

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN  
DISTRIBUIDA EN LA EMPRESA ALDUR NUTRIPELLET PARA  
DETERMINAR LOS EFECTOS TÉCNICOS EN LA RED DE MEDIA  
TENSIÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**BRAYAN ALEXANDER MONTALBAN GARCIA**

**ASESOR**

**LUIS ALBERTO GONZÁLES BAZÁN**

<https://orcid.org/0000-0003-3941-9581>

**Chiclayo, 2021**

**PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE  
GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA EMPRESA ALDUR  
NUTRIPELLET PARA DETERMINAR LOS EFECTOS  
TÉCNICOS EN LA RED DE MEDIA TENSIÓN**

PRESENTADA POR:

**BRAYAN ALEXANDER MONTALBAN GARCIA**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR:

Alexander Querevalu Morante

PRESIDENTE

Lucio Antonio Llontop Mendoza

SECRETARIO

Luis Alberto Gonzáles Bazán

VOCAL

## DEDICATORIA

A mi familia,

De manera especial a mis padres, quienes me brindaron su confianza y apoyo de forma incondicional. Gracias por cada consejo y enseñanza.

Mi cariño, respeto y gratitud.

## AGRADECIMIENTOS

A mis amigos, con quienes compartimos grandes experiencias y fueron parte de mi desarrollo personal. De igual forma, a los docentes de la escuela de IME, por su instrucción en base a sus conocimientos, experiencias y consejos a lo largo de nuestra preparación profesional.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. OBJETIVOS .....	14
1.1.1. Objetivo General .....	14
1.1.2. Objetivo Especifico .....	14
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes .....	15
2.1.1. Mundo .....	15
2.1.2. Perú .....	16
2.1.3. Lambayeque .....	17
2.2. Bases teórico - científicas.....	18
2.2.1. Sistema eléctrico de potencia .....	18
2.2.2. Sistemas eléctricos de generación .....	19
2.2.3. Sistemas eléctricos de distribución.....	20
2.2.4. Recursos Energéticos Renovables (RER) .....	21
2.2.5. Marco normativo .....	23
2.2.6. Generación distribuida .....	24
3. HIPÓTESIS.....	28
4. MARCO METODOLÓGICO.....	29
4.1. Tipo y nivel de investigación .....	29
4.1.1. Enfoque .....	29
4.1.2. Tipo .....	29
4.1.3. Nivel.....	29
4.2. Diseño de investigación .....	29
4.3. Población y muestra .....	29
4.4. Criterios de selección .....	29
4.5. Operacionalización de variable .....	31
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	32
4.7. Procedimiento de recolección de datos .....	32
4.8. Procesamiento y análisis de datos .....	32
4.9. Matriz de consistencia.....	34
5. DESARROLLO Y RESULTADOS .....	36
5.1. EVALUAR EL TIPO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA ADECUADA PARA SU INTEGRACIÓN AL SISTEMA ELÉCTRICO .....	36
5.1.1. Identificación del edificio.....	36

5.1.1.1.	Ubicación.....	36
5.1.1.2.	Realidad.....	37
5.1.1.3.	Potencia instalada.....	37
5.1.1.4.	Consumo energético.....	38
5.1.1.5.	Proyección de expansión en planta.....	38
<b>5.1.2.</b>	<b>Selección del sistema de generación adecuado .....</b>	<b>42</b>
<b>5.1.3.</b>	<b>Dimensionamiento de sistema fotovoltaico .....</b>	<b>45</b>
5.1.3.1.	Número total de paneles fotovoltaicos y distribución de ellos.....	46
5.1.3.2.	Configuración de bloques.....	54
5.1.3.3.	Verificación de la capacidad del inversor.....	56
5.1.3.4.	Inclinación de los paneles fotovoltaicos.....	57
5.1.3.5.	Distancia entre paneles fotovoltaicos .....	57
5.1.3.6.	Selección de Transformador.....	59
5.1.3.7.	Dimensionado del cableado de corriente continua.....	59
5.1.3.8.	Dimensionado del cableado de corriente alterna.....	62
5.1.3.9.	Protección en tramo de corriente continua .....	64
5.1.3.10.	Protección en tramo de corriente alterna .....	67
5.2.	ANALIZAR EL ESTADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL QUE SUMINISTRA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA EMPRESA “ALDUR NUTRIPELLET” .....	70
5.3.	DESCRIBIR LA CONEXIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL FLUJO DE POTENCIA CON EL SISTEMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA INTEGRADO.....	73
<b>5.3.1.</b>	<b>Análisis de Flujo de Potencia .....</b>	<b>73</b>
5.3.1.1.	Primer Escenario .....	73
5.3.1.2.	Segundo Escenario .....	77
5.4.	ANALIZAR EL IMPACTO DE LA INCORPORACIÓN DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN .....	79
<b>5.4.1.</b>	<b>Análisis Técnico.....</b>	<b>79</b>
5.4.1.1.	Escenario sin generación distribuida.....	79
5.4.1.1.1.	Proyección 05 años .....	80
5.4.1.1.2.	Proyección 10 años .....	82
5.4.1.2.	Escenario con generación distribuida.....	83
5.4.1.2.1.	Análisis de Estabilidad en Eventos Transitorios.....	85
5.4.1.3.	Comparación de escenarios .....	88
<b>5.4.2.</b>	<b>Evaluación Económica .....</b>	<b>90</b>
5.4.2.1.	Egresos .....	90
5.4.2.2.	Ingresos. ....	93
5.4.2.3.	Indicadores económicos .....	96
6.	CONCLUSIONES .....	100

7. RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102
ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Diagrama de generación convencional. [8] .....	20
Imagen 2. Fuentes de generación eléctrica. [7] .....	20
Imagen 3. Representación de un sistema eléctrico de potencia destacando el sistema de distribución. [8] .....	21
Imagen 4. Diagrama de un sistema de generación distribuida. [8].....	24
Imagen 5. Representación de un sistema de generación fotovoltaico convencional. [11] .....	26
Imagen 6. Representación de un sistema de cogeneración. [13].....	27
Imagen 7. Representación de un sistema de generación eólica. [13] .....	27
Imagen 8. Módulo A-340P GS. [16] .....	47
Imagen 9. Inversor: Xantrex™ GT100 E. [17] .....	48
Imagen 10. Esquema de Cuadro de CC nivel I.....	55
Imagen 11. Inclínación y distancia entre paneles fotovoltaicos. ....	58
Imagen 12. División de etapas de CC y CA de una central fotovoltaica. ....	60
Imagen 13. FUSE 10,3x38 10A PV. [22].....	64
Imagen 14. Protección Sobretensión PSM3-40/1000 PV [23].....	65
Imagen 15. Interruptor automático Compact NSX160 Cortocircuito PV. [24].....	65
Imagen 16. Vigilante de Aislamiento ISO-CHECK PV600. [25].....	66
Imagen 17. Interruptores de apertura y cierre Compact NSX630b DC PV. [24].....	66
Imagen 18. Protector contra sobretensiones transitorias PSM3-40/400 TNC. [26].....	68
Imagen 19. Vigilante de aislamiento ISO-CHECK 230V. [27] .....	68
Imagen 20. Interruptores Compact NSX400N. [28].....	69
Imagen 21. Factor de Carga Mensual del SEIN. [29] .....	76
Imagen 22. Planta Fotovoltaica. ....	78
Imagen 23. Caída de Tensión – Año 00. ....	79
Imagen 24. Carga de Líneas – Año 00. ....	80
Imagen 25. Caída de Tensión – Año 05. ....	81
Imagen 26. Carga de Líneas – Año 05. ....	81
Imagen 27. Caída de Tensión – Año 10. ....	82
Imagen 28. Carga de Líneas – Año 10. ....	83
Imagen 29. Carga de Líneas – Año 00 con Generación Distribuida. ....	84
Imagen 30. Caída de Tensión – Año 00 con Generación Distribuida. ....	84
Imagen 31. Eventos propuestos. ....	85
Imagen 32. Análisis de Señal de Voltaje.....	86
Imagen 33. Análisis de Señal de Voltaje.....	87
Imagen 34. Análisis de Frecuencia.....	87
Imagen 35. Análisis de Señal de Corriente. ....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la generación distribuida. ....	25
Tabla 2. Variables de operación. ....	31
Tabla 3. Matriz de consistencia. ....	34
Tabla 4. Coordenadas UTM de la zona de proyecto. ....	37
Tabla 5. Distribución de potencia por área de trabajo. ....	38
Tabla 6. Consumo energético de planta. ....	40
Tabla 7. Consumo energético de planta-continuación. ....	41
Tabla 8. Criterios de selección del sistema de generación. ....	44
Tabla 9. Valores de hora solar pico mensual del año 2019. ....	45
Tabla 10. Potencia teorica mínima del sistema de generación fotovoltaico. ....	46
Tabla 11. Características eléctricas del modulo propuesto. ....	47
Tabla 12. Características mecánicas del modulo propuesto. ....	47
Tabla 13. Características eléctricas del inversor propuesto. ....	48
Tabla 14. Características mecánicas del inversor propuesto. ....	48
Tabla 15. Resumen paneles en serie por String. ....	55
Tabla 16. Resumen potencia por String y entrada al cuadro de nivel I. ....	55
Tabla 17. Distancia entre las filas de paneles fotovoltaicos. ....	58
Tabla 18. Características Eléctricas de Transformador. ....	59
Tabla 19. Características Mecánicas de Transformador. ....	59
Tabla 20. Criterios de cálculo desde Strings hasta cuadro cc de nivel I. ....	61
Tabla 21. Criterios de cálculo desde cuadro cc de nivel I hasta inversor. ....	62
Tabla 22. Criterios de cálculo desde Inversor hasta Transformador. ....	63
Tabla 23. Criterios de cálculo desde Transformador hasta Red de MT. ....	64
Tabla 24. Resumen de alimentadores. ....	71
Tabla 25. Subestaciones de Alimentador C-219. ....	74
Tabla 26. Parámetros Eléctricos de Conductores. ....	77
Tabla 27. Líneas con mayor carga – Año 05. ....	82
Tabla 28. Líneas con mayor carga – Año 10. ....	83
Tabla 29. Comparación de escenarios. ....	89
Tabla 30. Presupuesto. ....	90
Tabla 31. Análisis de precio unitario. ....	91
Tabla 32. Precio de subasta RER. ....	94
Tabla 33. Flujo de Caja. ....	97
Tabla 34. Indicadores económicos VAN y TIR. ....	98
Tabla 35. Indicador económico B/C. ....	98

## RESUMEN

En la actualidad la generación de energía eléctrica representa el tipo de energía con mayor influencia para el desarrollo de la sociedad. Destacando su importancia, se toma en cuenta la fuente de generación para conseguir este tipo de energía, en el cual cabe mencionar el uso frecuente de combustibles fósiles (gas, carbón, diésel), siendo un gran problema ambiental, debido a la emisión de grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. Además de la fuente de generación, otro elemento importante en los sistemas de generación actual, son las grandes distancias existentes desde el punto inicial de generación hasta al usuario final, lo cual representa implementaciones de grandes estructuras para el transporte de energía, pérdidas de voltaje, disminución de confiabilidad, entre otros problemas. Los sistemas de generación distribuida, o también llamada generación in-situ, se presenta como una solución para los dos problemas puntualmente mencionados anteriormente en relación a la generación eléctrica, ya que este tipo de generación se basa en el uso de fuentes de energía renovables, destacando la energía solar. El presente trabajo pretende determinar la factibilidad de integrar un sistema de generación distribuida en la empresa “ALDUR NUTRIPELLET” con conexión a la red de media tensión. Se realizará un método de selección para determinar el sistema de generación más adecuado en base a criterios propuestos, además se realizará el cálculo necesario para el diseño y dimensionamiento de acuerdo al resultado del método de selección. También se mostrará el estado actual en el que se encuentra el alimentador el cual suministra de energía eléctrica a la empresa a partir de informes y registros de medición realizado por la empresa concesionaria. Luego se describirá la conexión del sistema eléctrico a través de un análisis de flujo de potencia incluyendo el sistema de generación propuesto y finalmente se analizará el impacto técnico y económico de la integración del sistema en la red eléctrica de media tensión. Al desarrollar la integración del sistema de generación distribuida disminuyó la caída de tensión y cargabilidad en las líneas. Asimismo, se cumple con las tolerancias impuestas por “La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)” tanto en tensión como en frecuencia eléctrica. Además, según el presupuesto planteado, se consiguen indicadores económicos tales como VAN de S/. 427 260,41 y TIR de 33%, representando la factibilidad del proyecto.

**Palabras clave:** Sistema eléctrico de potencia, generación distribuida, sistema fotovoltaico.

## ABSTRACT

Currently, electric power generation represents the type of energy with the greatest influence on the development of society. Highlighting its importance, the generation source is taken into account to achieve this type of energy, in which it is worth mentioning the frequent use of fossil fuels (gas, coal, diesel), being a major environmental problem, due to the emission of large amounts of CO<sub>2</sub>. In addition to the generation source, another important element in current generation systems is the great distances that exist from the initial point of generation to the end user, which represents implementations of large structures for energy transport, voltage losses, decreased reliability, among other problems. Distributed generation systems, or also called in-situ generation, is presented as a solution to the two problems mentioned above in relation to electricity generation, since this type of generation is based on the use of renewable energy sources, highlighting solar energy. The present work tries to determine the feasibility of integrating a distributed generation system in the company "ALDUR NUTRIPELLET" with connection to the medium voltage network. A selection method will be carried out to determine the most suitable generation system based on proposed criteria, and the necessary calculation will be made for the design and sizing according to the result of the selection method. It will also show the current state of the feeder which supplies the company with electrical energy from reports and measurement records made by the concessionaire. Then the connection of the electrical system will be described through a power flow analysis including the proposed generation system and finally the technical and economic impact of the integration of the system in the medium voltage electrical network will be analyzed. When developing the integration of the distributed generation system, the voltage drop and chargeability in the lines decreased. Likewise, the tolerances imposed by "Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)" are complied with, both in voltage and in electrical frequency. In addition, according to the proposed budget, economic indicators such as NPV of S / . 427 260.41 and IRR of 33%, representing the feasibility of the Project.

**Keywords:** Electric power system, distributed generation, photovoltaic system.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los sistemas de generación distribuida son desarrollados en países latinoamericanos como Chile, Ecuador y Colombia, en donde se han desarrollado en base a marcos regulatorios locales y globales, siendo el caso de Chile la promulgación de la Ley N° 20.571 el cual se presenta como las bases locales para que los clientes regulados de las empresas abastecidas de energía eléctrica a través de las concesionarias de distribución puedan contar con sus propios medios de generación de energía para suministrar su propio consumo, y/o vender el total o parte de la energía generada [1] y en el caso de normativa internacional se presenta la norma IEEE 1547, en el cual dentro de sus capítulos menciona tópicos desde el mantenimiento hasta metodologías de implementación.

Perú en cuanto al ámbito normativo para los sistemas de generación distribuida, no se encuentra ajeno, ya que actualmente existe la Ley 28832 – Ley Para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica, en donde no se llega a cubrir ciertos ámbitos necesarios para el desarrollo completo de este tipo de tecnología, pero se puede tomar como base para propuestas como la presente.

Desde un punto de vista técnico el Banco Interamericano de Desarrollo presentó un informe titulado “Análisis del impacto del incremento de la generación de energía renovable no convencional en los sistemas eléctricos latinoamericanos”, muestra distintos aspectos del uso de energía renovable, mostrando como un punto importante lo impredecible e intermitentes que son este tipo de energías, pero también hace hincapié en el avance para predecir la información necesaria para su desarrollo. También menciona la necesidad de un equilibrio entre la demanda y la generación a través del tiempo, lo cual representa nuevos temas a abordar, como lo son un uso óptimo de la capacidad de almacenamiento, mayor flexibilidad mediante un mejor uso de la capacidad de transporte entre áreas cercanas, marco regulatorio que permita cambios en los programas de producción más cerca del tiempo real, siendo capaz de integrar una alta penetración de recursos intermitentes; para esto se cuenta con un respaldo en la centrales hidroeléctricas, las cuales son numerosas en América Latina en general, ya que presentan significativa capacidad de almacenamiento, con lo cual se cubre el requerimiento de reserva de generación en momento de intermitencia.. Además, se menciona que, en niveles bajo de penetración, este tipo de sistemas tienden a reducir las pérdidas, puesto que la generación es absorbida por la propia carga. [2]

Esta clase de proyectos, tiene una justificación tecnológica al proponer el uso de fuentes de energía renovable, que representa la preocupación actual para un desarrollo medioambiental, así como la prevención en contra de la decaída de fuentes de los recursos energéticos convencionales. La importancia de la aplicación de energía renovable radica en emplear fuentes de generación que conlleven el menor impacto ambiental, evitando el uso de combustibles fósiles, como se continúa haciendo en la actualidad, los cuales, durante su proceso de generación eléctrica, liberar bastas cantidades de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Además, la propuesta de integración

de un sistema de generación distribuida pretende reducir costos de transporte de energía entre grandes distancias, los cuales son nulos en el presente caso ya que se plantea generar la energía eléctrica en el mismo punto en el cual se consume.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo General**

Determinar la factibilidad en la integración de un sistema de generación distribuida en la empresa “ALDUR NUTRIPELLET” para determinar los efectos técnicos en la red de media tensión.

### **1.1.2. Objetivo Especifico**

- Evaluar el tipo de generación distribuida adecuada para su integración al sistema eléctrico.
- Analizar el estado del sistema eléctrico de distribución actual que suministra de energía eléctrica a la empresa “ALDUR NUTRIPELLET”.
- Describir la conexión del sistema eléctrico mediante el análisis del flujo de potencia con el sistema de generación distribuida integrado.
- Analizar el impacto de la incorporación de la generación distribuida en las redes de distribución eléctrica de media tensión.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Mundo

Jefferson Loor y Cristian Narváez, en el desarrollo de su tesis muestra la generación distribuida con interconexión a la red eléctrica basado en la norma internacional IEEE 1547. Analizan los sistemas eléctricos influenciados por fuentes con recursos renovables en los tomando en cuenta características del lugar y criterios técnicos que se deben considerar para realizar la interconexión. Esto lo aplican para dos alimentadores en la ciudad de Cuenca, en donde determina la generación a instalar de acuerdo a una capacidad total además del equipo requerido para ejecutar la interconexión junto a esto se realiza el análisis de escenarios con el comportamiento de las energías renovables a partir de la herramienta computacional DigSilent, de donde se toma en cuenta el procedimiento de la herramienta computacional además de la aplicación de los diversos escenarios. El autor también hace hincapié que, al no existir adecuada coordinación de los equipos de protección de la red, se puede presentar un problema tanto para el usuario de la red como para el sistema de generación distribuida. [3]

Teodoro Adrada en su tesis demuestra la viabilidad de un sistema de cogeneración a partir de biomasa (cascarilla de arroz) gasificada. Esto lo aplica en una planta de producción de arroz en la cual existe la necesidad de energía térmica como eléctrica. El calor que se produce en el gasificador es utilizado para la entrada en la planta (secadora). A través de su desarrollo presenta, con ayuda de su bibliografía, datos base para el desarrollo de distintos proyectos similares, además de una metodología coherente para considerar. Como conclusión llega a presentar la viabilidad de su proyecto a partir de un análisis económico. Esto se tomó como punto de partida para ahondar en los procesos térmicos existentes actualmente, a partir de biomasa, con los cuales se puedan obtener tanto energía eléctrica como energía térmica. [4]

Javiera Gutiérrez presenta en su tesis un estudio técnico, económico y regulatorio para evaluar la viabilidad del desarrollo de la incorporación de sistemas de generación distribuida con fuentes de energía no renovables, para incorporarlos en el sistema interconectado. Los efectos que produce la incorporación de pequeños sistemas de generación distribuida, dentro de sistemas de distribución en media tensión, los desarrolló con ayuda de la herramienta computacional Power Factory de DigSILENT, llegando a concluir la falta de normativa para el desarrollo de este tipo de proyectos, además hace cuestión en la poca posibilidad de obtener información real por parte de las empresas eléctricas concesionarias y por ultimo menciona que a partir de las simulaciones realizadas, no siempre la inclusión de este tipos de

sistemas de generación distribuida disminuye las pérdidas en la red de distribución a la cual está conectada sino muestra la importancia de la distribución de cargas, configuración de la red y punto de conexión dentro de red eléctrica correspondiente. Tomando en cuenta de la investigación realizada por el autor, las soluciones tomadas por él a falta de algún tipo de información, además de los factores que concluye importante para disminuir las pérdidas en la red, tomándolos en cuenta dentro de lo posible para mi desarrollo. [5]

Christian Luzio estudia los efectos de distintos requerimientos en frente de huecos de tensión para sistemas de generación distribuida, en distintos escenarios de penetración a lo largo del sistema. Siendo el problema de huecos de tensión en la red un fenómeno en el cual disminuyen los niveles de tensión en ciertos puntos, provocando problemas de generación en el cual muchas veces se llegan a desconectar cargas del sistema, entonces el autor presenta a los sistemas de generación distribuida en pequeñas escala, la solución para pequeñas cargas domiciliarias, llegando a la conclusión de la penetración de estos sistemas no afectan el requerimiento frente a huecos de tensión, pero sí de tensiones previas y posteriores, los cuales es la problemática principal para el autor. [6]

### 2.1.2. Perú

Víctor Cornejo realizó un trabajo de investigación en la ciudad de Arequipa en donde adhiere un sistema de generación distribuida a la red secundaria de dicha ciudad, donde busca los mejores nodos de la red para la integración de este sistema tomando en cuenta criterios tales como, zonas con deficiencia energética y la implementación de generadores fotovoltaicos con el fin de mejorar los parámetros eléctricos. El autor decidió conveniente desarrollar este sistema en el distrito de Yanahuara, en las cuales se encuentran con distintas calificaciones eléctricas. Del análisis al modelo de dicha cantidad de viviendas agrupadas en nodos, se calcula, a partir de una clasificación, la distribución de los consumos de dichas agrupaciones alrededor de todos los días del mes. Luego mediante un análisis de flujo de potencia se muestra una simulación en contraste del estado actual en el que se encuentra la red, en comparación de lo propuesto con la inserción de la generación distribuida con la planta fotovoltaica. A partir de los resultados obtenidos el autor determina que la inclusión de las plantas de generación fotovoltaica en nodos específicos permite una mejora en los parámetros eléctricos, lo cual brinda un servicio de mejor calidad para la ciudad. [7]

Ing. Gerardo Rueda en su tesis para optar el grado académico de maestro en ciencias de la ingeniería mecánica y eléctrica presentó un estudio el cual se propuso como objetivo determinar el impacto técnico - económico de

generación distribuida probable en Yuscay sobre el sistema Chulucanas – Tambogrande – Ayabaca de Electronoroeste S.A. El sistema estudiado se modeló en la herramienta computacional DigSILENT; se evaluaron escenarios y calcularon los valores de tensión, además de las pérdidas de potencia y energía para condiciones en periodo de estiaje y avenida, y con valores de 2, 4, 6 y 8 MW de generación en Yuscay, el cual es una minicentral hidráulica. En los resultados obtenidos con generación hasta 8 MW, se verifica mejora significativa de perfiles de tensión y de pérdidas totales de energía, en comparación de los otros valores de generación planteado. Lo particular del desarrollo realizado por el autor es la contribución en la operación del sistema eléctrico de ELECTRONORTE S.A. y su acoplamiento al mismo, con ayuda del marco normativo existente actualmente, además de la amplia metodología para el desarrollo de un análisis económico, tomando en cuenta condiciones no mostradas en otros trabajos. [8]

El trabajo realizado por Manuel Vásquez muestra un estudio técnico económico con micro generación eólica para un sistema de generación distribuida en Cajamarca, teniendo como objetivo disminuir perdidas de potencia eléctrica y aumentar confiabilidad. El desarrollo se hizo a partir de información recolectada de fuentes del estado, referidas a previsiones de velocidades del viento, pero además se incluyó mediciones realizada por el mismo autor, con ayuda de un anemómetro, también realizó una recopilación de datos para la obtención del consumo promedio por vivienda y con esto obtener la máxima demanda. El cual tuvo como resultado la viabilidad y sostenible, garantizando un suministro de energía de calidad a sus usuarios, llegando a cubrir la demanda para una localidad de 915 habitantes, sin tomar en cuenta la inestabilidad de este tipo de sistemas y no tomando especificando un sistema de respaldo para el mismo. [9]

### 2.1.3. Lambayeque

Juan Leyva en su tesis se enfoca en la generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de la cascarilla de arroz, el cual se obtiene como residuo luego del proceso de separación de grano - cascarilla, que se realiza en los molinos existentes de la región Lambayeque. En donde a partir de su información recopilada llega a un rango de ingreso de arroz en cascara, proveniente de los molinos, la cual va de entre 7 Ton/día a 27 Ton/día. De acuerdo a la potencia que pretende lograr, el cual es 450 kW según el criterio del autor, realiza la selección y diseño de la caldera, la cual servirá para la producción de energía eléctrica, además de la turbina, y generador. Al finalizar comprobó que el sistema es totalmente viable a partir del análisis económico realizado por el autor, con un tiempo de recuperación de la inversión de 4 años como mínimo. [10]

La tesis realizada por Cristhian Ramírez estudió que tan factible es el diseño de un sistema fotovoltaico directo (sin batería) para cubrir la demanda de energía de los motores usados en las zonas agrícolas de Monsefú - Lambayeque para el bombeo de agua. Tomando en cuenta la implementación de un sistema de bombeo con un motor con posibilidad de sumergir, óptimo para el uso fotovoltaico. Para evitar el uso de baterías planteó almacenar agua en tanques, eliminando costos en cuestión de batería. Los módulos seleccionados suman una potencia de 1800W que alimentará una bomba sumergible de 1000W. Llega a comprobar la viabilidad económica del proyecto al obtener un VAN de 1734,59 y un TIR de 19%. [11]

En la investigación aplicada de Isaac Córdova dimensiona un sistema de micro generación con ayuda de la herramienta computacional PVSYST, para el centro poblado San Marcos - Lambayeque. La energía promedio proyectada, según tasa de crecimiento de INEI, es de 19,152 kW-h con una demanda máxima de 5,424 kW. A partir de esta información junto con la información obtenida del Atlas Solas del Perú y la NASA, diseña digitalmente en la herramienta computacional usada. En el desarrollo aplicado, realiza la selección de componentes, a partir de distintos catálogos. Además, dimensiona la red secundaria en base a la capacidad de corriente y caída de tensión de acuerdo al conductor usado. [12]

## **2.2. Bases teórico - científicas**

### **2.2.1. Sistema eléctrico de potencia**

Un sistema eléctrico de potencia es un conjunto de elementos destinados a la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica a los usuarios de una determinada zona, región o país, contando con un estándar de calidad, seguridad y confiabilidad, al menor costo posible. Este tipo de sistemas cuenta con centrales de generación en donde se produce la energía eléctrica (convencional y no convencional), redes de transmisión las cuales transporta la energía en grandes cantidades y entre grandes distancias, y por ultimo las redes de distribución las cuales se explicará con detalle más adelante.

#### **a. Flujos de potencia**

El cálculo de Flujos de Potencia se muestra como la representación en valores numéricos de la transferencia de potencia existente en la red eléctrica la cual es objeto de análisis. El flujo de potencia es considerado de gran importancia para considerar en óptimo funcionamiento los sistemas de potencia, su control y en consecuencia poder realizar una planificación para expansiones futuras. La obtención de estos valores cuantificables, en condición de funcionamiento real, se puede simular de

forma digital con el software Power Factory - DigSilent tomando en cuenta ciertos de los elementos existentes en una red tales como: conductores, potencia generada, representación de cargas.

b. Pérdidas de potencia

La pérdida de potencia más representativa se considera a la existente en las líneas de distribución las cuales cuenta con la resistencia al paso de corriente, desarrollando así pérdida de potencia, la cual puede ser calculada y reportada de forma cuantificable.

c. Estabilidad de tensión

Es la capacidad de un sistema eléctrica de mantener, en condiciones normales de funcionamiento, la tensión en los nodos existentes, tomando en cuenta los límites aceptables de acuerdo a las normas correspondientes.

d. Análisis de fallos

Las fallas existentes dentro del funcionamiento de un sistema pueden estar ocasionados por distintas causas. Sin embargo, estos eventos ocasionan variaciones generalmente en la corriente.

### 2.2.2. Sistemas eléctricos de generación

El principal tipo de energía en la actualidad es la energía eléctrica, la cual es necesaria en un país para su desarrollo, por ende, su uso se hace ineludible para su crecimiento desde un punto de vista social, tecnológico, económico y entre muchos otros. Destacando su importancia, se puede entender lo indispensable para la sociedad y por lo tanto existe una regulación que tiene como base brindar un servicio de calidad a sus clientes. El problema actual concerniente al tópico de generación, se centra en la fuente usada para su desarrollo, clasificados en dos grandes grupos, de generación convencional y no convencional. La mayor cantidad de electricidad en la actualidad se genera en grandes plantas las cuales tienen como principales fuentes los combustibles fósiles (gas, carbón, diésel) además de grandes centrales hidroeléctricas, que entregan energía al sistema interconectado con un flujo unidireccional.

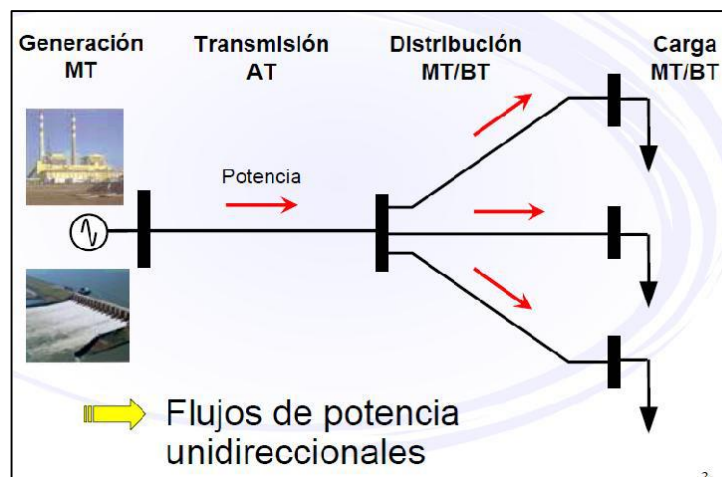


Imagen 1. Diagrama de generación convencional. [8]

Una solución que se viene planteando desde hace algunos años para la disminución de combustibles fósiles para la generación eléctrica, es la utilización de energías renovables.

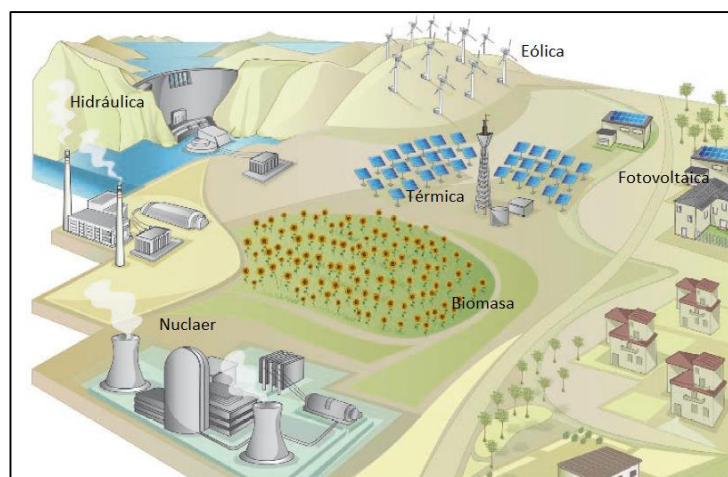


Imagen 2. Fuentes de generación eléctrica. [7]

### 2.2.3. Sistemas eléctricos de distribución

Un sistema eléctrico de distribución, es una de las partes de un sistema eléctrico, la cual representa la etapa final, en donde se suministra energía eléctrica al usuario final. Instalaciones destinadas para entregar energía eléctrica a los diferentes usuarios. Este conjunto de instalaciones comprende subsistema de distribución primaria (SDP); subsistema de distribución secundaria (SDS); instalaciones de alumbrado público (IAP); conexiones (CNX) y sistema de utilización.

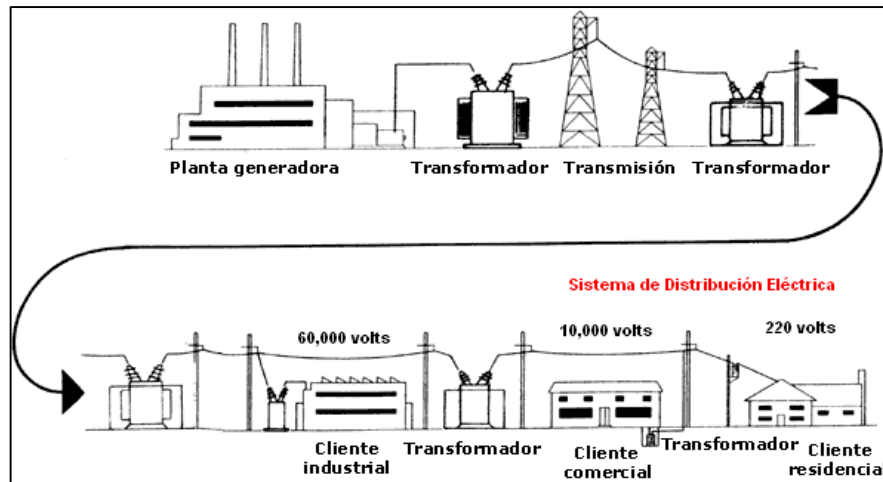


Imagen 3. Representación de un sistema eléctrico de potencia destacando el sistema de distribución. [8]

Los sistemas eléctricos de distribución deberían ser en una mayoría radial, donde el flujo de potencia nace a partir de una subestación (nodo). Sus características principales son: cargas de distinta naturaleza, diversas conexiones, topologías. Los sistemas eléctricos de distribución se suelen dividir, como ya se mencionó, en: Redes Primarias y Redes secundarias, el análisis propuesto en este estudio se centra en las redes de distribución primaria y sus efectos que tienen, sobre él, sin embargo, la implementación del sistema de generación distribuida se propone en media tensión. Los niveles de tensión, además de los parámetros del sistema de distribución, se definirán a partir del análisis realizado en el sistema eléctrico de distribución de Chiclayo, para determinar el estado actual de la subestación la cual alimenta a la empresa en la cual se está aplicando el estudio.

#### 2.2.4. Recursos Energéticos Renovables (RER)

Actualmente existe un desarrollo constante en la generación de energía eléctrica con fuente de recursos energéticos renovables (RER) tanto en un aspecto económico como de tecnología. En distintos casos con más competitivas en comparación con fuentes de generación convencionales. Asimismo, los RER cuentan con el beneficio de mitigar la cuantiosa emisión de gases de efecto invernadero existente para contrarrestar el cambio climático [13].

##### a. Energía Solar

Es un tipo de energía renovable en la cual se adquiere a partir de aprovechar la radiación electromagnética proveniente del sol, es decir la radiación solar, esta se puede obtener de forma inagotable. El aprovechamiento del calor y la luz se puede obtener a través de distintos captadores como lo son células fotovoltaicas, helióstatos o colectores

térmicos, con los cuales se puede realizar la transformación de energía. Las tecnologías usadas se clasifican en pasivas y activas, esto en relación a la forma en como captura convierte y distribuye la energía solar. Actualmente en el Perú se tiene un potencial aproximado de 250 W/m<sup>2</sup> de radiación media diaria, con mayor presencia en el sur del país.

b. Energía Eólica

Es el tipo de fuente de energía obtenida a partir de la energía cinética obtenida de las corrientes del viento, transformada a un tipo de energía útil para la humanidad (energía eléctrica). La generación se realiza con ayuda de aerogeneradores conectadas a las redes de distribución. Un aspecto técnico importante de este tipo de energía es la posibilidad de implementarlos en zona alejadas o aisladas, que no tienes acceso a la red, de igual forma que la energía solar fotovoltaica.

c. Energía del Biogás

El biogás es un tipo de combustible obtenido a partir de un proceso natural en consecuencia de la degradación de materia orgánica, este proceso se realiza en ausencia del oxígeno, siendo este una condición indispensable para su obtención. Las estructuras en las cuales se realiza este proceso son conocidos como biodigestores. Durante el proceso de descomposición anaeróbica (en ausencia de oxígeno) los residuos del proceso mencionado, presentan un valor agregado, a poder ser utilizados como material de abono. Las formas de obtención de energía eléctrica a partir de este combustible son bastante variadas, en las cuales van desde, turbinas o plantas generadoras de gas, hornos, estufas, secadores, calderas u otros sistemas de combustión a gas.

d. Energía de Biomasa

La energía de biomasa o también conocida como bioenergía, es el tipo de energía con más posibilidad de desarrollo en la zona agroindustrial del Perú, como lo es el departamento de Lambayeque, en la cual tiene gran cantidad de empresas agroindustriales las cuales tienen gran cantidad de material de desecho orgánico, como la cascarilla de arroz o bagazo de caña de azúcar, la cual puede ser aprovechada para la producción de energía. El aprovechamiento de este tipo de energía se puede realizar de dos formas, ya sea forma directa (combustión) o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas como combustible, alimento para animales o abono para tierra. La energía que se encuentra dentro de materia orgánica seca, como los casos mostrados anteriormente, se aprovechan mediante procesos termoquímicos como combustión o gasificación. Según el informe presentado por el

OSINERGMIN, el potencial de generación eléctrica mediante biomasa, recurso renovable no convencional, es de 450 MW y la potencia utilizada es de 27MW

#### 2.2.5. Marco normativo

Actualmente en el marco normativo vigente en el estado peruano se establece como prioridad, en producción de energía eléctrica, el desarrollo de energías renovables; y por tanto existe especial interés tanto en el sector público y sector privado en desarrollar proyectos de pequeña, mediana y gran escala [8]. En el Anexo 01 se presenta un listado en donde se encuentra las principales normas, procedimientos y leyes relacionadas con la generación eléctrica en el Perú.

La energía eléctrica la cual proviene de fuentes de energía renovable no convencional tales como solar, eólico, geotérmico, biomasa e hidroeléctrica, con una potencia máxima de 20MW, se denominan como RER (Recursos Energéticos Renovables) [8].

Los incentivos que presenta actualmente el marco normativo para la promoción de energías renovables son:

- Efectuar subastas para determinar tarifas estables (Las bases de la subasta son elaboradas y aprobadas por el MINEM), tomando en cuenta la disminución de las mismas de acuerdo al desarrollo de nuevas tecnologías.
- Asegurar la compra del total de la energía producida.
- Ser prioridad para el despacho de carga.
- Tener acceso a las redes de distribución y transmisión.

La promoción de recursos energéticos renovables al sistema interconectado nacional (SEIN) se da a través de subastas, las cuales sirven como un mecanismo para asignar, donde concursan varios proyectos RER para ganar una cuota de energía, la cual será suministrado al SEIN por un ciclo de 20 años, al precio que sea previsto en la subasta.

Las autorizaciones y concesiones para generación son otorgadas y evaluadas por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) que, para apresurar la atención de las solicitudes, transfiere la potestad a los gobiernos regionales (En caso de potencias instaladas mayores a 500 kW y menores a 10 MW). Cualquier proyecto, siempre y cuando haya cumplido todos los requisitos y tener la autorización y concesión respectiva otorgada por el MEM, para poder comenzar con la ejecución debe obtener a través del gobierno regional u otra

autoridad competente una certificación ambiental según lo precisa el artículo 3° de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental [8].

En el Perú la ley N° 28832, establece a la micro-generación distribuida (MIGD) desde unos pocos KW hasta los 0,2 MW y la mediana generación distribuida (MEGD) desde 0,2 MW a 10MW, teniendo como limitaciones que la MIGD puede ser producida solamente por fuentes renovables y solo la MEGD puede hacer uso de cualquier tecnología [14]. A nivel mundial existen la norma IEE 1547, el cual es referente a los sistemas de generación distribuida conectadas a los sistemas de potencia, en donde, en distintos capítulos muestra criterios, guías, requisitos, información técnica, entre otros aspectos en relación al tema.

### 2.2.6. Generación distribuida

La generación distribuida consiste en la existencia de pequeñas fuentes de energía eléctrica, las cuales inyectan energía hacia la red. Este tipo de generación ocurre in situ, es decir se puede generar en el mismo lugar donde se va consumir la energía. Dentro de sus características generales se pueden destacar: Reducción de flujos de energía por la red por ende se reducen las pérdidas; suelen tener potencias pequeñas, en consecuencia, de encontrarse cerca del lugar de consumo; la energía inyectada no revierte flujos de potencia hacia la red de transporte.

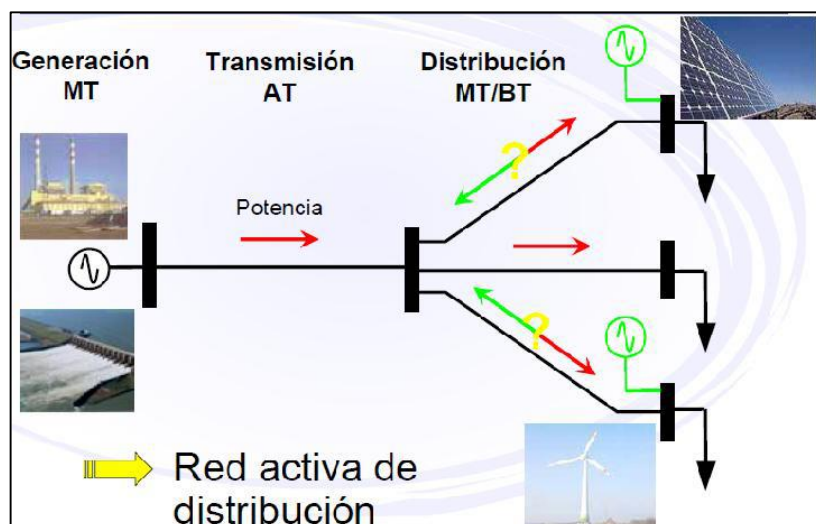


Imagen 4. Diagrama de un sistema de generación distribuida. [8]

A continuación, se presentan una tabla resumen con las ventajas y desventajas existentes en la implementación de este tipo de sistemas.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la generación distribuida.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><b>INCREMENTO DE LA CONFIABILIDAD.</b> Al contar con pequeñas fuentes de generación eléctrica no se dependerá únicamente de la energía suministrada por la empresa de distribución energética ya que esta puede tener dificultades en el transporte de energía a causa de fallas en centros de transformación, líneas de distribución eléctrica, entre otros.</p> <p><b>AUMENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA.</b> Los puntos de conexión de generación distribuida mejoran la caída de tensión de acuerdo al nodo en el cual sea conectado, se recomienda sean conectados en la cola del sistema.</p> <p><b>USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.</b> El uso de energías renovables disminuye la emisión de gases de efecto invernadero.</p> <p><b>FLEXIBILIDAD DE GENERACIÓN.</b> En comparación con los métodos de generación de energía eléctrica convencional, la generación distribuida no está ligada a una gran inversión económica ya que las potencias pueden ser mínimas en contraste con las grandes centrales de generación convencionales.</p>	<p><b>BARRERA TECNOLÓGICA.</b> Actualmente el desarrollo local, de las tecnologías comunes para los sistemas de generación distribuida, son poco utilizadas y por ende poco comerciales.</p> <p><b>BARRERAS DE REGULACIÓN.</b> El desinterés en los sistemas de generación distribuida, de los últimos años en el marco local, se refleja en la básica regulación que se puede considerar en la actualidad, en la cual sólo llega a definir los niveles de potencia para su clasificación en micro-generación y mediana generación distribuida.</p> <p><b>ESTRUCTURA TARIFARIA.</b> Al no contar con un marco regulatorio, la estructura tarifaria se muestra como algo para su futuro desarrollo, en conjunto con la implementación de distintas leyes locales aplicadas a este tipo de sistemas de generación distribuida.</p> <p><b>USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.</b> El principal problema en relación al uso de energía renovables es la desigualdad en cuanto a la curva de demanda de energía con la curva de oferta</p>

Fuente: Elaboración Propia.

Los sistemas de generación distribuida se pueden conseguir a partir de distintas tecnologías, pero en el presente trabajo, se proponen las siguientes:

- Sistemas de generación fotovoltaicos

Es un sistema en el cual se obtiene energía eléctrica a partir de la radiación solar con ayuda de dispositivos semiconductores (célula

fotovoltaica). Una planta solar fotovoltaica, además de los paneles fotovoltaicos propiamente, necesita de otros componentes, como lo son el controlador de carga, el cual sirve para preservar las baterías de sobrecarga o descarga completa y así aumentando su tiempo de vida, otro componente es el inversor, el cual se encarga de convertir la energía generada por los paneles fotovoltaicos, de corriente continua a alterna a determinado voltaje y frecuencia; por último se cuenta con la batería la cual sirve como soporte para almacenar la energía y poder ser usada al momento que se requiera.

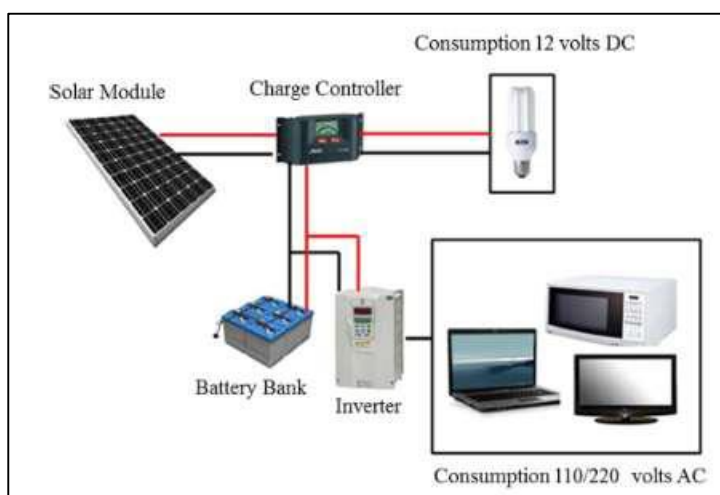


Imagen 5. Representación de un sistema de generación fotovoltaico convencional. [11]

- **Sistemas de cogeneración**

Proceso en el cual se obtiene energía térmica útil conjuntamente de energía eléctrica. Normalmente la generación eléctrica se realiza con motores de combustión interna, turbinas de vapor o turbinas de gas, siendo la energía térmica aprovechada, del calor que conlleva la generación eléctrica, en casos de no presentarse sistemas de cogeneración, a esta energía termina se le conoce como pérdidas de calor. Al existir este proceso de aprovechamiento conjunto, tanto de energía térmica como eléctrica, el rendimiento de este proceso es mucho mayor en comparación de un proceso de generación eléctrica o de generación térmica por separado. La cogeneración presenta rendimientos de proceso entre los valores de 50 – 70 %

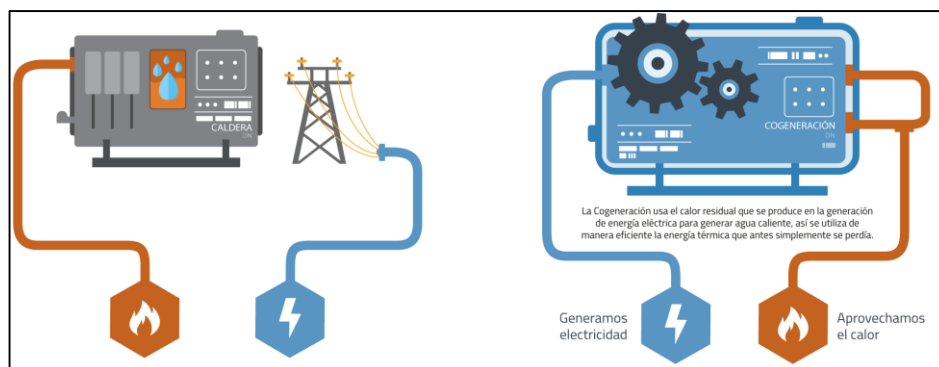


Imagen 6. Representación de un sistema de cogeneración. [13]

- Sistemas de generación eólica

Sistemas de generación en el cual se aprovecha la velocidad del viento (energía cinética), en donde a partir del movimiento de las hélices se transforma en energía mecánica y por consiguiente producir energía eléctrica mediante aerogeneradores conectados a las distintas redes de distribución. A consecuencia de la variación existente en la naturaleza y además impredecible como lo es el viento, esta fuente de generación eléctrica no se puede proponer como única o principal fuente. Sin embargo, existe la posibilidad de almacenar la energía obtenida en la presencia de viento y su posterior aprovechamiento.



Imagen 7. Representación de un sistema de generación eólica. [13]

### **3. HIPÓTESIS**

La implementación de un sistema de generación distribuida en la empresa “ALDUR NUTRIPELLET” con fuentes de energía renovables representa beneficioso para los parámetros eléctricos y la confiabilidad en cuanto a servicio de energía eléctrica, además de contar con la posibilidad de permitir suministrar el excedente de energía eléctrica generada a la red de media tensión para su venta.

## **4. MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1. Tipo y nivel de investigación**

#### **4.1.1. Enfoque**

Cuantitativo: El análisis del sistema de baja tensión, incluyendo los efectos en la red debido a la implementación del sistema propuesto, se realizará a partir de información cuantitativa además de estar basado en el método científico.

#### **4.1.2. Tipo**

Investigación descriptiva: Se realizará la propuesta en la empresa “ALDUR NUTRIPELLET”, su viabilidad se realizará en base a información real, además del efecto en la red, lo cual, de acuerdo a los resultados, tiene la posibilidad de efectuarse en un futuro.

#### **4.1.3. Nivel**

Análítico: Se realiza un estudio detallado de la factibilidad de la implementación de un sistema de generación distribuida, evaluado desde el punto de vista técnico y económico.

### **4.2. Diseño de investigación**

La investigación presenta un diseño no experimental ya que no se realizará ningún prototipo ni algo similar a ello, por otro lado, la investigación se muestra como longitudinal debido a que se basa en una evaluación de un grupo para su posterior desarrollo.

### **4.3. Población y muestra**

La población es el conjunto de posibilidades de recursos energéticos los cuales pueden ser aprovechados en la empresa “ALDUR NUTRIPELLET”

La muestra es los dos tipos de recursos energéticos que fueron escogidos (en base a la disponibilidad existente) para la propuesta de implementación de un sistema de generación distribuida, los cuales son sistema fotovoltaico, sistema termoeléctrico y sistema eólico.

### **4.4. Criterios de selección**

Selección del tipo de fuente de energía para el uso en el sistema de generación distribuida.

- Energía.
- Disponibilidad de fuente de energía.

- Posibilidad de ampliación.
- Proyección a futuro.
- Tiempo de vida.
- Zona disponible para su implementación.
- Viabilidad económica.

#### 4.5.Operacionalización de variable

Tabla 2. Variables de operación.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUB-INDICADORES	INDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Independiente: Sistema de generación distribuida	Potencial de energía	Capacidad de producción de la fuente de energía	Irradiación Solar	W/m <sup>2</sup>	Análisis de documentación respectiva	Atlas solar peruano, NASA, artículos científicos.
			Cascarilla de arroz	Ton/mes	Análisis de documentación respectiva	Artículos científicos, Informes/Documentación empresarial
	Demanda energética	Energía consumida por la empresa	Consumo de energía	kW/h	Análisis de documentación respectiva	Informes de ENSA
			Potencia instalada en la empresa	kW	Análisis de documentación respectiva	Facturación Energética.
	Red eléctrica de media tensión	Efectos de la implementación del sistema	Caída de tensión	%V	Análisis de documentación respectiva	Informes de ENSA
Dependiente: Impacto de generación distribuida en red de media tensión	Potencia del sistema de generación	Potencia estimada		kW	Análisis de documentación respectiva	Simulación a partir de cálculos realizados
	Inversión	Dinero mínimo para la implementación		Soles	Análisis de documentación respectiva	Cotizaciones

Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de información y datos utilizados, es el análisis de documentación:

- Revisión de Atlas Solar y NASA.
- Informes técnicos de MINEM.
- Informes técnicos de OSINERGMIN.
- Informes y registros técnicos de Electronorte S.A.
- Facturación energética de empresa ALDUR NUTRIPELLET.
- Cotización de equipos y materiales.
- Entrevistas/cuestionarios.

#### **4.7. Procedimiento de recolección de datos**

La información básica de las condiciones y realidad de la empresa “ALDUR NUTRIPELLET” fue brindada a través de entrevistas en conjunto de informes internos, en donde se obtuvo información de medida del área disponible, consumo energético, potencia instalada, entre otros relacionados.

De igual forma se obtuvo información del Atlas Solar, NASA y distintas tesis/artículos científicos, con el objetivo de cuantificar el potencial energético solar en donde se buscó la irradiación solar, irradiación solar, hora solar pico y principalmente reconocer una metodología adecuada de cálculo del diseño de un sistema fotovoltaico.

La información en relación a registros energéticos e informes técnicos fueron obtenidos gracias a la empresa ELECTRONORTE S.A. (ENSA), la cual es la concesionaria del servicio de distribución eléctrica en Lambayeque, en donde se encuentra la empresa en donde se aplica la presente tesis. De dicha información se usará para, de acuerdo al suministro de la empresa mencionada, conocer el estado actual de la subestación y alimentador en la cual habrá efecto directo al implementar un sistema de generación distribuida, además de obtener los parámetros y datos de operación como lo son la tensión, caída de tensión, potencia, entre otras relacionadas.

#### **4.8. Procesamiento y análisis de datos**

A partir de la información obtenida se realiza un criterio de selección del sistema de generación más adecuado tomando en cuenta la potencia de la carga junto con el espacio disponible para su montaje, como los criterios más importantes, con lo cual se podrá llegar a escoger el sistema correcto en base a diferentes criterios con distinto valor de importancia en cada uno. A partir de esto se realiza el cálculo del dimensionamiento y diseño del sistema de

generación escogido y en conjunto con la información del sistema actual del alimentador (información de ENSA), el cual es afectado directamente por esta propuesta, realizar un análisis de flujo de potencia en el cual se comparará el efecto que existe en la red al implementar el sistema de generación distribuida propuesta. Además, se realizará un análisis económico en base al diseño para verificar su viabilidad tanto económica como técnica.

#### 4.9. Matriz de consistencia

Tabla 3. Matriz de consistencia.

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Propuesta de integración de la generación distribuida en la empresa “Aldur Nutripellet” para determinar los efectos técnicos en la red	¿Qué tan factible, desde un punto técnico y económico, es implementar un sistema de generación distribuida en una empresa del distrito de Chiclayo?	La implementación de un sistema de generación distribuida en una empresa a partir de fuentes de energía renovable permiten mejorar los parámetros eléctricos y la confiabilidad del sistema eléctrico de distribución del distrito de Chiclayo	Objetivo General: Determinar la factibilidad de la integración de un sistema de generación distribuida en la empresa “ALDUR NUTRIPELLET” con conexión a la red de media tensión.	Independiente: Sistema de generación distribuida	Potencial energético renovables	Potencial aprovechable
			Objetivo Especifico 1: Evaluar el tipo de generación distribuida adecuada para su integración al sistema eléctrico.		Caída de tensión	Variación en porcentaje de tensión
			Objetivo Especifico 2: Analizar el estado del sistema eléctrico de distribución actual que suministra de energía eléctrica a la empresa “ALDUR NUTRIPELLET”		Demanda de energía	Energía y potencia consumida por el usuario

		Objetivo Especifico 3: Describir la conexión del sistema eléctrico mediante el análisis del flujo de potencia con el sistema de generación distribuida integrado.	Dependientes: Efectos técnicos de la red	Potencia de sistema de generación distribuida	Potencia
		Objetivo Especifico 4: Analizar el impacto de la incorporación de la generación distribuida en las redes de distribución eléctrica de media tensión.		Inversión y costo de energía	Soles por unidad de energía

Fuente: Elaboración Propia.

## 5. DESARROLLO Y RESULTADOS

### 5.1.EVALUAR EL TIPO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA ADECUADA PARA SU INTEGRACIÓN AL SISTEMA ELÉCTRICO

En el presente apartado se evaluará los posibles sistemas de generación propuestos en base a la disponibilidad de las distintas fuentes de energía existente, las cuales se especificarán más adelante, tomando en cuenta el entorno de la realidad del lugar en donde se aplica el trabajo desarrollado. Se determinará la potencia de generación mínima necesaria para abastecer la carga a la cual se pretende alimentar a partir de un cálculo justificativo. Se iniciará con la identificación del establecimiento en la cual se mostrará información básica como la ubicación, su rubro de trabajo, un análisis de la facturación energética actual, su consumo energético y las distintas áreas de producción, con el fin de reconocer la carga a la cual se pretende alimentar, dicha información se obtiene a partir de una entrevista realizada al gerente de la empresa junto con el jefe del área de mantenimiento. Luego se realizará una matriz de selección para determinar el tipo de generación más adecuado en base a distintos criterios los cuales tendrán un porcentaje de importancia dentro de la matriz. Finalmente, de acuerdo al resultado de la matriz de selección, se realizará el cálculo concerniente al sistema de generación por el cual se optará desarrollar, realizando el diseño y dimensionamiento del mismo.

#### 5.1.1. Identificación del edificio

##### 5.1.1.1. Ubicación

La empresa en la cual se desarrolla este trabajo es “ALDUR NUTRIPELLET”, el cual se ubica en el distrito de José Leonardo Ortiz, dentro del departamento de Lambayeque. La ubicación exacta es Juan Pablo II #140, colindante con la calle “Dorado”. El perímetro y área se midió con ayuda de la herramienta satelital de Google Earth Pro, en la cual se ubicó la empresa y la información obtenida se resume a continuación.

- Área: 840 m<sup>2</sup>.
- Perímetro: 124 m.
- Coordenadas de la ubicación de la empresa:

Tabla 4. Coordenadas UTM de la zona de proyecto.

UTM WGS84			GRADOS, MINUTOS Y SEGUNDOS	
ZONA	DIRECCIÓN AL ESTE	DIRECCIÓN AL NORTE	LATITUD	LONGITUD
17 M	626 504,77	925 277 3,25	6° 45,533'	79° 51,319'
17 M	626 526,55	925 277 2,89	6° 45,534'	79° 51,308'
17 M	626 524,05	925 275 4,77	6° 45,517'	79° 51,306'
17 M	626 503,06	925 275 7,08	6° 45,515'	79° 51,317'

Fuente: Elaboración Propia.

Se presenta un informe fotográfico de la zona de desarrollo del proyecto en el anexo 02. También se muestra un plano de ubicación en el anexo 03.

#### 5.1.1.2. Realidad

El desarrollo de la presente tesis se realizará en una empresa en la cual se basa en la producción de alimento balanceado para animales, en forma de pellets, siendo este un proceso novedoso en el mercado local, de donde trabajan con nueve (9) líneas de producción, es decir alimento para nueve tipos de animales, en el cual, dentro de cada línea de producción existen alimentos para las distintas etapas de vida de los animales, siendo un total de treinta (30) tipos de alimentos que se producen. La materia prima en la que se basa la producción consiste en maíz, soya y trigo. La producción es envasa dentro de la empresa, en sacos de 40 y 20 kg. En consecuencia, a la mínima cartera de clientes en comparación con la capacidad de producción de la planta, según el gerente de la empresa, la planta se encuentra trabajado alrededor de un 20% de su capacidad total. La empresa puesta en funcionamiento tiene aproximadamente 12 meses de operación.

La empresa actualmente tiene un régimen de trabajo de lunes a sábados, de 8:00 a.m. hasta 6:00 p.m. con dos horas de descanso de 12:00 p.m. hasta 2:00 p.m. (de lunes a viernes) y los sábados trabajan de 6:30 a.m. hasta 2:00 p.m. Con regularidad un día a la semana se realiza medio día de mantenimiento preventivo, en la limpieza de equipos.

#### 5.1.1.3. Potencia instalada

La potencia instalada dentro de la planta se reconoce a partir de la tabla 5 en la cual se realizará una distribución de potencia de acuerdo al área de trabajo existente. Además, se puede corroborar de acuerdo a un

listado de los distintos equipos, motores, entre otros, los cuales representan un consumo energético, en donde se muestran las potencias de útil (placa) junto con la potencia absorbida, esto con ayuda de la eficiencia de cada motor.

Tabla 5. Distribución de potencia por área de trabajo.

DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA POR ÁREA DE TRABAJO	
Zona De Silo Y Pre-limpia De Maíz	10 kW
Zona De Abastecimiento Y Pesaje De Insumos	20 kW
Zona De Molienda Y Mezclado De Insumos	57 kW
Zona De Peletizado De AA.BB	120 kW
Zona De Despacho De AA.BB (Polvo O Pellet)	8 kW
<b>TOTAL</b>	<b>215 kW</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 5.1.1.4. Consumo energético

Actualmente la empresa mantiene su producción a partir de pedidos solicitados por sus clientes, los cuales no son regulares o periódicos, por lo cual su consumo energético suele variar, a pesar de ello se pudo observar un consumo regular a partir del mes de julio a diciembre del año 2019. Sin embargo, se tendrá en cuenta un consumo energético diario teórico a partir de la potencia instalada y un régimen de trabajo para los distintos equipos. La demanda máxima existente fue proporcionada por la empresa y verificada teóricamente, considerando una eficiencia homogénea en todos los diferentes equipos, siendo este un valor de 86%. En la tabla 6 y 7 se muestra el listado de equipo junto a consumo de energía propuesto. Este proceso se realiza función de dimensionar los distintos equipos de generación eléctrica de forma adecuada satisfaciendo la demanda energética.

#### 5.1.1.5. Proyección de expansión en planta

Como se mencionó en los puntos anteriores, la empresa actualmente no realiza una producción continua o estable. Sin embargo, se incluyó dentro del cuestionario realizado al jefe de mantenimiento (Anexo 05) la posibilidad de una ampliación en un corto o mediano plazo, donde la réplica a este apartado fue una respuesta negativa, argumentándose en

la situación existente dentro de su producción, además del área disponible, la cual ya se encuentra colmado por los equipos existentes.

Tabla 6. Consumo energético de planta.

DESCRIPCIÓN	TIPO DE EQUIPO	POTENCIA (útil) [kW]	POTENCIA (absorbida) [kW]	ENERGÍA DIARIA [kWh]	CLASIFICACIÓN
Motor 2 - SIEMENS 1AV2095B (MO-002)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de silo
ELEVADOR DE CANGILONES MECAFA EL010/14 (MA-001)	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	2	2,3	4,7	Abastecimiento de silo
ELEVADOR DE CANGILONES 2 MECAFA EL050/20 062/17{MA-003}	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	5,5	6,4	12,8	Abastecimiento de silo
Motor 4 - SODECA MSE3 (MO-004)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de silo
Prelimpia MECAFA PRELIM050 (MA-002)	Limpiador	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de silo
SILO SYMAGA (MA-004)	Silo				Abastecimiento de silo
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>14,0</b>			<b>Abastecimiento de silo</b>
ELEVADOR DE CANGILONES 3 MECAFA EL010/14 021/17 (MA-006)	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	2,2	2,6	5,1	Abastecimiento de tolvas
Motor 5 - ABB M2AA 090LD-4 (MO-005)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de tolvas
Motor 6 - ABB M2AA 090LD-4 (MO-006)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de tolvas
Motor 8 - ABB 3GAA092215-BSE (MO-008)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de tolvas
Transportador de cadena 1 MECAFA TR025/05 (MA-05)	Transportador sin fin	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de tolvas
Transportador de cadena 2 MECAFA TR025/05 (MA-06)	Transportador sin fin	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de tolvas
Transportador de cadena 3 MECAFA TR025/05 (MA-07)	Transportador sin fin	1,5	1,7	3,5	Abastecimiento de tolvas
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>13,0</b>			<b>Abastecimiento de tolvas</b>
MOTOR 10 ABB M2AA 090LD-4 IE2 5012110714 (MO-010)	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,7	Balanza
MOTOR 11 ABB M2AA 090LD-4 IE2 0702046286 (MO-011)	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,7	Balanza
MOTOR 12 ABB M2AA 090LD-4 IE2 0702046280 (MO-012)	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,7	Balanza
MOTOR 13 ABB M2AA 090LD-4 IE2 5107180556 (MO-013)	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,7	Balanza
MOTOR 14 ABB M2AA 090LD-4 IE2 5012110736 (MO-014)	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,7	Balanza
Transportador tubular de sinfin 1 MECAFADA SF127/1.5 (MA-009)	Transportador sin fin	1,5	1,7	1,7	Balanza
Transportador tubular de sinfin 2 MECAFADA SF127/1.5 (MA-010)	Transportador sin fin	1,5	1,7	1,7	Balanza
Transportador tubular de sinfin 3 MECAFADA SF127/1.5 (MA-011)	Transportador sin fin	1,5	1,7	1,7	Balanza
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>14,0</b>			<b>Balanza</b>
CALDERO MECAFA	GENERADOR DE VAPOR	7,45	8,7	34,7	Generación de vapor
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>8,7</b>			<b>Generación de vapor</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Consumo energético de planta-continuación.

DESCRIPCIÓN	TIPO DE EQUIPO	POTENCIA (útil) [kW]	POTENCIA (absorbida) [kW]	ENERGÍA DIARIA [kWh]	CLASIFICACIÓN
MEZCLADORA HORIZONTAL DE PALAS MECAFA MEHP 1000L 051/17 (MA-021)	MEZCLADORA HORIZONTAL DE	7,5	8,7	17,4	Proceso de mezclado
Motor 20 - ABB M2AA 132MA-4 (MO-020)	Motor de induccion	7,5	8,7	17,4	Proceso de mezclado
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>17,4</b>		<b>Proceso de mezclado</b>	
ALIMENTADOR QUITAPIEDRAS MECAFA ALQPMH050 052/17	ALIMENTADOR	0,55	0,6	1,9	Proceso de molienda
CAJA DISTRIBUIDORA MOTORIZADA MECAFA CADIS200260/MR 0623/17	BY-PASS	0,11	0,1	0,1	Proceso de molienda
ELEVADOR DE CANGILONES 4 MECAFA EL010/14 022/17(MA-016)	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	2,2	2,6	2,6	Proceso de molienda
MOLINO HORIZONTAL MECAFA MH050 053/17 (MA-018)	MOLINO DE MARTILLOS	37	43,0	43,0	Proceso de molienda
MOTOR 15 ABB M2AA 090LD-4 IE2 2707033383 (MO-015)	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,7	Proceso de molienda
MOTOR 16 ABB M2AA 100LD-4 IE2 3G1R1541003589 (MO-016)	MOTOR DE INDUCCION	2,2	2,6	2,6	Proceso de molienda
Motor 17 - ALRENALG-631-4 (MO-017)	Motor de induccion	0,12	0,1	0,1	Proceso de molienda
Motor 18 - ABB M2AA080A-4 (MO-018)	Motor de induccion	0,55	0,6	0,6	Proceso de molienda
Transportador de cadena 1 MECAFA TR025/05 (MA-015)	Cadena rastra	1,5	1,7	1,7	Proceso de molienda
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>53,2</b>		<b>Proceso de molienda</b>	
ACONDICIONADOR MUNCH RPM 420 /138	MAQUINA DE EXTRUSION				Proceso de peletizado
ALIMENTADOR PELET MUNCH PRESSE RMP 420/138 2017-400124	TRANSPORTADOR SIN FIN				Proceso de peletizado
ELEVADOR DE CANGILONES 5 MECAFA EL010/14 020/17 (MA-023)	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	1,5	1,7	1,7	Proceso de peletizado
ELEVADOR DE CANGILONES 6 MECAFA EL010/14 019/17 (MA-027)	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	1,5	1,7	1,7	Proceso de peletizado
Motor 21 - ABB M2AA 090LD4-4 (MO-021)	Motor de induccion	1,5	1,7	1,7	Proceso de peletizado
Motor 22 - ACM160M-4/PHE (MO-022)	Motor de induccion	13,2	15,3	15,3	Proceso de peletizado
Motor 23 - ALREN ALG-631-4 (MO-023)	Motor de induccion	0,14	0,2	0,2	Proceso de peletizado
Motor 24 - PTC K16DE32A19 (MO-024)	Motor de induccion	55	64,0	64,0	Proceso de peletizado
Motor 26 - PTC K16DE64A010 (MO-026)	Motor de induccion	7,5	8,7	8,7	Proceso de peletizado
Motor 27- PTC K16DE64A010 (MO-027)	Motor de induccion	0,087	0,1	0,1	Proceso de peletizado
Peletizadora 5 TN/H (MA-030)	Maquina peletizadora				Proceso de peletizado
Transportador de cadena 2 MECAFA TR025/3.5 (MA-022)	Cadena rastra	1,5	1,7	1,7	Proceso de peletizado
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>95,26</b>		<b>Proceso de peletizado</b>	
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>215,47</b>		<b>kW</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.1.2. Selección del sistema de generación adecuado

Para la decisión del sistema de generación más adecuado en este trabajo se realizó un filtrado de conceptos, en el cual a partir de distintos criterios de selección se llegó a obtener un resultado. Se utilizaron cierto puntaje para cada criterio según sea el concepto. A continuación, se muestra un listado el cual resume el puntaje utilizado.

- Insatisfactorio: Cero (0).
- Poco satisfactorio: Uno (1).
- Satisfactorio: Dos (2).
- Muy satisfactorio: Tres (3).

Los criterios de selección evaluados fueron 12, los cuales tuvieron un peso en porcentaje distintos, de acuerdo a la relevación y relación existente con el desarrollo del proyecto.

- a. Potencia posible de producción de acuerdo a la factibilidad de la fuente: Indica el grado de posibilidad al acceso a la fuente necesaria para cada sistema, su peso dentro de la selección fue de 12%.
- b. Rendimiento: Indica el grado de capacidad del sistema al transformar la energía obtenida desde su fuente hacia la generación de energía eléctrica, su peso dentro de la selección fue de 5%.
- c. Seguridad en su operación: Al ser un sistema el cual operará dentro de una planta industrial se debe considerar la seguridad que conlleva usar el sistema, el peso dentro de la selección fue de 6%.
- d. Costos de equipos necesarios: Los costos representan un factor determinante en cualquier empresa para la selección de un sistema en comparación de otro, por lo que se le consideró un peso de 8%.
- e. Confiabilidad en su operación: La carga a la cual se planea alimentar de energía está abocada a la producción, por ende, se debe evitar el corte del suministro eléctrico repentino, ya que eso afectaría en la producción y en consecuencia en los ingresos monetarios de la empresa. El peso que se consideró para este criterio fue de 11%.
- f. Facilidad de operación: Este criterio esta direccionado a no estar obligado a tener mano de obra calificada totalmente abocada al sistema

de generación, ya que eso representaría un gasto para la empresa. El peso que se consideró para este criterio fue de 8%.

- g. Costos de mantenimiento: Al ser una empresa creada con fines de lucro, se debe considerar evitar la mayor cantidad de costos posibles, el peso de este criterio fue de 5%.
- h. Transporte de combustible (si fuera necesario): Al igual que el criterio anterior, este representaría un gasto para la empresa, lo cual se pretende evitar o disminuir en lo posible. El peso de este criterio de evaluación fue de 4%.
- i. Uso de subproductos obtenidos (vapor): Al existir un sistema de generación de vapor dentro de la planta, sería de sumo provecho obtener vapor junto con la energía eléctrica (cogeneración), por ende, el peso de este criterio fue de 8%.
- j. Complejidad de instalación: Al igual que la facilidad en su operación, se pretende reducir la complejidad en su instalación, ya que esto representaría un gasto para la empresa. En peso de este criterio fue de 4%.
- k. Área disponible para su puesta en marcha: La planta, al estar ubicada dentro de una zona urbana/industrial cuenta con un área ya definida, la cual se especificó anteriormente, por lo cual se tomó un peso de 25% para este criterio, ya que representa lo más importante para la selección del sistema de generación más adecuado en el presente trabajo.
- l. Impacto ambiental: El sistema de generación debe estar dirigido a la mínima emisión de gases contaminantes, el peso de este criterio fue de 4%.

La suma en conjunto del total de criterios llega a un total del 100%. A continuación, se muestra una tabla en la cual resume el proceso de evaluación de conceptos.

Tabla 8. Criterios de selección del sistema de generación.

CRITERIOS DE SELECCIÓN	Peso (%)	CONCEPTOS					
		Sistema de generación fotovoltaico	Evaluación ponderada	Sistema de generación eólica	Evaluación ponderada	Sistema de cogeneración	Evaluación ponderada
Potencia posible de producción de acuerdo a la factibilidad de la fuente	12	2	0,24	2	0,24	3	0,36
Rendimiento	5	2	0,1	2	0,1	3	0,15
Seguridad en su operación	6	3	0,18	2	0,12	2	0,12
Costos de equipos necesarios	8	3	0,24	1	0,08	1	0,08
Confiabilidad en su operación	11	2	0,22	2	0,22	3	0,33
Facilidad de operación	8	3	0,24	1	0,08	1	0,08
Costos de mantenimiento	5	3	0,15	1	0,05	1	0,05
Transporte de combustible (si fuese necesario)	4	3	0,12	3	0,12	2	0,08
Uso de subproductos obtenidos (vapor)	8	0	0	0	0	3	0,24
Complejidad de instalación	4	3	0,12	1	0,04	1	0,04
Área disponible para su puesta en marcha	25	3	0,75	0	0	1	0,25
Impacto ambiental	4	3	0,12	3	0,12	3	0,12
	<b>100</b>						
Evaluación neta		<b>30</b>	<b>2,48</b>	18	1,17	24	1,9
Lugar		<b>1</b>		2		3	
¿Continuar?		<b>SÍ</b>		NO		NO	

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al resultado obtenido, se determina al sistema de generación fotovoltaico como el sistema más factible para desarrollar. En adelante se tomará este sistema como el predeterminado para su diseño, cálculo y dimensionamiento.

### 5.1.3. Dimensionamiento de sistema fotovoltaico

Los componentes de un sistema fotovoltaico conectados a la red son los paneles fotovoltaicos (monocristalino o policristalino), inversor de tensión, equipos de protección, conductores y transformador, el cual se procederá a seleccionar a partir del cálculo a desarrollar. El desarrollo del objetivo se tomará en base a una potencia teórica del generador, el cual debe cumplir como mínimo la central fotovoltaica, para poder satisfacer la demanda energética diaria de la empresa. Inicialmente se proponen dos equipos, paneles fotovoltaicos e inversores, los cuales se verificarán si su selección fue adecuada y cumplen ciertos requisitos técnicos para el correcto funcionamiento de la central energética.

Como punto de partida se debe determinar la potencia del sistema de generación. Para esto se deberá determinar el número de horas solar pico, lo cual se realiza a partir de las coordenadas de la ubicación en donde se instalará, por medio del Atlas Solar del Perú y la página web de la NASA. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos en las dos fuentes de información mencionadas, durante un año, en la cual se escogerá como hora solar pico, al menor valor.

Tabla 9. Valores de hora solar pico mensual del año 2019.

MES	ATLAS (kWh/m <sup>2</sup> /día)	NASA (kWh/m <sup>2</sup> /día)
ENERO	5,5	5,7
FEBRERO	5,5	5,55
MARZO	5	5,84
ABRIL	5	5,38
MAYO	5	4,89
JUNIO	5,5	4,47
JULIO	5,5	4,48
AGOSTO	6	4,91
SEPTIEMBRE	6	5,59
OCTUBRE	6	5,95
NOVIEMBRE	6	5,98
DICIEMBRE	6	5,86
PROMEDIO	5,58	5,38
Valor <sub>max</sub>	6	5,98
Valor <sub>min</sub>	5	<b>4,47</b>

Fuente: Horas solar pico [15]

De acuerdo a la tabla anterior, se trabajará con una hora pico de 4,47 kWh/m<sup>2</sup>/día. Entonces la potencia del sistema fotovoltaico se calculará con la siguiente ecuación.

$$P_{teorica} = \frac{Demanda \left[ \frac{kWh}{día} \right]}{HSP [h]}$$

Donde se considera 1HSP = 1000 Wh/m<sup>2</sup> = 1 kW/m<sup>2</sup>. La demanda se propone para el momento que la planta de producción trabaje en régimen regular, por lo tanto, se realizó el cálculo de energía por día de acuerdo al régimen de trabajo existente en la empresa (anexo 06 y 07). El siguiente cuadro resume el cálculo realizado, junto con las variables usadas.

Tabla 10. Potencia teorica mínima del sistema de generación fotovoltaico.

Demanda diaria (Dd)	Radiación mínima anual	Hora solar pico (HSP)	Potencia teórica (P)
300000 Wh/día 300,000 kWh/día	4,47 kWh/m <sup>2</sup> /día	1 HSP = 1000 Wh/m <sup>2</sup>	67,114 kW

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la tabla, se observa que la potencia del sistema de generación debe ser mayor igual a 70kW.

#### 5.1.3.1. Número total de paneles fotovoltaicos y distribución de ellos

Se partió de los datos técnicos, tanto de los módulos como del inversor, el cual se escogió en base a la potencia teórica, después se desarrollará el cálculo necesario. La elección de estos equipos se realizó a partir de su alta eficiencia y bajo costo en comparación de los equipos existentes en el mercado. Las fichas técnicas de cada uno de los equipos mencionados se muestran en el anexo 08 y 09, pero a continuación se exponen distintas tablas en las cuales se resumen los datos utilizados dentro del cálculo realizado.

- Módulos: A-340P GS

Tabla 11. Características eléctricas del modulo propuesto.

Características eléctricas		
Potencia máxima	340	W
Eficiencia del modulo	17,52	%
Tensión de Pmax (Vmpp)	38,5	V
Tensión de circuito abierto (Voc)	46,4	V
Corriente en Pmax (Impp)	8,84	A
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,45	A
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0,29506	V/°C
Coefficiente de temperatura (Isc)	8,558	mA/°C

Fuente: Ficha Técnica de Modulo A-340P GS [16]

Tabla 12. Características mecánicas del modulo propuesto.

Características mecánicas	
Tipo de célula	72 células (6x12) Policristalina
Diodos	3 diodos con IP68
Dimensiones	1956x992x40 mm.
Peso	20.9 kg

Fuente: Ficha Técnica de Modulo A-340P GS [16]



Imagen 8. Módulo A-340P GS. [16]

- Inversor: Xantrex™ GT100 E

Tabla 13. Características eléctricas del inversor propuesto.

Características eléctricas		
Potencia	100	kW
Potencia de entrada máxima	115	kW
Entrada del inversor		
Tensión máxima de inversor	900	V
Tensión máxima punto de máxima potencia (Vmppt-max)	650	V
Tensión máxima punto de mínima potencia (Vmppt-min)	300	V
Corriente máxima admisible (Idc-max)	347	A
Salida del inversor		
Corriente máxima de salida (Iac-max)	164	A
Tensión de salida	400	V
Frecuencia de salida	60	V
Distorsión armónica (THD)	4,92	A
Cos $\phi$	0,99	ind
Máxima eficiencia	95	%
Consumo nocturno	< aprox 40W	
Índice de protección IP	IP 54	

Fuente: Schneider Electric [17]

Tabla 14. Características mecánicas del inversor propuesto.

Características mecánicas		
Dimensiones	840x755x1600	mm
Peso	535	kg

Fuente: Schneider Electric [17]



Imagen 9. Inversor: Xantrex™ GT100 E. [17]

Para el cálculo del número de paneles en serie como en paralelo, se tendrán ciertas consideraciones, como la son la temperatura mínima y máxima, las cuales fueron 10 y 40°C respectivamente, además de recordar el valor de irradiación de  $G = \frac{1kW}{m^2}$ . Entonces:

$$T_{Max} = T_{Amb-max} + G * \frac{T_{Amb-max} - 20^{\circ}}{0,8}$$

$$T_{Max} = 40 + 1 * \frac{40 - 20}{0,8} = 65^{\circ}C$$

*Siendo:*

- $T_{amb-max}$ : Temperatura ambiente máxima (°C).
- $G$ : Irradiación solar (kW/m<sup>2</sup>).

A continuación, se realiza un cálculo de distintos valores de tensión además su descripción para su posterior uso en el desarrollo del dimensionamiento de la cantidad de módulos fotovoltaicos.

$$V_{mod.oc} = V_{mod.oc.stc} + \beta v * (T_{Min} - 25^{\circ}C)$$

*Siendo:*

- $V_{mod.oc}$ : Es la máxima tensión que puede darse en el módulo fotovoltaico (V).
- $V_{mod.oc.stc}$ : Tensión de circuito abierto del módulo fotovoltaico seleccionado (V).
- $\beta v$ : Coeficiente de corrección de tensión (V/°C).
- $T_{mín}$ : Temperatura mínima que alcanza el modulo (°C).

Entonces:

$$V_{mod.oc} = 46,4 + (-0,29506) * (10^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 49,35V$$

Asimismo:

$$V_{mod.mpp} = V_{mod.mp.stc} + \beta v * (T_{M\acute{a}x} - 25^{\circ}C)$$

Siendo:

- $V_{mod.mpp}$ : Mínima tensión que puede darse en el módulo fotovoltaico (V).
- $V_{mod.mp.stc}$ : Tensión del moduló en el punto de máxima potencia (V).
- $\beta v$ : Coeficiente de corrección de tensión (V/°C).
- $T_{max}$ : Temperatura máxima que alcanza el módulo (°C).

Entonces:

$$V_{mod.mpp} = 38,5 + (-0,29506) * (65^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 25,22V$$

Las ecuaciones anteriores han sido usadas para calcular la tensión máxima en el campo fotovoltaico, esta se produce en circuito abierto, en el momento de mayor irradiación y menor temperatura posible. A través de estos datos obtenidos se puede calcular el número máximo de módulos conectables en serie. Por otro lado, la tensión mínima del campo se obtiene con la máxima temperatura que pueda darse en el módulo fotovoltaico. A continuación, se desarrolla el cálculo concerniente al número de módulos necesarios.

De este modo, el número total de módulos requeridos es:

$$N_{mod} = \frac{P_{gf v.mpp}}{P_{mod.mpp}}$$

Siendo:

- $N_{mod}$ : Número total de módulos fotovoltaicos.
- $P_{gfv.mpp}$ : Potencia máxima de generación fotovoltaica. Siendo 67.1kW la potencia teórica se redondea a 70 kW para el cálculo.
- $P_{mod.mpp}$ : Máxima potencia de los módulos seleccionados (W).

Entonces:

$$N_{mod} = \frac{70 * 10^3 W}{340 W} = 205,88 = 206$$

El número de módulos que se permiten conectar en serie está limitado por un intervalo de un máximo y mínimo de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

El número mínimo de modulo en serie:

$$N_{s.min} = \frac{V_{mppt.min}}{V_{mod.mpp}}$$

Siendo:

- $N_{s.min}$ : Número mínimo de módulos en serie.
- $V_{mppt.min}$ : Tensión mínima del sistema de seguimiento del inversor (V).
- $V_{mod.mpp}$ : Mínima tensión que puede darse en el módulo fotovoltaico (V).

Entonces:

$$Ns. \min = \frac{300}{25,22} = 11,894 = 12$$

El número máximo de módulos en serie:

$$Ns. \max = \frac{V_{dc.max}}{V_{mod.oc}}$$

Siendo:

- Ns.máx: Número máximo de módulos en serie.
- Vdc.max: Tensión máxima de entrada al inversor (V).
- Vmod.oc: Es la máxima tensión que puede darse en el módulo fotovoltaico (V).

Entonces:

$$Ns. \max = \frac{650}{49,35} = 13,171 = 13$$

Ahora se procede al cálculo del número de paneles en paralelo. El número máximo de módulos que se conectan en paralelo también se encuentra dentro de un intervalo, siendo la cantidad máxima limitada por el requisito de la máxima corriente del campo fotovoltaico sea inferior a la corriente de entrada máxima admitida por el inversor. La mínima cantidad de paneles conectados en paralelos estará expresada por la fracción del número total de módulos entre la cantidad de número de paneles conectados en serie. Es decir, deberá cumplirse las siguientes ecuaciones.

Número máximo de paneles conectados en paralelo.

$$Np. \max \leq \frac{Idc. \max}{I_{mod. sc}(Pmax)}$$

Siendo:

- $N_{p.max}$ : Número máximo de paneles conectados en paralelo
- $I_{dc.max}$ : La corriente máxima de entrada al inversor (A).
- $I_{mod.sc}(p_{max})$ : La máxima corriente que puede entregar el modulo. Esta corriente corresponde a la corriente de cortocircuito en condiciones de potencia máxima (A).

Entonces:

$$N_{p.max} \leq \frac{347A}{9,45A} \leq 36,719$$

Número mínimo de paneles conectados en paralelo.

$$N_{p.min} \geq \frac{N_{mod}}{N_s}$$

Siendo:

- $N_{p.min}$ : Número mínimo de paneles conectados en paralelo.
- $N_{mod}$ : Número total de paneles conectados.
- $N_s$ : Número de paneles conectados en serie.

Entonces:

$$N_{p.min} \geq \frac{206}{12} \geq 17,16$$

### 5.1.3.2. Configuración de bloques

Las agrupaciones en paralelo se realizan a través de uno o dos niveles de tableros o cuadros de corriente continua, de acuerdo a la cantidad de strings. Estos equipos son necesarios para la conexión de varios circuitos de corriente directa en paralelo, en donde cuentan con un sistema de protección con fusibles para cada entrada positiva y negativa de cada rama o string. Asimismo, en adición se realiza la unión de los circuitos a través de la salida de los fusibles para su protección conectados a un interruptor de corte en carga. Este tipo de cuadros o tableros tienen un número estándar de la cantidad de entradas, es decir, de la cantidad de agrupaciones en paralelo que debe existir, estos valores son 8,12, 16 y 24.

De acuerdo a estas consideraciones, se determinó utilizar un tablero con 24 entradas, el cual está dentro del rango calculado de strings. Además, se optó por usar la cantidad mínima de paneles en serie, la cual fue 12.

$$P_{pico\ inv} = N_{String} * N_s * P_p$$

Siendo

- Ppico inv: Potencia pico del inversor (kW).
- Nstring: Número de string o módulos en paralelo.
- Ns: Número de paneles en serie.
- Pp: Potencia pico de panel fotovoltaico (kW).

Entonces:

$$P_{pico\ inv} = 24 * 12 * 0,34 = 97.92\ kW$$

Tras el cálculo presentado, se propone emplear una central fotovoltaica la cual se dividirá en 24 strings, formados cada uno por 12 paneles en serie, en donde cada ramal llegará a una potencia de 8.16 kWp, siendo el total de la instalación de 97.92 kWp satisfaciendo de esta forma la potencia teórica propuesta.

A continuación, se muestran tablas en donde se resumen los valores obtenidos luego del cálculo realizado.

Tabla 15. Resumen paneles en serie por String.

CARACTERISTICAS DE PANELES				
Potencia Pico	I <sub>cc</sub>	I máx pot	V circ abierto	V máx pot
Watts	Amperios	Amperios	Voltios	Voltios
340	9,45	8,84	46,4	38,5
COMBINACIÓN DE PANELES POR STRING				
N° Paneles en Serie	I <sub>cc</sub>	I <sub>mp</sub>	V <sub>máx c. abierto</sub>	V <sub>pmp</sub>
	Amperios	Amperios	Voltios	Voltios
12	9,45	8,84	556,8	462

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16. Resumen potencia por String y entrada al cuadro de nivel I.

COMBINACION DE PANELES PARA ATACAR INVERSOR						
		I <sub>máx cc</sub>	I <sub>pmp</sub>	V <sub>máx abierto</sub>	V <sub>pmp</sub>	Potencia (kW)
String individual	12	9,45	8,84	556,8	462	4,08
Grupo de String / Entradas	24	226,8	212,16	556,8	462	97,92

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra un esquema del cuadro de agrupación de nivel I

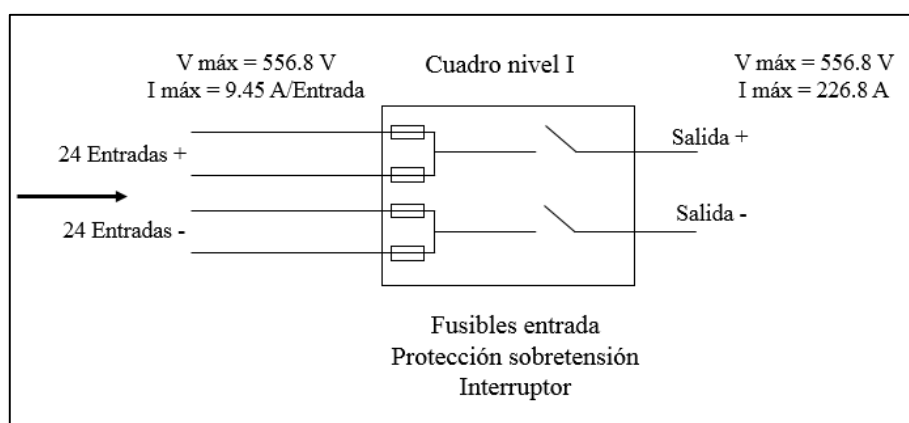


Imagen 10. Esquema de Cuadro de CC nivel I.

Fuente: Elaboración Propia

Al contar con un solo cuadro de nivel se puede obviar el cuadro de nivel II, el cual cumple la función de agrupar los distintos cuadros de nivel I.

Sin embargo, se debe recordar que las salidas existentes del cuadro de nivel I no irán directamente al inversor, antes debe existir equipos de protección los cuales se mencionarán más adelante.

### 5.1.3.3. Verificación de la capacidad del inversor

Ya como se mencionó en el apartado anterior, se propone el uso de un inversor en base a la potencia que permite, pero ahora se verificará de acuerdo a aspectos técnicos, para un correcto acoplamiento entre el sistema de generación fotovoltaico e inversor.

- La máxima tensión del campo fotovoltaico es menor que  $V_{cc-m\acute{a}x} = 650V$

$$V_{gfv.oc.m\acute{a}x} = Ns * V_{mod.oc} = 12 * 49,35 = 592,207 V$$

- La mínima tensión del campo fotovoltaico es mayor que  $V_{mppt-min} = 300V$

$$V_{gfv.mpp.min} = Ns * V_{mod.mpp} = 12 * 25,222 = 327,889 V$$

- La máxima corriente del campo fotovoltaico es inferior  $I_{M\acute{a}x} = 347A$

$$I_{gfv.max} = Np * (I_{mod.sc.stc} + \alpha(T_{max} - 25^{\circ}C))$$

$$I_{gfv.max} = 24 * (9,45 + 8,558 * 10^{-3} * (65 - 25^{\circ}C)) = 235,02 A$$

Todos los aspectos técnicos mencionados cumplen convenientemente los requisitos necesarios para el adecuado funcionamiento de los equipos propuestos.

#### 5.1.3.4. Inclinación de los paneles fotovoltaicos

La ecuación en cual se basa el cálculo del ángulo de inclinación necesario es la siguiente:

$$\beta = 3,7 + 0,69 * |latitud|$$

De acuerdo a la tabla 3, en relación a la zona de trabajo la latitud es: 6°.

$$\beta = 3,7 + 0,69 * |6^\circ| = 7,84^\circ$$

Debido la ubicación en donde se encuentra y aspectos calidad en la generación de energía se opta por elegir un ángulo igual a 15° en dirección al norte [18].

$$\beta = 15^\circ$$

#### 5.1.3.5. Distancia entre paneles fotovoltaicos

La distancia sobre la horizontal, entre filas de módulos existentes (d) y un obstáculo de altura denominada “h” que pueda proyectar sombras, se recomienda que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno [19]. En cualquier caso, d ha de ser como mínimo igual a h\*k, siendo k un factor adimensional al que, en este caso se le asigna el valor  $\frac{1}{\tan(61^\circ - latitud)}$

$$d \geq h * k = \frac{h}{\tan(61^\circ - latitud)}$$

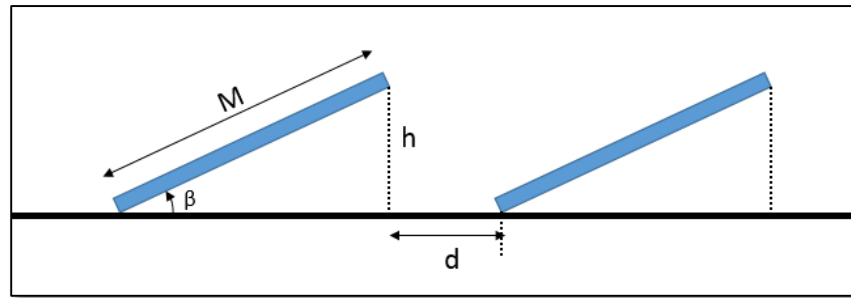


Imagen 11. Inclinación y distancia entre paneles fotovoltaicos.  
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla 3, en relación a la zona de trabajo la latitud es:  $6^\circ$ , además las dimensiones del módulo de acuerdo a la tabla 8 son 1,956 x 0.992 m.

Debido a contar con un espacio limitado se propone una disposición de ubicar dos paneles de forma vertical en forma continua, esto con el fin de aprovechar de una forma adecuada el área de trabajo existente. A continuación, se presenta una tabla con los resultados de la separación entre las filas de paneles.

Tabla 17. Distancia entre las filas de paneles fotovoltaicos.

DATOS DE PANEL Y LATITUD		K	Disposición	Resultados	
Alto panel (m)	1,956			h (m)	d (m)
Ancho panel (m)	0,992	0,70020754	Paneles en altura		
Inclinación ( $^\circ$ )	15		Un panel horizontal	0,2567	0,1798
Latitud ( $^\circ$ )	6		Un panel vertical	0,5063	0,3545
			Dos paneles verticales	1,0125	0,7090

Fuente: Elaboración Propia.

Siendo el resultado aproximadamente 70 centímetros debido al bajo ángulo de inclinación existente, sin embargo, se propone una distancia de 1 m entre cada fila de paneles, con el fin de garantizar un adecuado régimen de trabajo.

### 5.1.3.6. Selección de Transformador

El transformador debe tener un nivel de tensión en la entrada de 400 voltios y en la salida debe tener un nivel de tensión de 10 kV, en relación al nivel de tensión del alimentador C-219 el cual en el siguiente objetivo se describe con mayor precisión.

En el presente caso se selecciona un transformador de la serie PV Minera de la marca Schneider, los cuales son una serie especial para sistemas fotovoltaicos, Anexo 10.

A continuación, se muestra una tabla resumen con las principales características del transformador seleccionado “Minera PV-540”.

Tabla 18. Características Eléctricas de Transformador.

<b>Características eléctricas</b>		
Potencia Nominal	540	kVA
Voltaje primario	400	V
Voltaje secundario	10	kV
Nivel de aislamiento asignado (primaria)	24	kV
Ajuste	±3,5% ±7% ±10,5%	
Acoplamiento	DY11	
Pérdidas en vacío	760	W
Pérdidas en plena carga	4900	W
Tensión de corto circuito	4	%
Tipo de refrigeración	Aceite Mineral	

Fuente: Schneider Electric [20]

Tabla 19. Características Mecánicas de Transformador.

<b>Características mecánicas</b>		
Dimensiones	1515x1360x950	mm
Peso	1700	kg

Fuente: Schneider Electric [20]

### 5.1.3.7. Dimensionado del cableado de corriente continua

Los criterios para la selección de los conductores serán en base a la intensidad máxima admisible y caída de tensión. Además, la

disposición del cableado se ha dividido en dos tramos en la parte de corriente continua de esta instalación. La división mencionada se muestra en la siguiente figura junto con la caída de tensión máxima propuestos de acuerdo a normativa extranjera [21].

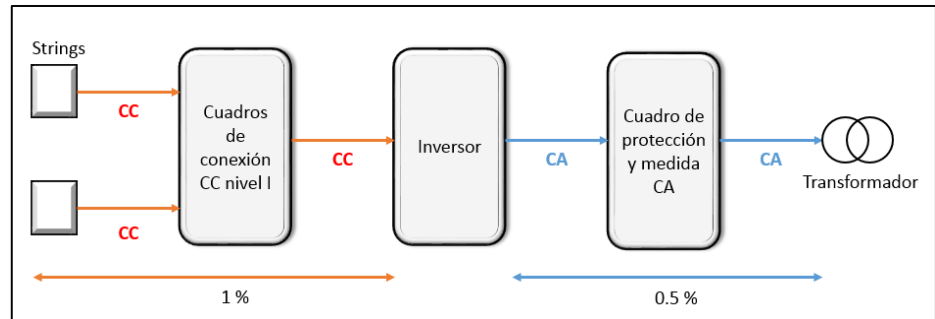


Imagen 12. División de etapas de CC y CA de una central fotovoltaica.  
Fuente: Elaboración Propia

Las ecuaciones a utilizar en esta sección de cálculo serán las siguientes:

Caída de tensión:

$$\Delta V_{STRING}(\%) = \frac{I_{Mod-MPP} * 2 * Long_{STRING} * \rho}{S_{STRING}}$$

Siendo:

- $\Delta V$ : Variación de tensión.
- $I_{mod-mpp}$ : Es la intensidad de corriente que circula en el tramo considerado en el punto de máxima potencia (A).
- $\rho$ : Resistividad del cobre ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ).
- $S$ : Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ).
- $L$ : Longitud desde el módulo más lejano hasta el cuadro de conexión (m).

Intensidad máxima admisible:

$$I_{COND-STRINGS} = 1,25 * I_{MOD-pmp}$$

Siendo:

- $I_{cond-string}$ : Corriente de diseño para la elección de conductor (A).
  - $I_{mod-pmp}$ : Es la intensidad de corriente que circula en el tramo considerado en el punto de máxima potencia (A).
- Primer Tramo: Cables desde String hasta Cuadro de nivel I

De acuerdo a los criterios mencionados se muestra una tabla con los resultados obtenidos en el primer tramo, desde los String hasta el ingreso a los cuadros de nivel I.

Tabla 20. Criterios de cálculo desde Strings hasta cuadro cc de nivel I.

STRINGS - CUADROS DE CONEXIÓN CC NIVEL I	CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN		
	Variable	Magnitud	Unidad
	$V_{MP-STRING}$	462	V
	$I_{MOD-PMP}$	8,84	A
	$\rho$	0,017	$\Omega mm^2/m$
	L	100	m
	$\Delta V$	0,01	
	S	6,51	$mm^2$
	CRITERIO DE MÁXIMA INTENSIDAD		
	Variable	Magnitud	Unidad
	$I_{MOD-PMP}$	8,84	A
		1,25	
	$I_{COND-STRING}$	11,05	A
	$S_{admisible}$	2,5	$mm^2$

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando en cuenta los resultados mostrados se optará por el uso del conductor de sección  $1 \times 10 \text{ mm}^2$  EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC, **Anexo 11**. Se debe tomar en cuenta que este tipo de conductor es unipolar y cada String requiere dos conductores, tanto para la polaridad positiva como para la polaridad negativa.

- Segundo Tramo: Cables desde Cuadro de nivel I hasta ingreso al Inversor

A partir de los criterios mencionados se muestra una segunda tabla con los resultados obtenidos del segundo tramo, desde el cuadro de conexión cc de nivel I hasta el ingreso al inversor.

Tabla 21. Criterios de cálculo desde cuadro cc de nivel I hasta inversor.

<b>CUADROS DE CONEXIÓN CC NIVEL I - INVERSOR</b>	<b>CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN</b>		
	<b>Variable</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>
	$V_{MP-STRING}$	462	V
	$I_{PMP}$	212,16	A
	$\rho$	0,017	$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
	L	50	m
	$\Delta V$	0,01	
	S	78	$\text{mm}^2$
	<b>CRITERIO DE MÁXIMA INTENSIDAD</b>		
	<b>Variable</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>
	$I_{PMP}$	212,16	A
		1,25	
	$I_{COND-STRING}$	265	A
	$S_{admisible}$	95	$\text{mm}^2$

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando en cuenta los resultados se optará por el uso del conductor de sección  $1 \times 95 \text{ mm}^2$  EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC, **Anexo 11**. En el segundo tramo también se requiere de dos conductores de llegada hacia el inversor.

#### 5.1.3.8. Dimensionado del cableado de corriente alterna

En esta sección también se tomarán en cuenta dos tramos. El primer tramo será a partir la salida del inversor hasta el transformador, obviando el cuadro de protección y medida de CA ya que no existe ninguna variación en el nivel de tensión ni intensidad. El segundo tramo se consideró desde la salida del transformador hasta la red.

- Primer Tramo: Cables desde salida de Inversor hasta entrada al Transformador

El cable debe soportar ciertos parámetros de acuerdo a las especificaciones que brinda la tabla de datos técnicos en la salida de corriente alterna del inversor. Tensión trifásica de 400 voltios entre fase a 60 Hz y una corriente máxima de 164 amperios.

Tabla 22. Criterios de cálculo desde Inversor hasta Transformador.

INVERSOR - TRANSFORMADOR	CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN		
	Variable	Magnitud	Unidad
	$V_{INV-TDT}$	400	V
	$I_{INV-TDT}$	164	A
	$\rho$	0,017	$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
	L	16	m
	$\Delta V$	0,005	
	S	44,61	$\text{mm}^2$
	CRITERIO DE MÁXIMA INTENSIDAD		
	Variable	Magnitud	Unidad
$I_{INV-TDT}$	164	A	
a	1,25		
$I_{COND-INV}$	205	A	
$S_{admisible}$	50	$\text{mm}^2$	

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al cálculo se elige la implementación de conductores N2XY UNIPOLAR 0,6/1 kV de 50 mm<sup>2</sup> para cada una de las fases de entrada al inversor, **Anexo 12**.

- Segundo Tramo: Cables desde salida de Transformador hasta red de media tensión

Al presentar altos niveles de tensión la corriente disminuye considerablemente, sin embargo, se opta por el uso de un conductor N2XSEY 6/10 kV de 3x1 de 35 mm<sup>2</sup> el cual supera ampliamente la corriente admisible, **Anexo 13**.

Tabla 23. Criterios de cálculo desde Transformador hasta Red de MT.

TRANSFORMADOR - RED DE MEDIA TENSIÓN		
CRITERIO DE MÁXIMA INTENSIDAD		
Variable	Magnitud	Unidad
$I_{INV-TDT}$	54	A
a	1,25	
$I_{COND-INV}$	67,5	A
$S_{admisible}$	25	mm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 5.1.3.9. Protección en tramo de corriente continua

- Cuadro de Nivel I

Las centrales fotovoltaicas en el nivel de corriente continua, en el tramo de los String, presenta un posible problema para los módulos a los cuales les afectaría la corriente inversa, por lo cual se usan fusibles para evitar este suceso. La dimensión de los fusibles de entrada a los cuadros de nivel I será tal que permita el flujo de corriente de cortocircuito de un panel sin actuar, pero a la vez protejan contra corrientes inversas.

De acuerdo a los datos técnicos mostrados del módulo solar fotovoltaico en el anexo 09 indica usar un fusible de una capacidad máxima de 15 A. Sin embargo, se opta usar un fusible de 10 A, el cual permitirá el desarrollo invariable en la producción de energía eléctrica ya que supera las corrientes de máxima potencia y la de corto circuito. Las dimensiones y el voltaje del fusible son 10,3x38, 1000 Vdc, en el anexo 14 se encuentran las especificaciones técnicas totales del fusible.



Imagen 13. FUSE 10,3x38 10A PV. [22]

La sobretensión es causada a partir de fenómenos atmosféricos, limitados por un valor admisible por los dispositivos que protege. Para protección del campo fotovoltaico se debe usar un dispositivo de tipo 2 y de 1000 Vdc. En el anexo 15 se observa las especificaciones técnicas del equipo seleccionado PSM3-40/1000 PV con una corriente máxima de 40 kVA.



Imagen 14. Protección Sobretensión PSM3-40/1000 PV [23].

Asimismo, se tendrá un dispositivo para proteger el sistema contra cortocircuitos y sobrecarga. Además, este dispositivo tendrá la función de maniobra, existiendo la posibilidad de apertura y cierre de forma manual o por control electrónico. El equipo seleccionado será el interruptor NSX260 TM DC PV, con la capacidad de soportar una corriente nominal en un rango de 260 amperios y 1000 voltios, anexo 16.



Imagen 15. Interruptor automático Compact NSX260 Cortocircuito PV. [24]

- Entrada a Inversor

En el ingreso de energía al inversor se dispone de dos dispositivos (relé) los cuales pertenecen al equipo conocido como “Vigilante de aislamiento” en donde un relé se encargará de actuar sobre el elemento de apertura y otro que actuará en el elemento de cierre. La elección del elemento está determinada por el voltaje de ingreso. Se determinó trabajar con un vigilante de aislamiento ISO-CHECK PV600 (Anexo 17) y dos interruptores Compact NSX630b (Anexo 18).



Imagen 16. Vigilante de Aislamiento ISO-CHECK PV600. [25]



Imagen 17. Interruptores de apertura y cierre Compact NSX260b DC PV. [24]

### 5.1.3.10. Protección en tramo de corriente alterna

La conexión entre los elementos de corriente alterna, en el cual intervienen la salida del inversor y transformador, debe contar con equipos de protección de sobrecorriente y sobretensión. Se deben considerar los siguientes parámetros de acuerdo a inversor y paneles propuestos.

- Tensión trifásica de 400 V.
- Corriente nominal igual a:

$$I_n = \frac{Pot_{inv}}{V_n * \sqrt{3}}$$

Donde:

- In: Corriente nominal (A).
- Pot<sub>inv</sub>: Potencia de salida CA de inversor (100 kW)
- V<sub>n</sub>: Tensión nominal (400 V)

Obteniendo un valor de corriente nominal de 0,15 kA.

- Corriente de cortocircuito igual a:

$$I_{cc} = \frac{I_n}{\epsilon_{cc}}$$

Donde:

- In: Corriente nominal (A).
- I<sub>cc</sub>: Corriente de cortocircuito (A).
- ε<sub>cc</sub>: Tensión en porcentaje de cortocircuito del transformador (4%)

Obteniendo un valor de corriente de cortocircuito de 3,75 kA.

Con estos parámetros establecidos se propone seleccionar un protector sobretensión PSM 3-40/400 TNC (anexo 19) y un vigilante de aislamiento ISO CHECK 230 V (IT), anexo 20.



Imagen 18. Protector contra sobretensiones transitorias PSM3-40/400 TNC. [26]



Imagen 19. Vigilante de aislamiento ISO-CHECK 230V. [27]

El vigilante de aislamiento actuará mediante un interruptor tipo compacto NSX400N, 50 kA, micrologic 1,3 (Anexo 21). El cual trabaja con una corriente nominal de 400 A, una capacidad máxima de rotura de 50kA con un sistema de 400V y 60 Hz.



Imagen 20. Interruptores Compact NSX400N. [28]

Los equipos tales como transformador, inversor y equipos de protección y medición se instalarán dentro de PV BOX RT 1080 (Anexo 22) el cual es la disposición más adecuada para los equipos propuestos. La disposición física de la instalación dentro del área disponible se presenta en el anexo 23. Asimismo, se presenta el diagrama unifilar el cual se encuentra en el anexo 24.

## **5.2. ANALIZAR EL ESTADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL QUE SUMINISTRA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA EMPRESA “ALDUR NUTRIPELLET”**

Se realiza un análisis de las actuales condiciones de la red de distribución la cual suministra energía eléctrica a la empresa “ALDUR NUTRIPELLET” tomando en cuenta la topología de la red, caída de tensión, pérdida de energía, etc.

Para analizar el sistema eléctrico de distribución se debe realizar una perspectiva general de la ciudad de Chiclayo en donde se encuentra este sistema y la concesionaria. En la actualidad la empresa que brinda el servicio eléctrico en esta área es ELECTRONORTE S.A. comercialmente conocida como ENSA, quien cuenta con 81 alimentadores de media tensión a nivel tensión a diciembre del 2019. ENSA fue constituida en el marco regulatorio de la Ley General de Electricidad N° 23406, en donde el área de concesión se ubica en la región Lambayeque y parte de la región Cajamarca.

El diagrama unifilar del ELECTRONORTE se muestra en el anexo 25 y 26, en donde se observa un sistema eléctrico tipo radial. El sistema eléctrico de Chiclayo con código SE0094 comprende 32 alimentadores eléctrico distribuidos en 4 subestaciones de transmisión.

- SET Chiclayo Oeste (SECHO): 12 alimentadores.
- SET Chiclayo Norte (SECHNOR): 15 alimentadores.
- SET Lambayeque: 3 alimentadores.
- SET Lambayeque Sur: 3 alimentadores.

La empresa “ALDUR NUTRIPELLET” es suministrada de energía eléctrica por el alimentador C-219 el cual pertenece a la SET Chiclayo Oeste (SECHO). A continuación, se presentan una tabla donde se muestra un resumen de las condiciones actuales de nivel de tensión, demanda máxima y caída de tensión máxima en la que se encuentran todos los alimentadores de Lambayeque, Lambayeque Sur, SECHNOR y **SECHO**.

Tabla 24. Resumen de alimentadores.

Centro de Transformación	Código de Alimentador	Nivel de Tensión kV	Demanda Máxima MW	Factor de Potencia (fp)	Longitud km	Caída de Tensión Máxima (%)
LAMBAYEQUE	LAM101	10	7,43	0,95	93,24	6,4
	LAM102	10	0,46	0,95	8,20	3,5
	LAM103	10	0,43	0,95	2,76	3,2
	LAM104	10	0,02	0,95	0,00	2,1
LAMBAYEQUE SUR	LS101	10	7,66	0,95	49,16	4,6
	LS102	10	7,32	0,95	18,26	2,3
	LS103	10	4,29	0,95	18,72	1,9
SECHNOR	C-233	10	3,65	0,95	15,47	4,9
	C-234	10	4,11	0,95	7,96	5,2
	C-236	10	4,75	0,95	14,87	2,7
	C-237	10	4,63	0,95	7,34	2,3
	C-238	10	2,52	0,95	5,96	2,2
	C-244	10	2,03	0,95	19,53	2,4
	C-245	10	3,77	0,95	7,35	2,6
	C-246	10	8,97	0,95	42,63	2,5
	C-247	10	4,33	0,95	4,44	2,9
	C-248	10	2,66	0,95	9,88	2,8
	C-249	10	0,19	0,95	1,26	2,2
	C-250	10	6,05	0,95	13,20	5,2
	C-251	10	2,26	0,95	4,39	8,8
	N110	10	1,15	0,95	0,21	4,9
	N111	10	0,04	0,95	0,05	2,8
SECHO	C-211	10	3,22	0,95	11,11	1,9
	C-212	22,9	9,37	0,95	124,59	8,9
	C-214	10	3,24	0,95	22,97	4,7
	C-215	10	3,03	0,95	7,74	4,5
	C-216	10	9,91	0,95	59,00	6,4
	C-217	10	8,68	0,95	29,76	5,9
	C-218	10	2,07	0,95	9,96	5,0
	<b>C-219</b>	<b>10</b>	<b>3,99</b>	<b>0,95</b>	<b>17,21</b>	<b>6,13</b>
	C-221	10	3,86	0,95	11,97	4,9
	C-223	22,9	2,76	0,95	12,88	2,5
	C-224	22,9	4,01	0,95	53,42	3,1
	O110	10	0,03	0,95	0,06	1,2

Fuente: Informes Técnicos ENSA.

La distancia de la salida del alimentador C-2019 hasta la subestación de distribución más lejana, siguiendo la troncal es de 8,76 km, sin embargo, la longitud total de la red es de 17,21 km según se muestra en la tabla anterior, además se muestra que el alimentador mencionado es uno de los alimentadores con mayores valores de caída de tensión con 6,13%. Se ubica en el distrito de Chiclayo, en donde gran parte de su recorrido se encuentra a través de la carretera panamericana norte hasta cercanías del Hospital Regional de Lambayeque. En el anexo 27 se muestra el diagrama unifilar del alimentador C-219.

### **5.3.DESCRIBIR LA CONEXIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL FLUJO DE POTENCIA CON EL SISTEMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA INTEGRADO**

El presente apartado se desarrollará con asistencia de la herramienta computación Power Factory – DigSilent en donde se realizará el análisis de flujo de potencia del alimentador C-219 (ANEXO 27) teniendo en cuenta parámetros eléctricos de los conductores y la demanda máxima de cada subestación para luego integrar al sistema la generación distribuida propuesta, con una potencia de 100 kW. En consecuencia, se realizará dos escenarios, siendo el primero la situación existente y el segundo con la integración de la generación fotovoltaica.

#### **5.3.1. Análisis de Flujo de Potencia**

El estado del sistema actual será el punto de partida del estudio para su posterior comparación con el sistema de generación distribuida y analizar los efectos causados.

##### **5.3.1.1. Primer Escenario**

A continuación, se presentan todas las subestaciones concernientes al alimentador C-219 junto a la demanda máxima (de forma individual), potencia instalada, caída de tensión y el tipo de estructura en la que se aloja. Siendo esta información de total importancia para el análisis de flujo de potencia, ya que cada subestación será representada como una carga en la posterior simulación a realizar.

Tabla 25. Subestaciones de Alimentador C-219.

Código de Alimentador	Código de Subestación de Distribución Eléctrica	Estructura	Potencia Instalada (kVA)	Demanda Máxima SED (MW)	Longitud km	Caída de Tensión Máxima (%)
C-219	EN73(T)	Caseta	960	0,21710333	0,13551	0,51%
C-219	EN72(T)	Caseta	160	0,09448	0,72606	2,94%
C-219	EN577(T)	Biposte	50	0,0075	1,78663	2,85%
C-219	EN57	Caseta	250	0,107935	2,19852	5,00%
C-219	EN56	Caseta	250	0,10733	1,48558	2,21%
C-219	EN546	Biposte	100	0,04577811	1,18598	9,47%
C-219	EN543	Biposte	160	0,0953825	0,3038	1,31%
C-219	EN542	Biposte	250	0,08652	0,31103	0,13%
C-219	EN541(T)	Monoposte	50	0,018885	0,14664	1,22%
C-219	EN5262(T)	Biposte	250	0,1267625	0,98905	1,83%
C-219	EN523	Monoposte	50	0,01446	0,08626	0,67%
C-219	EN5225	Biposte	250	0,0855	0,54543	1,14%
C-219	EN522(T)	Biposte	570	0,0855	0,54543	1,14%
C-219	EN5200(M)	Caseta				
C-219	EN5199(T)	Caseta	320	0,11444527	0,72606	2,94%
C-219	EN5187(T)	Monoposte	250	0,11444527	0,72606	2,94%
C-219	EN5185	Biposte	75	0,03433358	4,74806	7,97%
C-219	EN5184	Biposte	75	0,03433358	0,5733	0,95%
C-219	EN5156	Monoposte	37,5	0,01716679	1,42855	5,05%
C-219	EN5142(T)	Biposte	250	0,11444527	0,13838	0,66%
C-219	EN5139(T)	Monoposte	75	0,03433358	1,08636	0,75%
C-219	EN5095(T)	Monoposte	800	0,36622486	2,71839	5,80%
C-219	EN509(T)	Caseta	160	0,034515	2,45968	3,24%
C-219	EN5081	Biposte	75	0,03433358	0,94001	0,50%
C-219	EN5060(T)	Caseta	250	0,11444527	1,46377	2,13%
C-219	EN5055	Biposte	160	0,01144453	1,53122	0,64%
C-219	EN505	Biposte	250	0,088475	1,54939	1,62%
C-219	EN5017(T)	Monoposte	100	0,015	1,09361	5,05%
C-219	EN469	Biposte	250	0,0448025	2,8088	6,00%
C-219	EN464(T)	Monoposte	15	0,0067575	3,55963	15,16%
C-219	EN439(T)	Biposte	250	0,0583975	0,02499	0,17%
C-219	EN434	Monoposte	160	0,07465	2,20546	1,34%
C-219	EN432	Monoposte	100	0,015	2,50147	1,18%
C-219	EN395(M)	Caseta	100	0,0406275	1,84014	1,68%
C-219	EN374(T)	Biposte	160	0,024	0,04471	0,63%
C-219	EN373(T)	Caseta	1000	0,15	1,03923	0,74%
C-219	EN360	Biposte	250	0,05205	0,68881	0,40%
C-219	EN359(T)	Biposte	160	0,024	0,52354	0,84%
C-219	EN358	Monoposte	100	0,0630725	3,10913	3,14%
C-219	EN340	Biposte	200	0,1091825	3,67775	4,20%

Código de Alimentador	Código de Subestación de Distribución Eléctrica	Estructura	Potencia Instalada (kVA)	Demanda Máxima SED (MW)	Longitud km	Caída de Tensión Máxima (%)
C-219	EN339	Biposte	160	0,124295	0,84161	0,53%
C-219	EN337	Biposte	250	0,0436725	2,78499	1,55%
C-219	EN3096(T)	Monoposte	75	0,02639	0,05628	0,20%
C-219	EN3095(T)	Monoposte	75	0,0278175	0,13967	0,59%
C-219	EN3094(T)	Monoposte	75	0,0309525	0,08489	0,98%
C-219	EN3093(T)	Monoposte	75	0,0444425	0,08302	0,46%
C-219	EN3092(T)	Monoposte	75	0,037595	1,59023	0,75%
C-219	EN3091(T)	Monoposte	75	0,03785	0,11	0,52%
C-219	EN3023(T)	Caseta	400	0,06	3,9293	1,72%
C-219	EN298	Biposte	160	0,0483475	3,02201	2,90%
C-219	EN2805	Biposte	100	0,019915	0,60576	2,00%
C-219	EN259	Biposte	160	0,0445175	1,16829	2,50%
C-219	EN258(T)	Biposte	100	0,0534125	0,78963	1,29%
C-219	EN2406(T)	Caseta	1600	0,3954775	5,48963	10,14%
C-219	EN2403	Monoposte	35,7	0,005625	1,48558	2,21%
C-219	EN2400(T)	Biposte	100	0,024	1,2841	3,70%
C-219	EN2287(T)	Caseta	250	0,11444527	0,77673	3,60%
C-219	EN2255(T)	Monoposte	75	0,0297475	1,09361	5,05%
C-219	EN2246	Monoposte	100	0,060375	1,26158	1,83%
C-219	EN2240	Biposte	100	0,056695	0,60576	2,00%
C-219	EN2232	Biposte	100	0,0383675	1,44681	16,48%
C-219	EN2207	Monoposte	75	0,05685	0,64204	2,94%
C-219	EN2199	Monoposte	37,5	0,07688	3,2925	10,81%
C-219	EN2196	Monoposte	250	0,09066	0,00057	2,46%
C-219	EN2195	Monoposte	100	0,042145	1,45933	2,98%
C-219	EN2193	Monoposte	160	0,0784675	2,53318	1,34%
C-219	EN2190(T)	Monoposte	125	0,021805	3,55963	15,16%
C-219	EN2189	Monoposte	75	0,06657	1,78013	3,58%
C-219	EN2140	Monoposte	37,5	0,0484475	2,4633	4,99%
C-219	EN2130	Monoposte	160	0,1032775	0,98756	2,44%
C-219	EN2126	Biposte	160	0,024	2,20546	1,34%
C-219	EN2124(T)	Monoposte	75	0,02098	6,09242	4,96%
C-219	EN2098(T)	Monoposte	50	0,0075	2,50147	1,18%
C-219	EN2093(T)	Monoposte	75	0,01125	1,84014	1,68%
C-219	EN2092	Monoposte	50	0,006	0,68881	0,40%
C-219	EN2086(T)	Monoposte	75	0,03433358	0,60372	0,59%
C-219	EN2067	Monoposte	37,5	0,027075	3,99088	6,17%
C-219	EN2009	Monoposte	45	0,0420225	4,58778	8,76%
C-219	EN2008	Monoposte	45	0,03252	0,51229	0,43%
C-219	EN2007	Monoposte	45	0,0361075	2,9296	6,05%
C-219	EN2006	Biposte	45	0,06802	1,73534	2,07%

Fuente: Informes Técnicos ENSA.

Como se puede observar en comparación entre la tabla 24 y 25, la sumatoria existente en la demanda máxima de cada subestación del alimentador C-219 es 5,1024 MW, el cual es un valor superior a la demanda máxima del alimentador en conjunto, siendo 3,99 MW. Este suceso suele ser común o recurrente, siendo un motivo de desacierto al momento de realizar ciertos estudios. Sin embargo, esta variación en los valores se puede dilucidar con la existencia del factor de carga, el cual se obtuvo a partir de los datos estadísticos anuales publicado por el COES (Comité de operaciones económicas del sistema interconectado nacional).

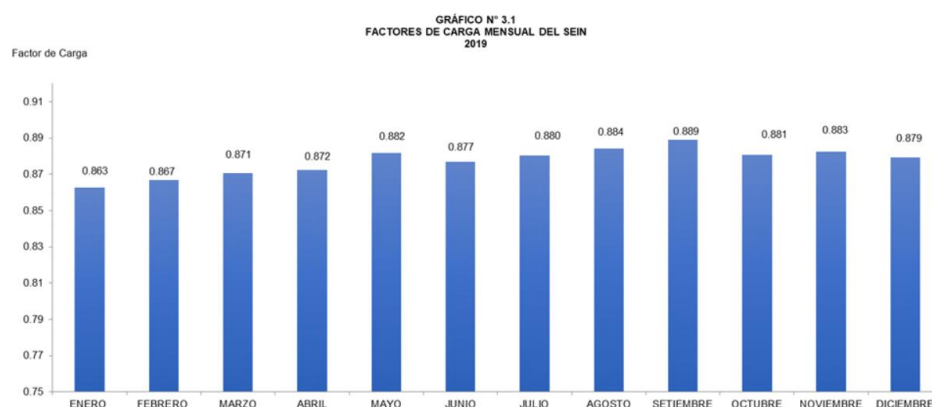


Imagen 21. Factor de Carga Mensual del SEIN. [29]

En donde el factor de carga, de acuerdo al mes de la información proporcionada por la empresa de comercialización y distribución eléctrica ENSA, presenta un valor de 0.883 (Noviembre). A partir del factor de carga hallado se procede a multiplicar por la demanda máxima de cada subestación, para luego adjuntar este nuevo valor al flujo de potencia a desarrollar. Con esta variación, la sumatoria de la demanda máxima de cada subestación del alimentador tiene un valor de 4,43 MW, siendo un resultado afín a la máxima demanda medida del alimentador en conjunto, el cual como se mencionó anteriormente, presentó una cifra de 3,99 MW. La tabla con los nuevos valores de demanda máxima se muestra en el anexo 28.

Asimismo, se procede a mostrar una tabla con los parámetros eléctricos de los conductores existentes en la red eléctrica del alimentador C-219 (ANEXO 27), necesarios para el desarrollo del análisis de flujo de potencia.

Tabla 26. Parámetros Eléctricos de Conductores.

PARAMETROS DE SECUENCIA						
SECCIÓN	Impedancia Positiva - Negativa			Impedancia Zero		
	$R_{(20^\circ)}$ (ohm/km)	X (ohm/km)	B (uS/km)	R (ohm/km)	X (ohm/km)	B (uS/km)
AAAC 35 mm <sup>2</sup>	0,966	0,4657	3,5404	1,1437	1,9291	3,5404
AAAC 50mm <sup>2</sup>	0,671	0,4523	3,6501	0,8487	1,9157	3,6501
AAAC 70mm <sup>2</sup>	0,507	0,4396	3,7600	0,6847	1,9069	3,7600
AAAC 120 mm <sup>2</sup>	0,308	0,4242	3,8934	0,4857	1,8962	3,8934
AAAC 185mm <sup>2</sup>	0,194	0,4154	3,9697	0,3717	1,8901	3,9697
CU-NK-3x35 mm <sup>2</sup>	0,341	0,2574	3,3929			
CU-NK-3X50mm <sup>2</sup>	0,269	0,2480	3,5111			
CU-NK-3X70mm <sup>2</sup>	0,196	0,2385	3,6292			
CU-NK-3x120mm <sup>2</sup>	0,153	0,2329	3,6993			
CU-NK-3x185 mm <sup>2</sup>	0,112	0,2276	3,7661			

Fuente: Informe Técnico ENSA.

Luego de recopilar los datos necesarios para el análisis de flujo, se procedió a dibujar todos los elementos concernientes al alimentador C-219 en el software Power Factory - DigSilent, en donde cada subestación fue considerada como una carga de acuerdo a la nueva máxima demanda calculada a partir del factor de carga (Anexo 28). El resultado de dicha simulación se puede observar en el anexo 29, en donde se encuentra la representación total del alimentador C-219 además de su proyección de carga a mediano plazo (Anexos 30 y 31), tomando en cuenta 05 y 10 años a futuro a partir de la tasa de crecimiento mostrado en el anexo 32. Durante desarrollo del siguiente objetivo se realizará un análisis de los resultados obtenidos en la simulación.

#### 5.3.1.2. Segundo Escenario

El desarrollo de esta sección se basó en el flujo de potencia del estado actual (Anexo 29), este se especifica en el apartado anterior, en el cual se agrega un generador fotovoltaico en proximidad de la subestación “EN522”, siendo este la subestación que suministra de energía eléctrica a la empresa donde se propone este proyecto.

La integración de la planta fotovoltaica se realizó mediante el módulo PhotovoltaicSystem incorporado en el software, los parámetros de

funcionamiento fueron establecidos por las especificaciones técnicas de los paneles fotovoltaicos establecido en el apartado 5.1.3.1., entre ellos se encuentra el número de paneles en series, en paralelo, corriente de corto circuito, voltaje y frecuencia eléctrica del inversor. Además, se consideró el transformador mostrado en apartado 5.1.3.6. en el cual se especifica tener una relación de transformación de 0.4/10 kV, los cuales son valores importantes para asignar la barra de interconexión entre la generación distribuida y el transformador. Asimismo, se creyó idóneo la implementación del elemento “Circuit Breaker” el cual tiene como objetivo la apertura y cierra del circuito de generación fotovoltaica para poder definir eventos a partir de este elemento y así realizar ciertas simulaciones necesarias, las cuales se desarrollarán en el siguiente objetivo. La simulación total se encuentra en el anexo 33.

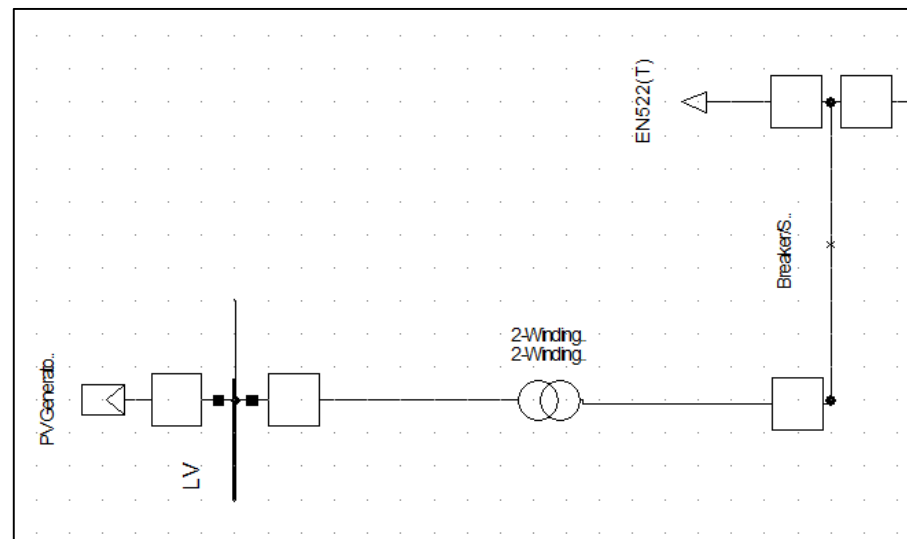


Imagen 22. Planta Fotovoltaica.

## 5.4. ANALIZAR EL IMPACTO DE LA INCORPORACIÓN DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN

En esta última sección del desarrollo de la presente tesis se procederá a realizar un análisis tanto técnico como económico de la propuesta realizada. En el aspecto técnico se tomará en cuenta los resultados obtenidos en el apartado anterior, realizando un análisis de los parámetros eléctricos, en el primer y segundo escenario mostrado, es decir del escenario con generación distribuida y sin generación distribuida. Asimismo, en el aspecto económico se evaluará la viabilidad económica del proyecto a partir de los índices económicos VAN y TIR.

### 5.4.1. Análisis Técnico

#### 5.4.1.1. Escenario sin generación distribuida

En el apartado anterior se desarrolló los flujos de potencia concernientes al estado actual del alimentador C-219 además de su proyección a 05 y 10 años. El estado actual del alimentador según los informes de ENSA (Tabla 24) muestra una caída de tensión en el alimentador de 6,13%, el cual incluye pérdidas técnicas y no técnicas, asimismo se pudo comprobar este valor a partir del análisis de flujo de potencia realizado.

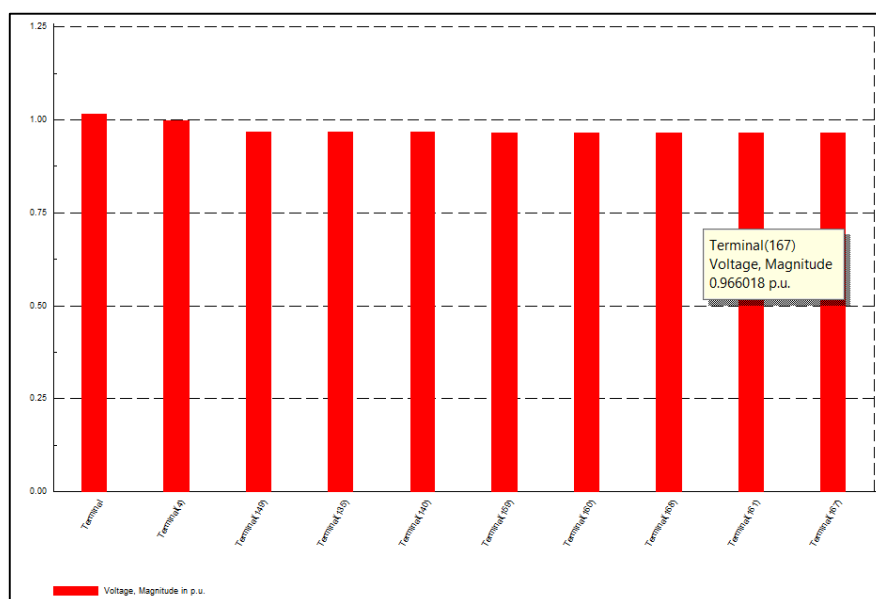


Imagen 23. Caída de Tensión – Año 00.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

Siendo el punto de referencia la barra de 10 kV y el punto más lejano el terminal 167 en donde se conecta la subestación EN2124, existiendo una caída de tensión de 3,4% de acuerdo a la simulación realizada, el cual representa las pérdidas técnicas de potencia.

Como otro resultado importante se consideró el porcentaje de carga existente en las líneas, ya que este es un factor imprescindible para el funcionamiento adecuado del sistema ya que esto podría representar interrupciones en el sistema por el aumento de las cargas y sobrecarga en líneas. A continuación, se presenta un cuadro de barras en el cual muestra todas las líneas existentes con su cargabilidad correspondiente al estado actual del sistema.

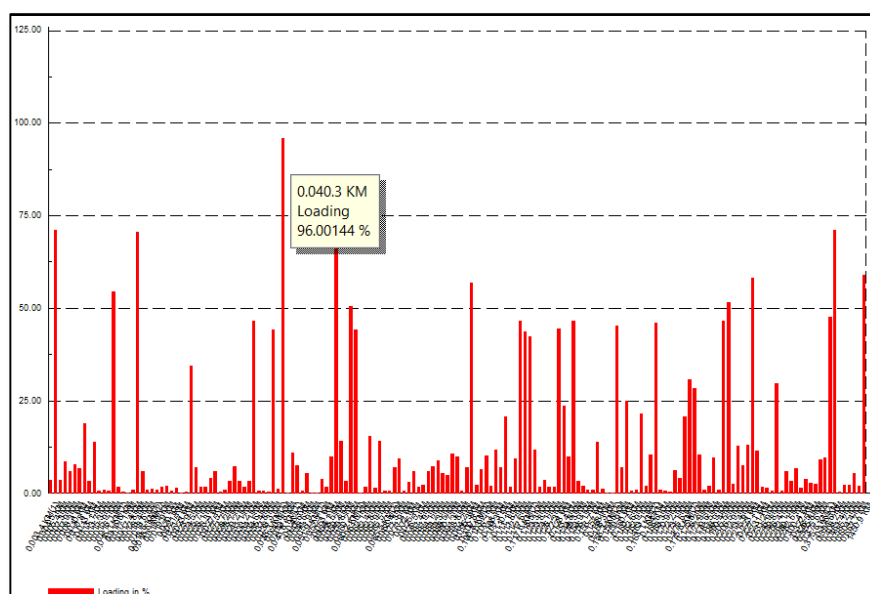


Imagen 24. Carga de Líneas – Año 00.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

Donde solo una de las líneas supera el 75% de su capacidad, llegando a un 96%, siendo esta línea denominada como “0.0403.KM”, la cual se espera llegue a superar su capacidad máxima en las proyecciones realizadas.

#### 5.4.1.1.1. Proyección 05 años

Al existir un aumento en la carga, de acuerdo a la tasa de crecimiento trabajada, esto genera un aumento en la caída de tensión. A continuación, se muestra los resultados de caída de tensión en la primera proyección realizada.

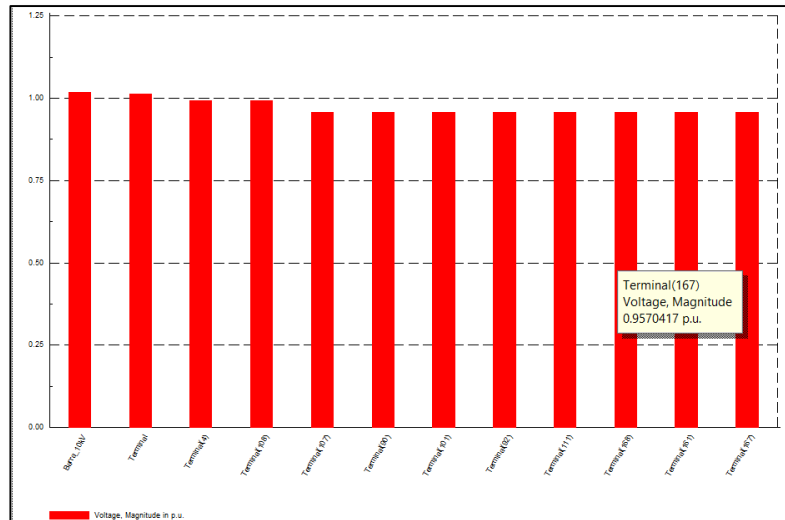


Imagen 25. Caída de Tensión – Año 05.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

La caída de tensión aumenta a 4,3%, lo cual representa un aumento de aproximadamente 0,9 puntos porcentuales.

Asimismo, se procede a mostrar la cargabilidad en las líneas en donde, como se advirtió, la línea la cual ya presentaba gran porcentaje de carga llega a superar su capacidad admisible.

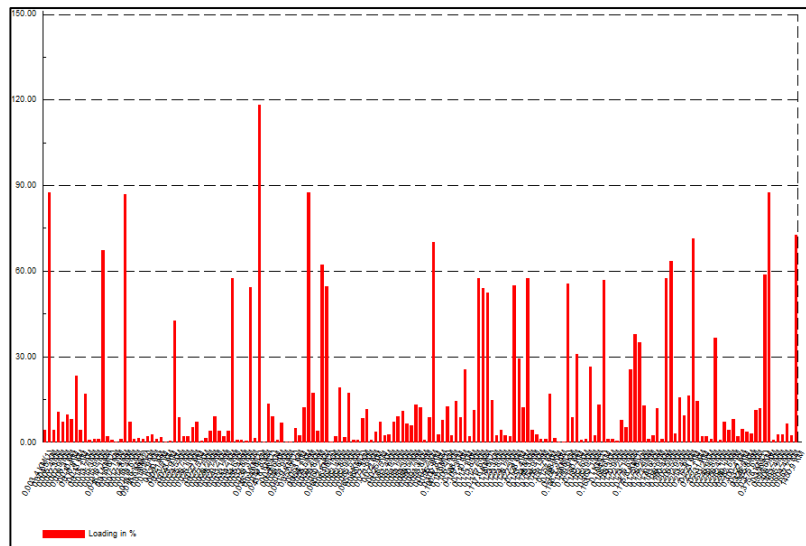


Imagen 26. Carga de Líneas – Año 05.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

De igual forma muchas líneas llegan a alcanzar cerca del 90% de su capacidad, a continuación, se resumen estas líneas en una tabla.

Tabla 27. Líneas con mayor carga – Año 05.

Línea	Carga (%)	Potencia Activa (MW)	Potencia Reactiva (Mvar)	Corriente (kA)
0.040.3KM	118,24	4,2	0,9	0,261
0.004.5KM	87,687	4,2	1	0,261
0.058.5KM	87,684	4,2	1	0,261
0.391.6KM	87,481	5,5	1,5	0,33
0.017.8KM	86,834	4,2	0,8	0,259

Fuente: Elaboración Propia.

## 5.4.1.1.2. Proyección 10 años

De igual manera que en la proyección anterior se presentarán los resultados obtenidos.

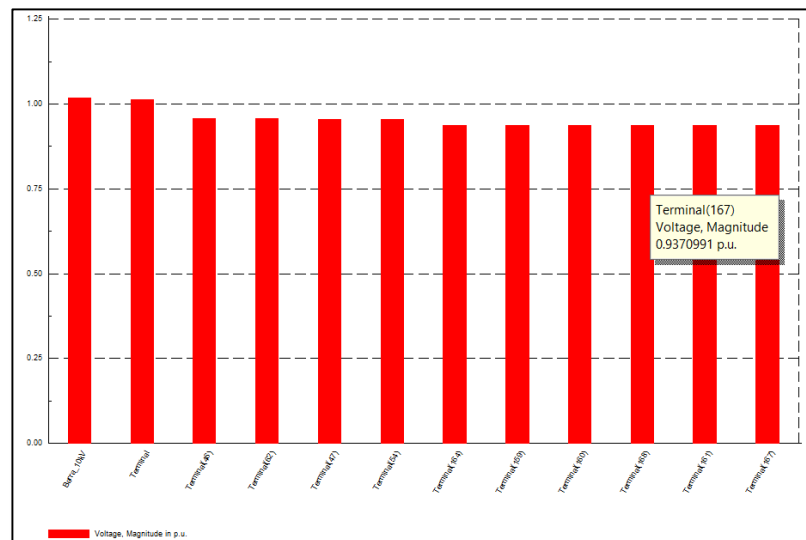


Imagen 27. Caída de Tensión – Año 10.

Fuente: Power Factory - DigSILENT

La caída de tensión llega a alcanzar un valor de 6,29%.

De igual forma se pasa a mostrar el cuadro de barras con la carga en las líneas además de un cuadro de resumen con las líneas con mayor porcentaje de carga.

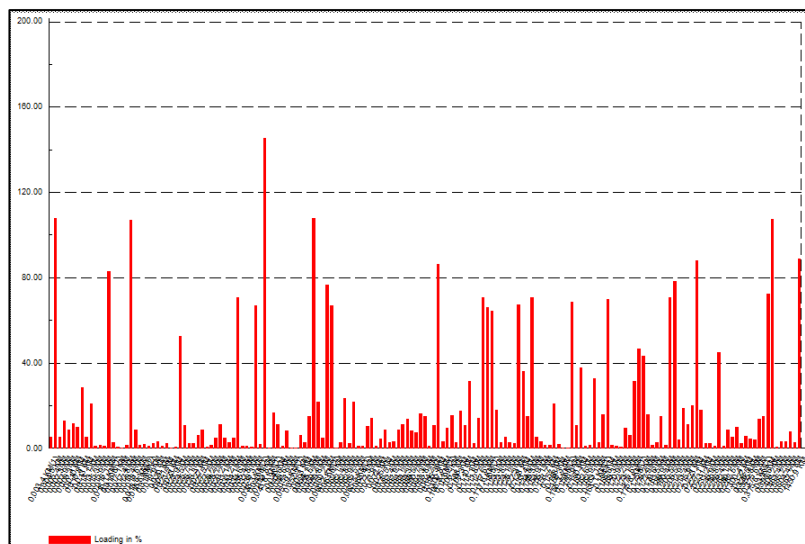


Imagen 28. Carga de Líneas – Año 10.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

Tabla 28. Líneas con mayor carga – Año 10.

Línea	Carga (%)	Potencia Activa (MW)	Potencia Reactiva (Mvar)	Corriente (kA)
0.040.3KM	145,55	5,1	1,1	0,322
0.058.5KM	107,94	5,5	1,2	0,322
0.004.5KM	107,9	5,2	1,2	0,332
0.391.6KM	107,39	6,7	1,9	0,405
0.017.8KM	106,89	5,1	1,1	0,319
1450.9KM	88,987	6,6	1,09	0,405
0.223KM	88,1	4,7	1	0,299
0.095.3KM	86,42	4,6	1	0,294
0.016.1KM	82,707	4,9	1,1	0,312

Fuente: Elaboración Propia.

#### 5.4.1.2. Escenario con generación distribuida

En esta sección se mostrará la variación existente en los parámetros de caída de tensión y carga de las líneas para garantizar el grado de beneficio que ofrece la generación distribuida sobre la red de media tensión, como se hizo en el apartado anterior. Asimismo, se desarrollará un análisis de estabilidad en eventos transitorios, en donde se mostrará los efectos y variaciones existentes que comprende la implementación de un sistema de generación en los parámetros eléctricos de frecuencia eléctrica, voltaje y corriente. El desarrollo de esta simulación se

ejecutará en el nodo de la subestación la cual suministra de energía eléctrica a la empresa donde se propone la generación distribuida.

A continuación, se muestra el gráfico de barras verticales concerniente al porcentaje de carga en las líneas.

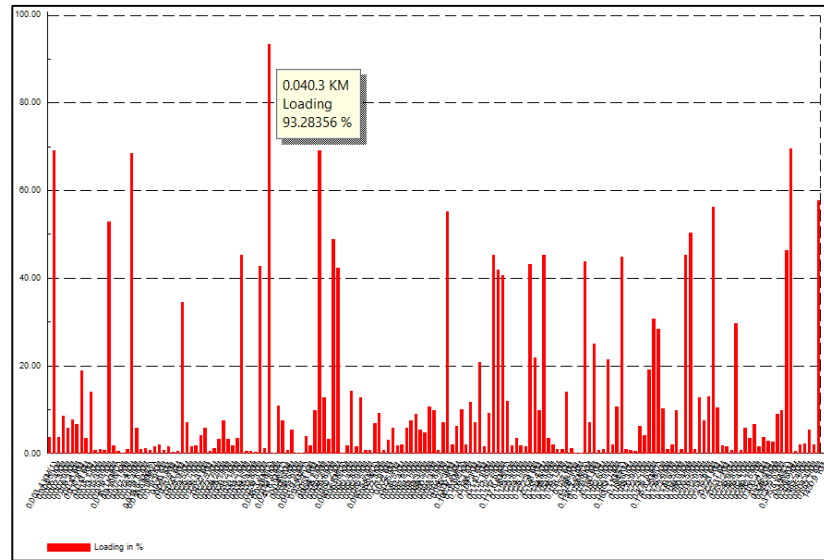


Imagen 29. Carga de Líneas – Año 00 con Generación Distribuida.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

De igual forma que en el apartado anterior, la línea con mayor carga es la “0.040.3KM”. Sin embargo, en este caso sufre una disminución de aproximadamente 3%, llegando a un valor de 93,28%.

A continuación, se muestra los nodos representativos para mostrar la caída de tensión en la red.

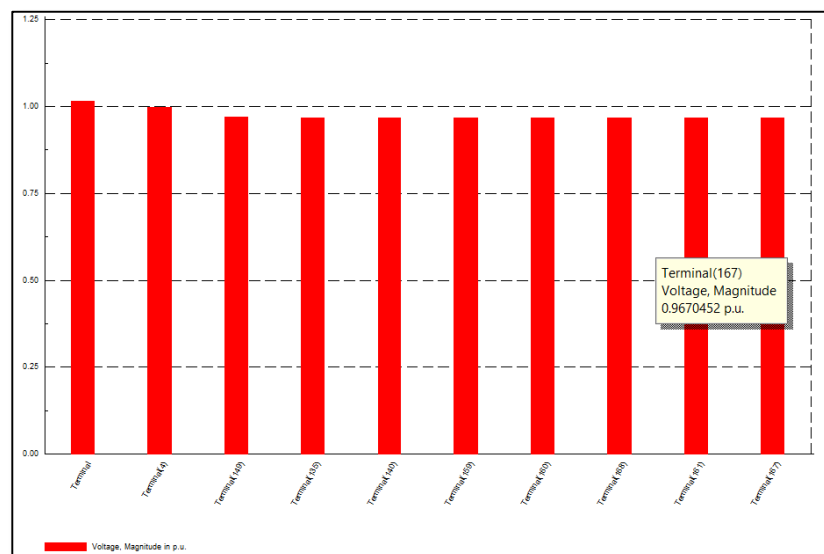


Imagen 30. Caída de Tensión – Año 00 con Generación Distribuida.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

La caída de tensión alcanza un valor de 3,3%, disminuyendo en 0,1% contrastado con el escenario donde no se presenta la generación distribuida.

En comparación entre los escenarios mostrados, la variación en carga de las líneas disminuye en un pequeño porcentaje lo cual se justifica de acuerdo a la potencia de la generación fotovoltaica la cual es mínima contrastado con la del sistema. Asimismo, la variación en la caída de tensión represente una minúscula variación del valor inicial, lo cual está directamente relacionado a la posición en la que se encuentra la generación distribuida y la potencia del mismo.

#### 5.4.1.2.1. Análisis de Estabilidad en Eventos Transitorios

Este análisis se desarrolla para comprender y graficar el comportamiento del sistema de potencia en cambios repentinos por eventos de adición o expulsión de carga o generación. El presente caso se desarrollará para mostrar los parámetros eléctricos de voltaje, corriente y frecuencia en el evento de incorporación de la central fotovoltaica dentro del sistema.

Los eventos serán repetitivos en las distintas simulaciones realizadas, donde se representa el cierre de un interruptor de potencia y el inicio de despacho de energía por parte de la central fotovoltaica, con una diferencia de 0,1 segundos entre los dos eventos. El tiempo de análisis será de 1 segundo en total.

Name	Time	Object	Out of Service	Objec
Switch Event	0.2	Breaker/Switch	<input type="checkbox"/>	14/1
Dispatch Event	0.3	PV Generator	<input type="checkbox"/>	14/1

Ln 2    2 object(s) of 2    1 object(s) selecte

Imagen 31. Eventos propuestos.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

Se procede a mostrar los distintos elementos en los cuales se realiza el análisis de estabilidad, además se especifica las variables y método de cálculo.

a) NODO 112

En primer lugar, se mostrará la señal de voltaje a partir de los dos métodos de cálculo, RMS y EMT, el primero se mostrará para especificar el tiempo en el que se estabiliza el voltaje y el segundo método se usará para mostrar la distorsión en la onda senoidal de voltaje.

A continuación, se mostrará el resultado de la simulación RMS.

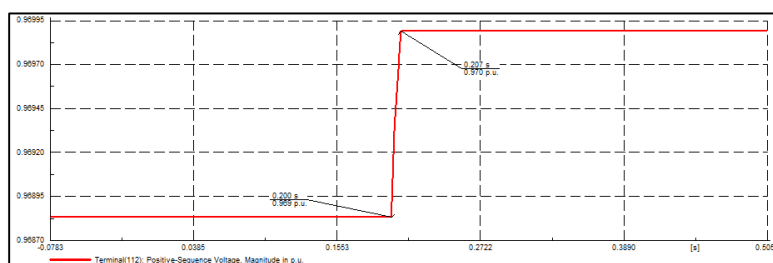


Imagen 32. Análisis de Señal de Voltaje.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

La señal de voltaje, al conectar la generación distribuida, se estabiliza en 7 milisegundos. Siendo menor a los 30 milisegundos de tolerancia, tomando en cuenta que el tiempo de análisis/medición fue de 1 segundo y mencionando: “Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas, por un tiempo superior al tres por ciento (3%) del período de medición” (Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos) [30]. Sin embargo, es un indicador bastante relativo, ya que se pudo haber considerado un tiempo de análisis/medición mínima y superaría el 3% mencionado, por lo cual no se tomará en cuenta. Por otro lado, en la normativa anteriormente mencionada, dicta una variación máxima del nivel de tensión nominal de hasta  $\pm 5\%$ , la cual dentro de los dos casos existentes llega a cumplir con valores de 3,1% (sin generación distribuida) y 3% (con generación distribuida).

Posteriormente se procede a mostrar el resultado de la simulación EMT.

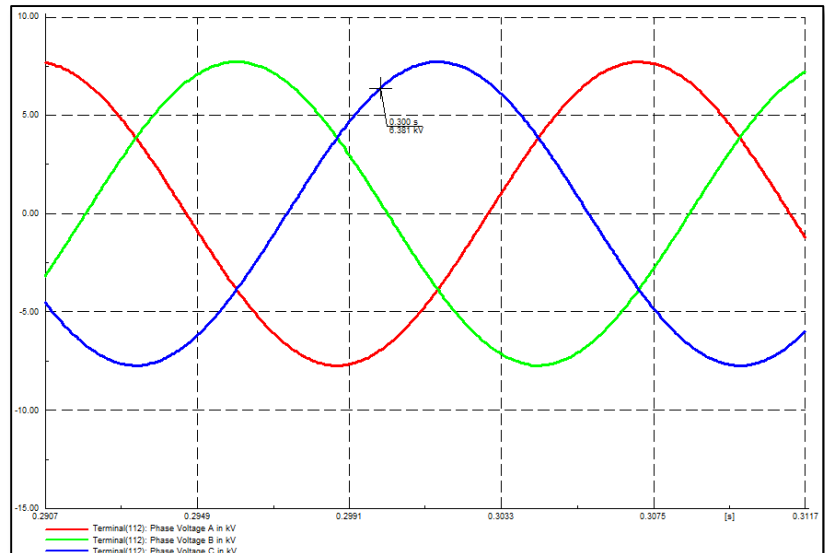


Imagen 33. Análisis de Señal de Voltaje.  
 Fuente: Power Factory - DigSILENT

La señal de voltaje permanece prácticamente constante durante la inserción de la central fotovoltaica. Esto se puede justificar en la pequeña potencia de la central en relación al sistema.

Por último, se mostrará la frecuencia y su alteración que ocurre al momento de la integración de la generación distribuida, el método de cálculo usado es RMS.

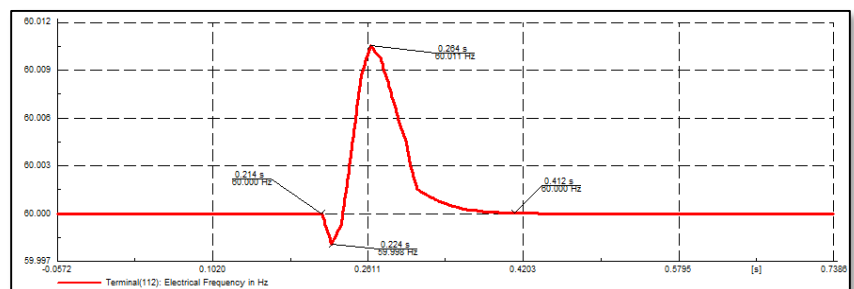


Imagen 34. Análisis de Frecuencia.  
 Fuente: Power Factory - DigSILENT

La variación de la frecuencia es de 0,013 Hz y se estabiliza en 200 milisegundos, lo cual no representa ninguna alteración significativa en la frecuencia. De acuerdo a la “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos” [30], el valor permitido para variaciones súbitas en la frecuencia (VSF) es de  $\pm 1$  Hz, lo cual está dentro del rango descrito en el análisis.

### b) LÍNEA 0.206.5 KM

En este elemento únicamente se mostrará la señal de corriente a partir del método de cálculo EMT.

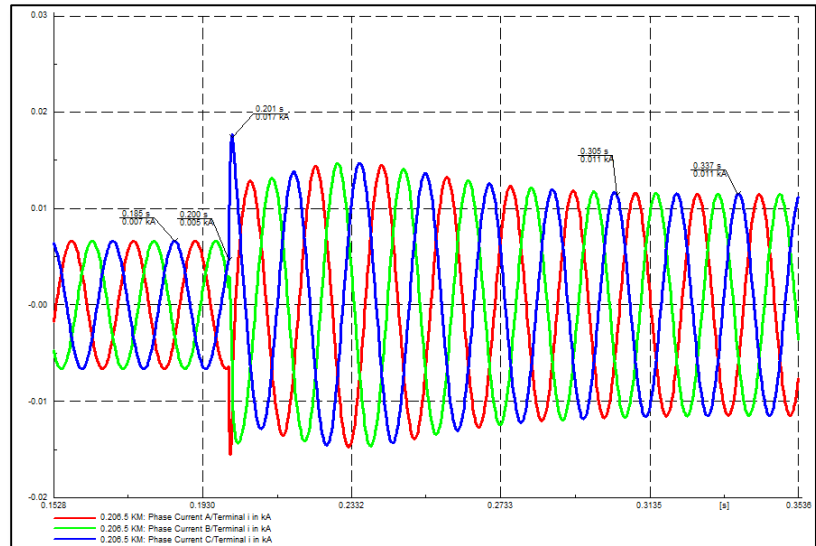


Imagen 35. Análisis de Señal de Corriente.  
Fuente: Power Factory - DigSILENT

El gráfico muestra una ampliación de la onda y se estabiliza pasando 200 milisegundos.

#### 5.4.1.3. Comparación de escenarios

Se realizará una comparación entre los dos escenarios mostrados en donde se indicarán los resultados obtenidos, además se agregará un posible escenario futuro en donde se considera una mayor potencia de generación distribuida, tomando en cuenta la posición más adecuada, la cual es el punto más lejano del sistema. Las simulaciones y gráficas correspondientes a caída de tensión y cargabilidad de los últimos escenarios mencionados se muestran en los anexos 34, 35 y 36.

De acuerdo a la tabla 29 se puede indicar que tanto caída de tensión y cargabilidad en las líneas disminuyen de acuerdo a la cantidad de potencia de la generación distribuida existente en el sistema y también está supeditada a su ubicación.

Tabla 29. Comparación de escenarios.

	AÑO 00			AÑO 05			AÑO 10		
	Escenario sin GD	Escenario con GD en ALDUR NUTRIPELLET	Escenario con GD en ALDUR NUTRIPELLET y fin de sistema	Escenario sin GD	Escenario con GD en ALDUR NUTRIPELLET	Escenario con GD en ALDUR NUTRIPELLET y fin de sistema	Escenario sin GD	Escenario con GD en ALDUR NUTRIPELLET	Escenario con GD en ALDUR NUTRIPELLET y fin de sistema
Caída de tensión (%)	3,4	3,3	2,5	4,7	4,6	3,75	6,29	6,17	5,3
Cargabilidad de líneas	0.0403.KM 96%	0.0403.KM 93,28%	0.0403.KM 83,36%	0.040.3KM 118,24%	0.040.3KM 112,90%	0.040.3KM 104,79%	0.040.3KM 145,55%	0.040.3KM 139,43%	0.040.3KM 131,08%
				0.004.5KM 87,69%	0.004.5KM 83,73%	0.004.5KM 77,72%	0.058.5KM 107,94%	0.058.5KM 103,40%	0.058.5KM 97,21%
				0.058.5KM 87,68%	0.058.5KM 83,73%	0.058.5KM 77,71%	0.004.5KM 107,90%	0.004.5KM 103,40%	0.004.5KM 97,21%
				0.391.6KM 87,48%	0.391.6KM 83,96%	0.391.6KM 79,18%	0.391.6KM 107,39%	0.391.6KM 103,33%	0.391.6KM 98,34%
				0.017.8KM 86,83%	0.017.8KM 82,89%	0.017.8KM 76,89%	0.017.8KM 106,89%	0.017.8KM 102,38%	0.017.8KM 96,19%
							1450.9KM 88,99%	1450.9KM 85,62%	1450.9KM 81,53%
							0.223KM 88,10%	0.223KM 84,24%	0.223KM 78,83%
							0.095.3KM 86,42%	0.095.3KM 82,62%	0.095.3KM 77,24%
							0.016.1KM 82,71%	0.016.1KM 79,18%	0.016.1KM 74,29%

Fuente: Elaboración Propia.

## 5.4.2. Evaluación Económica

En esta sección se determinará la factibilidad de la propuesta a partir de los índices económicos VAN y TIR. Se calculará egresos e ingresos del proyecto, para posteriormente realizar un flujo de caja, tomando en cuenta parámetros tales como inversión del proyecto, costes de operación y mantenimiento, vida útil del sistema y precio del kWh producido.

### 5.4.2.1. Egresos

Se propone un presupuesto referencial para la instalación de la planta fotovoltaica. El costo de la puesta en marcha se muestra a continuación junto con el análisis de precio unitario de cada partida.

Tabla 30. Presupuesto.

Presupuesto						
Presupuesto	1004001	INSTALACIÓN DE PLANTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA			Costo al	17/05/2020
Cliente	ALDUR NUTRIPELLET					
Lugar	LAMBAYEQUE - CHICLAYO - JOSE LEONARDO ORTIZ					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	<b>OBRAS CIVIL</b>				22 000,00	
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				2 000,00	
01.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (SUBCONTRATO)	gib	1,00	2 000,00	2 000,00	
01.02	<b>ESTRUCTURA METALICA</b>				20 000,00	
01.02.01	ESTRUCTURA METALICA	gib	1,00	20 000,00	20 000,00	
02	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				195 658,20	
02.01	INSTALACION DE PALENES FOTOVOLTAICOS	und	288,00	522,14	150 376,32	
02.02	INSTALACION DE CABLEADO ELÉCTRICO CC/CA	gib	1,00	19 167,00	19 167,00	
02.03	INSTALACION DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA	gib	1,00	9 937,42	9 937,42	
02.04	INSTALACION DE TRANSFORMADOR	gib	1,00	16 177,46	16 177,46	
	<b>Costo Directo</b>				217 658,20	
	<b>Gastos Generales 08%</b>				17 412,66	
	<b>Utilidades 10%</b>				21 765,82	
	<b>Sub Total</b>				256 836,68	
	<b>Impuesto 18%</b>				46 230,60	
	<b>Total de Presupuesto</b>				303 067,28	
	<b>SON : TRESCIENTOS TRES MIL SESENTISIETE Y 28/100 SOLES</b>					

Fuente: Elaboración Propia.



<b>Análisis de precios unitarios</b>						
Presupuesto	<b>1004001</b>	<b>INSTALACIÓN DE PLANTA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA</b>				
Partida	<b>01.01.01</b>	<b>(010301030105-1004001-01)</b>	<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (SUBCONTRATO)</b>			
			Costo unitario directo por:		glb	<b>2 000,00</b>
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		<b>Subcontratos</b>				
0424010001	SC MOVILIZACION DE EQUIPOS		glb	1,0000	2 000,00	2 000,00
						<b>2 000,00</b>
Partida	<b>01.02.01</b>	<b>(010107020105-1004001-01)</b>	<b>ESTRUCTURA METALICA</b>			
			Costo unitario directo por:		glb	<b>20 000,00</b>
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		<b>Subcontratos</b>				
0406020002	SC ESTRUCTURA METALICA		kg	1,0000	20 000,00	20 000,00
						<b>20 000,00</b>
Partida	<b>02.01</b>	<b>(010601030806-1004001-01)</b>	<b>INSTALACION DE PALENES FOTOVOLTAICOS</b>			
			Costo unitario directo por:		und	<b>522,14</b>
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		<b>Mano de Obra</b>				
0101010002	CAPATAZ		hh	0,0067	19,31	0,13
0101010005	PEON		hh	0,1000	14,41	1,44
0102010000013	TECNICO ELECTRICISTA		hh	0,0167	19,50	0,33
0103010013	INGENIERO ELECTRICISTA		hh	0,0067	23,17	0,16
						<b>2,06</b>
		<b>Materiales</b>				
0292010004	Panel Fotovoltaico de 340W		und	1,0000	520,00	520,00
						<b>520,00</b>
		<b>Equipos</b>				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0,08	0,08
						<b>0,08</b>

Fuente: Elaboración Propia.

El proyecto tiene un costo S/. 303 067,28 (Trescientos tres mil sesenta y siete y 28/100 soles) representado el egreso de mayor valor. Otro egreso se considera el costo de operación y mantenimiento, el cual se consideró el 1% del costo total.

$$Costo_{OYM} = (303067.28) * 1\%$$

$$Costo_{OYM} = S/. 3030.67$$

Estos dos valores fueron considerados los únicos valores de egreso para la elaboración del flujo de caja.

#### 5.4.2.2. Ingresos.

Ya que la planta fotovoltaica tiene posibilidad de entregar energía a la red eléctrica pero además cuenta con la posibilidad de auto suministrar de energía a la empresa. Se realizará el cálculo del total de energía que se puede producir anualmente, en el cual un 80% se considerará para un autoabastecimiento de energía y el 20% restante se considerará como venta de energía. Esta conjetura se realiza tomando en cuenta que la “Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la gerencia eléctrica – Ley 28832” no presenta ningún procedimiento de compra/venta de energía en el cual se defina los porcentajes mínimos de venta. Asimismo, se tendrá en cuenta el ingreso por bonos de carbono.

La energía generada por año será:

$$E = P_{SFV} * h_f * 365 * f_D$$

Siendo:

- E: Energía generada anualmente (MW/año).
- $P_{SFV}$ : Potencia del sistema fotovoltaico (MW).
- $h_f$ : Horas de funcionamiento del sistema durante el día.
- $f_D$ : Factor de disponibilidad.

Existe cierta particularidad con el factor de disponibilidad ya que este representa la cantidad de tiempo que se puede producir electricidad durante un periodo de tiempo sobre la cantidad de duración de dicho periodo. Para el caso de centrales eléctricas fotovoltaicas que no cuentan con partes móviles, como seguidores solares o entre otros, se considera un factor de disponibilidad cercano al 100 % [31]. Se opta por usar un factor de 98%. Además, se consideró 10 horas de funcionamiento, a partir de 06:00 a.m. Entonces:

$$E = 0,1 \text{ MW} * 10 \text{ h} * 365 * 0.98$$

$$E = 357,7 \text{ MWh/año}$$

A partir de la energía generada se puede determinar el ingreso por generación de energía, considerando un 20% de la energía total para su venta, tomando en cuenta los precios de venta de energía fotovoltaica la cual se tomará el menor precio de venta de la última subasta de energía renovable realizada.

Tabla 32. Precio de subasta RER.

Central Fotovoltaica	Potencia	Precio Ofertado
	MW	US\$/MWh
Panamericana Solar 20TS	20	215
Repartición Solar 20T	20	222,5
Tacna Solar 20TS	20	223
Moquegua FV	16	119,9
Intipampa	40	48,5
Central Solar Rubí	120	48,1

Fuente: OSINERGMIN [32]

Los precios disminuyen considerablemente a de acuerdo a los avances tecnológicos existentes en los elementos de captación de energía el cual tiempo como consecuencia una reducción en los precios. Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas:

$$IG_{SFV} = P_o * E * 20\%$$

Siendo:

- $IG_{SFV}$ : Ingreso monetario por generación (US\$).
- $P_o$ : Precio ofertado en subasta (US\$/MWh).
- $E$ : Energía generada anualmente (MW/año).

Entonces:

$$IG_{SFV} = 48,1 * 357,7 * 20\%$$

$$IG_{SFV} = \$ 3441,074 = S/. 11714,22$$

El 80% restante de la energía generada, se plantea, será consumida por la misma empresa. Tomando en cuenta lo mencionado y la tarifa eléctrica con la cual cuenta la empresa (Anexo 07), se tomará el consumo facturado como “Cargo por energía activa en horas fuera de punta”, equivalente a un ingreso ya que representa la omisión de la cantidad de energía dentro de la facturación energética.

$$IG_{RFE} = T * E * 80\%$$

Siendo:

- $IG_{RFE}$ : Ingreso monetario por reducción de facturación eléctrica (S/.).
- T: Precio de tarifa por Cargo de energía activa en horas fuera de punta (S/. /kWh).
- E: Energía generada anualmente (MW/año).

Entonces:

$$IG_{RTE} = 0,2599 * 357,7 * 1000 * 80\%$$

$$IG_{RTE} = S/.74372,984$$

Asimismo, se puede conseguir ingresos por bono de carbono, el cual es un beneficio por disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. Esto se calcula tomando en cuenta el factor de emisión igual a 0,615 kg de CO2 eq/kWh [33].

$$kg_{CO2} = E * F_{Emisión}$$

Entonces:

$$kg_{CO2} = 357,7 * 1000 * 0,615$$

$$kg_{CO2} = 219985,5 \text{ kg}$$

El beneficio económico se obtiene multiplicando los kg CO<sub>2</sub> por el costo de una tonelada de CO<sub>2</sub> igual a \$ 24,81 [34]. Entonces:

$$IG_{BC} = \frac{219985,5}{1000} * 24,81$$

$$IG_{BC} = \$ 5457,84 = S/.18579.76$$

#### 5.4.2.3. Indicadores económicos

A partir de los valores obtenidos de egresos e ingresos se realizó un flujo de caja, teniendo en cuenta que se propone 15 años de vida útil. El flujo de caja se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 33. Flujo de Caja.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
EGRESOS																
Instalación de planta	S/. 303 067,28															
OYM		S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67	S/. 3 030,67
INGRESOS																
Venta de energía		S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22	S/. 11 714,22
Facturación eléctrica		S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98	S/. 74 372,98
Bonos de carbono		S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76	S/. 18 579,76
Flujo de Caja	-S/. 303 067,28	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29	S/. 101 636,29

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando en cuenta un interés de 10%, siendo uno de los mayores valores según la SBS (Superintendencia de banca y seguro), se procede a calcular los indicadores VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno), los cuales se obtuvieron a a partir del software Microsoft Excel.

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Siendo:

- I: Egreso por inversión inicial.
- N: Periodos considerados.
- $Q_n$ : Resultado anual de flujo de caja.
- r: Tasa de interés.

El cálculo de TIR corresponde a aquella tasa de descuento que se obtiene al igualar el VAN obtenido a exactamente cero. Esto representa la rentabilidad que se obtiene del proyecto.

Tabla 34. Indicadores económicos VAN y TIR.

INTERES	10%
VAN	S/. 427 260,41
TIR	33%

Fuente: Elaboración Propia.

Además, se consideró un indicador económico adicional llamado “Relación beneficio costo”, el cual se obtiene del cociente de los valores actualizados de los beneficios del proyecto (ingresos) entre los costos (egresos), siendo sometidos a la tasa de interés propuesta.

Tabla 35. Indicador económico B/C.

BENEFICIO	S/. 773 053,73
B/C	2,55

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de estos indicadores, se puede determinar una viabilidad económica del proyecto propuesto, siendo rentable para su ejecución. Obteniendo un valor actual neto de S/.427260,41, un valor actual neto de 33% y una relación de beneficio costo de 2,55.

## 6. CONCLUSIONES

Como parte del análisis del sistema de generación distribuida se presentan las siguientes conclusiones:

La empresa “ALDUR NUTRIPELLET” cuenta con una potencia instalada de 215 kW y un consumo energético aproximado de 290 kWh diario, de acuerdo al régimen de trabajo en el que se encuentra. Mediante un criterio de selección se determinó la tecnología de generación más adecuada para satisfacer esta demanda, la cual fue sistemas fotovoltaicos de una potencia mínima de 70 kWp. De acuerdo al cálculo desarrollado se obtuvo la cantidad de equipos y componentes del sistema de generación. Entre los principales elementos se encuentran 288 módulos fotovoltaicos, un inversor de 100 kW y un transformador de 540kVA con una relación de voltaje 0.4/10 kV.

El sistema eléctrico de Chiclayo comprende 32 alimentadores eléctrico distribuidos en 4 subestaciones de transmisión, en donde la empresa “ALDUR NUTRIPELLET” es abastecida de energía eléctrica desde el alimentador C-219 – SECHO, el cual presenta una caída de tensión de 6,13%, cuyo valor incluye pérdidas técnicas y no técnicas.

Se recopiló información del alimentador C-219 tales como conductores, tasa de crecimiento, subestaciones y su demanda máxima, en donde se tomó en cuenta el factor de demanda, el cual fue 0,889. A partir de esta información se obtuvo el flujo de potencia de dos escenarios, siendo el primero la realidad actual y el segundo la propuesta de inclusión de la generación distribuida. Además, se incluyó el desarrollo del flujo de potencia de las proyecciones a 05 y 10 años.

Se analizó los resultados obtenidos en los dos escenarios propuestos, además se adicionó un escenario en el cual se agregan 3 centrales fotovoltaicas con la misma configuración al final del sistema, para demostrar el beneficio sobre la red eléctrica de media tensión en consecuencia de incluir mayor potencia de generación distribuida. La reducción en caída de tensión en los tres escenarios va en el orden de 3,4; 3,3 y 2,5 en valores porcentuales. Asimismo, se muestra una reducción en la cargabilidad de la línea “0.0403.KM”, la cual es la línea que presenta mayor carga en todos los escenarios, con valores de 96; 93,28 y 83,36 en valores porcentuales. Además, se realizó un análisis de eventos transitorios para mostrar gráficamente las variaciones en los parámetros de tensión y frecuencia al ingreso de dicha planta fotovoltaica al sistema. La señal de voltaje, en el nodo 112 al cual se conecta la generación distribuida, se estabiliza en 7 milisegundos y disminuye un 0,1% en la caída de tensión. La variación de la frecuencia es de 0,013 Hz y se estabiliza en 200 milisegundos. Estos valores se encuentran dentro del rango de tolerancia de “La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)”. Además, se desarrolló una evaluación económica en el cual se propone una inversión inicial de S/. 303 067,28 (Trescientos tres mil sesentaisiete y 28/100 soles) y con un interés de 10%. Los resultados muestran un proyecto factible técnica y económicamente, al contar con valores de índices económicos de S/. 427 260,41 en el VAN y un TIR del 33%.

## **7. RECOMENDACIONES**

De acuerdo al trabajo de investigación realizado se propone un subsiguiente estudio de coordinación de protecciones, a partir de los equipos de protección ya seleccionados, en el cual se desarrolle con más ahínco y concluya en una simulación de los equipos de protección existentes en la red junto con los equipos de protección concernientes al sistema de generación distribuida. Los resultados de dicho estudio adicional se enlazarían con factores tales como SAIDI/SAIFI los cuales representan el grado de confiabilidad en el sistema eléctrico.

Además, se recomienda realizar un análisis mecánico-estructural de los soportes de los paneles fotovoltaicos y la configuración propuesta incluyendo el uso de diferentes materiales concluyendo en el más adecuado de acuerdo a su costo y beneficio.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. A. M. ESCOBAR, «DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDAS CONECTADAS A LA RED DE DISTRIBUCIÓN, EN EL CONTEXTO DE LA LEY N° 20.571,» UNIVERSIDAD DE CHILE, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, SANTIAGO DE CHILE, 2016.
- [2] B. I. d. Desarrollo, «Análisis del impacto del incremento de la generación de energía renovable no convencional en los sistemas eléctricos de latinoamerica,» 2014.
- [3] J. M. L. C. Y. C. F. N. Sánchez, «Análisis Del Impacto De La Penetración De Generación Distribuida En La Red De Medio Voltaje De La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur,» Universidad de Cuenca, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Cuenca , 2017.
- [4] T. A. Guerra, «Diseño De Una Planta De Gasificación Con Cogeneración Para El Aprovechamiento Energético De La Cascarilla De Arroz En Un Proceso Industrial,» Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, 2017.
- [5] J. G. Pérez, «Incorporación De Medios De Generación No Convencionales En Sistemas Interconectados,» Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Santiago de Chile, 2010.
- [6] C. B. S. Luzio, «Efecto De Los Requerimientos Frente A Huecos De Tensión Para Generación Distribuida,» Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Santiago de Chile, 2014.
- [7] V. H. C. Solórzano, «Generación Distribuida En Redes Secundarias En Arequipa,» Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Escuela de Posgrado, Arequipa, 2017.
- [8] G. R. R. Avalo, «Análisis Del Impacto De La Generación Distribuida En Los Sistemas Eléctricos, Con Aplicación Específica Al Sistema Chulucanas - Tambogrande - Ayabaca De Electronoroeste S.A.,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Escuela de Postgrado, Chiclayo, 2017.
- [9] M. A. V. Paredes, « Estudio Técnico Económico Para La Microgeneración Eólica Utilizado Como Generación Distribuida En Las Redes Eléctricas De Shirac - Cajamarca – 2016,» Universidad Cesar Vallejo, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Cajamarca, 2016.
- [10] J. A. L. Sánchez, «Diseño De Un Sistema De Generación De Energía Eléctrica Utilizando La Cascarilla de Arroz Producido por las Molineras de Arroz en la

- Región Lambayeque,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería Industrial, Chiclayo, 2015.
- [11] C. J. R. Gonzales, «Estudio Y Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para Satisfacer La Demanda De Energia De Los Motores Para El Bombeo De Agua En El Sector Agrícola - Monsefú,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, Chiclayo, 2019.
- [12] I. G. C. Chapoñan, «Microgeneracion Fotovoltaica Con El Software Pvsyst En El Centro Poblado San Marcos - Lambayeque,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Chiclayo, 2019.
- [13] OSINERGMIN, «La industria de la energía renovable en el Perú, 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático,» Lima, 2017.
- [14] OSINERGMIN, «Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica - Ley 28832,» Lima, 2006.
- [15] A. S. Peruano, «DELTA VOLT,» SENAMHI, 2019. [En línea]. Available: <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar>.
- [16] A. G. ELEC NOR, «Modulo solar fotovoltaico A-340P GS,» 2018.
- [17] Schneider, «Schneider Electric Inversor Xantrex GT100 E,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.se.com/pe/es/>.
- [18] M. d. E. y. M. -. D. G. d. Electricidad, «Guia de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Doméstico (SFD),» Lima, 2007.
- [19] IDAE, «Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica-Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red,» SMA, Madrid, 2011.
- [20] S. Electric, «Transformador Minera PV 540 KVA,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.se.com/es>.
- [21] E. y. T. -. E. Ministerio de Industria, «ITC-BT-40 Instalaciones de Generadores Baja Tensión,» Madrid, 2013.
- [22] Phoenixcontact, «Phoenixcontact - Fusible - FUSE 10,3X38 10A PV - 3061334,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal>.
- [23] Cirprotec, «Cirprotec - PSM3-40/1000 PV,» CPT, Madrid, 2019.
- [24] S. Electric, «ComPact NSX 160,» Schneider Electric Industries, France, 2018.
- [25] Cirprotec, «Vigilante de aislamiento ISO-CHECK,» CPT, Madrid, 2019.

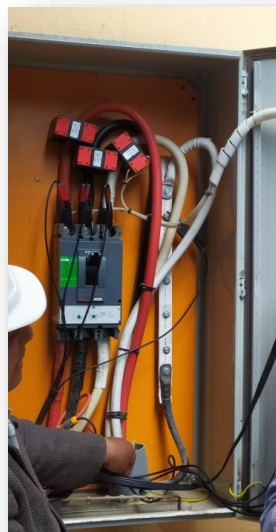
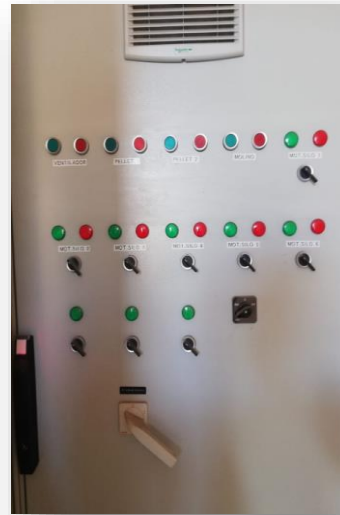
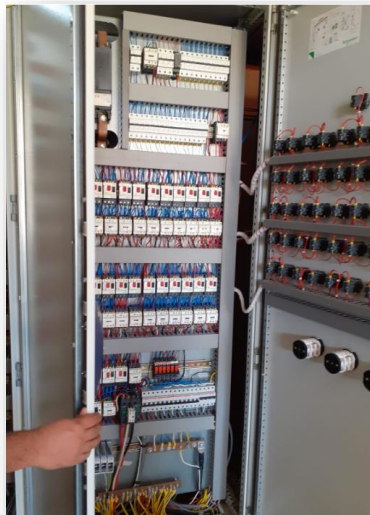
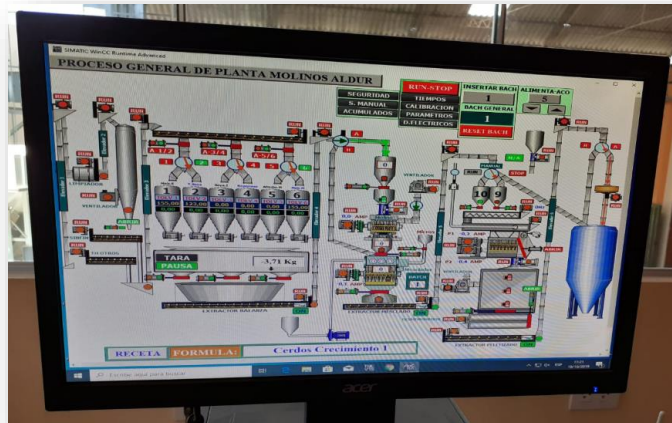
- [26] Cirprotec, «PSM3-40/400 TNC,» CPT, Madrid, 2018.
- [27] Cirprotec, «ISO-CHECK 230V,» CPT, Madrid, 2018.
- [28] S. Electric, «Circuit breaker Compact NSX400N,» Schneider Electric Industrial, France, 2019.
- [29] COES, «Diagrama de Carga y Diagrama de Duración del SEIN,» 2019. [En línea]. Available:  
<http://www.coes.org.pe/Portal/publicaciones/estadisticas/estadistica2019#>.
- [30] M. d. E. y. Minas, «D. S. N° 020-97-EM Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos,» Lima, 2011.
- [31] IEEE, «Standard Definitions for Use in Reporting Electric Generating Unit Reliability, Availability, and Productivity,» New York, 2007.
- [32] OSINERGMIN, «SUBASTAS RER PARA EL SEIN,» 2014. [En línea]. Available:  
<https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/subastas>.
- [33] MINEM, «La huella de carbono y la eficiencia energética,» Lima, 2015.
- [34] SENDECO2, «Sistema europeo de negociación de CO2,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>.

## ANEXOS

### ANEXO 01: PRINCIPALES NORMAS, LEYES, PROCEDIMIENTOS Y PROPUESTAS EN RELACIÓN CON LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN PERÚ

- D.S. N° 009-93: Ley de Concesiones Eléctricas
- D.S. N° 09-93: Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas
- Ley N° 28832: Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica.
- D.L. N° 1002: Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- D.S. N° 052- 2005: Aprueban el Plan Anual de Transferencia de Competencias Sectoriales o los Gobiernos Regionales y Locales.
- D.S. N° 050 (2008): Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables (Derogado).
- D.S. N° 056 - 2009: Disponen adecuar competencia de los Gobiernos Regionales para el otorgamiento de concesiones definitivas de generación con recursos energéticos renovables
- D.S N° 019-2009: D.L.N°-27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental
- D.S N° 064-2010: Aprueban la Política Energética Nacional del Perú 2010 2040.
- D.S. N° 012-2011: Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables.
- Publicación de 2011 – Julio 23: Ley 28832 Para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica.
- RM. N° 214-2011 MEM: Código Nacional de Electricidad Suministro 2011.
- D.S. N° N° 020-97-EM: Norma Técnica de Calidad de Servicio Procedimientos de Osinergmin.
- D.L. N° 1002: Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con energías renovables.
- Propuesta de Marco Normativo para el Desarrollo de Redes Eléctricas Inteligentes y Generación Distribuida en El Perú, **Consultor: EDFINTERNATIONAL NETWORKS SAS Contrato, N° F-034-13202-** Lima, 14 de septiembre de 2017.

## ANEXO 02: INFORME FOTOGRÁFICO

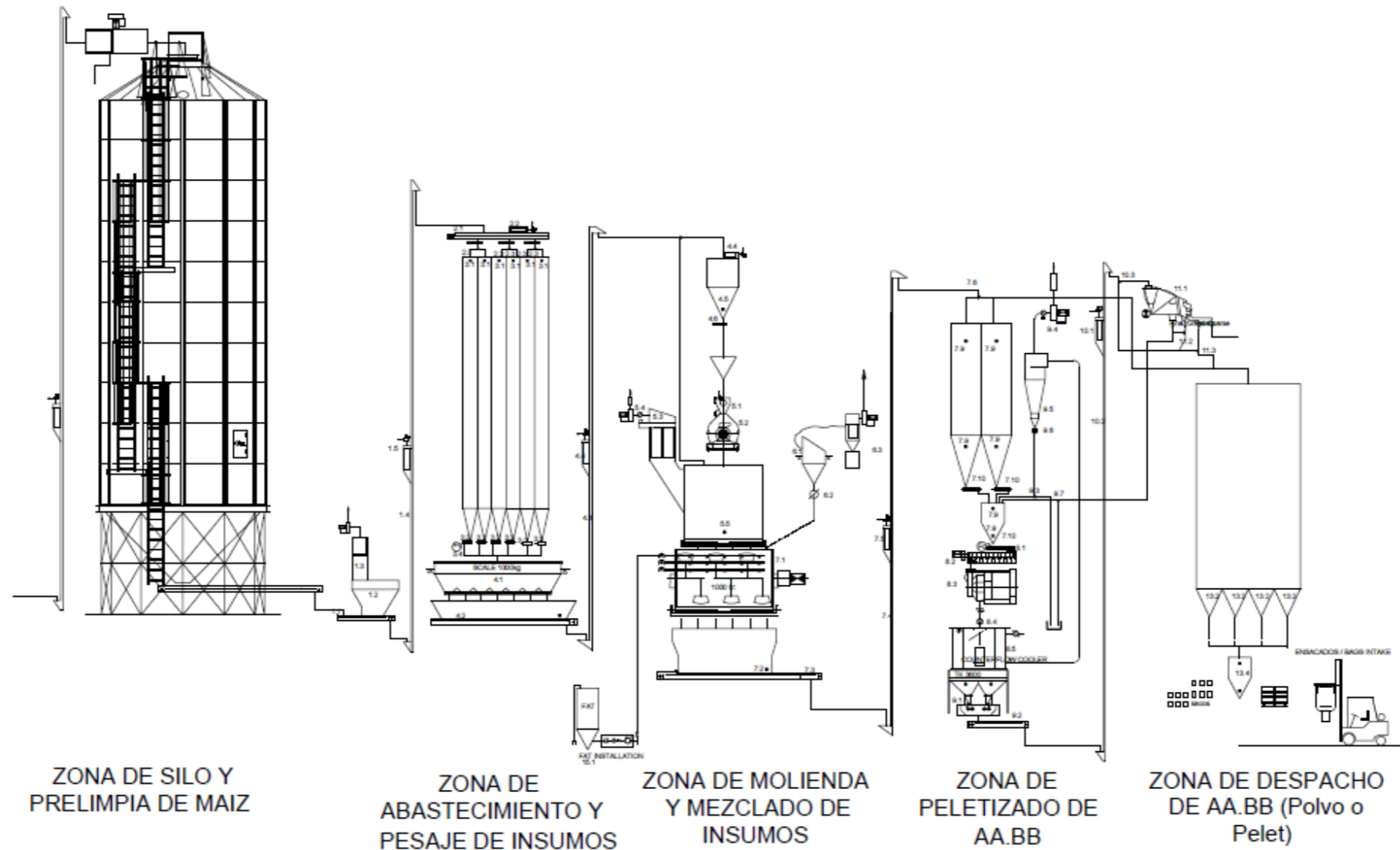


## ANEXO 03: PLANO DE UBICACIÓN



ANEXO 04: DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIÓN

**DIAGRAMA DE FLUJO DE PRODUCCIÓN - ALDUR NUTRIPELLET**



USAT	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ALDUR NUTRIPELLET	DIBUJADO POR: <b>B. MONTALBAN GARCIA</b>	FECHA: <b>17/05/20</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	DIB. N° <b>02</b>
------	---	--	---	---------------------------	-----------------------	----------------------

## ANEXO 05: ENTREVISTA A JEFE DE MANTENIMIENTO

<b>ENTREVISTA - DESARROLLO DE TESIS</b>	
<b>CUESTIONARIO DE CONTROL INTERNO</b>	
<b>Nombre de la compañía:</b>	ALDUR NUTRIPELLET - "MOLINOS ALDUR S.A.C."
<b>Lugar:</b>	Juan Pablo II #140 - José Leonardo Ortiz - Lambayeque
<b>Personal entrevistado:</b>	Gerente general
<b>A. Control de la energía</b>	
<b>1</b>	<b>¿Cuál es el la producción realizada por la empresa?</b> Alimento balanceado peletizado (proceso novedoso en la ciudad, mejora alimento debido a procesos térmicos) para animales
<b>2</b>	<b>¿Cuál es el desecho del procesos de producción y que se hace con él?</b> Las mermas son reutilizada
<b>3</b>	<b>¿Quién es responsable por la administración de la energía?</b> Nombre: No hay un personal encargado de eso, se externaliza Formación profesional, experiencia relacionada con energía: Personal (Si lo hubiera) :
<b>4</b>	<b>¿Cómo se analiza y supervisa el consumo de energía?</b> <b>Desde la dirección de la empresa o en el sitio de consumo</b> De manera continua o periódica De acuerdo a un programa o irregularmente ¿Si periódicamente, cuando fue la última vez?
<b>5</b>	<b>¿Realizan algún análisis en la relación entre el consumo de energía y el nivel de producción (de actividad)?</b> No se realiza
<b>6</b>	<b>¿Se han establecido estándares, esto es, estándares de consumo de energía para cada proceso o para cada edificio o planta?</b> No se realiza
<b>7</b>	<b>¿Es comparable el consumo de energía con el de:</b> Períodos anteriores; En comparación la producción y consumo actual es 20% en comparación del 80% con el que se inició otros lugares; no hay referencia otras compañías; no hay referencia (La comparación debe tener en cuenta las condiciones del clima y los días trabajados).
<b>8</b>	<b>¿Ha establecido la administración metas:</b>  Para valores absolutos de consumo de energía: Se pretende llegar a fin de año a un 50 % de la producción y consumo total para valores de consumo basados en la actividad: 50% de productividad para diferentes niveles de inactividad; porcentajes de reducción de consumo: Se pretende realizar un banco de condensadores para no pagar energía reactiva
<b>9</b>	<b>¿Considera la administración la información sobre consumo de energía como parte esencial del sistema de información de la administración?</b> Si
<b>10</b>	<b>¿Qué campañas de educación o propaganda dirigida a los empleados se han adelantado para promover la conservación de energía?</b> Actualmente no
<b>11</b>	<b>¿Hasta qué punto el mantenimiento que se realiza es un mantenimiento planificado?</b> Una vez a la semana se realiza un mantenimiento preventivo (limpieza general) lo demás es mantenimiento correctivo.
<b>12</b>	<b>¿Qué tan frecuentemente se inspeccionan o prueban las diferentes clases de equipos?</b> Todos los días están en uso, excepto los domingos.
<b>13</b>	<b>¿Existe ya y/o se está considerando una lista de inversiones de ahorro de energía, clasificadas de acuerdo a un orden de prioridades, con cálculos detallados de costos y retorno de la inversión?</b> Actualmente no

<b>ENTREVISTA - DESARROLLO DE TESIS</b>	
<b>CUESTIONARIO DE CONTROL INTERNO</b>	
<b>Nombre de la compañía:</b>	ALDUR NUTRIPELLET - "MOLINOS ALDUR S.A.C."
<b>Lugar:</b>	Juan Pablo II #140 - José Leonardo Ortiz - Lambayeque
<b>Personal entrevistado:</b>	Gerente general
<b>B. Fuentes de Energía</b>	
<b>14</b>	<p><b>¿Usan algún tipo de energía distinta de la eléctrica?</b></p> <p>Combustibles Líquidos Carbón y otros combustibles sólidos <b>Gas</b> Electricidad Otros</p>
<b>15</b>	<p><b>¿Qué tarifas se emplean?</b></p> <p>(a) <b>¿Cuál es?</b> BT2</p> <p>(b) <b>¿Cuándo se revisaron por última vez?</b> Desde hace 10 meses, en el cual se realizó la compra del predio.</p> <p>(c) <b>¿Trabajan durante hora pico?</b> No</p>
<b>16</b>	<p><b>Almacenamiento</b></p> <p><b>¿Es necesario algún proceso térmico en el almacenamiento? En caso afirmativo:</b></p> <p>(a) <b>¿Cómo se hace?</b> Si se hace, con ayuda de un ventilador de contraflujo</p> <p><b>¿Cuáles son las áreas o secciones de la fábrica, de mayor consumo de energía?</b> PELETIZADO: Trabajan dos (2) motores de 75 HP MOLINO MARTILLO: Trabaja un (1) motor de 50 HP</p> <p><b>¿Hay riesgos/evidencia de uso no autorizado o pérdidas de combustibles o energía eléctrica (robo de energía y conexiones piratas)?</b> No existen sospecha de robo actualmente.</p>
<b>17</b>	<p><b>Información extra entregada por el personal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➡ Turnos de trabajo de 8:00 a.m. hasta 6:00 p.m. con dos (2) horas de descanso de 12:00 p.m. hasta 2:00 p.m. (de lunes a viernes). Los sábados trabajan de 6:30 a.m. hasta 2:00 p.m.</li> <li>➡ Existen nueve (9) líneas de productos (para 9 tipo de animales) y 30 tipos de alimento. La producción es para sacos de 40 y 20 kg</li> <li>➡ La planta tiene una producción del 20% debido a las condiciones iniciales de la empresa, además de la cartera de clientes con los que se cuenta actualmente.</li> <li>➡ Actualmente pagan potencia reactiva.</li> <li>➡ La PELETIZADORA tiene una capacidad de producción de 5 Ton/h. El SILO tiene una capacidad de producción de 120 Ton/h.</li> <li>➡ El proceso térmico debe ser realizado con vapor seco para aumentar el tiempo de conservación del producto. La línea de vapor mide 30m, por lo que reduce la presión y se condensa.</li> <li>➡ La materia prima usada en su mayoría es de Maíz, Soya, Trigo.</li> </ul>

## ANEXO 06: LISTADO DE EQUIPOS EXISTENTES

DESCRIPCIÓN	TIPO DE EQUIPO	POTENCIA (útil) [kW]	POTENCIA (absorbida) [kW]	ENERGÍA DIARIA [kWh]	CLASIFICACIÓN
Motor 2 - SIEMENS 1AV2095B (MO-002)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de silo
ELEVADOR DE CANGILONES MECAFA EL010/14 {MA-001}	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	2	2,3	4,65116	Abastecimiento de silo
ELEVADOR DE CANGILONES 2 MECAFA EL050/20 062/17{MA-003}	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	5,5	6,4	12,79070	Abastecimiento de silo
Motor 4 - SODECA MSE3 (MO-004)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de silo
Prelimpia MECAFA PRELIM050 (MA-002)	Limpiador	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de silo
SILO SYMAGA (MA-004)	Silo				Abastecimiento de silo
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>14,0</b>			<b>Abastecimiento de silo</b>
ELEVADOR DE CANGILONES 3 MECAFA EL010/14 021/17 {MA-006}	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	2,2	2,6	5,11628	Abastecimiento de tolvas
Motor 5 - ABB M2AA 090LD-4 (MO-005)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de tolvas
Motor 6 - ABB M2AA 090LD-4 (MO-006)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de tolvas
Motor 8 - ABB 3GAA092215-BSE (MO-008)	Motor de induccion	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de tolvas
Transportador de cadena 1 MECAFA TR025/05 (MA-05)	Transportador sin fin	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de tolvas
Transportador de cadena 2 MECAFA TR025/05 (MA-06)	Transportador sin fin	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de tolvas
Transportador de cadena 3 MECAFA TR025/05 (MA-07)	Transportador sin fin	1,5	1,7	3,48837	Abastecimiento de tolvas
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>13,0</b>			<b>Abastecimiento de tolvas</b>
MOTOR 10 ABB M2AA 090LD-4 IE2 5012110714 {MO-010}	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,74419	Balanza
MOTOR 11 ABB M2AA 090LD-4 IE2 0702046286 {MO-011}	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,74419	Balanza
MOTOR 12 ABB M2AA 090LD-4 IE2 0702046280 {MO-012}	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,74419	Balanza
MOTOR 13 ABB M2AA 090LD-4 IE2 5107180556 {MO-013}	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,74419	Balanza
MOTOR 14 ABB M2AA 090LD-4 IE2 5012110736 {MO-014}	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,74419	Balanza
Transportador tubular de sinfin 1 MECAFADA SF127/1.5 (MA-009)	Transportador sin fin	1,5	1,7	1,74419	Balanza
Transportador tubular de sinfin 2 MECAFADA SF127/1.5 (MA-010)	Transportador sin fin	1,5	1,7	1,74419	Balanza
Transportador tubular de sinfin 3 MECAFADA SF127/1.5 (MA-011)	Transportador sin fin	1,5	1,7	1,74419	Balanza
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>14,0</b>			<b>Balanza</b>
CALDERO MECAFA	GENERADOR DE VAPOR	7,45	8,7	34,65116	Generación de vapor
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>8,7</b>			<b>Generación de vapor</b>

DESCRIPCIÓN	TIPO DE EQUIPO	POTENCIA (útil) [kW]	POTENCIA (absorbida) [kW]	ENERGÍA DIARIA [kWh]	CLASIFICACIÓN
MEZCLADORA HORIZONTAL DE PALAS MECAFA MEHP 1000L 051/17 (MA-021)	MEZCLADORA HORIZONTAL DE	7,5	8,7	17,44186	Proceso de mezclado
Motor 20 - ABB M2AA 132MA-4 (MO-020)	Motor de induccion	7,5	8,7	17,44186	Proceso de mezclado
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>17,4</b>			<b>Proceso de mezclado</b>
ALIMENTADOR QUITAPIEDRAS MECAFA ALQPMH050 052/17	ALIMENTADOR	0,55	0,6	1,91860	Proceso de molienda
CAJA DISTRIBUIDORA MOTORIZADA MECAFA CADIS200260/MR 0623/17	BY-PASS	0,11	0,1	0,12791	Proceso de molienda
ELEVADOR DE CANGILONES 4 MECAFA EL010/14 022/17(MA-016)	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	2,2	2,6	2,55814	Proceso de molienda
MOLINO HORIZONTAL MECAFA MH050 053/17 (MA-018)	MOLINO DE MARTILLOS	37	43,0	43,02326	Proceso de molienda
MOTOR 15 ABB M2AA 090LD-4 IE2 2707033383 (MO-015)	MOTOR DE INDUCCION	1,5	1,7	1,74419	Proceso de molienda
MOTOR 16 ABB M2AA 100LD-4 IE2 3G1R1541003589 (MO-016)	MOTOR DE INDUCCION	2,2	2,6	2,55814	Proceso de molienda
Motor 17 - ALRENLG-631-4 (MO-017)	Motor de induccion	0,12	0,1	0,13953	Proceso de molienda
Motor 18 - ABB M2AA080A-4 (MO-018)	Motor de induccion	0,55	0,6	0,63953	Proceso de molienda
Transportador de cadena 1 MECAFA TR025/05 (MA-015)	Cadena rastra	1,5	1,7	1,74419	Proceso de molienda
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>53,2</b>			<b>Proceso de molienda</b>
ACONDICIONADOR MUNCH RPM 420 /138	MAQUINA DE EXTRUSION				Proceso de peletizado
ALIMENTADOR PELET MUNCH PRESSE RMP 420/138 2017-400124	TRANSPORTADOR SIN FIN				Proceso de peletizado
ELEVADOR DE CANGILONES 5 MECAFA EL010/14 020/17 (MA-023)	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	1,5	1,7	1,74419	Proceso de peletizado
ELEVADOR DE CANGILONES 6 MECAFA EL010/14 019/17 (MA-027)	TRANSPORTADOR TIPO FAJAS Y CANGILONES	1,5	1,7	1,74419	Proceso de peletizado
Motor 21 - ABB M2AA 090LD4-4 (MO-021)	Motor de induccion	1,5	1,7	1,74419	Proceso de peletizado
Motor 22 - ACM160M-4/PHE (MO-022)	Motor de induccion	13,2	15,3	15,34884	Proceso de peletizado
Motor 23 - ALREN ALG-631-4 (MO-023)	Motor de induccion	0,14	0,2	0,16279	Proceso de peletizado
Motor 24 - PTC K16DE32A19 (MO-024)	Motor de induccion	55	64,0	63,95349	Proceso de peletizado
Motor 26 - PTC K16DE64A010 (MO-026)	Motor de induccion	7,5	8,7	8,72093	Proceso de peletizado
Motor 27- PTC K16DE64A010 (MO-027)	Motor de induccion	0,087	0,1	0,10116	Proceso de peletizado
Peletizadora 5 TN/H (MA-030)	Maquina peletizadora				Proceso de peletizado
Transportador de cadena 2 MECAFA TR025/3.5 (MA-022)	Cadena rastra	1,5	1,7	1,74419	Proceso de peletizado
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>95,26</b>			<b>Proceso de peletizado</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>215,47</b>	<b>kW</b>		

ANEXO 07: FACTURACIÓN ENERGÉTICA – 07/2019

**Recibo N° 251-38629149**  
José Leonardo Ortiz/Chidlayo

Recibo por Consumo del 01/07/2019 al 31/07/2019

Cliente: **MOLINO'S ALDUR S.A.C.**  
R.U.C.: 20488060274  
Dirección: **LOTE 2 N° Sub.Lt. 13,14,15 CPMen. SANTA MARIA**  
Referencia:  
Ruta: **1308-10741-314**  
Tarifa: **BT2**  
Medición: **Baja Tension**  
Tensión y SED: **380/220 V / D-200800**  
Sist. Electrónico: **S201 Chidlayo (ST2)**  
Tipo Subministro: **Tritasca-Subterránea(C4.4)**

Serie Medidor: 00000002847281 - Electrón.  
N° Hilos Medidor: 4  
Modalidad: Potencia Variable  
Inicio Contrato: 24/10/2018  
Termino Contrato: 23/10/2019

**Ensa**  
EMPRESA PERUANA DE SERVICIO INTEGRAL DE ELECTRICIDAD DEL NOROCCIDENTE S.A.  
R.U.C. 2022117960

**Julio-2019**

**CÓDIGO 38379630**

Promedio Máxima Demanda		Potencia Contratada	
Fuera Punta	Punta	Fuera Punta	Punta
76.4340	66.4920	230.0000	20.0000

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total	
Energía Activa Total (kWh)	180.1105	180.2874	20.1769	2.421.2280	Cargo Fijo		6.7000	8.70	
Energía Activa Hora Punta (kWh)*	3.2803	3.4238	0.1435	17.2200	Cargo por Reposición y Mantenimiento			5.33	
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	156.8302	176.8637	20.0335	2.404.0200	Energía Activa HP	17.2200	0.2708	4.66	
Energía Reactiva (kVArh)	222.1044	250.2176	28.1132	3.373.5840	Energía Activa FP	2404.0200	0.2211	531.53	
Potencia Hora Punta (kW)	0.0241	0.0315	0.0315	3.7800	Energía Reactiva	2647.2120	0.0428	113.30	
Potencia Fuera Punta (kW)	0.5793	0.4991	0.4991	59.8920	Pot. Uso Redes Distrib. HP	66.4920	53.1100	3531.39	
Factor Calibración : No Aplica					Pot. Activa Generación HP	3.7800	58.4300	220.87	
Fac.Medic. 120.0000					Exc.Pot. Uso Redes Dist.FP	9.9420	35.2700	350.65	
					Alumbrado Publico (Alicuota S/ 0.4021)			56.29	
					Interés Compensatorio	1.0000	0.7186	0.72	
					Ajuste Tarifario	1.0000	-0.4700	-0.47	
					<b>SUB TOTAL</b>			<b>4820.97</b>	
					Imp. Gral. a las Ventas			667.77	
					Interés Moratorio	1.0000	0.1080	0.11	
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0200	0.02	
					Diferencia de redondeo			-0.01	
					Aporte Ley Nro. 28749	0.0084	2421.2400	0.0084	20.34
					<b>TOTAL RECIBO DE JULIO-2019</b>				<b>8709.29</b>
					Deuda Anterior (3 Mes(es) )				297.28
					Total a Pagar incluye Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 174.06				

PrP kW (linea con puntos), PEP kW (linea con triángulos)

PrP kW (barras grises), PEP kW (barras blancas)

Importe 2 Últimos Meses Facturados  
May - 2019 S/ 6605.40      Jun - 2019 S/ 5438.90

Mes	Jul	Ag	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
Consumo						180	1478	1358	2863	2613	1881	2138	1517	2404
Demanda						36	132	98	61	98	8	30	11	17
PrP kW	380	380	380	380	13.488	54.350	52.822	75.142	59.930	52.784	73.020	65.790	59.802	
PEP kW	380	380	380	380	11.830	59.460	45.125	38.340	33.800	5.340	12.841	2.825	3.760	

<b>Emisión</b>	06/08/2019	<b>Vencimiento</b>	23/08/2019	<b>TOTAL</b>	S/*****6,006.48
----------------	------------	--------------------	------------	--------------	-----------------

Su AMT es : A2007 - C-219 de SE de Potencia : SECHO 10 KV

Son CINCO MIL SETECIENTOS NUEVE Y 20/100 SOLES  
(\* El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Julio-2019 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I Art. 4, inciso 6.1.d)

Si realiza el pago via transferencia bancaria debe enviar un correo a: [pagosensa@distrluz.com.pe](mailto:pagosensa@distrluz.com.pe) Revise el estado de cuenta de su recibo en: <http://www.distrluz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.asp?empresa=2>

**Fecha Corte: 24/08/2019**

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitara el corte, gastos y molestias innecesarias.

**Facturación: Julio-2019**

**Ensa** ALDUR S.A.C.  
Suministro: 38379630  
Dirección: LOTE 2 N° Sub.Lt. 13,14,15 CPMen.  
Ruta: 1308-10741-314  
Emisión: 06/08/2019  
Vencimiento: 23/08/2019

Recibo N° 251-38629149  
José Leonardo Ortiz/Chidlayo  
**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*\*6,006.48**

## ANEXO 08: TABLA DE DATOS TÉCNICOS DE INVERSOR Xantrex™ GT100 E

## Inversor Xantrex™ GT100 E de conexión a red

Xantrex™ GT100 E	
<b>Características eléctricas</b>	
Potencia continua de salida CA	100 kW
Potencia campo FV sugerida	115 kW
Tensión nominal CA	400 Vca trifásico
Frecuencia nominal CA	50 Hz (60 Hz opcional)
Factor de potencia nominal	> 0,99 a más de 20% de potencia nominal
Máxima corriente CA	164 Aca
Distorsión corriente CA	< 3% THD a potencia nominal
Máximo voltaje circuito abierto	650 Vcc
Rango de seguimiento de potencia	300 a 650 Vcc
Corriente CC máx. de entrada	347 Acc
Eficiencia pico	96,6% (incluye transformador)
Euro eficiencia	96,0% (incluye transformador)
Consumo en stand-by	93 W
<b>Características generales</b>	
Rango de temperatura ambiental	-10°C a 45°C
Grado de protección ambiental	IP21
Armario	Armario metálico texturizado en color RAL 7035
Peso	870 kg
Dimensiones (Al x An x F)	190,5 x 120,5 x 60,6 cm
Altitud	hasta 2000 m sin pérdida de potencia
Humedad relativa	0 a 95% sin condensación
Referencia	1-153417-01
<b>Características y opciones</b>	
Método de refrigeración	Ventilación forzada
Funciones de protección	Sobretensión CA, infratensión CA, sobrefrecuencia, infrafrecuencia, sobrecorriente CA y CC, sobretensión CC
Display estándar de usuario	VFD, 4 líneas, 80 caracteres con teclado
Seccionadores (CA y CC)	Integrado en el inversor
Transformador de aislamiento	Integrado en el inversor
Software de comunicaciones	Software gráfico para comunicaciones y control en tiempo real
Adquisición de datos y registro	Ajustable
Interfaces	Modem opcional (Ethernet o Wifi) para monitorización remota y notificación de fallos
<b>Normativas y seguridad</b>	
El GT100 E cumple con todas las normativas europeas aplicables (CE):	
Directiva Compatibilidad Electromagnética	EN 61000-6-4:2001, EN 61000-6-2:2001
Directiva de baja tensión	EN 50178
El GT100 E cumple con todos los requisitos del VDEW	
El GT100 E cumple con los requisitos del Real Decreto 1663/2000 y 661/2007 en España	

Características sujetas a cambios sin previo aviso.

## La elección inteligente para sistemas FV



Industria



Fotovoltaico



Conexión a red

## ANEXO 09: TABLA DE DATOS TÉCNICOS DE MODULO FOTOVOLTAICO A-340P

Módulos fotovoltaicos para el futuro **A-XXXXP GS (ES)** (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-320P GS	A-325P GS	A-330P GS	A-335P GS	A-340P GS
Potencia Máxima (P <sub>max</sub> )	320 W	325 W	330 W	335 W	340 W
Tensión Máxima Potencia (V <sub>mp</sub> )	37.65 V	37.80 V	37.95 V	38.20 V	38.50 V
Corriente Máxima Potencia (I <sub>mp</sub> )	8.50 A	8.60 A	8.70 A	8.77 A	8.84 A
Tensión de Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> )	45.45 V	45.6 V	45.75 V	46.10 V	46.40 V
Corriente en Cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	9.01 A	9.20 A	9.30 A	9.38 A	9.45 A
Eficiencia del Módulo (%)	16.49 V	16.75	17.01	17.26	17.52
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	15				
Máxima Tensión del Sistema	DC 1000 V (IEC)				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45.0±2				

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (P<sub>mp</sub>); ±10% (I<sub>sc</sub>, V<sub>oc</sub>, I<sub>mp</sub>, V<sub>mp</sub>).

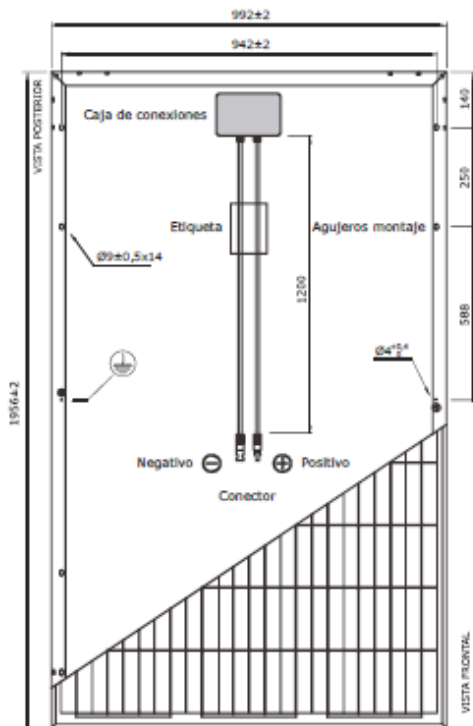
**Especificaciones mecánicas**

Dimensiones (± 2.0 mm.)	1956x992x40 mm.
Peso (± 0.5 kg.)	20.9 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

**Materiales de construcción**

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm.
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 células (6x12)/Policristalina/156.75 x 156.75 mm.
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP68/3 diodos
Cable (longitud/sección)/ Connector	900 mm./ 4 mm <sup>2</sup> / Compatible MC4 IP67

(\*) Con capa anti-reflectante

**Vista genérica construcción módulo**

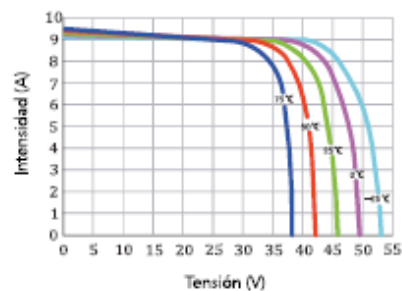
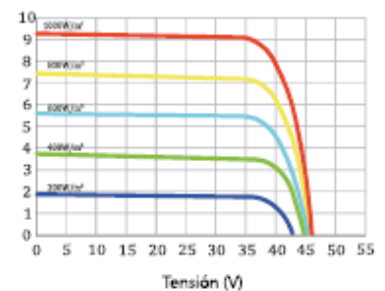
El dibujo no está a escala

**Características de temperatura**

Coef. Temp. de I <sub>sc</sub> (TK I <sub>sc</sub> )	0.08558% /°C
Coef. Temp. de V <sub>oc</sub> (TK V <sub>oc</sub> )	-0.29506% /°C
Coef. Temp. de P <sub>max</sub> (TK P <sub>max</sub> )	-0.38001% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 a +85 °C

**Embalaje**

Módulos/palé	26 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	24 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	624 pzas
Palés/contenedor 20'	9 palés
Módulos/contenedor 20'	234 pzas

**Temperatura Varía (A-325P GS)****Irradiación Varía (A-325P GS)**

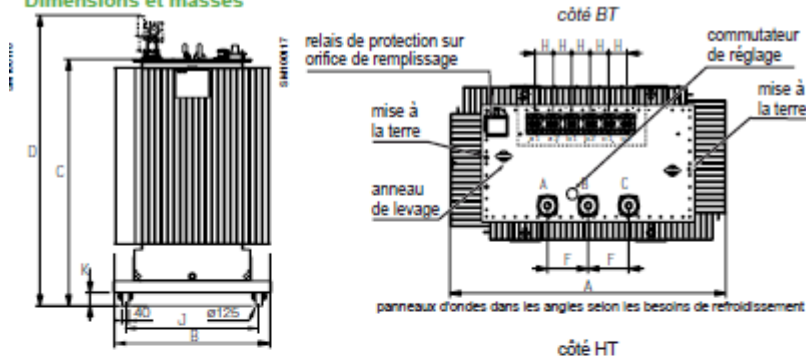
ANEXO 10: TABLA DE DATOS TÉCNICOS DE TRANSFORMADOR MINERA-540 PV

[ Transformateurs de Distribution Immergés ] **MineraPV** **C<sub>3</sub>** **B<sub>1</sub>**

Caractéristiques électriques

Puissance assignée (kVA)	540	630	680	1080	1260	1360
Tension primaire	300 V	350 V	380 V	2x300 V	2x350 V	2x380 V
Tension secondaire	20 kV	20 kV	20 kV	20 kV	20 kV	20 kV
Niveau d'isolement assigné (Primaire)	24 kV					
Réglage (hors tension)	± 3.5%, ± 7% et ± 10.5%					
Courant à vide (%)	0.5%					
Courant d'enclenchement / In crête	9.5	8.5	7	8	7.7	7.5
Couplage	Dy11			Dy11y11		
Pertes à vide (w)	760	860	830	1100	1350	1470
Pertes dues à la charge (w)	4900	5400	5970	9000	11000	11900
Tension de court circuit (%)	4	4	6	6	6	6
Puissance acoustique L <sub>wa</sub>	59	60	61	63	64	64

Dimensions et masses



Note:  
 Marquage des bornes selon standard français.  
 D: Hauteur sur DMCR.  
 Dimensions et masses communiquées à titre indicatif.

Puissance assignée (kVA)	540		630		680		1080		1260		1360		
	Fixe	Tracker	Fixe	Tracker	Fixe	Tracker	Fixe	Tracker	Fixe	Tracker	Fixe	Tracker	
Dimensions (mm)	- A	1360	1460	1360	1460	1360	1460	1770	1870	1770	1870	1770	1870
	- B	950	1050	950	1050	950	1050	1080	1180	1080	1180	1080	1180
	- C	1230	1240	1305	1315	1325	1335	1755	1765	1755	1765	1755	1765
	- D	1515	1525	1590	1600	1610	1620	2040	2050	2040	2050	2040	2050
	- F	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265
	- H	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
	- J	670	670	670	670	670	670	820	820	820	820	820	820
- K	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	
Masses (kg)	- Huile	350	390	380	435	500	550	870	960	960	1050	1100	1180
	- Totale	1700	1900	1900	2000	2115	2200	3550	3750	3650	3850	3890	3950

## ANEXO 11: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONDUCTOR EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

**exZhelent SOLAR** ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

### PANELES FOTOVOLTAICOS

TENSIÓN 1,8 kV DC - 0,6 / 1 kV AC



### SERVICIO MÓVIL



### EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Conductor: Cobre estañado clase 5 para servicio móvil (-F)  
Aislamiento: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)  
Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)  
Norma: TÜV 2 Pfg 1169/08.2007



Ecológico

Código	Sección	Color (*)	Diámetro exterior	Peso	Radio Mín. Curvatura	Resist. Máx. del conductor a 20 °C	Intensidad at Aire (†)	Caída de tensión en DC
	mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>	kg/km	mm <sup>2</sup>	Ω/km	A	V/A.km
1614106	1x1,5	■ ■	4,3	35	18	13,7	30	38,17
1614107	1x2,5	■ ■	5,0	50	20	8,21	41	22,87
1614108	1x4	■ ■	5,6	65	23	5,09	55	14,18
1614109	1x6	■ ■	6,3	85	26	3,39	70	9,445
1614110	1x10	■ ■	7,9	140	32	1,95	96	5,433
1614111	1x16	■ ■	8,8	200	35	1,24	132	3,455
1614112	1x25	■ ■	10,5	295	42	0,795	176	2,215
1614113	1x35	■ ■	11,8	395	47	0,565	218	1,574

Disponibilidad bajo pedido hasta 1x300 mm<sup>2</sup>

## ANEXO 12: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CABLE N2XY 0,6/1 kV Unipolar

**N2XY 0,6/1 kV Unipolar**

**Contacto**  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)	0,6/1 kV
Rigidez dieléctrica	3,5 kV
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	5 min.
Características de uso	
Resistencia a Radiación Ultravioleta	UL 2556 - Resistencia a los rayos solares
No propagación de la llama	IEC 60332-1-2; FT1
Resistencia a aceites	ICEA S-95-858
Temperatura máxima operación	90 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	130 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	250 °C

**DATOS DIMENSIONALES**

Sección [mm <sup>2</sup> ]	N° total alambres	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]
4	7	2,4	0,7	0,9	5,8	62
6	7	3,0	0,7	0,9	6,4	82
10	7	3,7	0,7	0,9	7,1	122
16	7	4,6	0,7	0,9	8	180
25	7	5,8	0,9	0,9	9,6	274
35	7	6,8	0,9	0,9	10,6	362
50	19	7,9	1,0	0,9	11,9	480
70	19	9,5	1,1	0,9	13,7	681
95	19	11,2	1,1	1,0	15,6	925
120	37	12,8	1,2	1,0	17,4	1165
150	37	14,2	1,4	1,1	19,4	1434
185	37	15,8	1,6	1,2	21,7	1804
240	37	18,0	1,7	1,2	24,1	2342
300	37	20,1	1,8	1,2	26,4	2917
400	61	23,3	2,0	1,4	30,4	3781
500	61	26,2	2,2	1,5	33,9	4807



Libre de plomo  
SI



Tensión nominal de servicio  
Uo/U (Um)  
0,6/1 kV



Resist. Radiación UV  
UL 2556 - Resistencia a los  
rayos solares



No propagación de la  
llama  
IEC 60332-1-2; FT1



Resistencia a aceites  
ICEA S-95-858



Temperatura máxima  
operación  
90 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser considerados como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 2.1 Generado 25/04/20 www.nexans.pe Página 3 / 6

**INDECO**

## ANEXO 13: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CABLE N2XSEY 6/10 kV

## N2XSEY 6/10 kV

**Contacto**  
 Ventas Local  
 ventas.peru@nexans.com  
 exportaciones.peru@nexans.com

## CARACTERÍSTICAS

Características de construcción	
Material del conductor	Cobre Temple Blando
Material del semi-conductor interno	Compuesto extruido
Material de aislamiento	XLPE-TR
Material del semi-conductor externo	Compuesto extruido pelable
Pantalla individual	Cinta de cobre aplicadas helicoidalmente
Cubierta exterior	PVC
Color de cubierta	Rojo
Libre de plomo	Si
Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio U <sub>0</sub> /U (Um)	6/10 kV
Rigidez dieléctrica mínima en CC (conductor-pantalla)	21,0 kV
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	5 min.
Tensión de Descarga Parcial	10,4 kV
Descarga Parcial Máxima	10 pC
Tensión de Impulso	75 kV
Características de uso	
Resistencia a Radiación Ultravioleta	UL 2556 - Resistencia a los rayos solares
No propagación de la llama	IEC 60332-1-2; FT1
Resistencia a aceites	Buena
Temperatura máxima operación	90 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	130 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	250 °C

## DATOS DIMENSIONALES

Nro.Fases	Sección [mm <sup>2</sup> ]	N° total alambres	Diam. Conductor [mm]	Diám. sobre aislam. [mm]	Diám. sobre pantalla [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]
3	16	7	4,7	11,9	13,5	34,2	1660
3	25	7	5,9	13,1	14,7	37,1	2102
3	35	7	6,9	14,2	15,8	39,3	2522
3	50	19	8,2	15,4	17,0	42,2	3053
3	70	19	9,8	17,0	18,7	46,3	3946
3	95	19	11,5	18,8	20,4	50,3	4989
3	120	37	13,0	20,3	21,9	53,7	5944



Libre de plomo  
Si



Tensión nominal de servicio  
U<sub>0</sub>/U (Um)  
6/10 kV



Resist. Radiación UV  
UL 2556 - Resistencia a los  
rayos solares



No propagación de la  
llama  
IEC 60332-1-2; FT1



Resistencia a aceites  
Buena



Temperatura máxima  
operación  
90 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser considerados como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
 Versión 1.9 Generado 25/04/20 www.nexans.pe Página 3 / 6

**INDECO**

## ANEXO 14: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FUSIBLE 10,3x38 10A PV

FUSE 10,3X38 ... PV...

## 2 Ordering data

## Fuse inserts

Description	Type	Order No.	Pcs. / Pkt.
<b>Fuse insert, 10.3 mm x 38 mm, gPV characteristic, IEC standard</b>			
Nominal current: 2 A	FUSE 10,3X38 2A PV	3061295	10
Nominal current: 4 A	FUSE 10,3X38 4A PV	3061305	10
Nominal current: 6 A	FUSE 10,3X38 6A PV	3061318	10
Nominal current: 8 A	FUSE 10,3X38 8A PV	3061321	10
Nominal current: 10 A	FUSE 10,3X38 10A PV	3061334	10
Nominal current: 12 A	FUSE 10,3X38 12A PV	3061347	10
Nominal current: 15 A	FUSE 10,3X38 15A PV	3061348	10
Nominal current: 16 A	FUSE 10,3X38 16A PV	3061350	10
Nominal current: 20 A	FUSE 10,3X38 20A PV	3061363	10
<b>Fuse insert, 10.3 mm x 38 mm, gPV characteristic, UL standard</b>			
Nominal current: 6 A	FUSE 10,3X38 6A PV A	3062778	10
Nominal current: 8 A	FUSE 10,3X38 8A PV A	3062779	10
Nominal current: 10 A	FUSE 10,3X38 10A PV A	3062780	10
Nominal current: 12 A	FUSE 10,3X38 12A PV A	3062781	10
Nominal current: 15 A	FUSE 10,3X38 15A PV A	3062784	10
Nominal current: 16 A	FUSE 10,3X38 16A PV A	3062782	10

## 3 Technical data

General data	
Design	10 mm x 38 mm, gPV
Nominal voltage	1000 V DC, L/R = 2 ms
Breaking capacity	30 kA DC
Standards	
FUSE 10,3X38 ...A PV	IEC 60269-6
FUSE 10,3X38 ...A PV A	UL 2579
Application	For protecting photovoltaic lines

## ANEXO 15: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PROTECCIÓN SOBRETENSION

## PSM-340/1000PV

## PSM3-40/1000 PV

77707852


  
Lightning and surge protection


Surge Protection Device Type 2, 40kA I<sub>max</sub> (8/20), Y PV, 1000Vdc,  
Photovoltaic, 3 Poles, Pluggable, 3 Modules

[Link to the product page](#)

Technical Data	Value	Units
<b>Commercial data</b>		
Code	77707852	
Part Number	PSM3-40/1000 PV	
Status	Available	
EAN	8435297826637	
Tariff code (HS)	8536.30.90	
<b>Dimensions</b>		
Product height	90	[mm]
Product width	54	[mm]
Product length	70	[mm]
Product weight	344	[gr]
<b>General data</b>		
Internal configuration	Y	
No. poles	3	
No. DIN rail modules	3	
Installation	(L+/PE/L-)	
Format	Pluggable	
Network configuration	PV	
Product standards	IEC 61643-31; EN 50539-11;	
Certifications	CE; UL+C 1449 4th Edition	
Designation according to EN 50539-11	PV Type 2	
Insulating material & flammability class	PA6 CT1; V-0	
Enclosure	IP 20	
Temperature range	-40 °C ... +85 °C	

**Technical features**

		1000 [Vdc]	
Supply voltage			
Maximum continuous operating voltage DC	Ucpv	1060	[V]
Maximum discharge current (8/20) (L-L)	Imax (L-L)	40	[kA]
Nominal discharge current (8/20) (L-L)	In (L-L)	20	[kA]
Nominal discharge current (8/20)	In	20	[kA]
Voltage protection level (L-L) at In	Up (L-L)	4.0	[kV]
Voltage protection level (L-PE) at In	Up (L-PE)	4.0	[kV]
Short circuit withstand	Iscpv	10000	[A]
Response time (L-L)	tA (L-L)	25	[ns]
Remote indication		No	
Visual end of life indication		Yes	
Dynamic thermal disconnection (L-L)		Yes	

**UL Technical features**

		E360120	
File UL			
SPD UL Type		2CA	
Maximum continuous operating voltage (DC+-DC-)	MCOV (DC+-DC-)	1000	[V]
Maximum continuous operating voltage (DC+ -G)	MCOV (DC+ -G)	1000	[V]
Maximum continuous operating voltage (DC- - G)	MCOV (DC- - G)	1000	[V]
Nominal discharge current (UL)	In	20	[kA]
Voltage protection rating (DC+ - DC-)	VPR (DC+ - DC-)	3000	[V]
Voltage protection rating (DC+ - PE)	VPR (DC+ - G)	3000	[V]
Voltage protection rating (DC- - PE)	VPR (DC- - G)	3000	[V]
Short circuit current rating	SCCR	50	[kA]

Address

**Barcelona**

**Cirprotec, S.L.U.**  
 C/ Lepanto, 49  
 08223 - Terrassa (Barcelona)  
 Tel. +34 937 331 684  
 Fax. +34 93 733 27 64  
[www.cirprotec.com](http://www.cirprotec.com)

## ANEXO 16: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INTERRUPTOR AUTOMÁTICO COMPACT NSX160 CORTOCIRCUITO PV

### Hoja de características del producto

Características

### LV438161

Interruptor automático Compact NSX160 CC PV - TM-D - 160 A - 4P



#### Principal

Gama	Compact
Nombre del producto	Compact NSX DC
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Nombre corto del dispositivo	Compact NSX160 CC PV
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	4P
Descripción de polos protegidos	4t
Posición de neutro	Izquierda
Tipo de red	CC
[In] Corriente nominal	160 A en 40 °C
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	1000 V CC acorde a IEC 60947-2
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	8 kV acorde a IEC 60947-2
[Ue] Tensión nominal de empleo	1000 V CC acorde a IEC 60947-2
Capacidad de corte	10 kA Icu en 1000 V CC acorde a IEC 60947-2
Poder de seccionamiento	Sí acorde a IEC 60947-2
Categoría de empleo	Categoría A
Unidad de control	TM-D
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Funciones de protección de unidad de control	LI
Grado de contaminación	3 acorde a IEC 60947-2

#### Complementario

Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Placa posterior
Conexión superior	Frontal

Conexión hacia abajo	Parte frontal
Durabilidad mecánica	10000 ciclos
Durabilidad eléctrica	1500 ciclos 1.000 V CC In acorde a IEC 60947-2
Paso de conexión	35 mm
Señalizaciones en local	Indicación de contacto positivo
Tipo de protección	Protección contra sobrecarga (térmica) Protección contra cortocircuitos (magnética)
Calibre de la unidad de disparo	160 A en 40 °C
Tipo de ajuste de detección a largo plazo Ir	Ajustable
Intervalo de ajuste de detección a largo plazo	0,7...1 x In
Tipo de ajuste de retardo de larga duración	Fijo
[Tr] intervalo de ajuste de retardo de corta duración	0...1250 s
Altura	161 mm
Anchura	140 mm
Profundidad	186 mm
Peso del producto	2,6 kg
Código de compatibilidad	NSX160

#### Entorno

Normas	EN/IEC 60947
Certificaciones de producto	EAC CCC
Grado de protección IP	IP40 acorde a IEC 60529
Grado de protección IK	IK07 acorde a EN 50102

#### Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
Perfil de circularidad	<a href="#">Información de fin de vida útil</a>

#### Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

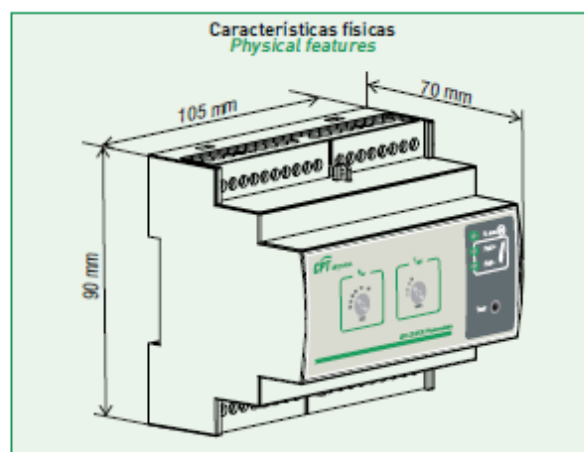
# ANEXO 17: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE VIGILANTE DE AISLAMIENTO ISO-CHECK PV600

Ficha Técnica  
**FT**  
Technical Sheet

## Serie ISO-Check PV

Vigilante de aislamiento para instalaciones fotovoltaicas  
*Insulation monitoring device for photovoltaic systems*

**CPT** cirprotec



### Características técnicas *Technical features*

Modelos/Models Códigos/Codes		ISO-Check PV 600 77706704	ISO-Check PV 1000 77706703
Tensión de alimentación auxiliar AC 50/60 Hz <i>Supply voltage AC 50/60 Hz</i>	$U_s$ [V]	230	
Consumo propio <i>Power consumption</i>	VA	2	
Tensión nominal del sistema <i>Nominal system voltage</i>	$U_n$ [VDC]	300...600	500...1000
Valor de respuesta <i>Response value</i>	$R_{2n}$ [k $\Omega$ ]	30,40,50,60,70,80	
Tiempo de respuesta (RLY1) <i>Response time (RLY1)</i>	$t_{RLY1}$ [ms]	<1 s ( $C_s \leq 22,5 \mu F$ )	
Tiempo de respuesta (RLY2) <i>Response time (RLY2)</i>	$t_{RLY2}$ [s]	1,2,5,10	
Desviación de respuesta <i>Relative uncertainty</i>	%	5 (450V < $U_s$ $\leq$ 600V) 15 (300V < $U_s$ $\leq$ 450V)	5 (750V < $U_s$ $\leq$ 1000V) 15 (500V < $U_s$ $\leq$ 750V)
Histéresis (para $U_n = 1000$ Vdc) <i>Hysteresis (at <math>U_n = 1000</math> Vdc)</i>	%	15 ( $R_n = 30$ k $\Omega$ ) 10 ( $R_n = 80$ k $\Omega$ )	
Tiempo de rearme <i>Reclosing time</i>	$t_r$ [min]	1	
Tensión de medida [valor de pico] ( $RF = \infty \Omega$ ) <i>Measuring voltage (peak value) (<math>RF = \infty \Omega</math>)</i>	$U_m$ [V]	<25	
Corriente de medida ( $RF = 0 \Omega$ ) <i>Measuring current (<math>RF = 0 \Omega</math>)</i>	$I_m$ [mA]	<1,5	
Resistencia interna CC <i>Internal DC resistance</i>	$R_i$ [k $\Omega$ ]	512	
Impedancia interna (a 50 Hz) <i>Internal impedance (at 50 Hz)</i>	$Z_i$ [k $\Omega$ ]	512	
Tensión continua admisible <i>Permissible DC voltage</i>	$U_p$ [V]	1150	
Capacidad tolerada de derivación de la red <i>System leakage capacitance</i>	$C_s$ [ $\mu F$ ]	$\leq 22,5$	
Tensión impulsional soportada/Categoría <i>Rated impulse voltage/Category</i>	$U_{imp}$ [kV]	4/III	

# Serie ISO-Check PV

Vigilante de aislamiento para instalaciones fotovoltaicas  
Insulation monitoring device for photovoltaic systems

**CPT** cirprotec

## Datos generales General information

Modelos/Models Códigos/Codes	ISO-Check PV 600 77706704	ISO-Check PV 1000 77706703
Normas de producto Product standards	EN 61557-8 ; IEC 61557-8	
CEM EMC	EN 61000 ; IEC 61000	
Temperatura de funcionamiento Operating temperature	°C	-20...+70
Grado de protección envolvente Degree of protection	IP 40	
Material envolvente y clase Enclosure and flammability class	PC V0	

Diagrama de conexión  
Wiring diagram

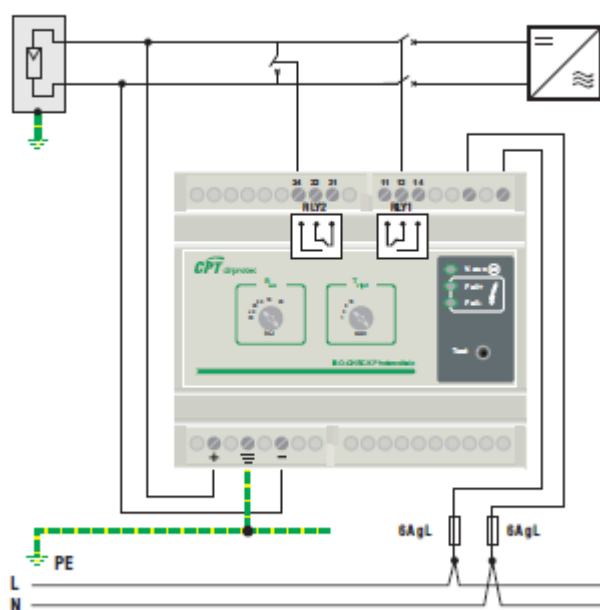
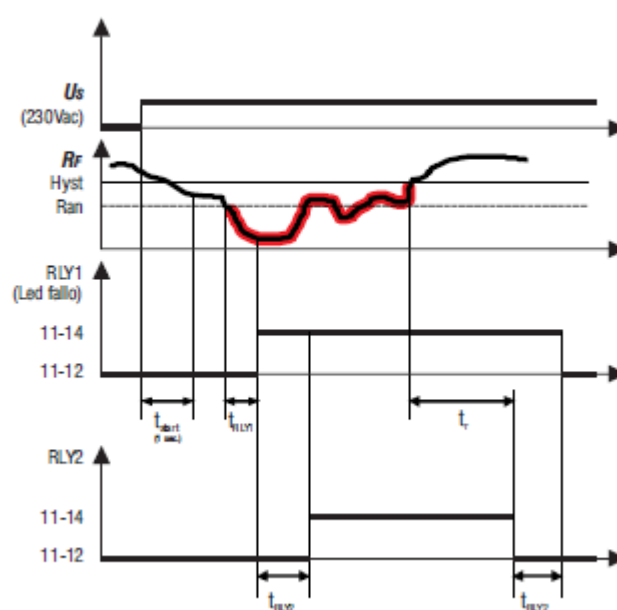


Diagrama de funcionamiento  
Functional diagram



## ANEXO 18: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INTERRUPTORES DE APERTURA Y CIERRE COMPACT NSX630B DC PV

### Hoja de características del producto

Características

**LV438969**

interruptor seccionador Compact NSX630b NA  
DC PV - 630 A - 4P



#### Principal

Gama	Compact
Nombre del producto	Compact NSX DC
Tipo de producto o componente	Interruptor seccionador
Nombre corto del dispositivo	Compact NSX630NA DC PV
Número de polos	4P
Tipo de red	CC
[Ue] Tensión nominal de empleo	1000 V CC acorde a IEC 60947-3
[Ie] Corriente nominal de empleo	DC-22A, estado 1 630 A CC 1000 V
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	1000 V CC acorde a IEC 60947-3
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	8 kV acorde a IEC 60947-3
[Ith] Corriente térmica convencional	630 A en 65 °C
[Icm] capacidad nominal de cortocircuito	20 kA solo interruptor-seccionador
Código de poder de corte	NA
Poder de seccionamiento	Sí acorde a IEC 60947-3
Indicador de posición del contacto	Sí
Corte visible	No
Categoría de empleo	DC-22A
Grado de contaminación	3 acorde a IEC 60947-3

#### Complementario

Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Conexión superior	Frontal
Conexión hacia abajo	Parte frontal
[Icw] Corriente temporal admisible	20 kA durabilidad eléctrica 1 s acorde a IEC 60947-3
Durabilidad mecánica	10000 ciclos acorde a IEC 60947-3

## ANEXO 19: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PROTECTOR CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS PSM3-40/400 TNC

### PSM3-40/400 TNC

77707866



Protección contra el rayo y las sobretensiones

Protector contra sobretensiones transitorias, tipo 2, 3 polos, Trifásico ,  
40kA(8/20),230V , para regimenes de neutro TNC



Escanee este código QR y  
conozca la gama completa



[Link a la página de producto](#)

Datos técnicos	Valor	Unidades
<b>Datos mercantiles</b>		
Código	77707866	
Descripción	PSM3-40/400 TNC	
Estado	Disponible	
EAN	8435297830146	
Partida arancelaria	8536.30.90	
<b>Dimensiones</b>		
Altura producto	90	[mm]
Anchura producto	54	[mm]
Profundidad producto	70	[mm]
Peso producto	321	[gr]
<b>Datos generales</b>		
Configuración interna	3P	
Nº polos	3	
Nº módulos DIN	3	
Instalación	(L1-L2-L3-PEN)	
Formato	Desenchufable	
Configuración de red	TNC	
Normas Producto	IEC 61643-11; EN 61643-11	
Certificaciones	CE; RCM; UL 1449	
Clasificación según EN 61643-11	Tipo 2	
Clasificación según IEC 61643-11	Clase II	
Material aislante y clase	PA66 CT1; V-0	
Grado de protección del envolvente	IP 20	

Rango temperatura		-40 °C ... +85 °C	
<b>Características técnicas</b>			
Tensión de red		230 / 400 [V]	
Tensión nominal AC 50-60 Hz (L-L)	Un (L-L)	400	[V]
Tensión máxima de servicio (L-PEN)	Uc (L-PEN)	275	[V]
Corriente máxima de descarga (8/20) (L-PEN)	I <sub>max</sub> (L-PEN)	40	[kA]
Corriente nominal de descarga (8/20) (L-PEN)	I <sub>n</sub> (L-PEN)	20	[kA]
Corriente nominal de descarga (8/20)	I <sub>n</sub>	20	[kA]
Nivel de protección en tensión (L-PEN) a I <sub>n</sub>	Up (L-PEN)	1,3	[kV]
Fusible previo máximo		125	A [gL]
Capacidad de cortocircuito	I <sub>scor</sub>	25	[kA]
Tiempo de respuesta (L-PEN)	t <sub>A</sub> (L-PEN)	25	[ns]
Indicación remota		No	
Indicación visual final de vida		Si	
Desconexión dinámica térmica (L-PEN)		Si	
<b>Características técnicas UL</b>			
File UL		E360120	
Tipo SPD UL		2CA	
Sistema de distribución de energía		3Y	
Tensión máxima de servicio continuo (L-L)	MCOV (L-L)	550	[V]
Tensión máxima de servicio continuo (L-G)	MCOV (L-G)	275	[V]
Corriente nominal de descarga (UL)	I <sub>n</sub>	20	[kA]
Nivel de protección en tensión (L-L) a I <sub>n</sub>	VPR (L-L)	1800	[V]
Nivel de protección en tensión (L-G) a I <sub>n</sub>	VPR (L-G)	900	[V]
Corriente de corto-circuito máxima	SCCR	85	[kA]

## ANEXO 20: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE VIGILANTE DE AISLAMIENTO ISO-CHECK 230V

### ISO-CHECK 230V

77706700



Protección contra el rayo y las sobretensiones

Vigilante de aislamiento para redes de 230 V.



Escanee este código QR y  
conozca la gama completa



[Link a la página de producto](#)

Datos técnicos	Valor	Unidades
<b>Datos mercantiles</b>		
Código	77706700	
Descripción	ISO-CHECK 230V	
Estado	Disponible	
EAN	8435297825845	
Partida arancelaria	8536.30.90	
Longitud embalaje	105	[mm]
<b>Dimensiones</b>		
Altura embalaje	80	[mm]
Anchura embalaje	45	[mm]
Peso embalaje	218	[gr]
Unidad de embalaje	Unidad embalaje	1
Peso producto	201	[gr]
<b>Datos generales</b>		
Nº módulos DIN	2	
Formato	DIN	
RoHs	Si	
Material aislante y clase	PC+FV; UL 94 V-0	
Grado de protección del envoltorio	IP 20	
Rango temperatura	-25 °C ... +70 °C	
<b>Características técnicas</b>		
Tipo de red eléctrica	Sistemas CA aislados	
Configuración de red	IT	
Para proteger redes	IT	
	EN 61557-8; IEC	

Normas Producto		61557-8	
Tensión de alimentación auxiliar AC 50/60 Hz	Us	230	[V]
Frecuencia nominal	fn	50 / 60	[Hz]
Fusible previo máximo		6	A [gL]
Valor respuesta	Ran	50 ... 300	[kΩ]
Desviación de respuesta (para 450V<Us<800V)		10	[%]
Tensión de medida (valor de pico) (RF=Ω)	Um	40	[V]
Corriente de medida (RF=0 Ω)	Im	200	[mA]
Resistencia interna CC	Ri	>= 100	[kΩ]
Impedancia interna (a 50 Hz)	Zi	>= 100	[kΩ]
Capacidad tolerada de derivación de la red	Ce	20.000	[uF]
Conector salida		AC-13; 6A - 250V	
Compatibilidad electromagnética (CEM)		UNE-EN-65143+A:2004	

## ANEXO 21: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INTERRUPTOR TIPO COMPACTO NSX400N, 50 KA, MICROLOGIC 1,3

### Ficha técnica del producto **LV432749**

#### Características

circuit breaker Compact NSX400N, 50 kA at 415 VAC, Micrologic 1.3 M trip unit 320 A, 3 poles 3d



#### Principal

Gama	Compact
Nombre del producto	Compact NSX
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Nombre corto del dispositivo	Compact NSX400N
Aplicación del dispositivo	Motor
Número de polos	3P
Descripción de polos protegidos	3t
Tipo de red	CA
Frecuencia de red	50/60 Hz
Corriente nominal (In)	320 A en 65 °C
[Ui] tensión asignada de aislamiento	800 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	8 kV
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V CA 50/60 Hz
Poder de corte	N 50 kA 415 V CA
Poder de corte	85 kA en 240 V CA 50/60 Hz acorde a UL 508 22 kA Icu en 525 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 85 kA Icu en 220/240 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 10 kA Icu en 660/690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 30 kA Icu en 500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 20 kA en 600 V CA 50/60 Hz acorde a UL 508 50 kA en 480 V CA 50/60 Hz acorde a UL 508 50 kA Icu en 380/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 42 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Ics] poder de corte en servicio	11 kA en 525 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 85 kA en 220/240 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 10 kA en 660/690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 50 kA en 380/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 30 kA en 500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 42 kA en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
Apto para seccionamiento	Sí acorde a EN 60947-2 Sí acorde a IEC 60947-2

Categoría de empleo	Categoría A
Unidad de control	Micrologic 1.3 M
Tecnología de unidad de disparo	Electrónico
Funciones de protección de unidad de control	I
Grado de contaminación	3 acorde a IEC 60664-1

### Complementario

Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Tipo de montaje	Placa posterior
Conexión superior	Frontal
Conexión hacia abajo	Parte frontal
Endurancia mecánica	15000 ciclos
Durabilidad eléctrica	12000 ciclos 440 V In/2 acorde a IEC 60947-2 3000 ciclos 690 V In acorde a IEC 60947-2 6000 ciclos 440 V In acorde a IEC 60947-2 6000 ciclos 690 V In/2 acorde a IEC 60947-2
Paso de conexión	45 mm
Señalizaciones en local	LED preparado
Tipo de protección	Protección contra cortocircuitos (magnética)
Calibre de la unidad de disparo	320 A en 65 °C
Tipo de ajuste de detección de Isd de corto retardo	9 regulaciones
[Isd] intervalo de ajuste de detección a corto plazo	3840 A 3200 A 2880 A 2560 A 1600 A 4160 A 3520 A 1920 A 2440 A
Tipo de ajuste de retardo de corta duración	Fijo
Tipo de ajuste de detección instantánea Ii	Fijo
Intervalo de ajuste de detección instantánea	4800 A
Altura	255 mm
Anchura	140 mm
Profundidad	110 mm
Peso del producto	6.05 kg
Código de compatibilidad	NSX400

### Entorno

Categoría de sobretensión	Clase II
Clase de protección frente a descargas eléctricas	Clase II
Normas	EN/IEC 60947 UL 508
Certificaciones de producto	Marine CCC EAC
Grado de protección IP	IP40 acorde a IEC 60529
Grado de protección IK	IK07 acorde a IEC 62262
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C

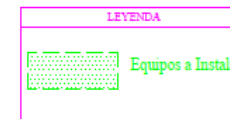
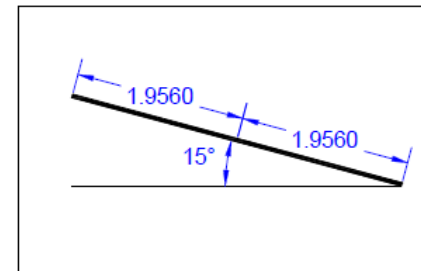
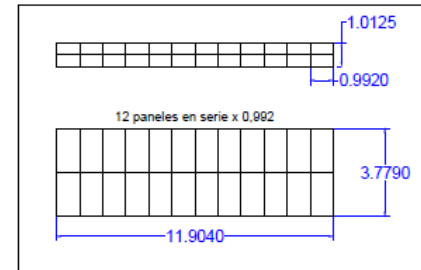
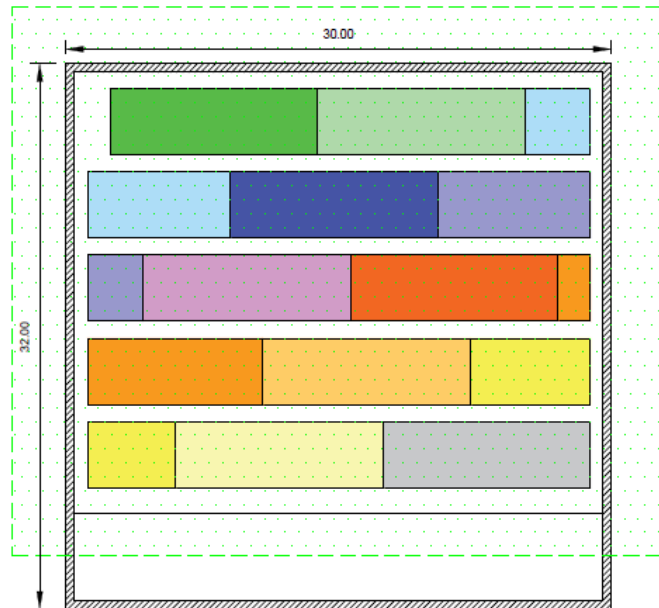
## ANEXO 22: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PV BOX

Device short name	PV Box RT 1080	PV Box RT 1260	PV Box RT 1360
<b>Electrical specifications</b>			
<b>DC Input</b>			
Voltage range, MPPT	440 - 800 V (at PF=1)	510 - 800 V (at PF=1)	550 - 800 V (at PF=1)
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Max. DC current	2 x 1280 A	2 x 1280 A	2 x 1280 A
<b>AC output</b>			
Nominal power	1080 kVA	1260 kVA	1360 kVA
Nominal voltage	up to 36 kV	up to 36 kV	up to 36 kV
Frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Power factor range (PQ dispatch)	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging
<b>Equipment</b>			
Inverters	2 x XC 540	2 x XC 630	2 x XC 680
DC connection	2 x DC Box 6 input or 2 x DC Box 10 input (+/-)		
DC fuse range <sup>a</sup>	DC Box 6: 315 A, 350 A, 400 A / DC Box 10: 160 A, 200 A, 250 A		
Transformer type	Schneider Electric Minera oil type ONAN		
Transformer losses	C0Bk (according to EN 50464-1) or compliant with Ecodesign regulation (depending on geographies)		
Medium voltage switchgear U ≤ 24 kV	Schneider Electric RM6 ring main unit type NE-DI with Sepam 10 protection relay		
Medium voltage switchgear 24 kV ≤ U ≤ 36 kV	Schneider Electric Flusarc ring main unit type CB-C with Sepam 10 protection relay		
<b>Optional content</b>			
Automatic progressive reconnection <sup>b</sup>	MV circuit breaker motorization, configurable timer		
Auxiliary power transformer	10 kVA / 400 V		
DC input measurement	DC Box monitored		
Monitoring and control	Conext Control™ monitoring cabinet with secured power supply		
Safety kit	Fire-extinguisher, insulated MV rod and gloves, insulating stool		
Service kit	Contacts on doors and smoke detector (available with Conext Control option)		
Service contract	Worldwide service team - consult your sales representative for service offer		
<b>External operating conditions</b>			
<b>Temperature</b>			
Standard temperature range	-10°C / +40°C(3)		
Other temperature ranges	Continental (-20°C / +45°C), Desert / Tropical (-10°C / +50°C), Very cold (-35°C / + 45°C)		
<b>Pollution</b>			
Standard low polluted environment (Rural and suburban environment)	G4 filters		
Option polluted environment (desert, urban...) <sup>c</sup>	External filter box (G4 and F9 filters, fans, speed drives)		
<b>Other conditions</b>			
Max. relative humidity	100%		
Max. altitude above sea level <sup>d</sup>	2000 m		
Max. wind speed	123 km / h		
Max. snow load	250 kg / m <sup>2</sup>		
IP grade LV / MV compartment	IP44 / IP54		
IP grade transformer compartment	IP23		
<b>General specifications</b>			
<b>Dimensions and weight</b>			
During transportation (H x W x D)	3.10 x 2.50 x 8.90 (or 9.70 <sup>e</sup> ) m		
Assembled on site (H x W x D)	2.65 x 3.15 x 8.90 (or 9.70 <sup>e</sup> ) m		
Weight approx. with standard content	24 tons		
<b>Material</b>			
Basement	Concrete basement included		
Walls and roof	Sandwich panel with mineral wool (50 mm) EI 30 minutes		
<b>Cooling</b>			
LV and MV switchboard compartment <sup>f</sup>	Ensured by inverter fans		
Transformer compartment	Natural		
<b>Regulatory approval</b>			
Electrical standards	IEC 62271-202, IEC 61439, IEC 62271-200, IEC 60076		
Type-test certification	IEC 62271-202		
Internal arc classification (acc. to IEC 62271-202)	IAC-A		
General ventilation filters standard	EN779:2012		
Building standards	Eurocodes		

Specifications are subject to change without notice.

<sup>a</sup>Fuses may be ordered separately. <sup>b</sup>To avoid simultaneous reconnection of every PV Boxes and for automatic opening and reclosing on grid voltage loss (grid requirement). <sup>c</sup>Derating: See Conext Core XC inverter application note. <sup>d</sup>For dust or sand (IEC 60721-2-5 [54.2.4]) size <150 µm and concentration <2 mg / m<sup>3</sup>. <sup>e</sup>Power derating above 1000 m. Above 2000 m special requirements. <sup>f</sup>In case of filter box option. <sup>g</sup>Extra fans in filter box only for polluted environment.

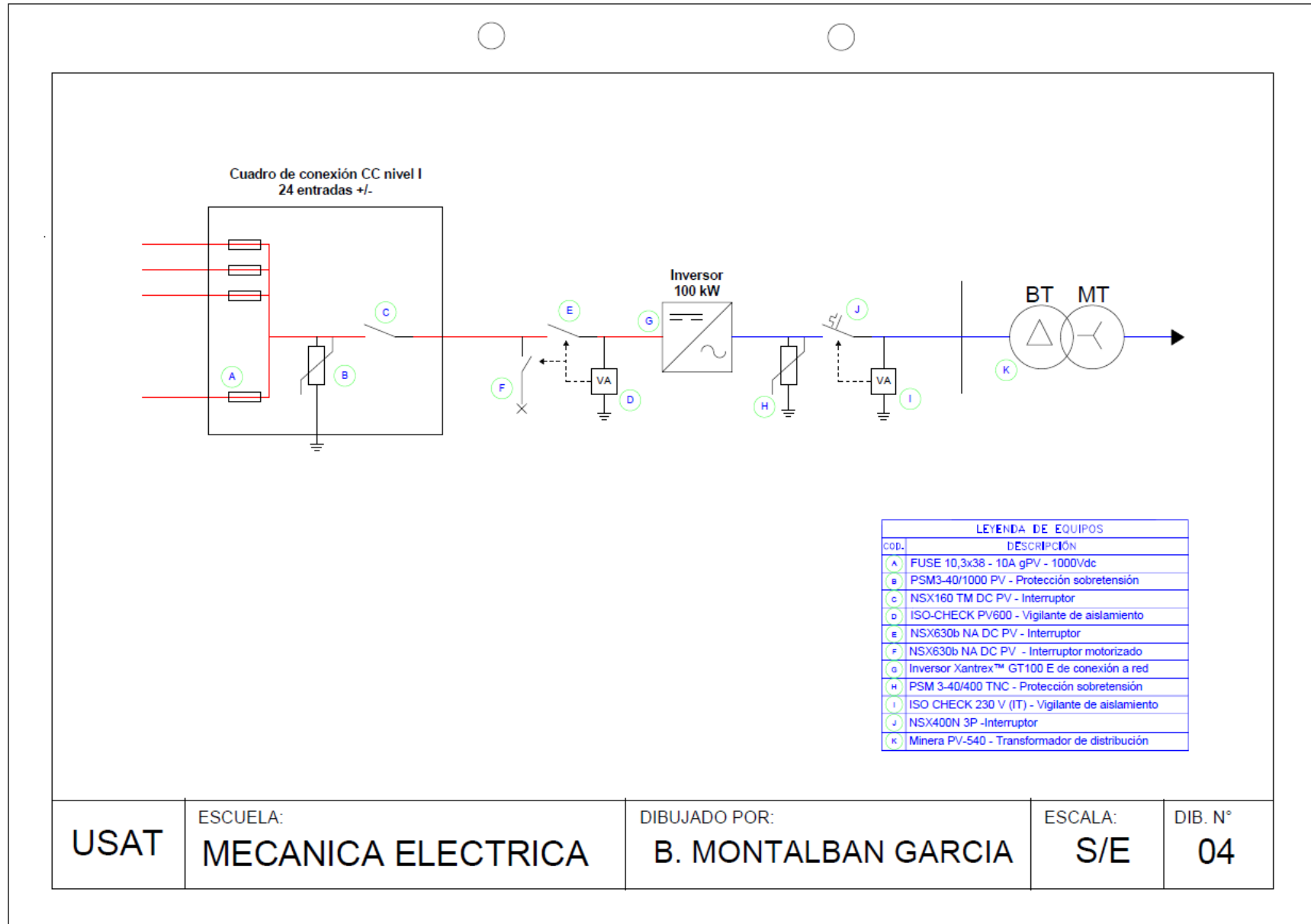
ANEXO 23: DISTRIBUCIÓN DE PLANTA FOTOVOLTAICA



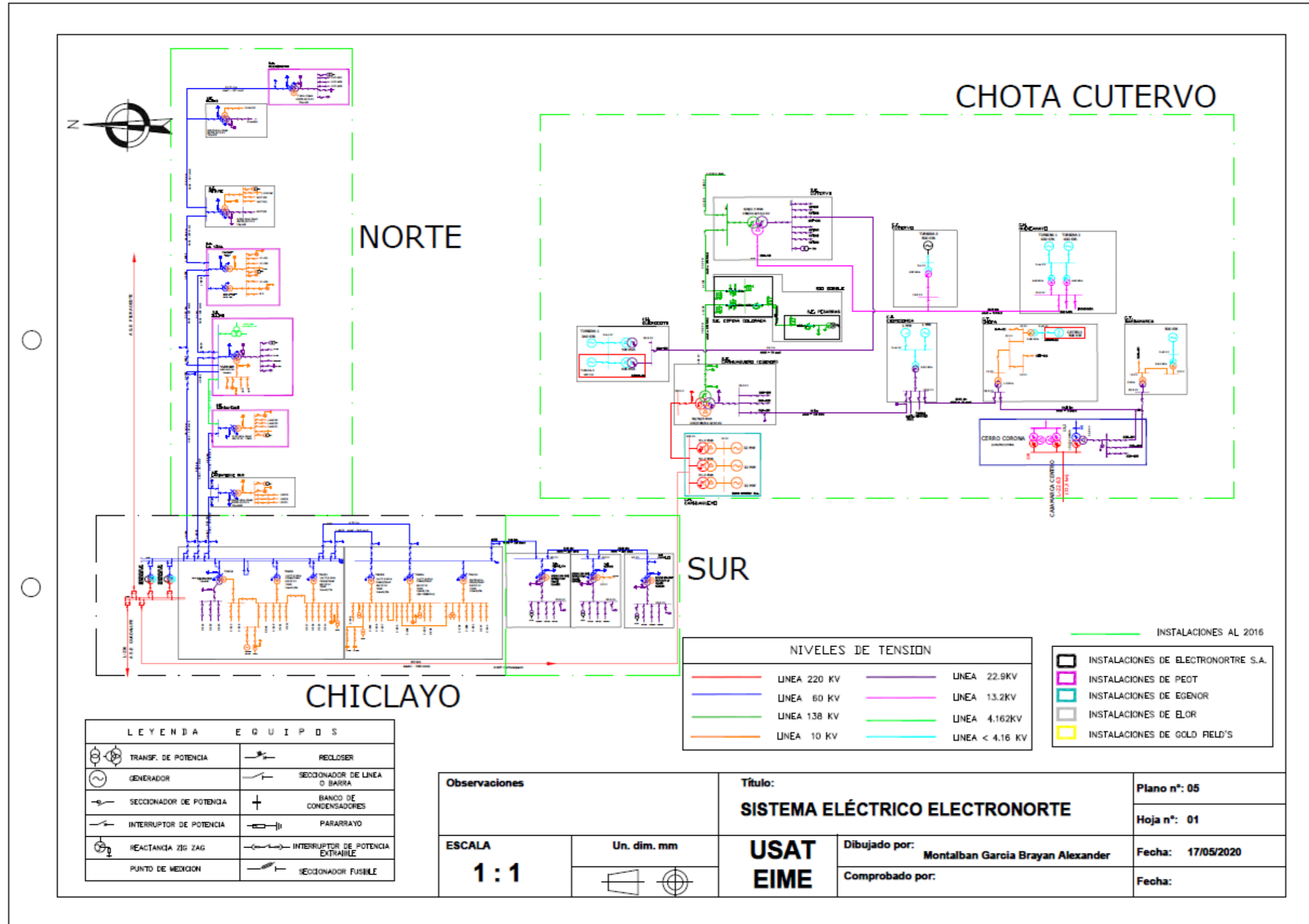
(\*NOTA: Cada color significa dos series de 12 paneles c/u

USAT	ESCUELA: MECANICA ELECTRICA	DIBUJADO POR: B. MONTALBAN GARCIA	ESCALA: 1 : 25	DIB. N° 03
------	--------------------------------	--------------------------------------	-------------------	---------------

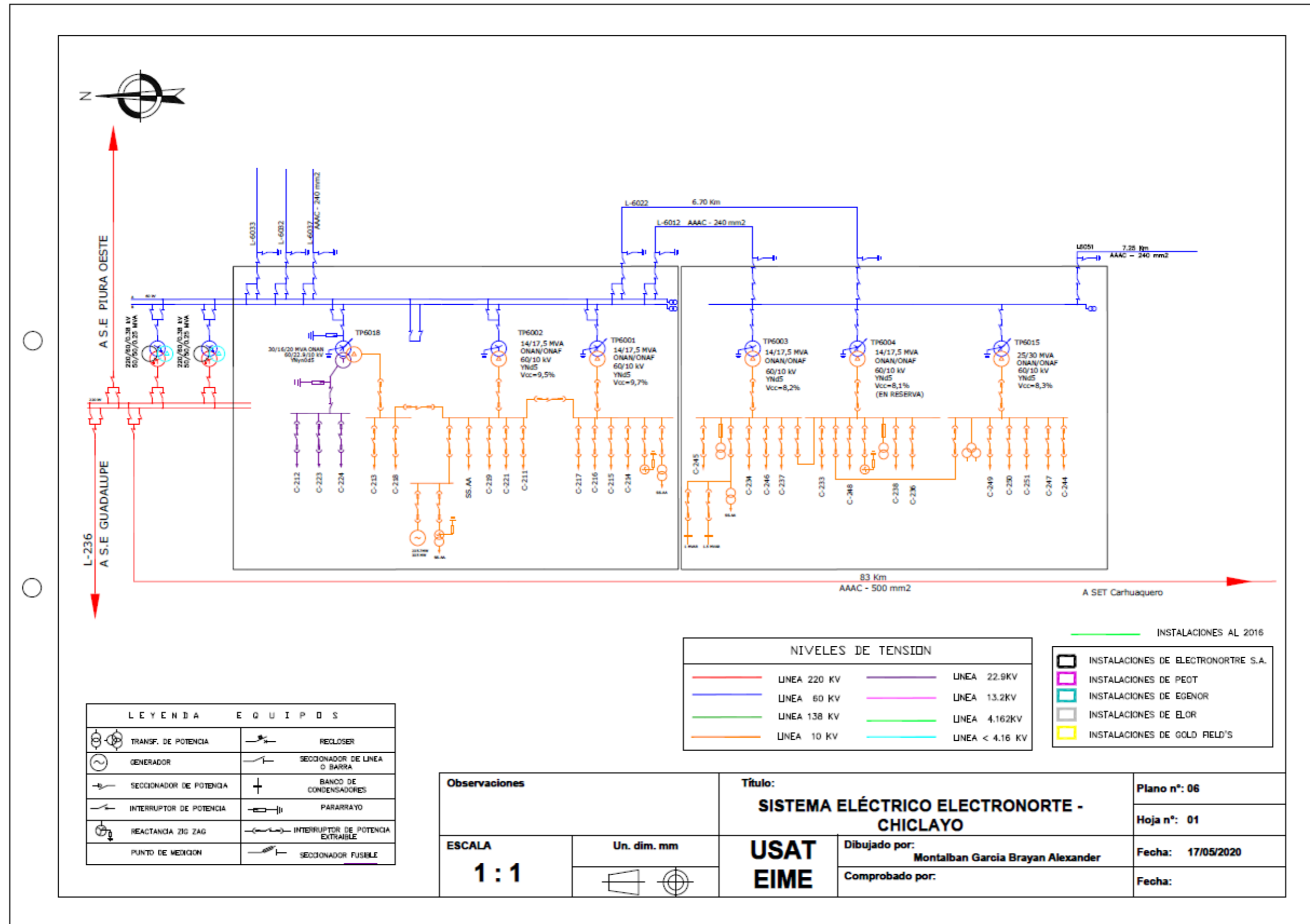
## ANEXO 24: DIAGRAMA UNIFILAR DE PLANTA FOTOVOLTAICA



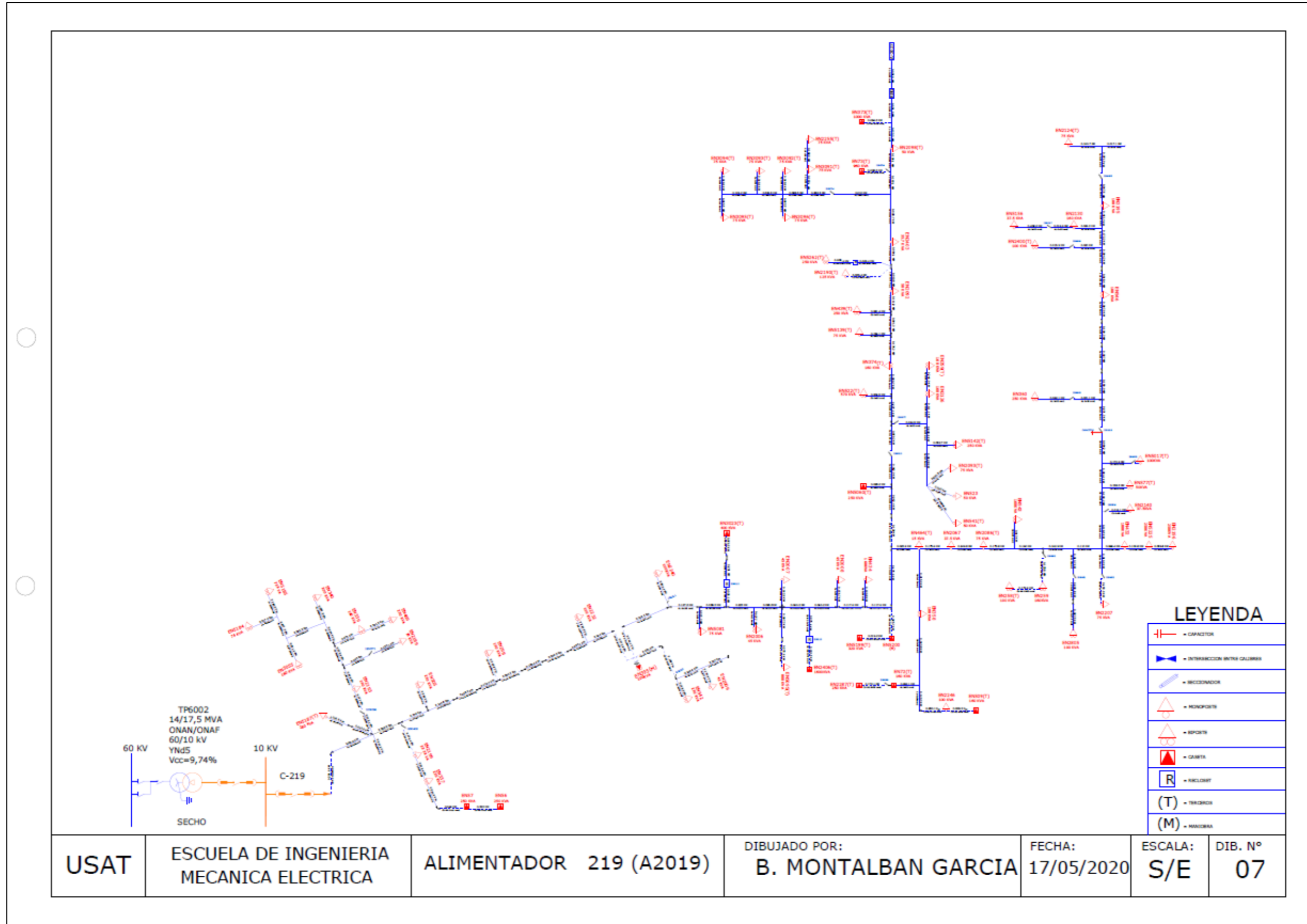
ANEXO 25: SISTEMA ELÉCTRICO ELECTRONORTE



ANEXO 26: SISTEMA ELÉCTRICO ELECTRONORTE-CHICLAYO



ANEXO 27: ALIMENTADOR C-219

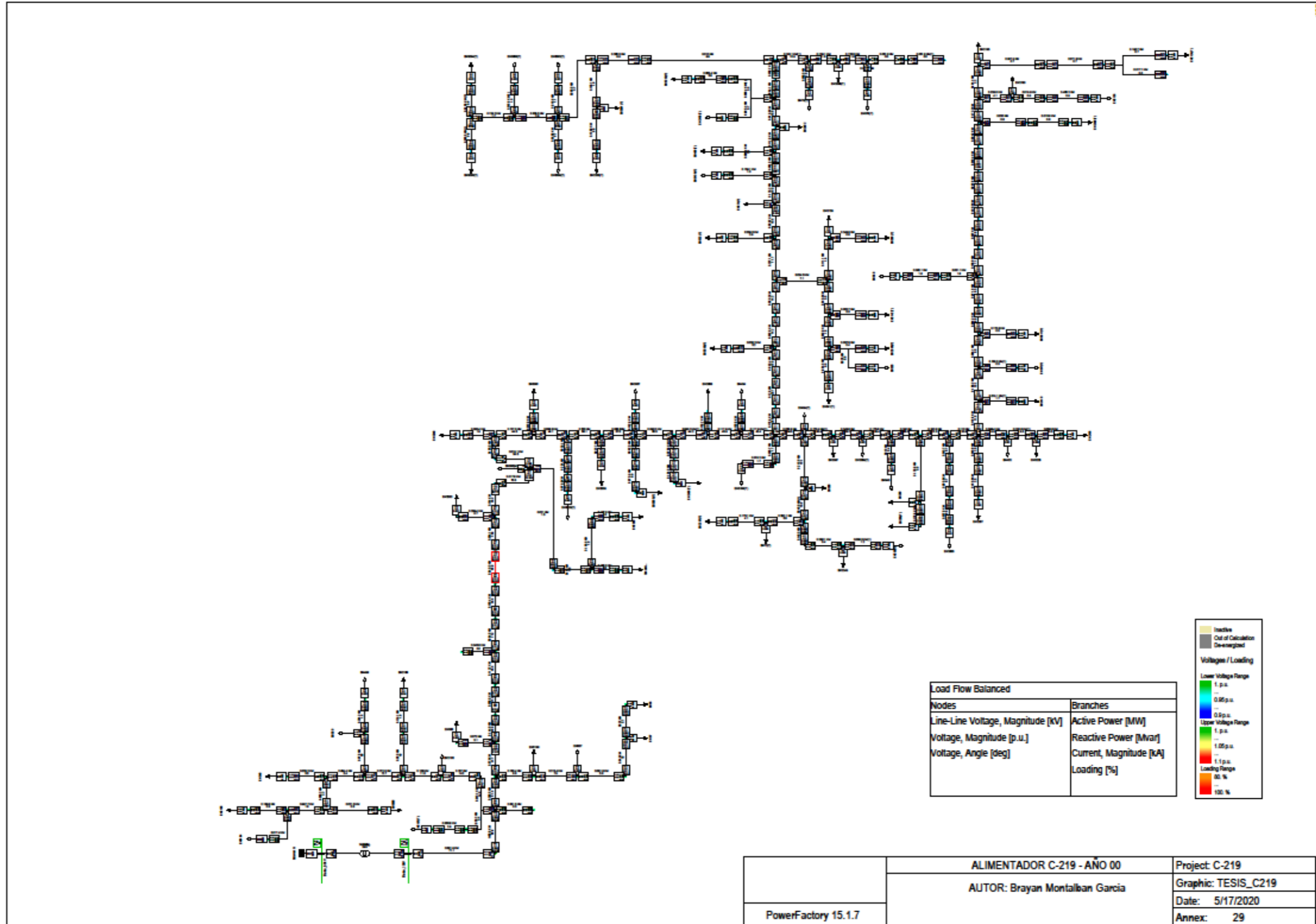


ANEXO 28: DEMANDA MÁXIMA DE SUBESTACIONES DEL ALIMENTADOR  
C-219

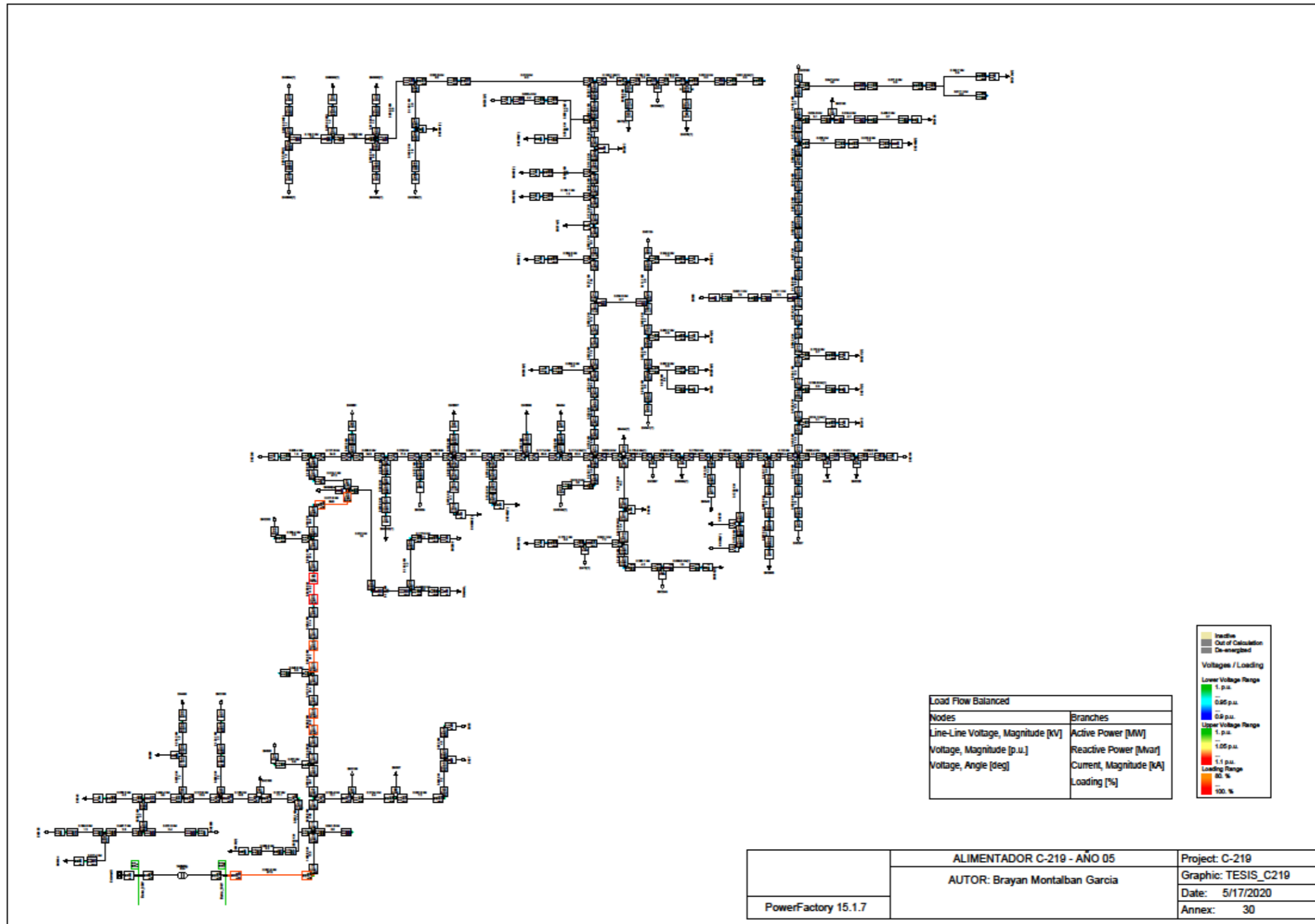
Código de Alimentador	Código de Subestación de Distribución Eléctrica	Estructura	Potencia Instalada (kVA)	Demanda Máxima SED (MW)	Factor de Carga	Demanda Máxima Actualizada (MW)
C-219	EN73(T)	Caseta	960	0,2171	0,883	0,1917
C-219	EN72(T)	Caseta	160	0,0945	0,8830	0,0834
C-219	EN577(T)	Biposte	50	0,0075	0,8830	0,0066
C-219	EN57	Caseta	250	0,1079	0,8830	0,0953
C-219	EN56	Caseta	250	0,1073	0,8830	0,0948
C-219	EN546	Biposte	100	0,0458	0,8830	0,0404
C-219	EN543	Biposte	160	0,0954	0,8830	0,0842
C-219	EN542	Biposte	250	0,0865	0,8830	0,0764
C-219	EN541(T)	Monoposte	50	0,0189	0,8830	0,0167
C-219	EN5262(T)	Biposte	250	0,1268	0,8830	0,1119
C-219	EN523	Monoposte	50	0,0145	0,8830	0,0128
C-219	EN5225	Biposte	250	0,0855	0,8830	0,0755
C-219	EN522(T)	Biposte	570	0,0855	0,8830	0,0755
C-219	EN5200(M)	Caseta			0,8830	0
C-219	EN5199(T)	Caseta	320	0,1144	0,8830	0,1011
C-219	EN5187(T)	Monoposte	250	0,1144	0,8830	0,1011
C-219	EN5185	Biposte	75	0,0343	0,8830	0,0303
C-219	EN5184	Biposte	75	0,0343	0,8830	0,0303
C-219	EN5156	Monoposte	37,5	0,0172	0,8830	0,0152
C-219	EN5142(T)	Biposte	250	0,1144	0,8830	0,1011
C-219	EN5139(T)	Monoposte	75	0,0343	0,8830	0,0303
C-219	EN5095(T)	Monoposte	800	0,3662	0,8830	0,3234
C-219	EN509(T)	Caseta	160	0,0345	0,8830	0,0305
C-219	EN5081	Biposte	75	0,0343	0,8830	0,0303
C-219	EN5060(T)	Caseta	250	0,1144	0,8830	0,1011
C-219	EN5055	Biposte	160	0,0114	0,8830	0,0101
C-219	EN505	Biposte	250	0,0885	0,8830	0,0781
C-219	EN5017(T)	Monoposte	100	0,0150	0,8830	0,0132
C-219	EN469	Biposte	250	0,0448	0,8830	0,0396
C-219	EN464(T)	Monoposte	15	0,0068	0,8830	0,0060
C-219	EN439(T)	Biposte	250	0,0584	0,8830	0,0516
C-219	EN434	Monoposte	160	0,0747	0,8830	0,0659
C-219	EN432	Monoposte	100	0,0150	0,8830	0,0132
C-219	EN395(M)	Caseta	100	0,0406	0,8830	0,0359
C-219	EN374(T)	Biposte	160	0,0240	0,8830	0,0212
C-219	EN373(T)	Caseta	1000	0,1500	0,8830	0,1325
C-219	EN360	Biposte	250	0,0521	0,8830	0,0460
C-219	EN359(T)	Biposte	160	0,0240	0,8830	0,0212
C-219	EN358	Monoposte	100	0,0631	0,8830	0,0557
C-219	EN340	Biposte	200	0,1092	0,8830	0,0964

Código de Alimentador	Código de Subestación de Distribución Eléctrica	Estructura	Potencia Instalada (kVA)	Demanda Máxima SED (MW)	Factor de Carga	Demanda Máxima Actualizada (MW)
C-219	EN339	Biposte	160	0,1243	0,8830	0,1098
C-219	EN337	Biposte	250	0,0437	0,8830	0,0386
C-219	EN3096(T)	Monoposte	75	0,0264	0,8830	0,0233
C-219	EN3095(T)	Monoposte	75	0,0278	0,8830	0,0246
C-219	EN3094(T)	Monoposte	75	0,0310	0,8830	0,0273
C-219	EN3093(T)	Monoposte	75	0,0444	0,8830	0,0392
C-219	EN3092(T)	Monoposte	75	0,0376	0,8830	0,0332
C-219	EN3091(T)	Monoposte	75	0,0379	0,8830	0,0334
C-219	EN3023(T)	Caseta	400	0,0600	0,8830	0,0530
C-219	EN298	Biposte	160	0,0483	0,8830	0,0427
C-219	EN2805	Biposte	100	0,0199	0,8830	0,0176
C-219	EN259	Biposte	160	0,0445	0,8830	0,0393
C-219	EN258(T)	Biposte	100	0,0534	0,8830	0,0472
C-219	EN2406(T)	Caseta	1600	0,3955	0,8830	0,3492
C-219	EN2403	Monoposte	35,7	0,0056	0,8830	0,0050
C-219	EN2400(T)	Biposte	100	0,0240	0,8830	0,0212
C-219	EN2287(T)	Caseta	250	0,1144	0,8830	0,1011
C-219	EN2255(T)	Monoposte	75	0,0297	0,8830	0,0263
C-219	EN2246	Monoposte	100	0,0604	0,8830	0,0533
C-219	EN2240	Biposte	100	0,0567	0,8830	0,0501
C-219	EN2232	Biposte	100	0,0384	0,8830	0,0339
C-219	EN2207	Monoposte	75	0,0569	0,8830	0,0502
C-219	EN2199	Monoposte	37,5	0,0769	0,8830	0,0679
C-219	EN2196	Monoposte	250	0,0907	0,8830	0,0801
C-219	EN2195	Monoposte	100	0,0421	0,8830	0,0372
C-219	EN2193	Monoposte	160	0,0785	0,8830	0,0693
C-219	EN2190(T)	Monoposte	125	0,0218	0,8830	0,0193
C-219	EN2189	Monoposte	75	0,0666	0,8830	0,0588
C-219	EN2140	Monoposte	37,5	0,0484	0,8830	0,0428
C-219	EN2130	Monoposte	160	0,1033	0,8830	0,0912
C-219	EN2126	Biposte	160	0,0240	0,8830	0,0212
C-219	EN2124(T)	Monoposte	75	0,0210	0,8830	0,0185
C-219	EN2098(T)	Monoposte	50	0,0075	0,8830	0,0066
C-219	EN2093(T)	Monoposte	75	0,0113	0,8830	0,0099
C-219	EN2092	Monoposte	50	0,0060	0,8830	0,0053
C-219	EN2086(T)	Monoposte	75	0,0343	0,8830	0,0303
C-219	EN2067	Monoposte	37,5	0,0271	0,8830	0,0239
C-219	EN2009	Monoposte	45	0,0420	0,8830	0,0371
C-219	EN2008	Monoposte	45	0,0325	0,8830	0,0287
C-219	EN2007	Monoposte	45	0,0361	0,8830	0,0319
C-219	EN2006	Biposte	45	0,0680	0,8830	0,0601

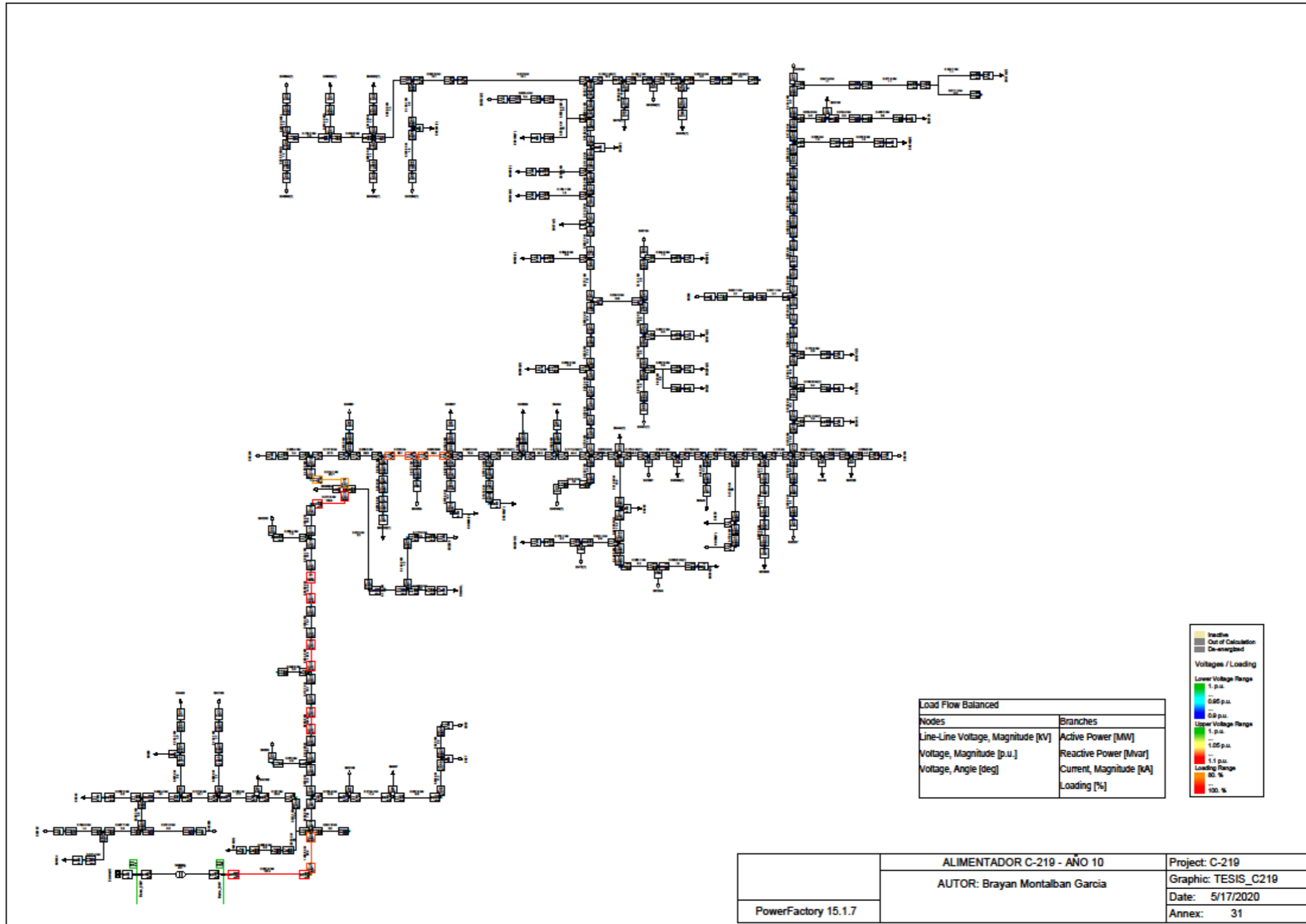
ANEXO 29: FLUJO DE POTENCIA DE ALIMENTADOR C-219 EN SOFTWARE DIGSILENT – AÑO 00



ANEXO 30: FLUJO DE POTENCIA DE ALIMENTADOR C-219 EN SOFTWARE DIGSILENT – AÑO 05



ANEXO 31: FLUJO DE POTENCIA DE ALIMENTADOR C-219 EN SOFTWARE DIGSILENT – AÑO 10



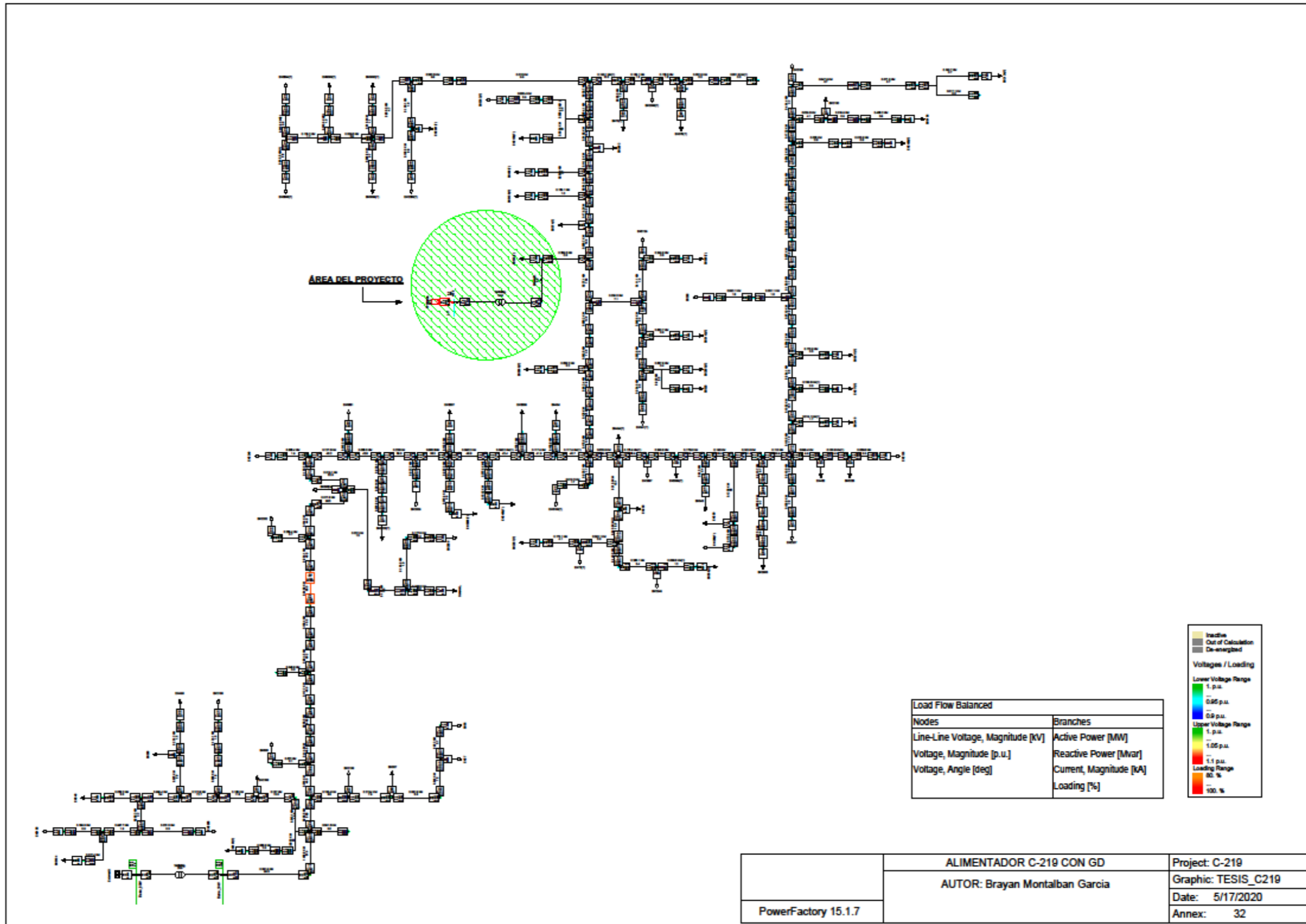
## ANEXO 32: Tasa de Crecimiento

## ANÁLISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO

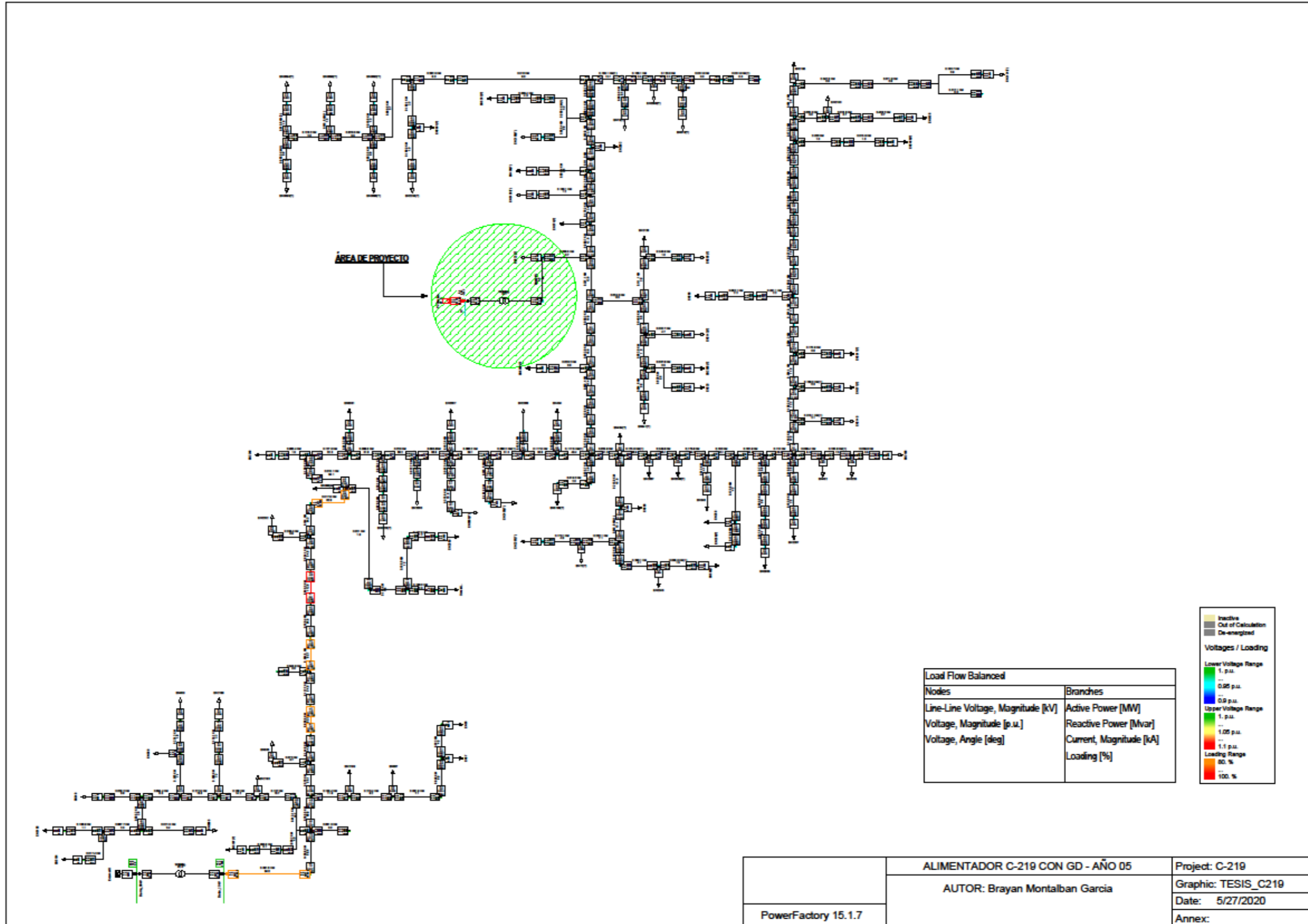
## OPTIMIZACIÓN MEDIANTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES Y AUTOMATIZACIÓN EN LAS SUBESTACIONES TIPO CASETA DE LAS UNIDADES DE NEGOCIOS CHICLAYO Y SUCURBALES

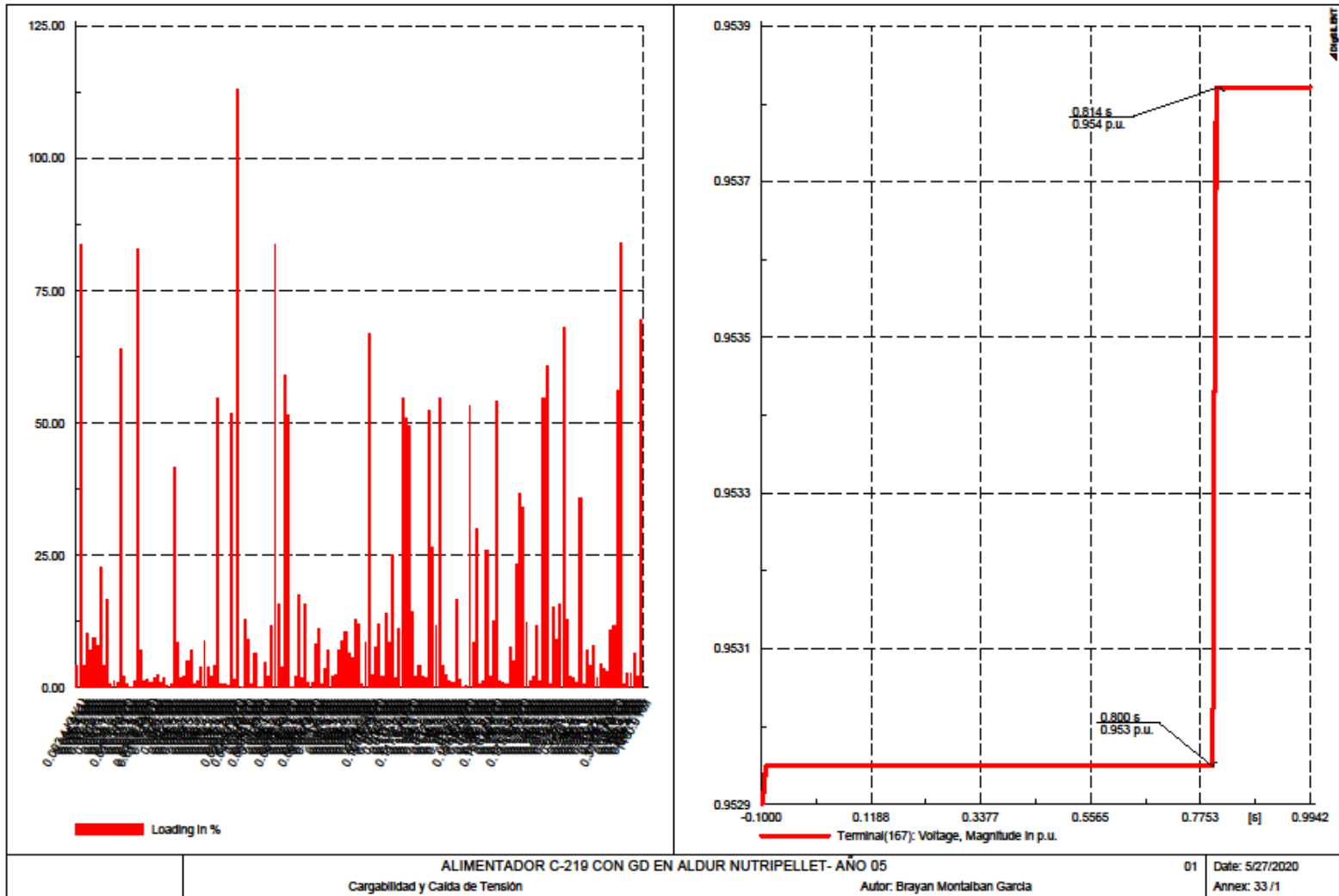
Año	Categoría	Ingreso de Media Tensión					Ingreso de Baja Tensión					
		Energía		Demanda Máxima		Factor de Carga (fc)	Energía		Demanda Máxima		Factor de Carga (fc)	
		MWh	Tasa (%)	MW	Tasa (%)		MWh	Tasa (%)	MW	Tasa (%)		
2008	Histórico	01	320290				212647	--		--		
2009		02	340733	6,4%			223701	5,2%				
2010		03	358960	5,3%			234891	5,0%				
2011		04	389070	8,4%			255486	8,8%				
2012		05	413468	6,3%			263530	3,1%				
2013		06	437506	5,8%			278008	5,5%				
2014		07	463009	5,8%			291729	4,9%				
2015		08	492498	6,4%			302273	3,6%				
2016		09	493444	0,2%			309719	2,5%				
2017		10-00	469080	-4,9%	10,724		0,75	312965	1,0%	7,16		0,75
2018	Proyección	01	492291	4,9%	11,149	4,0%	0,75	326863	4,4%	7,40	3,5%	0,75
2019		02	516230	4,9%	11,594	4,0%	0,75	341194	4,4%	7,66	3,5%	0,75
2020		03	540896	4,8%	12,058	4,0%	0,75	355956	4,3%	7,94	3,5%	0,75
2021		04	566291	4,7%	12,540	4,0%	0,75	371149	4,3%	8,22	3,6%	0,75
2022		05	592413	4,6%	13,040	4,0%	0,75	386775	4,2%	8,51	3,6%	0,75
2023		06	619262	4,5%	13,560	4,0%	0,75	402832	4,2%	8,82	3,6%	0,75
2024		07	646840	4,5%	14,100	4,0%	0,75	419322	4,1%	9,14	3,6%	0,75
2025		08	675145	4,4%	14,660	4,0%	0,75	436243	4,0%	9,47	3,6%	0,75
2026		09	704177	4,3%	15,242	4,0%	0,75	453596	4,0%	9,82	3,6%	0,75
2027		10	733938	4,2%	15,845	4,0%	0,75	471380	3,9%	10,18	3,7%	0,75
2028		11	764426	4,2%	16,470	3,9%	0,75	489597	3,9%	10,55	3,7%	0,75
2029		12	795641	4,1%	17,118	3,9%	0,75	508245	3,8%	10,93	3,7%	0,75
2030		13	827585	4,0%	17,789	3,9%	0,75	527325	3,8%	11,34	3,7%	0,75
2031		14	860256	3,9%	18,485	3,9%	0,75	546837	3,7%	11,75	3,7%	0,75
2032		15	893655	3,9%	19,205	3,9%	0,75	566781	3,6%	12,18	3,7%	0,75
2033		16	927781	3,8%	19,951	3,9%	0,75	587156	3,6%	12,63	3,7%	0,75
2034		17	962635	3,8%	20,723	3,9%	0,75	607964	3,5%	13,09	3,7%	0,75
2035		18	998217	3,7%	21,522	3,9%	0,75	629203	3,5%	13,57	3,7%	0,75
2036		19	1034526	3,6%	22,349	3,8%	0,75	650874	3,4%	14,06	3,6%	0,75
2037		20	1071563	3,6%	23,204	3,8%	0,75	672976	3,4%	14,57	3,6%	0,75

ANEXO 33: FLUJO DE POTENCIA DE ALIMENTADOR C-219 EN SOFTWARE DIGSILENT INCLUYENDO GD EN “ALDUR NUTRIPELLET” – AÑO 00



ANEXO 34: FLUJO DE POTENCIA DE ALIMENTADOR C-219 EN SOFTWARE DIGSILENT INCLUYENDO GD EN “ALDUR NUTRIPELLET” – AÑO 05



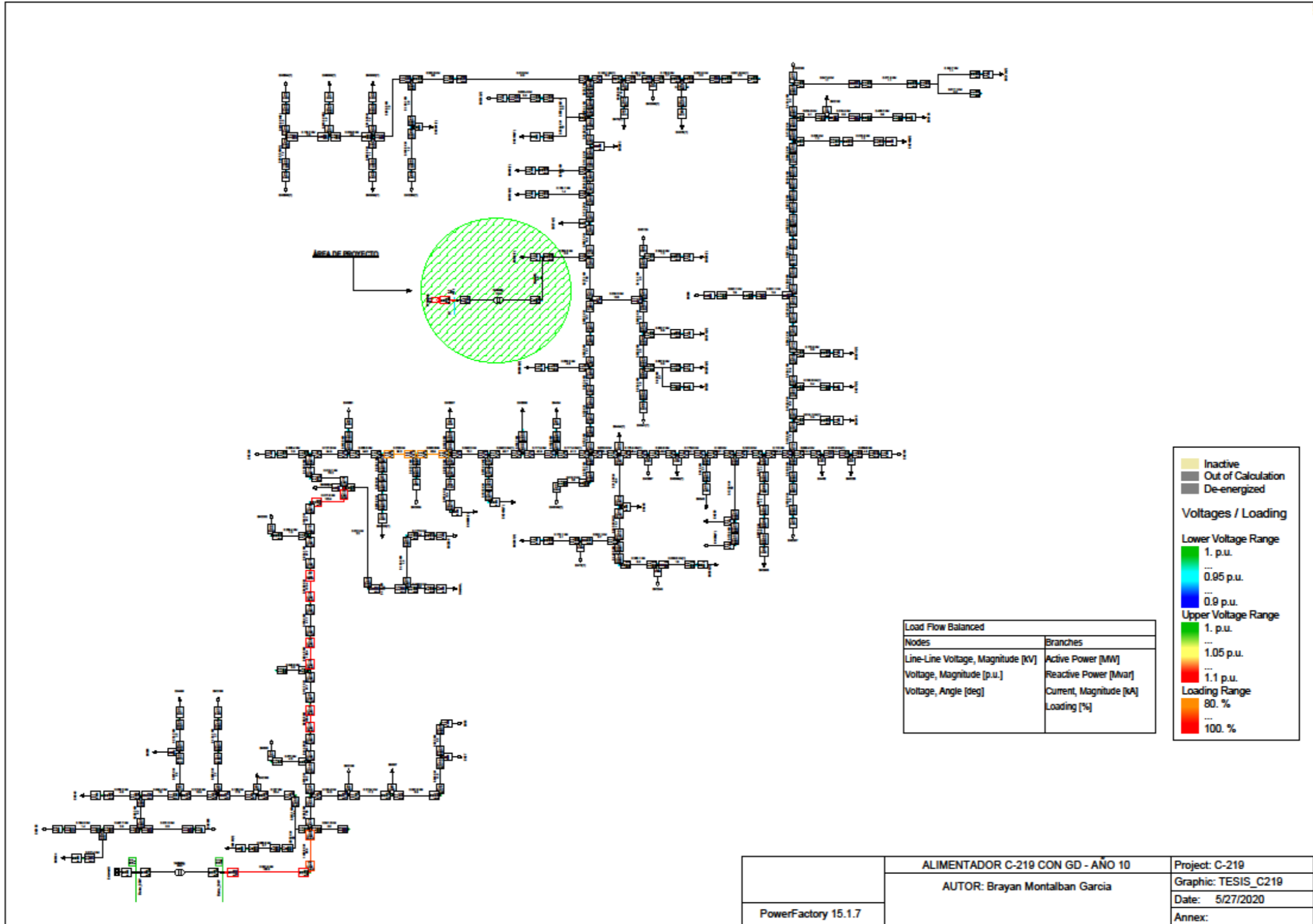


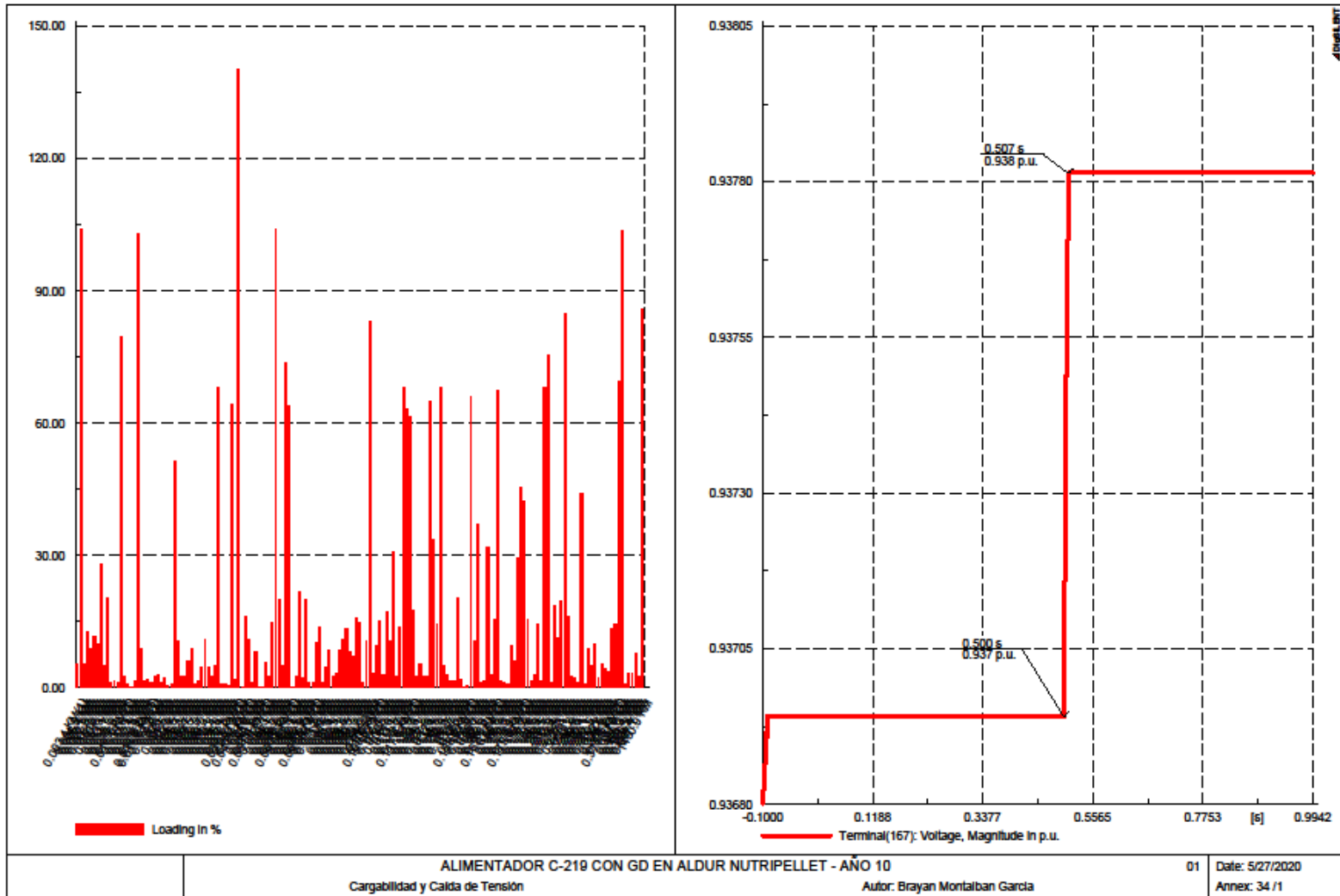
ALIMENTADOR C-219 CON GD EN ALDUR NUTRIPELLET- AÑO 05  
 Cargabilidad y Calda de Tensión

Autor: Brayan Montalban Garcia

01 Date: 5/27/2020  
 Annex: 33 /1

ANEXO 35: FLUJO DE POTENCIA DE ALIMENTADOR C-219 EN SOFTWARE DIGSILENT INCLUYENDO GD EN “ALDUR NUTRIPELLET” – AÑO 10



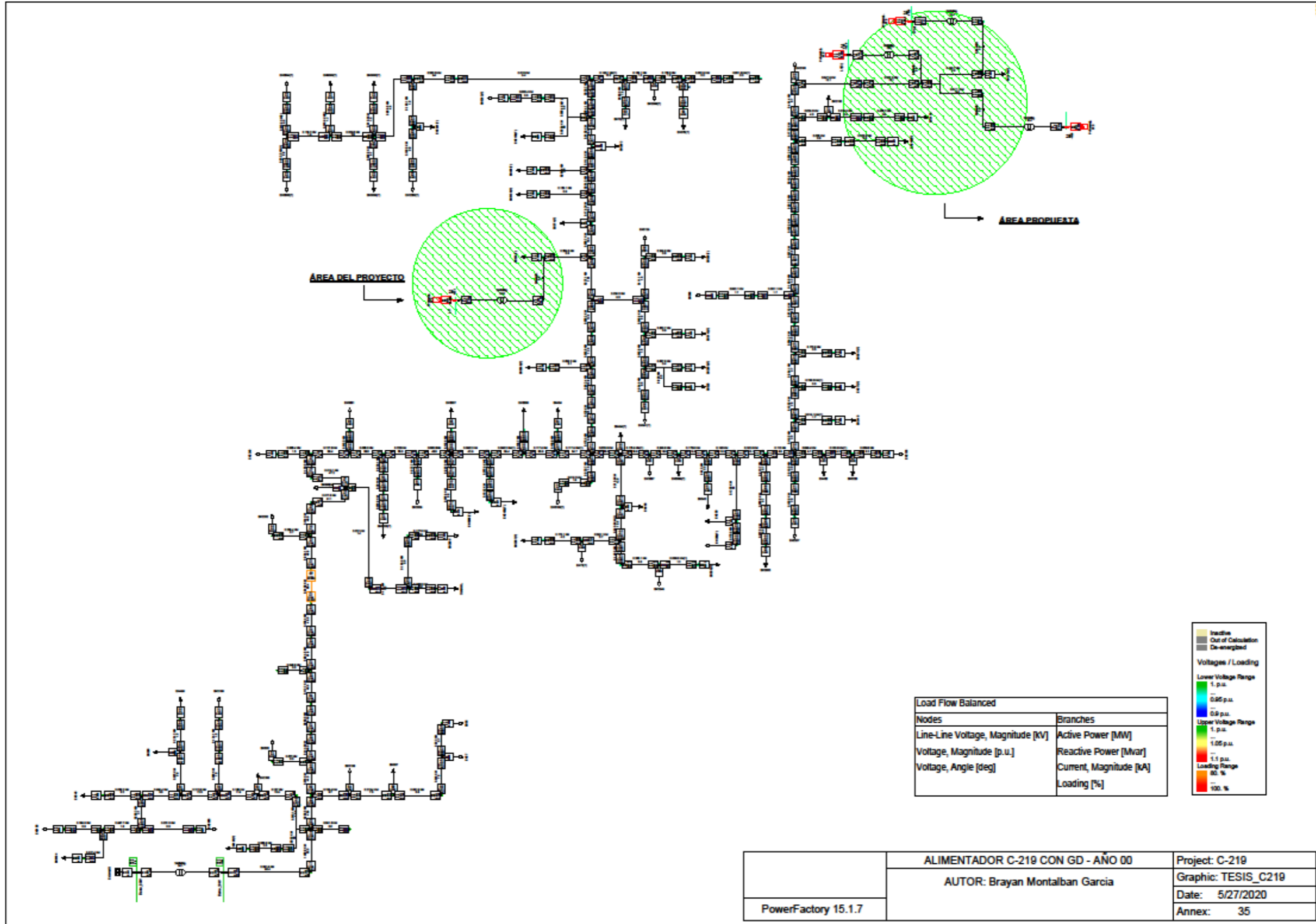


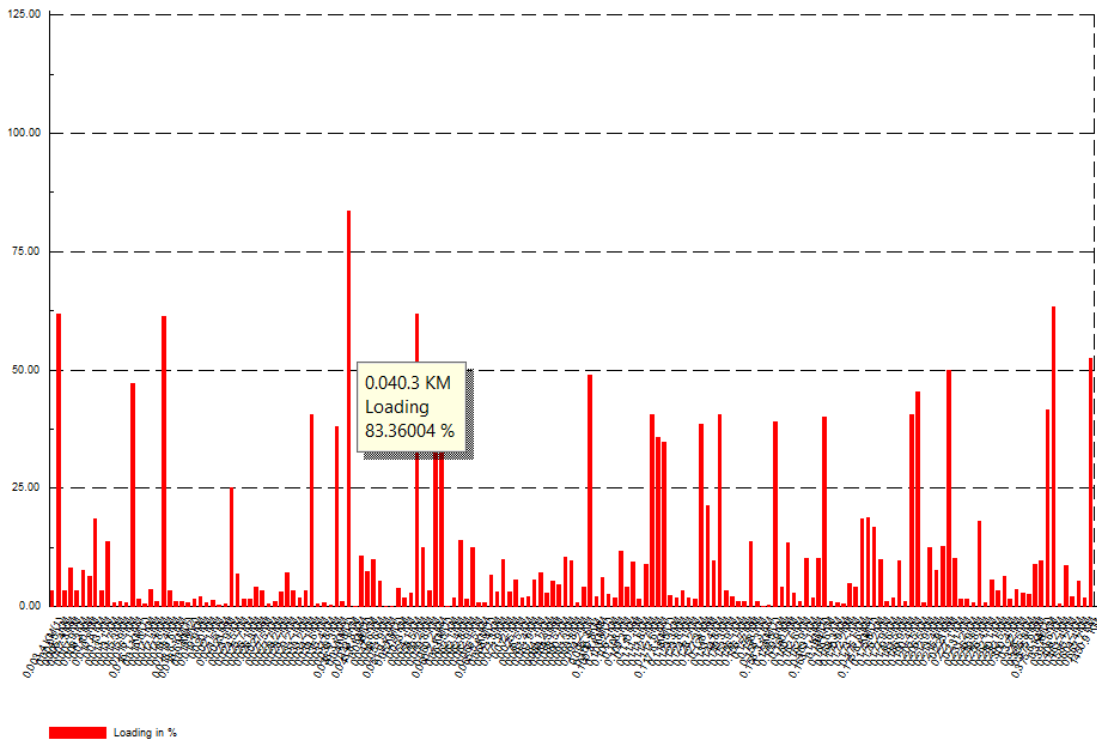
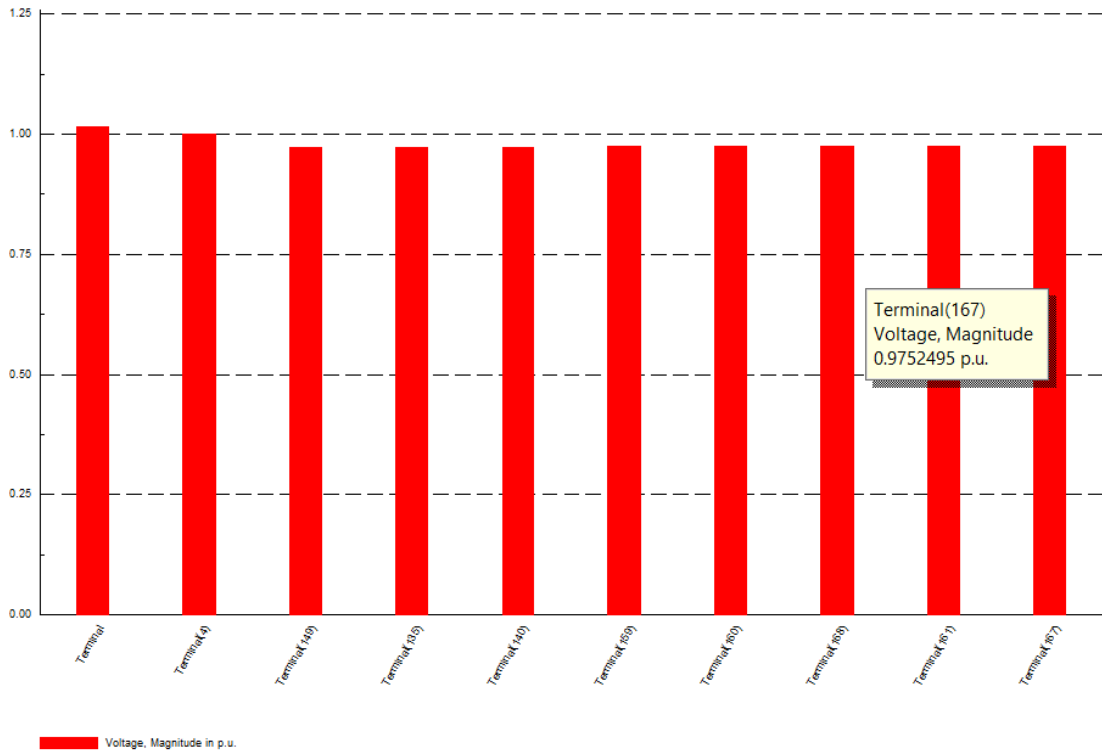
ALIMENTADOR C-219 CON GD EN ALDUR NUTRIPELLET - AÑO 10  
 Cargabilidad y Calda de Tensión

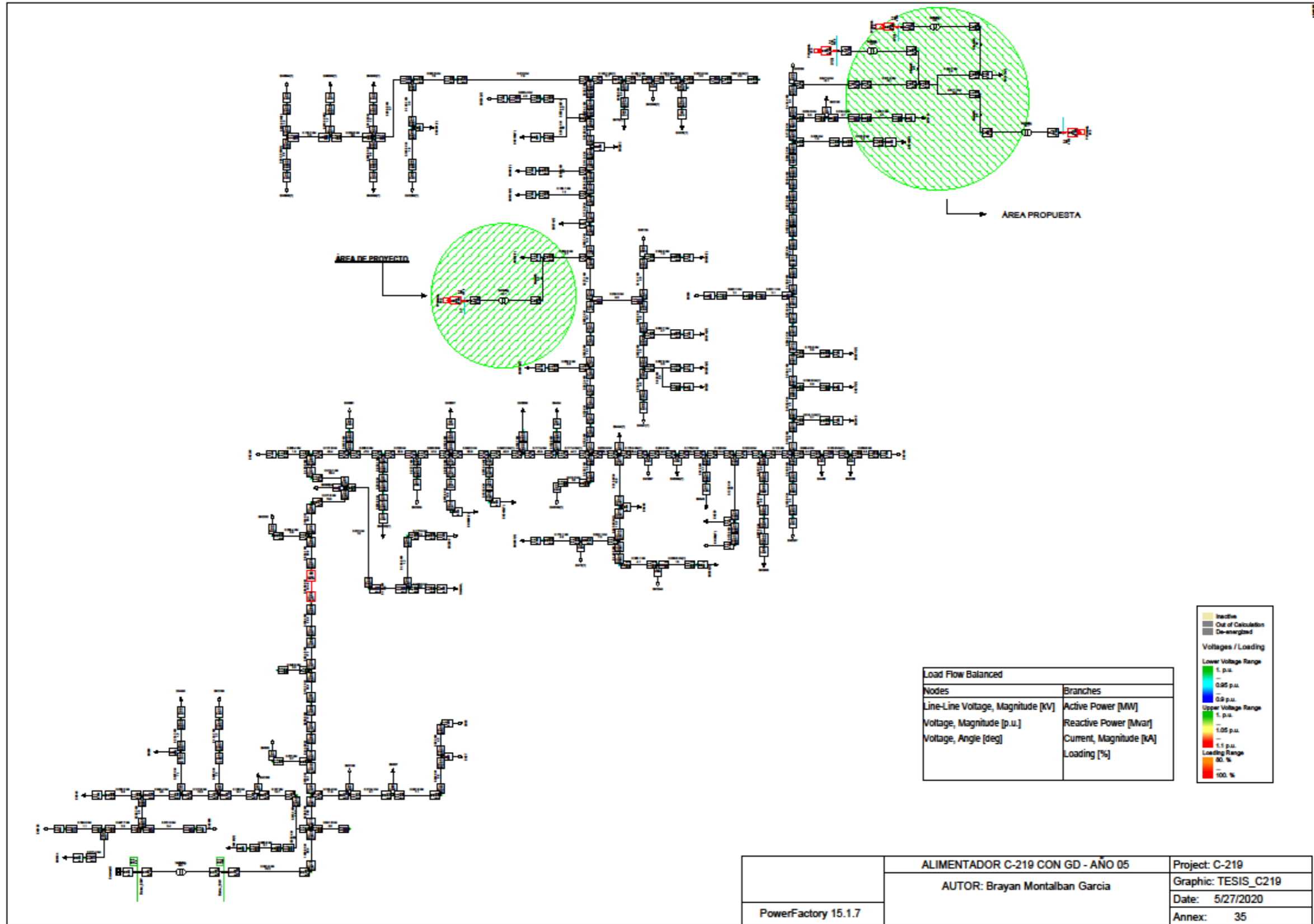
Autor: Brayan Montalban Garcia

01 Date: 5/27/2020  
 Annex: 34 /1

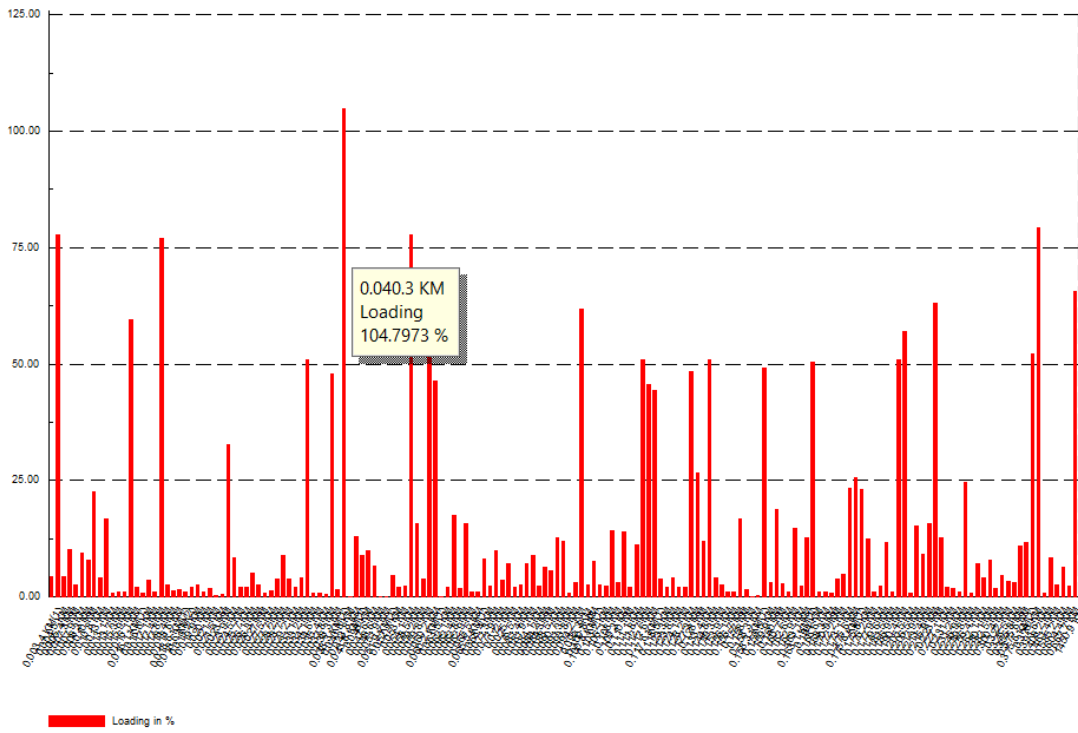
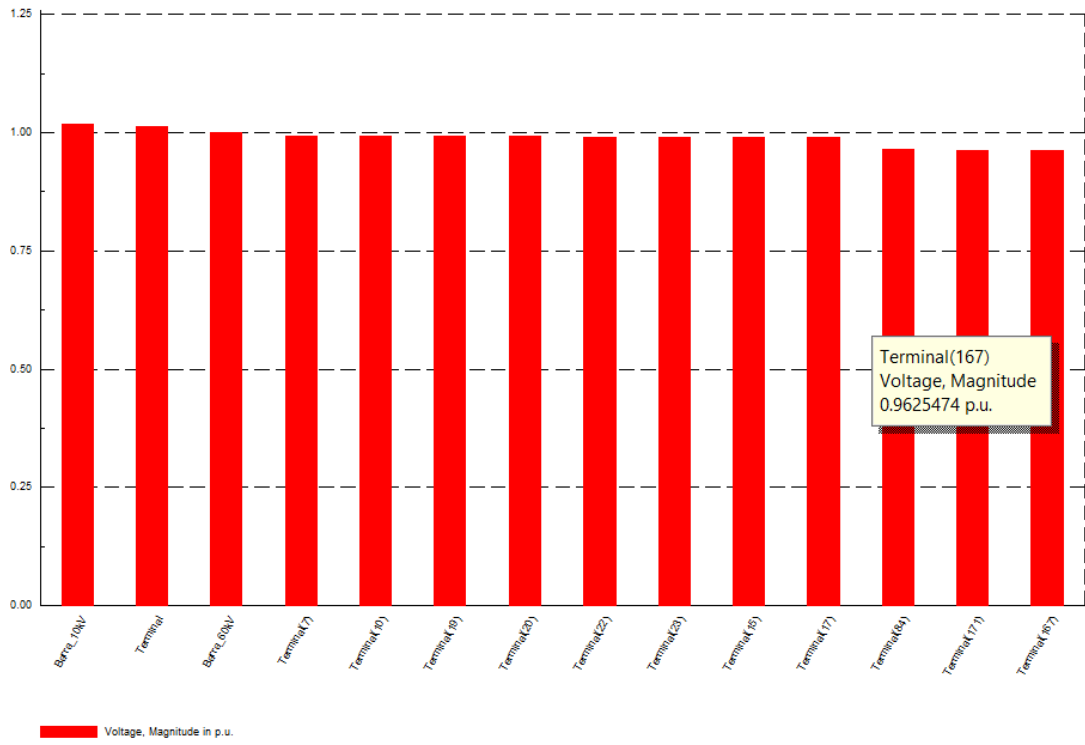
ANEXO 36: FLUJOS DE POTENCIA DE ALIMENTADOR C-219 EN SOFTWARE DIGSILENT INCLUYENDO GD EN “ALDUR NUTRIPELET” Y EN FINAL DE SISTEMA

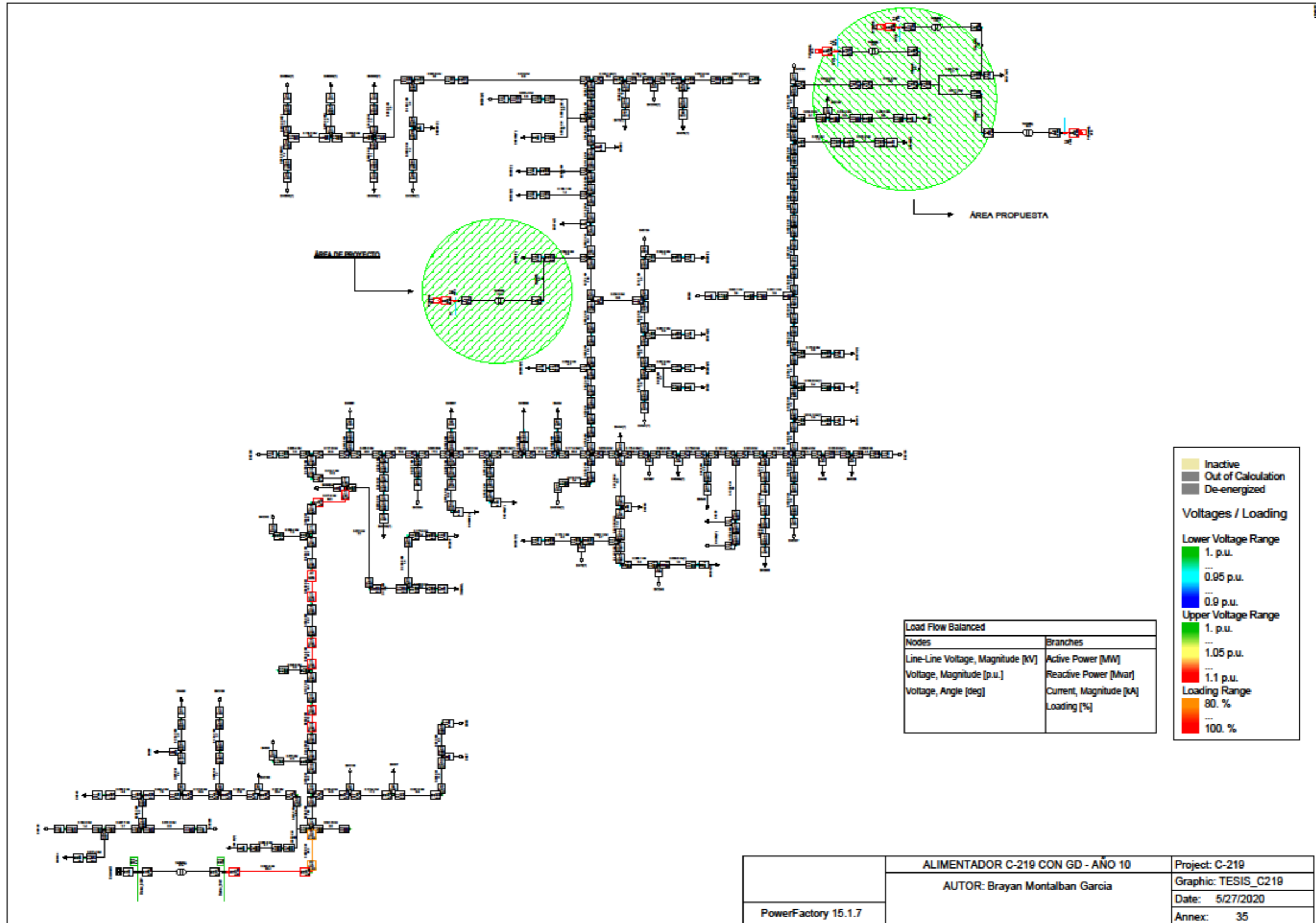


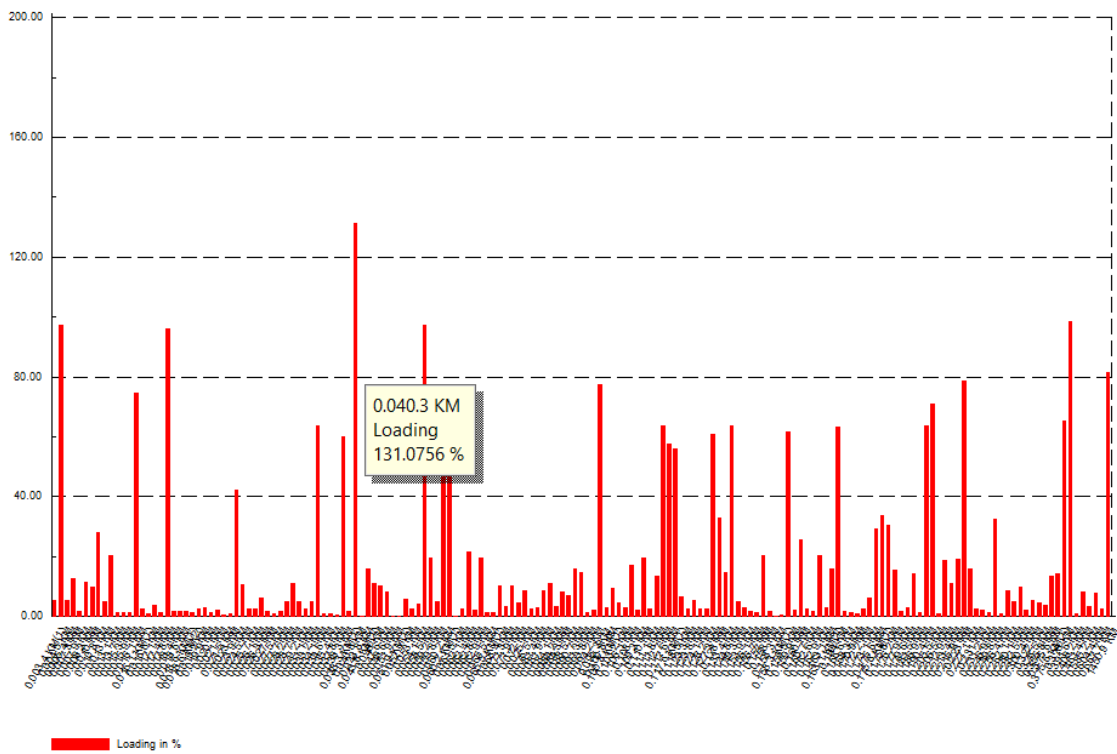
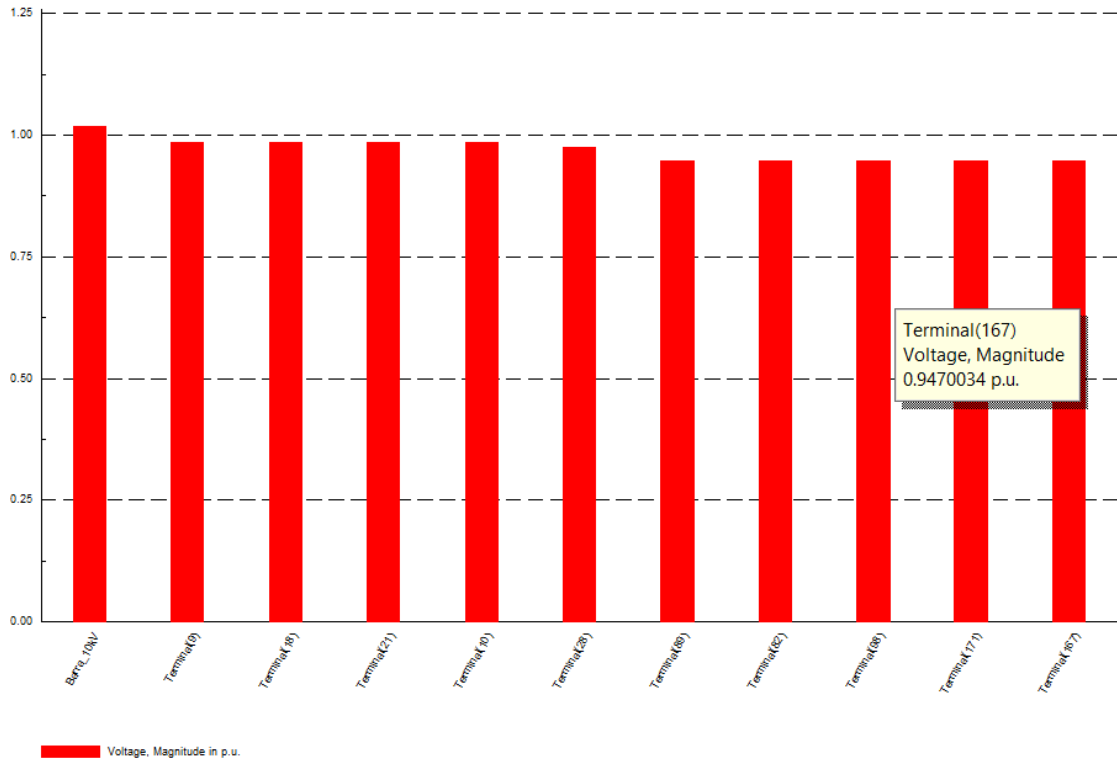




PowerFactory 15.1.7	ALIMENTADOR C-219 CON GD - AÑO 05	Project: C-219
	AUTOR: Brayan Montalban Garcia	Graphic: TESIS_C219
		Date: 5/27/2020
		Annex: 35







## ANEXO 37: COTIZACIONES DE EQUIPOS Y REFERENCIA DE PRECIOS HH



Desde 1919



**EECOL Electric Perú S.A.C.**  
 RUC: 2020866274  
 LIMA: Av. Delvalle No. 11, lote 88 Urban. La Campesina, Chorrillos  
 Teléfono (01) 5 2020866  
 Teléfono (01) 1 202 0866274 / 0866 1320 1444  
 AERODROMO: Varadero (Chorrillos) Km. 1.8 - BARRIOS  
 TRUJILLO: J. Sábido 288-282 Urban. Palermo  
 TRUJILLO: Av. Lampa 028  
 TRUJILLO: Av. Lampa 028  
 TRUJILLO: Av. Lampa 028

## 169-WCHDTM-140311-REV-01

CLIENTE: **DTM INGENIEROS S.A**  
 RUC: \*\*\*\*\*  
 ATENCIÓN: **Eugenio Lindo**  
 TELÉFONO:  
 FAX:  
 EMAIL:  
 REQ / REP: **Remodelación del Centro Cívico Trujillo**

F. EMISIÓN: 14.03.2011  
 MONEDA: DOLARES AMERICANOS  
 VENDEDOR: Herbert Romero  
 TELÉFONO: 949375581  
 EMAIL: [herrom@eecol.com.pe](mailto:herrom@eecol.com.pe)  
 FORMA DE PAGO: 100% con la O/C.  
 VALIDEZ: 10 DÍAS

CONDICIONES ESPECIALES: Adelanto del 30% para Importaciones o Productos para fabricación

ITEM	CANT.	U/M	COD / MODELO	MARCA	DESCRIPCIÓN	P.B.	TOTAL	TIEMPO DE ENTREGA
ITEM	CANT.		COD / MODELO	MARCA	DESCRIPCIÓN			TIEMPO DE ENTREGA
1	1			ADRIATICA	ALIMENTADOR TSU001			
					SUBSTACION HI: 0065			10 . 12 SEMANAS
	1			TRAMAQ	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION SECO DE 630KVA, 10/0.38KV	22.222,22	22.222,22	
	1				SUBSTACION NUEVO 2			10 . 12 SEMANAS
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE LLEGADA O REMONTE DE 12KV, 630A, 60HZ, MAS AISLADORES DE PRESENCIA DE TENSION Y LAMPARAS INCANDESCENTES	1.164,80	1.164,80	
	1		P3	ADRIATICA	CELDA DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR DE 12KV, 630A, 20KA, 60HZ, CON MANDO MOTORIZADO	4.782,40	4.782,40	
	1		P3	ADRIATICA	CELDA DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR DE 12KV, 630A, 20KA, 60HZ, CON MANDO MOTORIZADO	4.782,40	4.782,40	
	1		O	ADRIATICA	CELDA DE TRANSFORMACION TIPO ENVOLVENTE PREPARADO DE 400KVA	4.375,00	4.375,00	
	1		O	TRAMAQ	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION TIPO SECO DE 400KVA, 10/0.38KV	19.191,92	19.191,92	
	1				SUBSTACION HI: 0012			10 . 12 SEMANAS
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE LLEGADA O REMONTE DE 12KV, 630A, 60HZ, MAS AISLADORES DE PRESENCIA DE TENSION Y LAMPARAS INCANDESCENTES	1.164,80	1.164,80	
	1		PG	ADRIATICA	CELDA DE PROTECCION GENERAL 12KV, 630A, 20KA, 60HZ, CON MANDO MOTORIZADO, TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD POR SOBRE CORRIENTE Y FALLA HOMOPOLAR, RELE DE PROTECCION 50 51 50N 51N	18.603,20	18.603,20	
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE FASE DE BARRAS O REMONTE 12KV, 630A, 60HZ	1.164,80	1.164,80	
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE MEDICION INCLUYE 03 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL 10r2 0.1r2, CI 0,2.	6.988,80	6.988,80	
	6		P3	ADRIATICA	CELDA DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR DE 12KV, 630A, 20KA, 60HZ, CON MANDO MOTORIZADO	4.782,40	28.694,40	
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE MEDICION INCLUYE 03 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD 25 5A, CI 0,2.	4.076,80	4.076,80	
	2		O	TRAMAQ	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION TIPO SECO DE 400KVA, 10/0.38KV	19.191,92	38.383,84	
	1				SUBSTACION HI: 0164			10 . 12 SEMANAS
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE LLEGADA O REMONTE DE 12KV, 630A, 60HZ, MAS AISLADORES DE PRESENCIA DE TENSION Y LAMPARAS INCANDESCENTES	1.164,80	1.164,80	
	1		PG	ADRIATICA	CELDA DE PROTECCION GENERAL 12KV, 630A, 20KA, 60HZ, CON MANDO MOTORIZADO, TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD POR SOBRE CORRIENTE Y FALLA HOMOPOLAR, RELE DE PROTECCION 50 51 50N 51N	18.603,20	18.603,20	
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE FASE DE BARRAS O REMONTE 12KV, 630A, 60HZ	1.164,80	1.164,80	
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE MEDICION INCLUYE 03 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL 10r2 0.1r2, CI 0,2.	6.988,80	6.988,80	
	4		P3	ADRIATICA	CELDA DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR DE 12KV, 630A, 20KA, 60HZ, CON MANDO MOTORIZADO	4.782,40	19.129,60	
	1		AC	ADRIATICA	CELDA DE MEDICION INCLUYE 03 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD 25 5A, CI 0,2.	4.076,80	4.076,80	


**CONDUCTORES ELÉCTRICOS LIMA S.A. - "CELSA"**

 Avenida Pío XII 1105 - Urb. Santa Rosa - Ate - Lima - Perú  
 Teléfono: 326-0170 / 326-1372 / 326-1373 / 326-1374 / Fax: 326-1574  
 Móvil: 914-8101134-4593 - Email: cel@celsa.com.pe

Ate, 18 de Febrero de 2011

 Señores  
 HIDROANDINA - TRUJILLO

 Presente.-  
 Mail: [dferrandez.1312@hitehu.com.pe](mailto:dferrandez.1312@hitehu.com.pe)

 Atención: Sr. Danilo Ferrandez  
 Ref.: Sol. Cotización s/n

 Cotización No. CEL - 351-02-11  
 Vendedor: Oficina  
 01 326-1372

Estimados señores:

Por medio de la presente damos a conocer nuestra mejor oferta:

ITEM	CODIGO	DETALLE	CANTIDAD Metros	P.UNITARIO US\$	IMPORTE US\$
01		CAH-8 2 x 10 + 1 x 6 mm <sup>2</sup>	1,342	4,5146	6,058.59
02		CAH-8 3 x 10 + 1 x 6 mm <sup>2</sup>	1,342	6,1342	8,232.10
03		CAH-8 3 x 10 + 2 x 6 mm <sup>2</sup>	2,684	7,1304	19,137.99
04		CAH-8 3 x 16 + 2 x 10 mm <sup>2</sup>	984	11,1880	11,008.99
05		CAH-8 3 x 25 + 2 x 10 mm <sup>2</sup>	1,020	15,7659	16,081.22
06		CAI 3 x 10 + 1 x 10 + N10 mm <sup>2</sup>	1,324	8,0980	10,721.75
07		CAI 3 x 16 + 1 x 10 + N16 mm <sup>2</sup>	2,648	11,8458	31,367.68
08		CAI 3 x 25 + 1 x 10 + N25 mm <sup>2</sup>	754	17,5059	13,199.45
09		CAI 3 x 16 + 1 x 16 + N25 mm <sup>2</sup>	1,508	14,1978	21,410.28
10		CAI 3 x 25 + 1 x 16 + N25 mm <sup>2</sup>	783	18,4429	14,440.79
11		CAI 3 x 10 + 1 x 6 + N10 mm <sup>2</sup>	2,581	7,4746	19,291.94
12		CAI 3 x 16 + 1 x 6 + N16 mm <sup>2</sup>	907	11,2224	10,178.72
13		CAAI-8 3 x 16 + 1 x 16 mm <sup>2</sup>	784	1,8960	1,486.46
14		CAAI-8 3 x 16 + 2 x 16 mm <sup>2</sup>	1,176	2,2876	2,690.22
15		CAAI-8 3 x 25 + 1 x 16 mm <sup>2</sup>	1,754	2,4429	4,309.28
16		CAAI-8 3 x 25 + 2 x 16 mm <sup>2</sup>	872	2,8345	2,471.68
17		CAAI-8 3 x 35 + 1 x 16 mm <sup>2</sup>	1,308	3,0283	3,961.02
18		CAAI-8 3 x 35 + 2 x 16 mm <sup>2</sup>	1,962	3,4199	6,709.84
19		CAAI 3 x 16 + 1 x 16 + NA 25 mm <sup>2</sup>	1,308	2,1082	2,757.53
20		CAAI 3 x 25 + 1 x 16 + NA 25 mm <sup>2</sup>	1,308	2,6550	3,472.74
21		CAAI 3 x 35 + 1 x 16 + NA 25 mm <sup>2</sup>	960	3,2404	3,110.78
22		CAAI 2 x 16 + 1 x 16 + NA 25 mm <sup>2</sup>	240	1,7165	411.96
23		CAAI 2 x 25 + 1 x 16 + NA 25 mm <sup>2</sup>	480	2,0811	998.93
24		CAAI 3 x 16 + ND 25 mm <sup>2</sup>	249	1,5846	394.57
25		CAAI 3 x 25 + ND 25 mm <sup>2</sup>	498	2,1315	1,061.49
26		CAAI 3 x 35 + ND 25 mm <sup>2</sup>	996	2,7169	2,706.03
27		CAAI 3 x 16 + 1 x 16 + ND 25 mm <sup>2</sup>	689	1,9753	1,361.67
28		CAAI 3 x 25 + 1 x 16 + ND 25 mm <sup>2</sup>	1,378	2,5231	3,476.83
29		CAAI 3 x 35 + 1 x 16 + ND 25 mm <sup>2</sup>	2,756	3,1085	8,567.03
30		CONCENTRICO SET 2 x 4 mm <sup>2</sup>	583	1,2609	735.10
31		NY 1 x 25 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	89	3,9043	347.48
32		NY 1 x 35 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	28	5,3786	150.60
33		NY 1 x 50 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	42	7,3605	309.14
34		NY 2 - 1 x 25 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	242	7,8085	1,889.66
35		NY 2 - 1 x 35 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	158	10,7571	1,699.62
36		NY 3 - 1 x 25 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	158	11,7128	1,850.62
37		NY 3 - 1 x 35 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	247	16,1357	3,985.52
38		NY 3 - 1 x 50 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	158	22,0815	3,488.88
39		NY 3 - 1 x 70 mm <sup>2</sup> 0.6/1 KV	187	30,8565	5,770.17
40		N2XSY 1 x 25 mm <sup>2</sup> 8.7/15 KV	900	6,3269	5,694.21
41		N2XSY 1 x 35 mm <sup>2</sup> 8.7/15 KV	784	7,8100	6,123.04
42		N2XSY 1 x 50 mm <sup>2</sup> 8.7/15 KV	1,568	9,7465	15,282.51
43		N2XSY 1 x 70 mm <sup>2</sup> 8.7/15 KV	687	12,8882	8,854.19
44		N2XSY 1 x 120 mm <sup>2</sup> 8.7/15 KV	285	20,2642	5,775.30
45		QUIC DURO 7A 25 mm <sup>2</sup>	157	2,7924	438.56
46		QUIC DURO 7A 35 mm <sup>2</sup>	169	3,9305	664.25
47		AAAC 35 mm <sup>2</sup>	496	0,3832	190.07
48		AAAC 50 mm <sup>2</sup>	482	0,5426	261.53
49		AAAC 70 mm <sup>2</sup>	964	0,8034	774.48
50		ALT ALAMBRE AMARRE 16 mm <sup>2</sup>	345	0,2261	78.00
51		TTRF-70 2 x 14 AWG (2.5 mm <sup>2</sup> )	1,300	0,9829	1,277.77
				SUB TOTAL	296,718.27
				I.G.V. 19 %	56,376.47
				TOTAL US\$	353,094.74

**Condiciones de Venta:**

- a) Forma de Pago : A tratar  
 b) Tiempo de entrega : En stock, salvo previa venta  
 c) Lugar de entrega : En sus almacenes  
 d) Presentación : Rollos 100 metros Item 51 - Carretes  
 e) Tolerancia : +/- 5% en largos de entrega del metrodo solicitado.  
 f) Marca : CELSA  
 g) Garantía : 02 años  
 h) Validez de la Oferta Económica: 2 días

A la espera de sus grates Órdenes de Compra, quedamos de ustedes

Cordialmente,

 HORTENSIA ALVAREZ B.  
 JEFE DE VENTAS

 HAbient  
 RC 030 / 04

REV. 0

PDIC PERU S.A.C.  
RUC: 20514813214



Para : <b>DTM Ingenieros</b> Atm : Ing. Trujillo Ref : Fono : 005419271 (734742) Fax : E-mail : <a href="mailto:www.dtmbo.com">www.dtmbo.com</a>	N° Cotización : <b>74</b> - JE - 12 De : <b>Josue Caporasa</b> Fecha : <b>22</b> - Julio - 2012 Fono : (51-1) 4154040 - 4154047 Fax : (51-1) 4154031 E-mail : <a href="mailto:www.phelpsododge.com">www.phelpsododge.com</a>
---	---

**OFERTA COMERCIAL**

Estimado Ing. Trujillo

En atención a lo solicitado por Ud(é), nos es grato someter a consideración la siguiente oferta:

Item	Código		Descripción	Contenido de Cable a Alambres (TM/ton)	Cantidad (m)	Tiempo de entrega	Precio Unitario (USD/m)	Precio Total (USD)
	PDIC	CLIENTE						
1			Cable NZTY 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		5338	De 10 a 15 días	0.7659	4,084.54
2			Cable NZTY 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		2888	De 10 a 15 días	1.1765	3,394.55
3			Cable NZTY 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		14208	De 10 a 15 días	1.8083	25,892.38
4			Cable NZTY 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		5280	De 10 a 15 días	2.8206	14,951.76
5			Cable NZTY 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		9797	De 10 a 15 días	8.8187	87,421.80
6			Cable NZTY 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		14005	De 10 a 15 días	5.0984	71,543.54
7			Cable NZTY 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		12197	De 10 a 15 días	7.8050	95,789.80
8			Cable NZTY 9 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		510	De 10 a 15 días	8.7302	4,455.84
9			Cable NZTY 9 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		18255	De 10 a 15 días	11.8185	215,654.22
10			Cable NZTY 9 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		5209	De 10 a 15 días	15.8848	82,741.82
11			Cable NZTY 9 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		9797	De 10 a 15 días	22.5241	220,868.85
12			Cable NZTY 9 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		14005	De 10 a 15 días	30.9551	433,248.08
13			Cable NZTY 9 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		9145	De 10 a 15 días	38.7797	354,668.78
14			Cable NZTY 9 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		1884	De 10 a 15 días	47.5465	89,577.81
15			Cable NZTY 9 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		187	De 10 a 15 días	58.8943	10,989.08
16			Cable NZTY 240 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		2797	De 10 a 15 días	1.5890	4,444.83
17			Cable NZTY 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		8486	De 10 a 15 días	2.5454	21,588.58
18			Cable NZTY 2 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		1648	De 10 a 15 días	1.5759	25,987.89
19			Cable NZTY 6 240mm2, 0.6/1KV, 90.C, XLPE/PVC, marca Phelps Dodge		5338	De 10 a 15 días	4.8124	25,682.24

Av. Paul Hübner Lima - Miraflores, Lote 2, Urb. Huertos de Pachacamac, Pachacamac - Lima

General Cable Perú S.A.C. - RUC: 20514813214 - T: 4154040 - 4154047 - 4154030 Fax: 4154031

Precios de Mano de Obra

**COSTO DE HORA HOMBRE EN OBRAS DE EDIFICACIÓN  
(VIGENTE AL 01 DE JUNIO DE 2019)**

ITEM	CONCEPTO	CATEGORÍA		
		OPERARIO	OFICIAL	PEÓN
1.00	REMUNERACIÓN BÁSICA VIGENTE (RB) (vigente del 01.06.2019 al 31.05.2020)	70,30	55,40	49,70
2.00	BONIFICACIÓN UNIFICADA DE CONSTRUCCIÓN (BUC) (vigente del 01.06.2019 al 31.05.2020)	22,50	16,62	14,91
3.00	LEYES Y BENEFICIOS SOCIALES SOBRE LA RB 113,25%	79,61	62,74	56,29
4.00	LEYES Y BENEFICIOS SOCIALES SOBRE EL BUC 12,00%	2,70	1,99	1,79
5.00	BONIFICACIÓN POR MOVILIDAD ACUMULADA	8,00	8,00	8,00
6.00	OVEROL (2 unidades anuales)	0,40	0,40	0,40
COSTO DÍA HOMBRE (DH)		183,51	145,15	131,09
COSTO HORA HOMBRE (HH)		22,94	18,14	16,39

Fuente: Ing. Jesús Ramos Salazar

1. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020, Expediente N° 2019-00144-00 de 22.07.2019, Item 1. Incremento de Remuneraciones, Decreto Supremo número 001-2019-J, del 20 de junio de 2019, y un número menor de horas al día de trabajo, según los siguientes conceptos Operación N° 3, 10.03.2019, 100, Salario S/ 1,00.
2. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020, modificado el nombre de "Bonificación por Movilidad Acumulada" por el de "BONIFICACIÓN POR MOVILIDAD ACUMULADA" según el numeral 1 del artículo 26 del B.O. del 20 de junio de 2019.
3. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020, Item 1. Incremento de Remuneraciones, Decreto Supremo número 001-2019-J, del 20 de junio de 2019, y un número menor de horas al día de trabajo, según los siguientes conceptos Operación N° 3, 10.03.2019, 100, Salario S/ 1,00.
4. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020, Item 1. Incremento de Remuneraciones, Decreto Supremo número 001-2019-J, del 20 de junio de 2019, y un número menor de horas al día de trabajo, según los siguientes conceptos Operación N° 3, 10.03.2019, 100, Salario S/ 1,00.

**CUADRO DE REMUNERACIONES SEMANALES VIGENTE AL 1 DE ENERO DE 2019**

OPERARIO	DIARIO (S/.)			SEMANAL (S/.)
	INGRESOS	DIAS	SEMANAL (S/.)	
	INGRESOS			
	JORNAL BÁSICO	70,30	5	351,50
	BONIFICACIÓN			77,25
	BUC	22,50	5	112,50
	BONIFICACIÓN POR MOVILIDAD	8,00	5	40,00
	TOTAL DE INGRESOS (1)			581,25
	DESCUENTOS			
	SENER	12%		69,75
	COMPAÑICER	2%		11,63
	TOTAL DE DESCUENTOS (2)			81,38
	NETO A PAGAR SEMANAL (1-2)			500,87

OFICIAL	DIARIO (S/.)			SEMANAL (S/.)
	INGRESOS	DIAS	SEMANAL (S/.)	
	INGRESOS			
	JORNAL BÁSICO	55,40	5	277,00
	BONIFICACIÓN			55,40
	BUC	16,62	5	83,10
	BONIFICACIÓN POR MOVILIDAD	8,00	5	40,00
	TOTAL DE INGRESOS (1)			455,50
	DESCUENTOS			
	SENER	12%		54,66
	COMPAÑICER	2%		9,10
	TOTAL DE DESCUENTOS (2)			63,76
	NETO A PAGAR SEMANAL (1-2)			391,74

PEÓN	DIARIO (S/.)			SEMANAL (S/.)
	INGRESOS	DIAS	SEMANAL (S/.)	
	INGRESOS			
	JORNAL BÁSICO	49,70	5	248,50
	BONIFICACIÓN			49,70
	BUC	14,91	5	74,55
	BONIFICACIÓN POR MOVILIDAD	8,00	5	40,00
	TOTAL DE INGRESOS (1)			372,75
	DESCUENTOS			
	SENER	12%		44,73
	COMPAÑICER	2%		9,95
	TOTAL DE DESCUENTOS (2)			54,68
	NETO A PAGAR SEMANAL (1-2)			318,07

1. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020, Expediente N° 2019-00144-00 de 22.07.2019, Item 1. Incremento de Remuneraciones, Decreto Supremo número 001-2019-J, del 20 de junio de 2019, y un número menor de horas al día de trabajo, según los siguientes conceptos Operación N° 3, 10.03.2019, 100, Salario S/ 1,00.
2. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020, Expediente N° 2019-00144-00 de 22.07.2019, Item 1. Incremento de Remuneraciones, Decreto Supremo número 001-2019-J, del 20 de junio de 2019, y un número menor de horas al día de trabajo, según los siguientes conceptos Operación N° 3, 10.03.2019, 100, Salario S/ 1,00.
3. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020, Expediente N° 2019-00144-00 de 22.07.2019, Item 1. Incremento de Remuneraciones, Decreto Supremo número 001-2019-J, del 20 de junio de 2019, y un número menor de horas al día de trabajo, según los siguientes conceptos Operación N° 3, 10.03.2019, 100, Salario S/ 1,00.
4. El Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020, Expediente N° 2019-00144-00 de 22.07.2019, Item 1. Incremento de Remuneraciones, Decreto Supremo número 001-2019-J, del 20 de junio de 2019, y un número menor de horas al día de trabajo, según los siguientes conceptos Operación N° 3, 10.03.2019, 100, Salario S/ 1,00.

**CUADRO DE REMUNERACIONES VIGENTE A PARTIR DEL 1 DE JUNIO DE 2019 EN CONSTRUCCIÓN CIVIL**

Categoría/Jornal	HORAS OBRAS				ACUMULACIÓN MÚLTIPLO (1/100)	SIN UBICACIÓN				CON UBICACIÓN							
	Simple	CUE	100%	175%		Fiestas Fiestas			Vacación	Incentivos			Horas	Comp. Vob.			
						Diario	Mensual	Total		Diario	Mensual	Total			Diario	Semanal	
Operario	70,30	6,79	1,06	1,59	5,06	175,75	10,39	401,71	2.812,00	13,75	562,40	2.812,00	10,85	68,77	1,29	7,60	49,18
Oficial	55,40	6,93	1,08	1,35	4,62	135,30	10,55	311,57	2.216,00	14,77	443,20	2.216,00	8,31	49,86	1,04	5,54	33,24
Peón	49,70	6,21	9,34	2,43	4,14	124,25	9,47	254,00	1.988,00	13,25	397,60	1.988,00	7,46	44,70	0,93	4,67	29,32

Fuente: Ing. Jesús Ramos Salazar

El 1 de junio de 2019, según el Acuerdo Técnico del Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2019-2020 suscrita entre CAPCO y el FTCC, el 20 de junio de 2019, y un número menor de horas al día de trabajo, según los siguientes conceptos Operación N° 3, 10.03.2019, 100, Salario S/ 1,00.