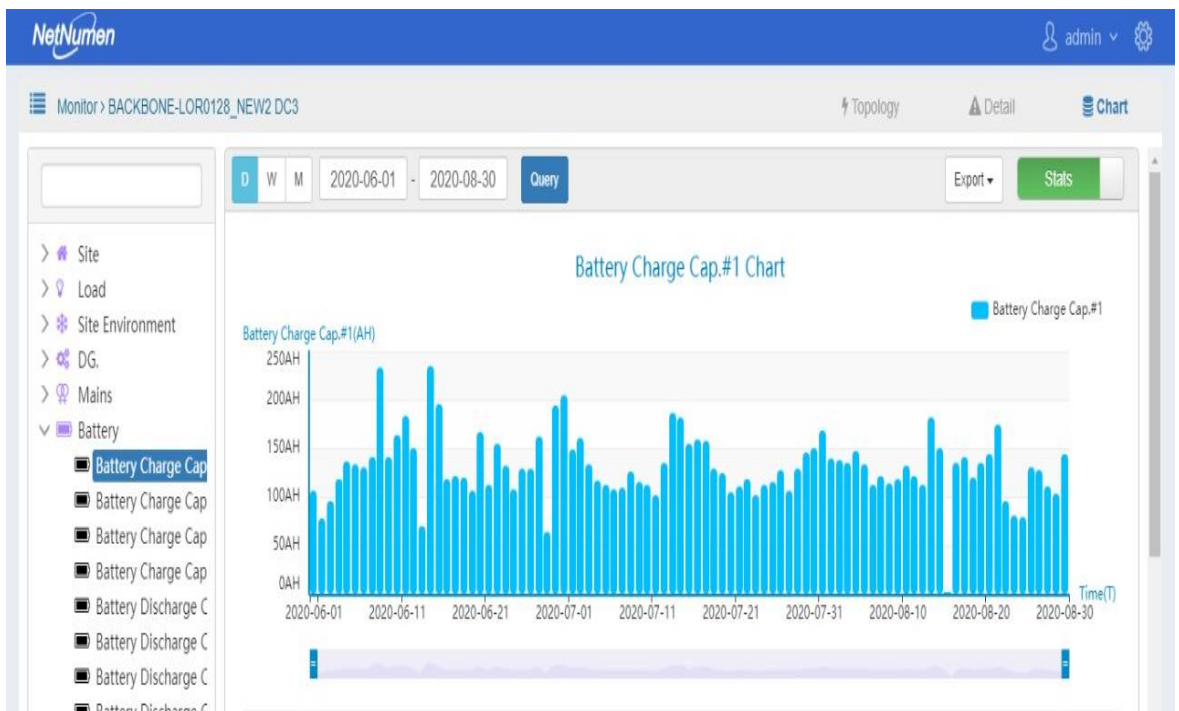


Figura 27. Capacidad de carga del primer banco de baterías en el DC System 3.
Fuente: Propia.

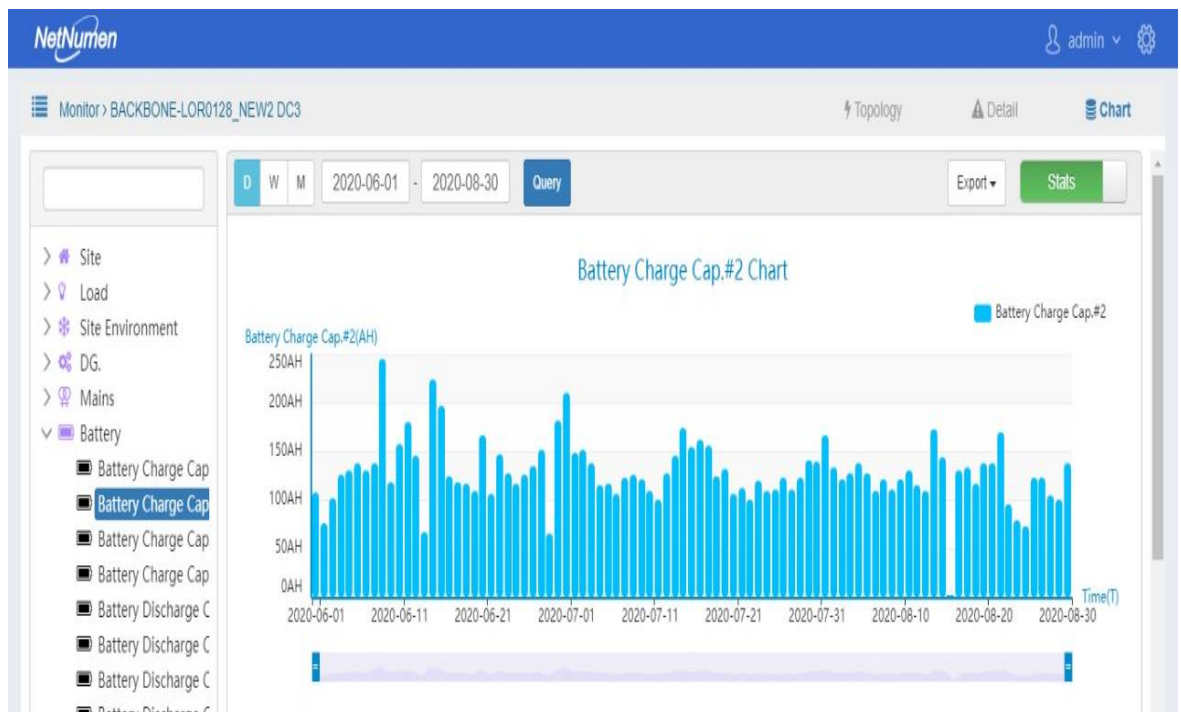


Figura 28. Capacidad de carga del segundo banco de baterías en el DC System 3.
Fuente: Propia.

Para el DC System 4:

En el DC System 4 se puede observar que el consumo de energía total no excede los 20 Kwh, la energía solar suministrada tiene picos máximos de 20 Kwh con una duración solar de 10 h aproximadamente. Los grupos electrógenos igual que en los anteriores casos funcionan solo en caso de emergencia y la sumatoria de capacidad de carga de las baterías no excede las 250 Ah.(Véase las figuras 29,30,31 y 32)



Figura 29. Consumo de energía del DC System 4.
Fuente: Propia.

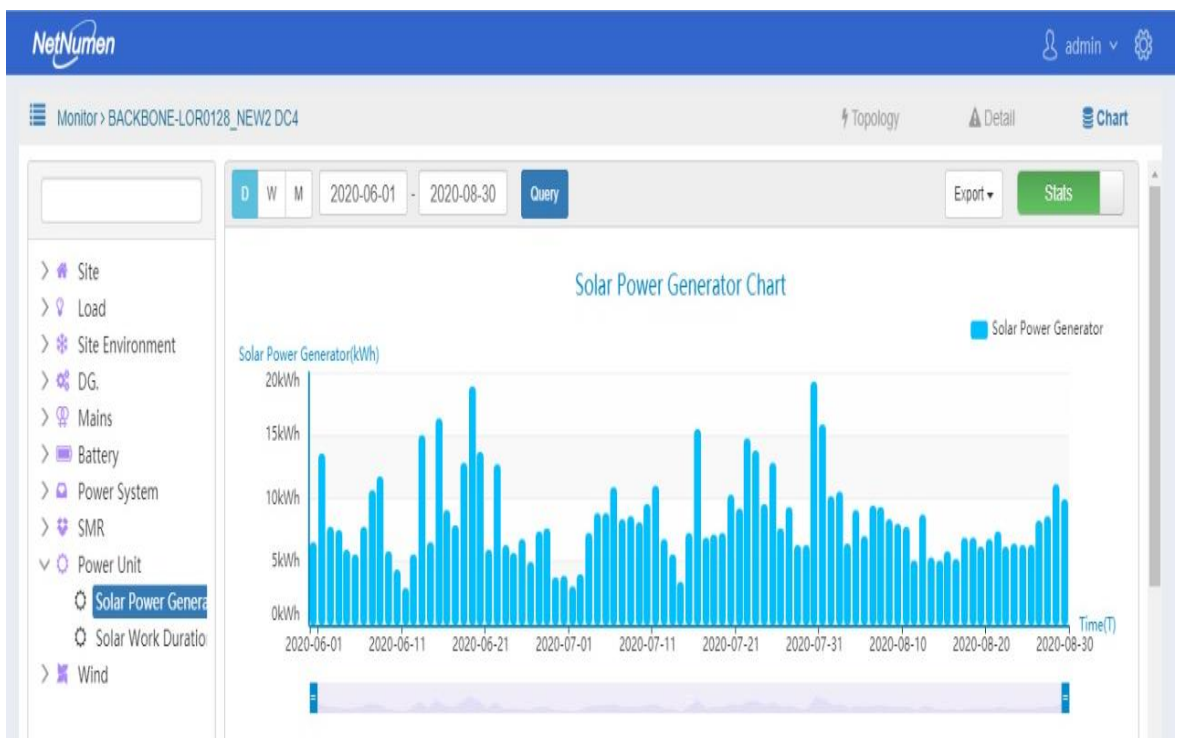


Figura 30. Generación de energía Solar del DC System 4.
Fuente: Propia.

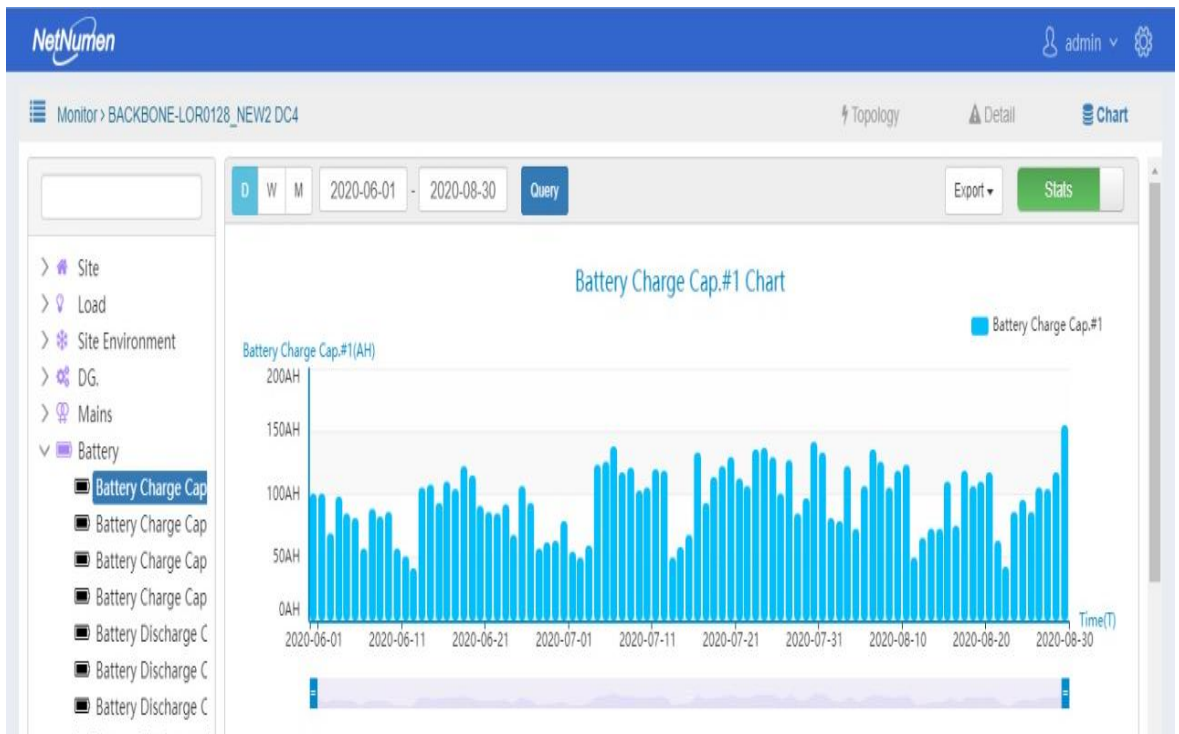


Figura 31. Capacidad de carga del primer banco de baterías en el DC System 4.
Fuente: Propia.

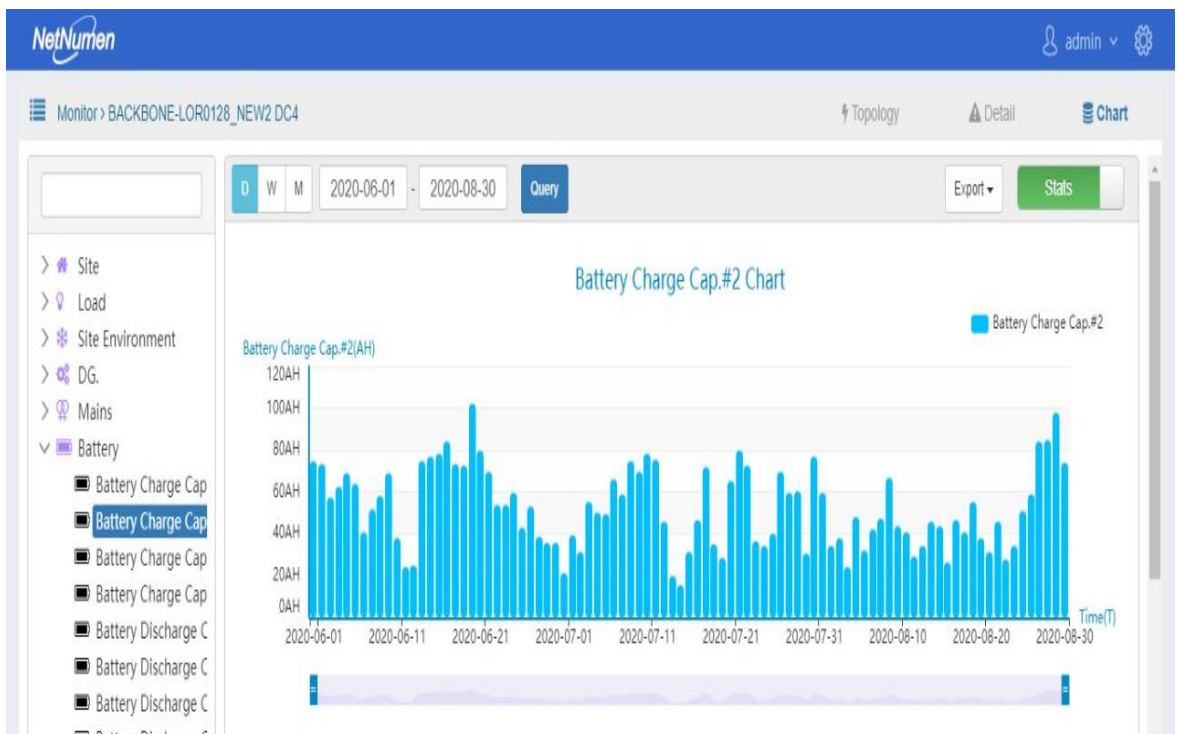


Figura 32. Capacidad de carga del segundo banco de baterías en el DC System 4.
Fuente: Propia.

Para el DC System 5:

Se puede observar que existe un DC System 5, sin embargo, este no está alimentado por los sistemas solares ni grupos electrógenos estacionarios, ya que no presenta carga, por lo que no fue considerado en los cálculos de dimensionamiento y selección de equipos. (Véase la figura 33).



Figura 33. Energía Total en el DC System 5
Fuente: Propia.

CONCLUSIONES

- Se implementó dos grupos electrógenos estacionarios de 50 kva de potencia y un total de 120 paneles solares
- Se calculó la potencia total de consumo de carga eléctrica para los grupos electrógenos lo cual dio como resultado 40.85 KVA, sin embargo se seleccionó generadores de 50KVA ya que estos son más comerciales y cumple con las características necesarias, también se calculó la energía necesaria para alimentar cada DC SYSTEM SOLAR lo cual dio como resultado que para el DC SYSTEM 1 sería igual a 20914.29Wh/día, para el DC SYSTEM 2 seria 21600Wh/día., para el DC SYSTEM 3 seria 24857.14Wh/día y por ultimo para el DC SYSTEM 4 seria 22457.14Wh/día, sin embargo se consideró una energía proporcionada por los paneles de hasta 31Kwh.
- Se dimensiono los componentes que intervienen en el sistema fotovoltaico autónomo del nodo LOR0128.De acuerdo a la energía de cada DC SYSTEM se determinó un total de 120 paneles conectados en series de 3 con un total de 53 baterías de Ion Litio seteados con un máximo de descarga de 0.7V. También se seleccionó los grupos electrógenos siendo estos de motor a Diésel con una configuración trifásica de arranque eléctrico automático utilizado para emergencias.
- Se determinó los indicadores de operatividad mediante el programa de monitoreo Netnuman que muestra a tiempo real el funcionamiento del nodo con diversos parámetros dando como resultado que la máxima energía consumida era 30 Kwh , que los generadores funcionaban solo en caso de emergencia y que las baterías no superaban los 500 Ah en cada DC System, por lo que se concluye que el cálculo de energía y potencia eran correctos y que el dimensionamiento y selección de los componentes que intervenían en la implementación de los paneles y los grupos electrógenos eran los adecuados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar sistemas híbridos en lugar de utilizar solo grupos electrógenos, ya que permiten alargar la vida útil de los grupos y permite aprovechar energías renovables.
- En relación a las conclusiones se recomienda calcular la energía y la potencia total del sistema con una proyección de aumento de carga para no subdimensionar los componentes que intervienen en la implementación del sistema fotovoltaico o de los grupos electrógenos.
- Se recomienda que los grupos electrógenos que se implementen en un sistema híbrido sean generadores a Diésel ya que estos son más robustos, también considerar implementar baterías de Ion Litio en lugar de las baterías de plomo – ácido ya que estas son más resistentes y pueden tener una mayor profundidad de descarga sin que se malogren.
- Se recomienda también hacer mediciones precisas para determinar la cantidad de paneles ya que fácilmente puedes sobredimensionarlos o subdimensionarlos, también tener en consideración el tipo de carga que va a alimentar, sea en corriente continua o en corriente alterna ya que eso va a influir bastante en los componentes que van a intervenir en la instalación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Abella, M. A. (2005). Dimensionado de Sistemas fotovoltaicos. Madrid, España. Obtenido de Guía para la evaluación de impacto de la formación profesional: <http://guia.oitcinterfor.org/como-evaluar/como-se-construyen-indicadores>
- Aguilera, J., & Hontoria, L. (2011). *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos*. Jaén: Grupo IDEA.
- Asprilla, D. (2016). *Estudio de Sistemas Híbridos De Energía Renovable (solar – gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en Zonas no Interconectadas del Departamento del Chocó*. Obtenido de bdigital UNAL: <http://bdigital.unal.edu.co/56376/1/1077199202.2017.pdf>
- Click Renovables. (26 de Febrero de 2015). *Click Renovables*. Obtenido de <https://clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>
- Cruz, E. (27 de Abril de 2010). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA HIBRIDO DE POTENCIA*. Obtenido de Repositorio PIRHUA: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1448/IME_152.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Enero, F. (Setiembre de 2016). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA HIBRIDO PV--MCI-BATERÍA PARA REALIZACION DE ENSAYOS EN LABORATORIO D ENERGIAS RENOVABLES(LER) USM*. Obtenido de Repositorio USM: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23343/3560900257155UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GRUPEL. (2019). *GRUPEL*. Obtenido de GRUPEL: <https://grupel.eu/es/grupel-es/grupo-electrogeno/>
- GRUPO SINELEC. (2018). *GRUPO SINELEC*. Obtenido de 05 MAR GRUPOS ELECTRÓGENOS: TIPOS Y CARACTERÍSTICAS: <https://gruposinelec.com/grupos-electrogenos-tipos-y-caracteristicas/>

- Hernandez, J. M. (13 de Septiembre de 2016). *INSTALACIÓN HÍBRIDA FOTOVOLTAICA-GRUPO ELECTRÓGENO PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO DE RIEGO AGRÍCOLA*. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/6633/tfg-san-ins.pdf?sequence=1>
- Interempresas. (14 de noviembre de 2017). *Canales Sectoriales*. Obtenido de Sistemas híbridos para garantizar el suministro eléctrico: <https://www.interempresas.net/Electricidad/Articulos/204002-Sistemas-hibridos-para-garantizar-el-suministro-electrico.html>
- IRET TELECOMUNICACIONES. (2019). *IRET TELECOM*. Obtenido de IRET TELECOM: <https://www.iret-telecom.net/Site.php>
- Kuhlman, F., & Alonso, C. A. (1996). *LAS TELECOMUNICACIONES MODERNAS*. D.F, Mexico: FONDO DE CULTURA ECONÓMICA. Obtenido de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_13.htm
- Perpiñan, O. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Creative Commons. Obtenido de <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>
- Reyes, A. M., & Osorio, E. S. (Noviembre de 2018). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO SOLAR*. Obtenido de UNITEC: <file:///C:/Users/Nancy/Downloads/8080-Texto%20del%20art%C3%ADculo-26909-1-10-20190716.pdf>
- Santa Cruz, K. (Agosto de 2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO POBLADO NUEVA ESPERANZA UBICADO EN EL DISTRITO DE CATACHE SANTA CRUZ - CAJAMARCA*. Obtenido de Repositorio UNPRG: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/2823/BC-TEST-TMP-1644.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tecnicos Grupos Electrógenos, S.L. (5 de Junio de 2017). *TECNIS CARPI*. Obtenido de DIMENSIONAR LA POTENCIA DE UN GRUPO ELECTRÓGENO: <https://www.tecnicscarpi.com/es/dimensionar-la-potencia-de-un-grupo-electrogeno/>

Walker, M. (8 de Octubre de 2014). *Microgrid Categories for Quality Standards, Training, and Capacity Building*. Obtenido de HOMER MICROGRID NEWS: <https://microgridnews.com/microgrid-categories-quality-standards-training-capacity-building/>

ANEXOS

ANEXO 1: Radiación Solar en LOR0128

Nauta

-04°30'35", -74°09'54" ▾
Nauta, Loreto, Peru
Time zone: UTC-05, America/Lima []

[Bookmark](#) [Share](#) [Reports](#)

SITE INFO

Map data Per day ▾

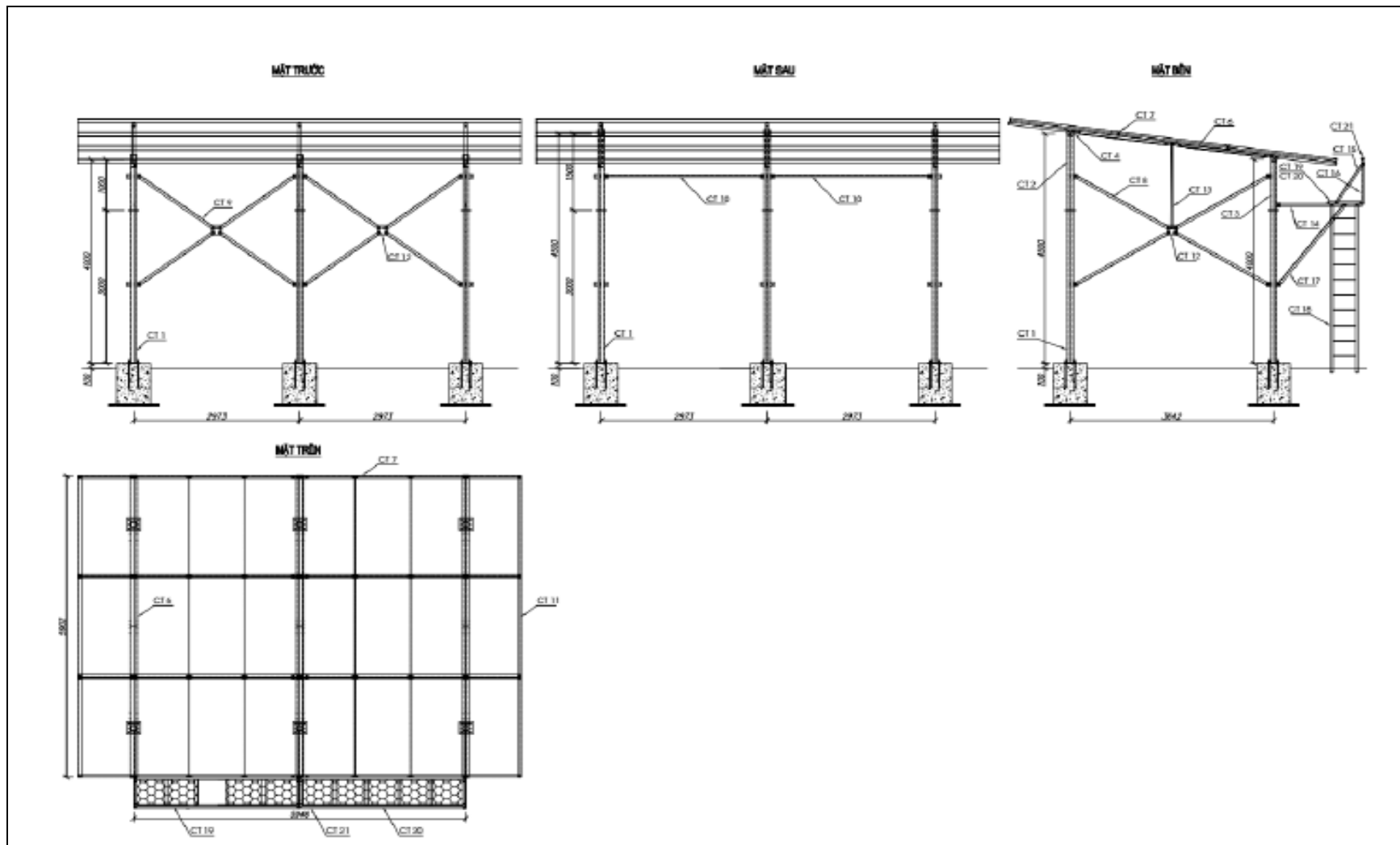
| | | | |
|--|----------------|--------------|------------------------------|
| Specific photovoltaic power output | PVOUT specific | 3.895 | kWh/kWp per day ▾ |
| Direct normal irradiation | DNI | 3.410 | kWh/m ² per day ▾ |
| Global horizontal irradiation | GHI | 4.921 | kWh/m ² per day ▾ |
| Diffuse horizontal irradiation | DIF | 2.441 | kWh/m ² per day ▾ |
| Global tilted irradiation at optimum angle | GTI opta | 4.949 | kWh/m ² per day ▾ |
| Optimum tilt of PV modules | OPTA | 7 / 0 | ° ▾ |
| Air temperature | TEMP | 26.0 | °C ▾ |
| Terrain elevation | ELE | 113 | m ▾ |

Map Switch to map

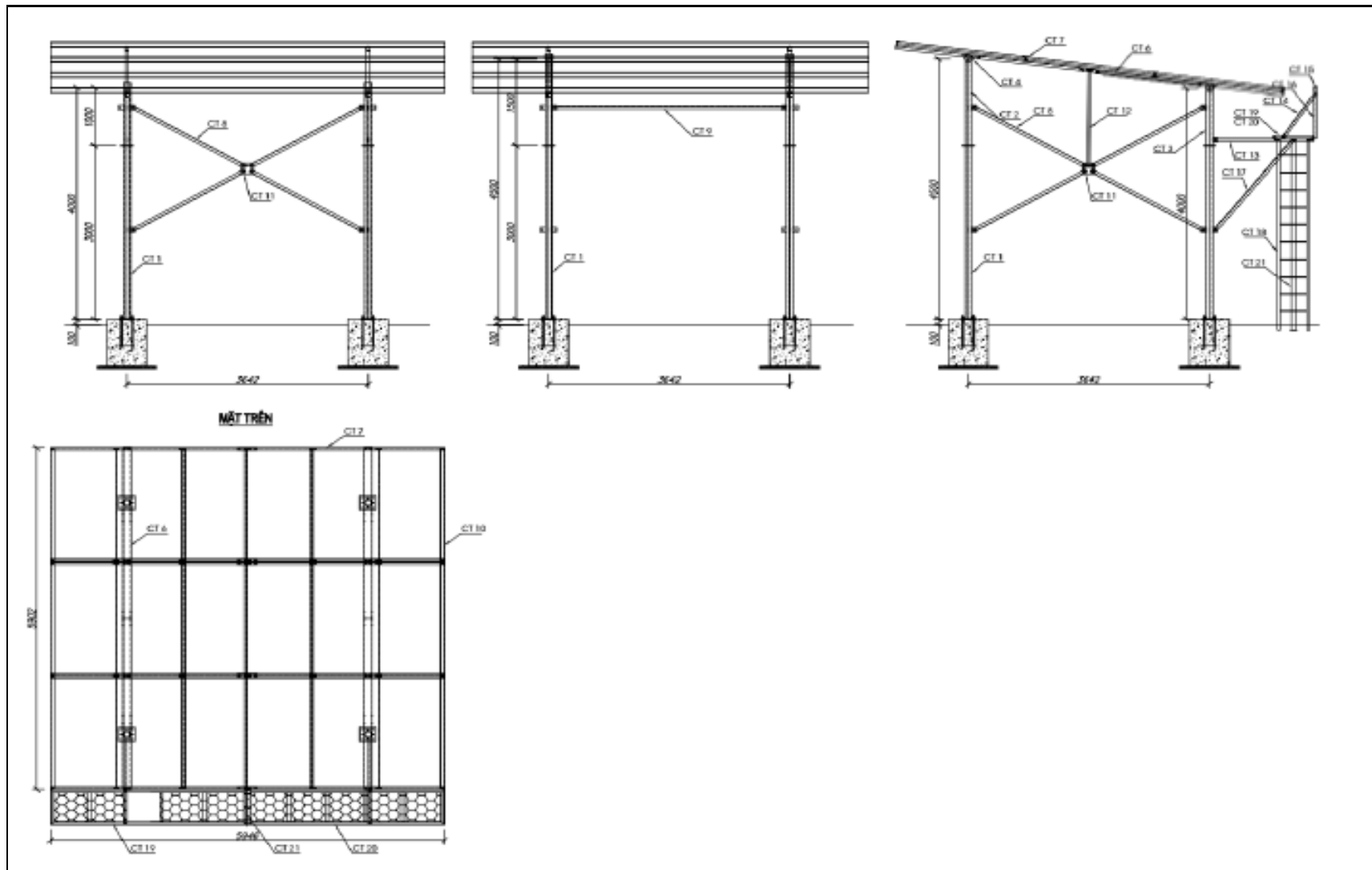
500 m
3000 ft

Leaflet | © Mapbox © OpenStreetMap © DigitalGlobe

ANEXO 2: Plano de estructura para 24 paneles



ANEXO 2: Plano de estructura para 18 paneles



ANEXO 2: Plano de estructura para 12 paneles

