



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Análisis de los parámetros de calidad en el suministro de energía eléctrica 22.9 kV para mejorar el servicio del alimentador PUC 201 en ELORSA”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Cervantes Flores Leonidas (ORCID: 0000-0002-2760-0845)

ASESOR:

Msc. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

Chiclayo – Perú

2019

Dedicatoria

A Dios por darme la fuerza e iluminar mi camino, a mis padres que con su cariño, consejos y ejemplos me inculcaron valores para ser un ciudadano mejor para el mañana, a mis hijos y esposa, por estar alado en todo momento, brindándome fuerzas y apoyo incondicional en mi carrera profesional, así concluir con mis metas y objetivos trazados.

Cervantes Flores Leonidas

Agradecimiento

A Dios por guiarme en todo momento en el desarrollo de mi carrera profesional y lograr mi sueño anhelado, a mi familia en especial a mis padres, esposa e hijos que en todo momento están a mi lado dándome fuerzas y apoyo incondicional, a mi alma mater “Universidad Cesar Vallejo” por permitir desarrollarme personalmente y profesionalmente, a los docentes y asesores quien con sus conocimientos, experiencias, paciencia y motivación han hecho de mí que pueda terminar con éxito mi carrera profesional.

Cervantes Flores Leonidas

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Leonidas Cervantes Flores, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 42647197, con la tesis titulada,

“ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA 22.9 KV PARA MEJORAR EL SERVICIO DEL ALIMENTADOR PUC 201 EN ELORSA”

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 20 de diciembre, 2019

Nombres y apellidos : Leonidas Cervantes flores

DNI : 42647197

Firma :



Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.	1
1.2.Trabajos previos	4
1.3.Teorías relacionadas al tema	7
1.4.Formulación del Problema.....	11
1.5.Justificación del Estudio.	12
II.MÉTODO.....	14
2.1.Diseño de Investigación.....	14
2.2.Población y muestra	16
2.3.Técnicas e instrumentos de recolección de datos: valides y confiabilidad	16
2.4.Procedimiento para recolección de datos	16
2.5.Métodos de Análisis de datos	17
2.6.Aspectos éticos	17
III. RESULTADOS	18
3.1.Determinar los parámetros de calidad de energía eléctrica de un alimentador de media tensión 22.9 kV para su análisis.	18
3.2.Evaluar los parámetros de operación actuales del alimentador PUC 201, establecer su comportamiento.	39
3.3.Establecer alternativas de solución para mejorar condiciones de operación del alimentador PUC 201 según la norma de calidad.....	48
3.4.Realizar una evaluación económica utilizando indicadores tales como van, tir y relación beneficio/costo.	59

IV.DISCUSIÓN	63
V. CONCLUSIONES	64
VI. RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	66
ANEXOS	70
Acta de aprobación de originalidad de tesis	¡Error! Marcador no definido.
Reporte de turnitin.....	¡Error! Marcador no definido.
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV...	¡Error! Marcador no definido.
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	¡Error! Marcador no definido.

Índice de Tablas

Tabla 1: Valores límites de calidad de servicio eléctrico, 2017	3
Tabla 2: Armónicos de las ondas más comunes	9
Tabla 3: Cuadro de operacionalización de variables	15
Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	16
Tabla 5: Cuadro de Actividades de mantenimiento.....	20
Tabla 6: Registro de potencia activa alimentador PUC. 201	22
Tabla 7: Registro de Potencia Activa Alimentador PUC 201	24
Tabla 8: Máxima Demanda 2017	26
Tabla 9: Parámetros de operación del Alimentador PUC 201	28
Tabla 10: Motivo de la Interrupción.....	30
Tabla 11: Interrupciones producidas por mantenimiento preventivo- mes de Enero 2018. 30	
Tabla 12: Promedio de interferencias en el suministro –mes Febrero- 2018.....	31
Tabla 13: Promedio de interferencias en el suministro –mes Marzo- 2018.....	31
Tabla 14: Promedio de interferencias en el suministro –mes Abril- 2018.....	32
Tabla 15: Promedio de interferencias en el suministro –mes Mayo- 2018.....	32
Tabla 16: Indicadores SAIFI y SAIDI alimentador PUC 2011.....	33
Tabla 17: Proyección de Población.	35
Tabla 18: Proyección de máxima demanda y consumo de energía sector domiciliario.....	36
Tabla 19: Proyección de Máxima Demanda y Consumo de Energía sector industrial	37
Tabla 20: Proyección de Máxima Demanda y Consumo del alimentador Puc- 201	38
Tabla 21: Parámetros y factores de caída de tensión de los conductores de Al.	39
Tabla 22: Especificaciones de cables de aleación de aluminio- mm ²	40
Tabla 23: Comparación de características de los conductores eléctricos	55
Tabla 24: Parámetros Eléctricos.....	56
Tabla 25: Parámetros de Transmisión	56
Tabla 26: Potencias al Inicio y Fin de la Línea	57
Tabla 27: Caída de tensión en línea.....	58
Tabla 28: Rendimiento de línea % (η).....	58
Tabla 29: Inversión Inicial del Proyecto.....	59
Tabla 30: Flujo de carga del proyecto	59
Tabla 31: Valores, usando el comando VAN	61
Tabla 32: Tasa Interna de Retorno- utilizando comando TIR.....	62

Índice de Figuras

Figura 1: Indicador SAIDI por empresa en Perú, 2012 – 2014.....	2
Figura 2: Señal de Diferencia de tensión.....	7
Figura 3: Parámetros de la onda de intensidad de corriente eléctrica alterna sinodal	7
Figura 4: Armónicos de la onda de tensión.....	8
Figura 5: Onda de tensión con un contenido del 30% del 5º armónico.....	9
Figura 6: Diagrama de carga	11
Figura 7: Triángulo de potencias.....	11
Figura 8: Central hidroeléctrica Pucara.....	19
Figura: 9 Diagrama de carga eléctrica 2016.....	23
Figura 10: Diagrama de carga eléctrica 2016.....	25
Figura 11: Diagrama de carga eléctrica 2017.....	27
Figura 12: Máxima demanda (kW) 2015 - 2017.....	28
Figura 13: Consumo de energía 2015 - 2017	28
Figura 14: Evolución de los indicadores SAIFI- SAIDI Enero- mayo 2018	33
Figura 15: Configuración de línea de transmisión	45
Figura: 16 Pérdida de potencia en línea actual y línea propuesta.....	57
Figura 17: Caída de tensión en línea	58
Figura 18: Rendimiento de línea media tensión 22.9 kV	58

RESUMEN

La presente investigación denominada: “**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA 22.9 kV PARA MEJORAR EL SERVICIO DEL ALIMENTADOR PUC 201 EN ELORSA**” tiene como objeto de estudio realizar el análisis de los flujos de potencia a fin de determinar las pérdidas de potencia activa, reactiva y aparente, así como también la caída de tensión en la línea de transmisión, de acuerdo a la máxima demanda y el consumo de energía eléctrica; así mismo se hizo la evaluación con los indicadores SAIDI y SAIFI, que miden la calidad del servicio eléctrico de la zona de influencia del proyecto.

Se determinó que el indicador SAIFI, que es el promedio de la frecuencia de interrupciones del servicio, se ha incrementado entre los meses de enero a mayo del 2018, desde un valor de 1.85 a 2.34, es decir que cada vez existe mayores interrupciones del servicio, lo cual es por el mantenimiento por maniobra sin aviso, así como también por la falla en el alimentador. En cuanto al indicador SAIDI, que es en promedio la duración de la interrupción por cliente, se tiene que dicho valor se ha incrementado desde un valor de 3.55 a 4.51 horas en cada mes desde el mes de enero a mayo del 2018.

Se hizo el análisis del flujo de potencia, determinando la matriz de parámetros de Transmisión: A,B,C, y D, y con los valores de carga de 2.2 MW, y 22.9 kV, se obtuvo una pérdida de potencia activa de 0.317 MW, y un caída de tensión de 1.863 kV, un rendimiento de la línea de 87.4% Con la propuesta de cambiar la configuración (triangular a lineal horizontal) y el diámetro del conductor (de 70 a 120 mm², se tiene una pérdida de potencia activa de 0.11 MW, una caída de tensión de 0.11 KV, un rendimiento de línea de 95.23%

Finalmente se realizó el análisis económico, para un tiempo de 8 años, y se determinó un valor actual neto de S/. 450779.24, una tasa interna de retorno del 19.85, indicadores que hacen factible la realización del proyecto.

Palabras Claves: SAIDI, SAIFI, Caída de Tensión, Pérdida de Potencia Activa, Parámetros de Transmisión.

ABSTRACT

The present investigation called: "ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF QUALITY IN THE SUPPLY OF ELECTRIC ENERGY 22.9kv TO IMPROVE THE SERVICE OF THE FEEDER PUC 201 IN - ELORSA-2018" has as object of study to carry out the analysis of the power flows in order to determine the losses of active, reactive and apparent power, as well as the voltage drop in the transmission line, according to the maximum demand and the consumption of electric power; Likewise, the evaluation was made with the SAIDI and SAIFI indicators, which measure the quality of the electric service in the area of influence of the project.

It was determined that the SAIFI indicator, which is the average of service interruptions, has increased between the months of January to May of 2019, from a value of 1.85 to 2.34, that is to say that every time there are greater service interruptions, which it is for the maintenance per maneuver if notice, as well as for the failure in the feeder. As for the SAIDI indicator, which is on average the duration of the interruption per client, this value has been increased from a value of 3.55 to 4.51 hours in each month from the month of January to May 2018.

The analysis of the power flow was made, determining the matrix of Transmission parameters: A, B, C, and D, and with the load values of 2.2 MW, and 22.9 KV, an active power loss of 0.317 MW was observed. , and a voltage drop of 1,863 KV, a performance of the line of 87.4% With the proposal to change the configuration (triangular to horizontal linear) and the diameter of the conductor (from 70 to 120 mm², there is a loss of active power of 0.11 MW, a voltage drop of 0.11 KV, a line performance of 95.23% Finally, the economic analysis was carried out, for a time of 8 years, and a net present value of S /. 450779.24, an internal rate of return of 19.85, indicators that make feasible the realization of the project.

Keywords: SAIDI, SAIFI, Voltage Drop, Loss of Active Power, Transmission Parameters.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

A nivel internacional.

“El servicio de energía eléctrica en Colombia, es de suma importancia para las empresas que operan el sistema, instalando equipos eléctricos y electrónicos de alta sensibilidad, para que monitoreen en tiempo real el suministro eléctrico” (**Barrera, 2014, p. 28**).

En Bolivia, en las ciudades de Tarija y Pando tienen el servicio eléctrico menos confiable de todo el país, debido a los cortes intempestivos del suministro, que originan constantes reclamos y denuncias por artefactos eléctricos arruinados, siendo el Ministerio de Hidrocarburos y Energía junto a la Autoridad de Electricidad (AE), los entes que registran dichas irregularidades, sin embargo las empresas que operan el sistema, realizan esfuerzo para revertir ésta situación, que requiere una fuerte inversión para la instalación de equipos con tecnología que controle y modifique los parámetros de funcionamiento. (**Alcocer, 2016, p.1**)

En Costa Rica, a pesar de que muchos esfuerzos han sido realizados por compañías eléctricas, algunos consumidores requieren un nivel de calidad de energía superior al nivel proporcionado por las redes eléctricas modernas. Esto implica que se es necesario para estos consumidores tomar medidas para alcanzar niveles más altos de Calidad de Energía. (**EPROTECA, 2016, p.2**)

Contratos de Concesión del Servicio Público de Distribución de Energía Eléctrica en la República de Argentina, prevén la existencia de un régimen de penalizaciones en los casos en que las concesionarias superen los límites establecidos de Calidad del Servicio, basados en el Costo de la Energía No Suministrada, otorgando a las empresas una señal para que sus inversiones sean acordes a las previstas al momento de determinar las tarifas (**EDENOR S.A, 2014, p.3**).

En Panamá, existe una clara omisión de la responsabilidad de advertir al usuario de esta característica inherente de todo sistema eléctrico. Las Normas de Calidad del Servicio Técnico, aunque implícitamente reconocen el carácter interrumpible, no lo hacen en forma clara e indudable. (**Mayta, 2015, p.3**)

A nivel nacional.

“La mala calidad de energía eléctrica suministrada tiene efectos económicos negativos tanto para las empresas eléctricas como para los clientes” (OSINERGMIN, 2017, p.3).

En el Perú, las empresas de distribución de energía eléctrica, emplean indicadores de desempeño, siendo una de ellas el SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), el cual determina la frecuencia de las interrupciones que ocurren en las instalaciones de los sistemas eléctricos, que se manifiestan en fallas en los componentes eléctricos, malas maniobras, indisponibilidades, los cuales pueden ser propias (Diseño de redes, estado de las instalaciones, sistemas de protección) y factores externos en el caso de la influencia del medio ambiente y la manipulación de terceros. El otro indicador es el SAIDI (System Average Interruption Duration Index), el cual mide el tiempo de la duración de cada interrupción, lo cual está directamente relacionado a la falla, la ubicación de ésta, la intensidad de la falla, así como también los recursos que cuenta la empresa para la reposición del fluido eléctrico

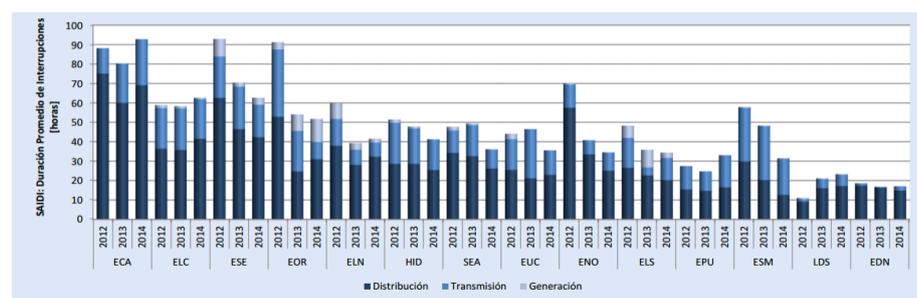


Figura 1: Indicador SAIDI por empresa en Perú, 2012 – 2014

El Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional – COES-SINAC, quien es el encargado de las tareas de operación del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), en el diagnóstico de las condiciones operativas y sobre todo en lo que se refiere a Calidad de Servicio para el período 2017 – 2018, y debido a que la Oferta supera a la Demanda, por motivo que no existe un plan de control de energía en las redes de distribución en un sistema eléctrico, según el SEIN como resultado promedio al año tiene un 8.7 % que equivale a 644MW, razón que actualmente su potencia de generación instalada tiene un aproximado de 850MW Y 498MW, mayormente durante los análisis energéticos que se ha realizado se ha obtenido resultado de mayor consumo en el SUR del país, esto conlleva a no obtener una mejor calidad del servicio eléctrico para los usuarios. (COES, 2015, p. 25)

Tabla 1: valores límites de calidad de servicio eléctrico, 2017

Sector Típico	Valores límites	Indicadores	Tolerancia
2	Por usuario afectado (NTCSE)	N: N° de interrupciones por usuario y por semestre	8 /sem.
		D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre	13 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	5 /año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	9 horas/año
3	Por usuario afectado (NTCSE)	N: N° de interrupciones por usuario y por semestre	8 /sem.
		D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre	13 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	7/año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	12 horas/año
4, 5 y SER	Por usuario afectado (NTCSER)	NIC: N° de interrupciones promedio por cliente y por semestre	10 /sem.
		DIC: Duración ponderada acumulada de interrupciones promedio por cliente por semestre	25 y 40 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	12 y 24/ año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	16 y 40 horas/año

Fuente: COES – SINAC, 2017

La Empresa Concesionaria de Distribución de Energía Eléctrica ELECTRONORTE S.A en su Memoria Anual y en relación al tema de Operación y Mantenimiento, señala que la causa de los problemas existentes, están centralizados en los problemas de los alimentadores, donde adquiere mayor notabilidad las extensas redes radiales de las electrificaciones rurales realizadas por los Gobiernos Locales, Gobiernos Regionales y el Ministerio de Energía y Minas, la mayoría ejecutadas sin considerar los estándares de calidad ya establecidos en las normas eléctricas nacionales y sin considerar los re conectadores.

Según ENSA manifiesta que un plan de mantenimiento en un sistema Distribución, tiene como objeto incrementar la vida útil de un equipo o accesorios que lo conforman en una línea de distribución de un sistema eléctrico mediante un mantenimiento preventivo y así se garantiza la seguridad de la población y la mejor calidad del servicio eléctrico. (**Electro norte, 2015, p. 19**).

A nivel local.

ELECTRO ORIENTE SA. Es la encargada de generar, transmitir, distribuir y comercializar energía eléctrica dentro del área de 459.78 km² con 415.826 clientes en el tercer trimestre del 2016 en las regiones de concesión Amazonas, Loreto, San Martín y Cajamarca donde se encuentra ubicado el distrito de Pucará y el Alimentador PUC 201, que parte de la Central hidroeléctrica en el distrito de Pucará Departamento de Cajamarca y se dirige hacia el caserío Playa Azul pasando en su recorrido por la ciudad de Pucará.

Actualmente en dicho Alimentador, se tiene interrupciones los mismos que han originado que la Calidad del Servicio no sea bueno.

Las interrupciones de este alimentador han originado una mala Calidad del Servicio que brinda la empresa concesionaria ELECTRO ORIENTE SA, a la ciudad de Pucará y anexos vulnerando la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, produciendo que la empresa supervisora OSINERGMIN continuamente los multe por el mal servicio brindado. Por tal motivo con la propuesta de análisis de parámetros se mejorara la calidad de servicio eléctrico en Pucará.

1.2. Trabajos previos

(RAÚL VIZCAÍNO TORRES-2017), en su tesis de grado denominado: “Análisis de la Calidad de la Energía del Sistema Eléctrico de la Zona Cultural Universitaria de la UNAM”, México, presenta en su resumen:

Para la distorsión armónica máxima permitida en la corriente, el 72 % de las dependencias no cumplen con los valores establecidos en la norma y la especificación antes mencionada; estos valores se enlistan en la tabla 2.8. Las principales afectaciones de los armónicos son: sobrecalentamiento y daño de conductores eléctricos, sobrecalentamiento y falla prematura de transformadores, reducción de la eficacia y disparo indeseado de interruptores y relés. Estas afectaciones pueden ser solucionadas con el rateo de los transformadores.

(MATEO, 2017), en su tesis de grado denominado: “Rediseño del Alimentador - 212 Secho – Monsefú para mejorar el Servicio Eléctrico Monsefú - 2017”, presentado a la Universidad César Vallejo, menciona en sus conclusiones:

- Se realizó el diagnóstico del alimentador encontrándose postes en mal estado y que urge su cambio inmediato.
- Se ha diseñado la línea por una ruta accesible y que tenga acceso a los mantenimientos en caliente y su operatividad, siendo un total de 138 estructuras con un recorrido de 11 km.
- Se realizaron los cálculos mecánicos y eléctricos, y se ha seleccionado los aisladores por mayor línea de fuga para evitar las interrupciones por descargas atmosféricas y polución, además se va instalar puesta a tierra en todo el recorrido de la línea de media tensión.
- Se determinó el presupuesto total cuyo monto asciende a S/ 794 739 soles, con una tasa de interés de 10% y un Tasa Interna de Retorno de 12.82% (TIR), con un Valor Actual Neto de S/ 57 974 soles (VAN) y el recupero de la inversión será en 3 años y 5 meses. Siendo factible nuestro proyecto.

(FARÍAS, P. 2017), en su tesis de grado, denominado: “Propuesta de Metodología Para el Análisis y Estudio de la Calidad de la Energía Eléctrica”, presentado a la Universidad Nacional de Ingeniería, menciona en su problemática:

En la investigación, se describió la problemática en cuanto a la calidad de la energía, en el cual el método es el objeto de estudio de la investigación. La metodología que se requiere para llegar a estudiar, es la metodología de trabajo guiado y referenciada por normas estándares internacionales.

Actualmente, para realizar las mediciones de la calidad de la energía eléctrica, el personal encargado, constituido por los Ingenieros Eléctricos, los técnicos y personal administrativo, realicen las mediciones para desarrollar la investigación y con ello hacer el seguimiento de las variables medidas.

Así mismo, las empresas tienen problemas en la cuestión del registro de la información, para lo cual no cuenta con los formatos que sirven para la inspección, los que están enfocados en analizar los eventos relacionados a la calidad del servicio de energía eléctrica.

El estudio realizado en la Facultad de Electrotecnia y de computación, se hizo con un equipo analizador de redes calibrado, que permitió realizar mediante protocolos previamente establecidos mediciones, los cuales familiarizan el funcionamiento y el correcto manejo de este equipo de medición, tanto para los estudiantes como para el personal docente.

Se determinó que no existe un procedimiento o una metodología para la medición y los análisis de la calidad de los parámetros de la energía eléctrica; siendo pocas las empresas las que, si conocen y aplican éstos métodos, pero no tienen los formatos estandarizados para tal fin.

(VARGAS, 2015), en su tesis de grado denominado: “Estudio de Indicadores de Calidad del Suministro de Energía Eléctrica de una Red de Distribución A 13.2 kV”, presentado a la Universidad Nacional de Colombia, presenta en sus conclusiones:

1. Colombia es un país Latinoamericano en vías de desarrollo o también denominado país emergente, en donde el sistema eléctrico presenta avances significativos, pero no en su totalidad, en cual resulta necesario, implementar sistemas automatizados para el área eléctrica; en los tres sub sistemas, como son generación, trasmisión y distribución. Este último es el más importante ya que concentra a un gran número de consumos a los cuales es necesario entregar un buen servicio eléctrico.
2. Los indicadores de la calidad del servicio de energía eléctrica, exigen que las empresas que operan la red eléctrica, presten un servicio de calidad óptima, caso contrario tendrían que compensar mediante incentivos al usuario, tanto en energía como en dinero.
3. Si se automatiza la red de distribución automatizada, se incrementa la confiabilidad del sistema eléctrico, el cual tiene repercusiones buenas, sobre los índices de la calidad del servicio eléctrico que entregan los operadores de distribución eléctrica dentro de área de concesión, respondiendo rápidamente ante cualquier eventualidad en el caso de la interrupción del servicio.
4. Existe una evolución de la tecnología en cuanto a los equipos de tele comando, los cuales tienen un funcionamiento y operación amigable para el operador, facilitando las labores en el menor tiempo posible.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Calidad de energía eléctrica.

Definiciones:

- La calidad de la entrega del servicio de energía eléctrica, tiene relación directa con el tiempo de funcionamiento, es decir garantizar la continuidad del servicio.
- Se define por calidad de la potencia eléctrica, a las variaciones en la forma de la señal, es decir la forma de la onda, la frecuencia eléctrica y la amplitud de las ondas de Intensidad de corriente eléctrica y onda de diferencia de tensión eléctrica.
- Un aspecto que tiene que ver con la calidad del servicio, es la continuidad de la señal de tensión eléctrica, y no como creen que es la atención a los clientes, referidos a la administración de los servicios eléctricos.

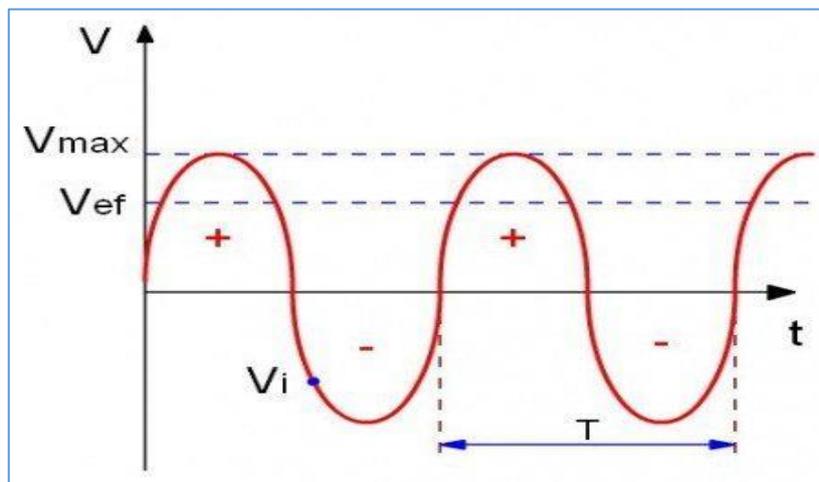


Figura 2: Señal de Diferencia de tensión

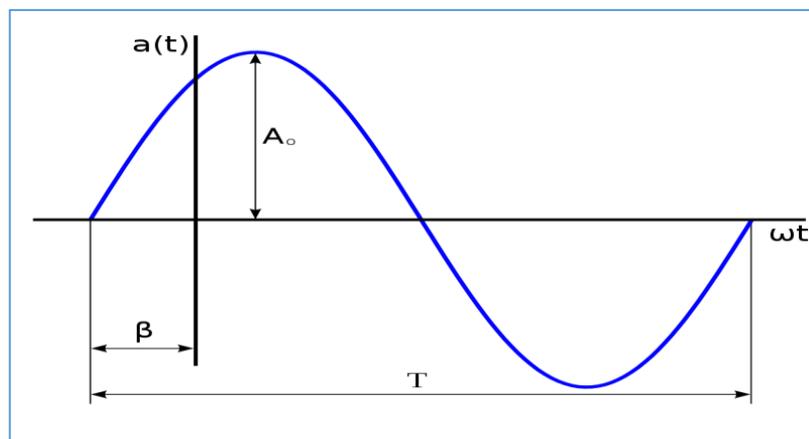


Figura 3: Parámetros de la onda de intensidad de corriente eléctrica alterna sinusoidal

Espectro Armónico

El espectro armónico es la descomposición de una señal en sus armónicos en el dominio de la frecuencia. Así se representa en un diagrama de barras el porcentaje de cada una de las señales armónicas, cuya suma produce la señal total analizada.

Armónicos.

Son señales de alta frecuencia periódica y que se pueden analizar mediante la serie de Fourier. Las frecuencias de los armónicos son múltiplo de 2, 3, 4,5, b, de la frecuencia de 50 o 60 Hertz, al múltiplo n, determina el rango de la componente armónica.

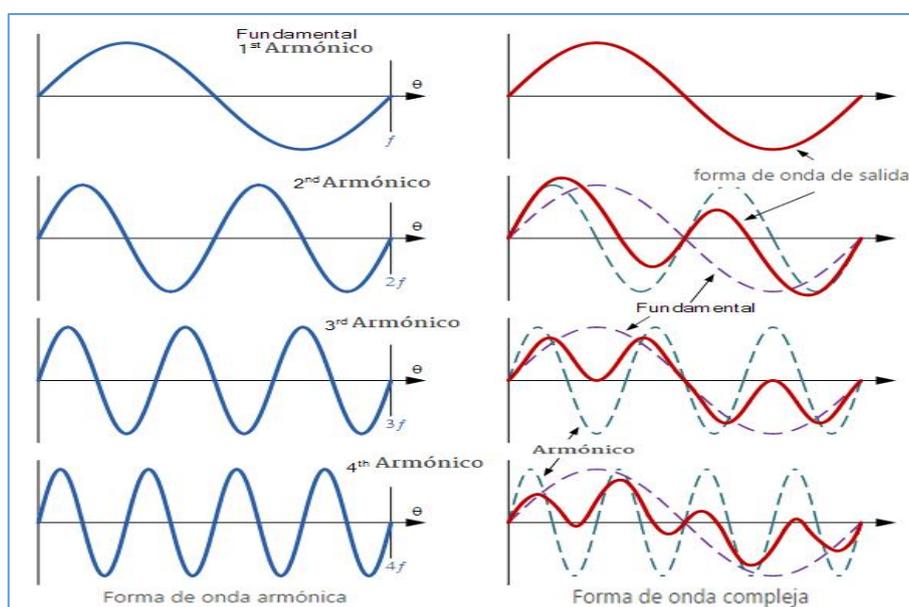


Figura 4: Armónicos de la onda de tensión

Efectos de los armónicos

- Incremento de la temperatura de los conductores eléctricos, los transformadores de potencia, y las máquinas eléctricas rotativas.
- Funcionamiento inadecuado de los equipos electrónicos de control, de la protección eléctrica y de las telecomunicaciones.
- Mediciones erradas por los medidores de energía eléctrica, que utilizan el efecto inductivo como principio de funcionamiento.
- En los circuitos aparecen tensiones adicionales o sobretensiones armónicas, los cuales interfieren en el funcionamiento, y también en los equipos de compensación de potencia reactiva (banco de condensadores)

Tabla 2: Armónicos de las ondas más comunes

CLASE DE ONDA	DESCOMPOSICIÓN ARMÓNICA
Onda seno	$Y=a \text{ sen } \theta$
Rectificación de media onda	$Y=a/\pi+0.5\text{sen } \theta-(2/1.3)\text{cos}2\theta-(2/3.5\pi)\text{cos}4\theta\dots$
Rectificación de onda completa	$Y=2a/\pi+(2/1.3)\text{cos } 2\theta-(2/3.5\pi)\text{cos } 4\theta-(2/5.7)\text{cos } 6\theta\dots\dots$
Rectificación de M fases	$Y=(am/\pi)\text{sen } \pi\theta/m+(2/(m^2-1))\text{cos } m\theta-(2/(4m^2-1))\text{cos } 2\theta+(2/(9m^2-1))\text{cos } 3m\theta\dots\dots$
Onda triangular	$Y=8a/\pi^2 [\text{sen } \theta-(1/9)\text{sen } 3\theta+(1/25)\text{sen } 5\theta+(1/49)\text{sen } 7\theta\dots$
Onda rectangular	$Y=4a/\pi [\text{sen } \theta-(1/3)\text{sen } 3\theta+(1/5)\text{sen } 5\theta+(1/7)\text{sen } 7\theta\dots$
Onda de tres niveles	$Y=3.4641a/\pi [\text{cos } \theta-(1/5)\text{cos } 5\theta+(1/7)\text{cos } 7\theta+(1/11)\text{sen } 11\theta\dots$

Fuente: Arcila, 2015

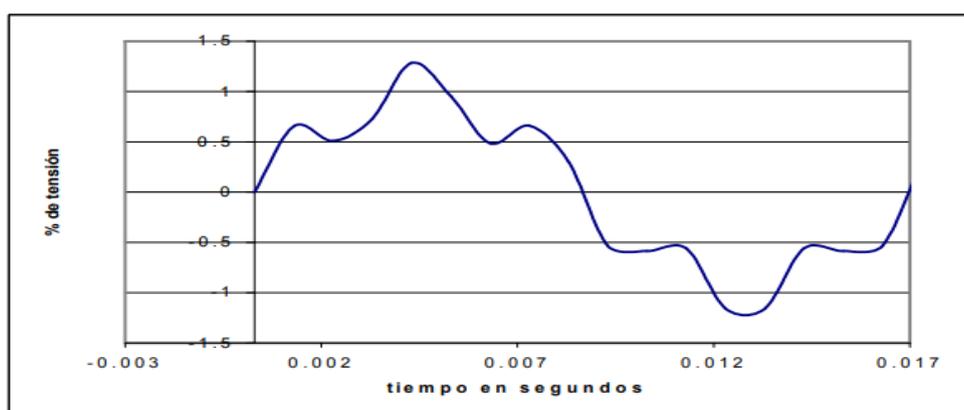


Figura 5: Onda de tensión con un contenido del 30% del 5º armónico

Diseño de un Alimentador Eléctrico.

El diseño de un Alimentador tiene que estar sustentado en las normas de Electrificación: Cálculos Justificativos para Líneas de Media tensión, el mismo que indica que se debe comenzar por ubicar desde donde se va iniciar el Alimentador, luego se realiza el estudio de mercado eléctrico para determinar la Energía a Distribuir, así como la Máxima Demanda, para luego continuar con los cálculos de los componentes electromecánicos del Alimentador.

Densidad de carga.

“La Densidad de carga expresa la relación entre la carga instalada y el área de la zona del proyecto” (Acedo, 2013, p. 15).

$$Densidad \ de \ carga = \frac{Carga \ instalada \ kVA}{Area \ de \ la \ zona \ k \ m^2} \frac{kW}{k \ m^2}$$

Carga instalada.

“Se considera una carga instalada a la sumatoria de todas las potencias existentes en una instalación eléctrica que están conectadas a una red eléctrica.

Su unidad de medida es según capacidad a instalar kVA, MVA, kW o MW.” (ACEDO, 2012, p. 16).

$$CI = \sum \text{Potencia nominales de las cargas}$$

Potencia eléctrica.

La potencia eléctrica es la cantidad de energía que se transfiere en un determinado tiempo, es influenciada por la tensión eléctrica y la intensidad de corriente eléctrica. Su unidad de medida es el Watt, pero algunos autores consideran al vatio, que numéricamente es equivalente, decir 1 Watt = 1 Vatio.

$$P = \frac{E}{t}$$

O también; del producto de la tensión por la corriente:

$$P = V \times I$$

Máxima demanda.

La máxima demanda es el máximo valor de la potencia instantánea que se produce en un determinado momento, en el cual la mayor cantidad de cargas eléctricas están conectadas al circuito; los valores de máxima demanda ocurren normalmente en un periodo del día, denominado “Horas Punta”, que suele durar entre 3 o 4 horas. Al resto del día se le denomina “Horas Fuera de Punta”

Diagrama de Carga.

Es la representación del consumo de energía durante todo el día, se expresa en %, y su valor cercano a uno, indica que la energía es consumida casi de manera uniforme, y con un valor de factor de carga cercano a cero, significa que el consumo de energía se da en poco tiempo durante el día.

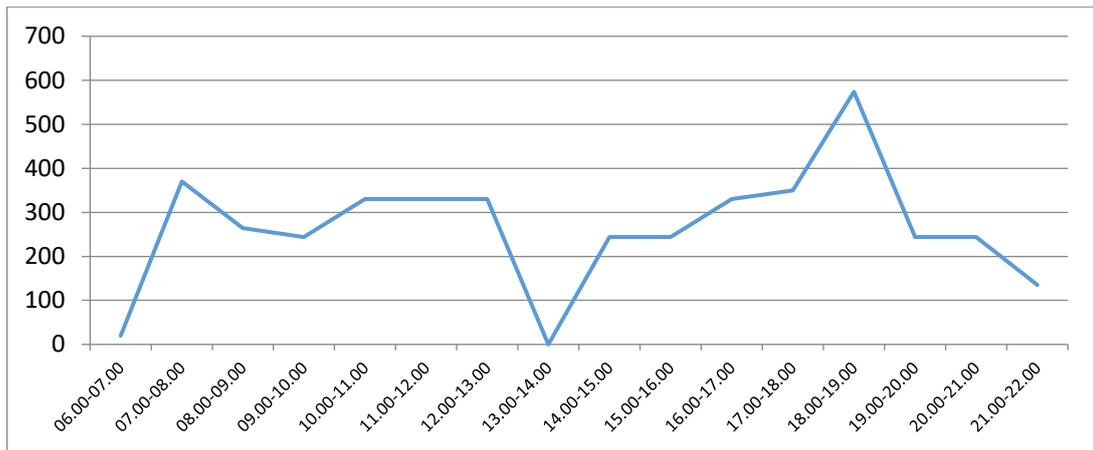


Figura 6: diagrama de carga

Factor de potencia.

Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente de un sistema eléctrico, dichas potencias se esquematizan en el denominado triángulo de Potencia.

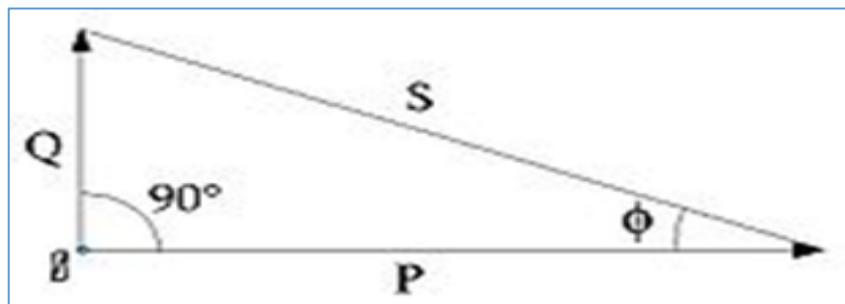


Figura 7: Triángulo de potencias

Se define como;

$$fp = \frac{P}{|S|} = \cos \phi$$

1.4. Formulación del Problema

¿Cómo mejorar el suministro de energía eléctrica 22.9 kV, del alimentador PUC 201 mediante el análisis de los parámetros de calidad de energía eléctrica, en ELORSA?

1.5. Justificación del Estudio.

Justificación Tecnológica

La investigación se justifica tecnológicamente, porque mediante el análisis se busca determinar cuál es la capacidad de transporte de energía eléctrica del alimentador, teniendo en cuenta la mitigación de las pérdidas eléctricas inherentes a la transmisión. Los valores de tensión y de frecuencia eléctrica estarán dentro de lo que estipula el Código Nacional de Electricidad. Así mismo se justifica porque el análisis permite también conocer el funcionamiento de la línea en función a los crecimientos de carga en la zona.

Justificación Ambiental

Se justifica ambientalmente porque el alimentador al ampliar su capacidad de transporte de energía eléctrica, incrementa la electrificación de la zona, en donde muchos pobladores utilizan aún para su iluminación, dispositivos que requieren de la combustión para generar luz, como es el caso de las lámparas con diésel o velas, los cuales emiten gases contaminantes como es el dióxido de carbono.

Justificación Social

La mejora del servicio de energía eléctrica, permite que los usuarios tengan un suministro de energía con los parámetros deseables, con los cual sus equipos electrodomésticos, funciones correctamente y no presenten averías por deficiencia de la calidad de energía que llega a sus hogares.

Justificación Económica

El presente trabajo de investigación permitirá disminuir los costos que el usuario realiza por mal registro al momento de la medición de la energía eléctrica, debido a que la variación de los parámetros de energía eléctrica, origina una lectura errónea del consumo de energía eléctrica. Así mismo se justifica económicamente por el deterioro de sus artefactos como consecuencia del mal suministro de energía eléctrica.

Hipótesis.

El análisis de los parámetros de calidad de energía eléctrica determina la mejora del servicio del alimentador PUC 201 en ELORSA.

Objetivos

Objetivo General

Analizar los parámetros de calidad en el suministro de energía eléctrica 22.9 kV para mejorar el servicio del alimentador PUC. 201 en ELORSA.

Objetivos Específicos.

1. Determinar los parámetros de calidad de energía eléctrica de un alimentador de media tensión 22.9 kV. para su análisis.
2. Evaluar los parámetros de operación actuales del alimentador Puc-201 para establecer su comportamiento.
3. Establecer alternativas de solución para mejorar condiciones de operación del alimentador Puc-201 según la norma de calidad.
4. Realizar una evaluación económica utilizando indicadores tales como VAN, TIR y relación beneficio /costo.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación.

No experimental

Es no experimental por el motivo que en esta investigación es imposible manipular las variables, si no que se observan situaciones ya existentes.

Variables, Operacionalización.

Variable Independiente

Análisis de los parámetros de calidad en el suministro de energía eléctrica 22.9 kV.

Variable Dependiente.

Para mejorar el servicio del alimentador PUC 201 en ELORSA

Operacionalización de las variables

Tabla 3: cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición	Instrumento
<p>Independiente:</p> <p>Análisis de los parámetros de calidad en el suministro de energía eléctrica 22.9 kV.</p>	<p>Es el estudio de la interacción de los parámetros de funcionamiento, los cuales influyen en tener valores que tengan un rango que minimicen las pérdidas técnicas físicas de energía eléctrica.</p>	<p>Se mide con el número de veces que se ha interrumpido el servicio, así como también la duración, comparados con estándares de países con alto nivel de calidad de energía eléctrica.</p> <p>Así mismo se mide con los parámetros eléctricos, tales como tensión, frecuencias potencia y rendimiento de línea</p>	<p>SAIFI SAIDI. Tensión. Frecuencia. Rendimiento de línea</p>	<p>Número de veces. Horas. Voltios. Hertz</p>	<p>Guía de Observación</p>
<p>Dependiente:</p> <p>Para mejorar el servicio del alimentador PUC 201 en ELORSA</p>	<p>La calidad de servicio es el conjunto de características técnicas y comerciales inherentes al suministro eléctrico exigibles por las cargas.</p>	<p>Es la capacidad del alimentador eléctrico PUC 201, para satisfacer la demanda de energía eléctrica de las cargas anexadas, así como también las proyecciones a la anexión de cargas futuras.</p>	<p>Tensión Frecuencia KW-h</p>	<p>Voltios. Amperios. Hora</p>	<p>Guía de Observación.</p>

Fuente: Propia

2.2. Población y muestra

Población.

Objeto de estudio: Parámetros de calidad de suministro de energía eléctrica (Tensión, Frecuencia, Pérdida de potencia y rendimiento de línea)

Muestra.

La muestra coincide con la población.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: valides y confiabilidad

Técnicas

Se emplearán las siguientes técnicas de investigación.

Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Revisión documentaria.	Se revisaran los trabajos de Investigación, artículos científicos, características de los materiales eléctricos, así como también mediciones de parámetros de calidad de la energía.	Evaluación Documentaria.
Observación.	Se realizarán las mediciones de los parámetros de calidad de la energía eléctrica.	Guía de observación.

Fuente: Propia

2.4. Procedimiento para recolección de datos

Guías de observación

Se realizarán las mediciones de los parámetros de calidad de la energía eléctrica.

Guía de análisis de documento

Se revisarán los trabajos de Investigación, artículos científicos, características de los materiales eléctricos, así como también cálculos de los parámetros de la energía eléctrica.

Validez y confiabilidad

Validez

La validez de este proyecto de investigación nos concierne a la interpretación correcta y cuidado exhaustivo del proceso metodológico de los resultados que obtenemos en el estudio del tema científico estudiando en este caso el “análisis de los parámetros de calidad en el suministro de energía eléctrica para mejorar el servicio del alimentador PUC 201 en la empresa electro oriente sa-2018”

2.5. Métodos de Análisis de datos

Los datos obtenidos de las mediciones, cálculos de los parámetros serán analizados mediante la estadística inferencial.

2.6. Aspectos éticos

El investigador tiene la obligación de poner fuentes confiables de información y ser responsable con la toma de decisiones para que éstas sean consistentes con la seguridad, salud, medio ambiente y beneficio de la sociedad, ser honesto y realista al establecer conclusiones o estimaciones derivadas del análisis.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar los parámetros de calidad de energía eléctrica de un alimentador de media tensión 22.9 kV para su análisis.

Generalidades del Alimentador PUC 201

Hasta la década del 90 el distrito de Pucara y sus anexos, La Playa, Lishinas, MTC. Pucara, San José, Puente Techin, Balsas y Playa Azul, se encontraban abastecidos por un sistema de distribución eléctrica con un nivel de tensión de 10 kV, en cual tenía como fuente de abastecimiento de energía la central Hidroeléctrica Pucara, con una potencia instalada de 400kW y una extensión de 78.06 km de líneas y redes primarias, así como de 44.40Km de redes secundarias en baja tensión, teniendo como principal desventaja, interrupciones constantes, elevada pérdidas de energía y un nivel de tensión inadecuadas; en el año 2012 que se da el cambio de nivel de tensión a 22.9 kV a través de la conexión con el alimentador de media tensión JAE-202, el cual sale de la Subestación de JAEN, de propiedad de la empresa distribuidora Electro oriente S.A.(ELORSA).

De todos los Alimentadores existentes en la Unidad de JAEN, el PUC-201 es el alimentador que presenta mayor índice de averías y/o fallas en sus instalaciones eléctricas, equipos de maniobra y ferretería; esto sucede principalmente debido a las condiciones climáticas de las localidades que atraviesa este Alimentador, sectores con abundante vegetación, fuerte vientos, con intensas lluvias, especialmente en los meses de invierno, todo esto posibilita el crecimiento rápido de árboles originando un bajo nivel de aislamiento, y por consiguiente las descargas atmosféricas que ocasionan la apertura de fusibles en las radiales o la salida de todo el alimentador.

Actualmente el alimentador, tiene 7758 usuarios, entre clientes regulados y clientes libres, y en el año 2018, se tuvo un registro de máxima demanda de 2.02 MW, el cual fue el dpi a 23 de agosto a las 19.35 horas.

Desde la salida del alimentador en la Central Hidroeléctrica hasta la llegada al distrito de Pucara, en esta zona de característica regularmente seco con altos niveles de vegetación, presencia de lluvia y polvo, esta zona de actividad agrícola con labores de labrado mecánico de las tierra originan contaminación y en los últimos años con la pavimentación de la carretera Fernando Belaúnde Terry, se está impulsando la actividad industrial aumentando

constantemente la demanda eléctrica, asimismo hacemos mención a las industrias de chancado de piedra y pilado de arroz por su impacto en sus procesos que generan alta contaminación de polvo.

Las redes primarias existentes pertenecen al Alimentador PUC-201 que operan a un nivel de tensión de 22.9kV. El alimentador parte desde la central Hidroeléctrica (CHE). Se ha verificado que las redes primarias presentan estructuras fisuradas conductor Aluminio sección muy delgado, aisladores descargando por contaminación.

Generalmente las redes están conformadas por postes de concreto de 13 y 12m, los que en su mayoría se encuentran en mal estado, presentando grietas y picaduras en la superficie de su base.



*Figura 8: central hidroeléctrica Pucara.
Fuente: propia.*

Características del Alimentador.

El Alimentador PUC -201 tiene las siguientes características:

Localidades	:	La playa, Pucara, Lishinas, San José, Cabuyas, Balsas, Puente Techin, Playa Azul.
Sed. De origen	:	Central Hidroeléctrica (CHE)
Máxima demanda	:	2.2 MW
Tensión Nominal	:	22.9 KV
Capacidad	:	4.00Mw
Equipos Maniobra	:	155
Estructuras de Mt	:	675
Recorrido	:	81 km
Subestaciones	:	26
Clientes atendidos	:	7758 clientes

Datos del recorrido actual del Alimentador PUC-201

El Alimentador PUC-201, que inicia en la CHE, está equipado con protección Interruptor con relé multifunción, con protección a tierra del tipo 50/51N. La característica del programa de mantenimiento 2016 en este alimentador contempla actividades como:

Tabla 5: Cuadro de Actividades de mantenimiento

Actividad	Frecuencia
Servidumbre	Semestral
Limpieza en frio (sin acceso)	Semestral
Mantenimiento de puesta a tierra	Semestral

Fuente: ELORSA.

En el tramo I a la salida el alimentador cuenta con un conductor de Cobre $35mm^2\emptyset$ con aisladores de porcelana tipo pin en simple terna, luego del cual se bifurca en 02 radiales: Hacia el Oeste la radial Lishinas. Estructura R1-01 de la radial, atiende 541 clientes, en el tramo II con una potencia, 58,661 kWh de energía, con conductor de Aluminio $50mm^2\emptyset$, con postes de concreto armado centrifugado (cac) con armado vertical, avanza hacia el oeste pasando por el distrito de Pucara con la carretera Fernando Belaunde Terry, donde se bifurca hacia el Este por el Centro Poblado san José y cabuyas, con conductor de Aluminio $50mm^2\emptyset$ de en postes de concreto de 13 metros en la parte urbana.

Al oeste aguas abajo en el tramo III con armado triangular va hacia la localidad de Puente Techin donde se ubica un Recloser que conecta al Alimentador CUT. 202 con una potencia de 1.5 MW equipado con seccionamiento Cut Out, el conductor es de calibre AAAC $70mm^2\emptyset$, continúa con conductor AAAC $50mm^2\emptyset$ en un costado de la carretera hacia la localidad de Playa Azul.

Atendiendo 1055 clientes y distribuye 84,400 kW de energía

Registro de Máxima Demanda

Registro de Máxima Demanda 2015

Se tiene los registros de la potencia activa que transporta el alimentador, cada 15 minutos, de los días de máxima demanda de los años 2015, 2016, 2017

En el año 2015, el registro de máxima demanda se registró el día 30 de Julio a las 19.45 y a las 20.00 horas, tal como se muestra en la tabla n° 6

Tabla 6: registro de potencia activa alimentador PUC. 201

Hora	Potencia KW				
00:15	731.87	08:15	762.79	16:30	872.74
00:30	725.00	08:30	759.36	16:45	862.44
00:45	752.48	08:45	824.64	17:00	814.33
01:00	738.74	09:00	824.64	17:15	755.92
01:15	700.94	09:15	797.15	17:30	762.79
01:30	683.76	09:30	883.05	17:45	790.28
01:45	694.07	09:45	975.82	18:00	862.44
02:00	666.58	10:00	1,034.24	18:15	982.70
02:15	670.02	10:15	1,047.98	18:30	1,164.80
02:30	659.71	10:30	1,047.98	18:45	1,449.99
02:45	659.71	10:45	1,041.11	19:00	1,621.79
03:00	704.38	11:00	1,023.93	19:15	1,680.20
03:15	731.87	11:15	993.00	19:30	1,666.46
03:30	731.87	11:30	1,010.18	19:45	1,693.95
03:45	704.38	11:45	1,027.36	20:00	1,693.95
04:00	673.46	12:00	1,054.85	20:15	1,673.33
04:15	683.76	12:15	1,017.06	20:30	1,659.59
04:30	797.15	12:30	893.36	20:45	1,611.48
04:45	807.46	12:45	913.98	21:00	1,556.51
05:00	810.90	13:00	879.62	21:15	1,487.79
05:15	828.08	13:15	859.00	21:30	1,422.50
05:30	828.08	13:30	776.54	21:45	1,439.68
05:45	783.41	13:45	779.97	22:00	1,336.60
06:00	783.41	14:00	790.28	22:15	1,243.83
06:15	859.00	14:15	790.28	22:30	1,147.62
06:30	920.85	14:30	889.92	22:45	1,072.03
06:45	893.36	14:45	913.98	23:00	1,010.18
07:00	883.05	15:00	910.54	23:15	965.52
07:15	924.28	15:15	934.59	23:30	934.59
07:30	931.16	15:30	900.23	23:45	893.36
07:45	810.90	15:45	886.49	24:00:00	845.26
08:00	766.23	16:00	869.31		
		16:15	852.13		

Fuente: Propia

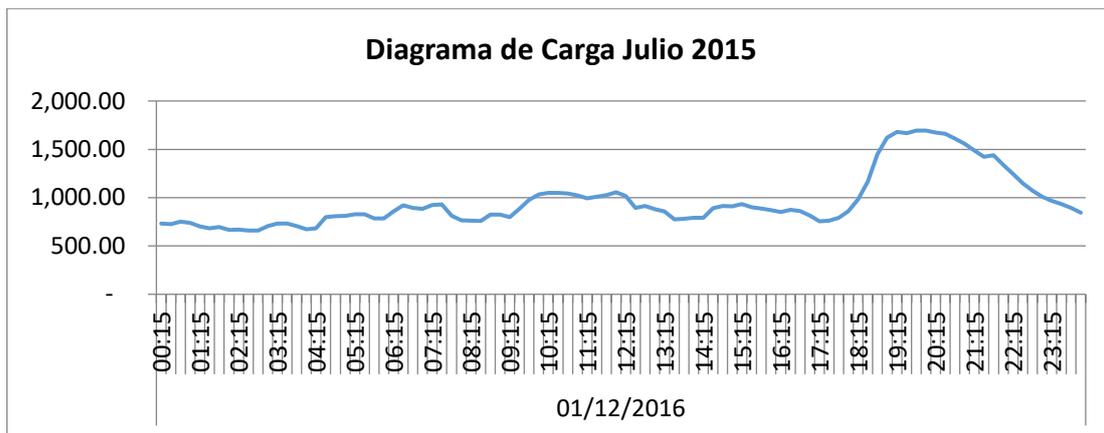


Figura: 9 Diagrama de carga eléctrica 2016
Fuente : ELORSA, 2016

La máxima demanda del año, fue el 30 de Julio y ocurrió a las 19.45 y a las 20.00 horas, con un valor de 1693.95 KW; y el consumo de energía eléctrica durante las 24 horas de día 30 de Julio fue de 23120 KW-h.

En función a ello, se determina el factor de carga diario, utilizando la expresión:

$$Fc = \frac{Ec}{MD * 24}$$

Dónde:

Fca. : Factor de Carga.

Ec. : Energía consumida, en KW-h.

MD. : Máxima Demanda, en KW

Reemplazando valores se tiene:

$$Fc = \frac{23120}{1693.93 * 24} = 0,56$$

Es decir que el factor de carga es del 56%, con horas punta entre las 19.00 y 22.00 horas, y con valores de menor potencia de 659.71 KW, las 02.45 horas.

Registro de Máxima Demanda 2016

En el año 2016, el registro de máxima demanda se registró el día 12 de enero a las 20.00 horas, tal como se muestra en la tabla 7

Tabla 7: Registro de Potencia Activa Alimentador PUC 201

Hora	Potencia KW				
00:15	817.77	08:15	721.56	16:30	848.69
00:30	793.72	08:30	773.10	16:45	862.44
00:45	783.41	08:45	773.10	17:00	804.02
01:00	766.23	09:00	838.38	17:15	738.74
01:15	745.61	09:15	886.49	17:30	742.18
01:30	745.61	09:30	979.26	17:45	759.36
01:45	731.87	09:45	996.44	18:00	786.84
02:00	725.00	10:00	948.34	18:15	834.95
02:15	714.69	10:15	968.95	18:30	968.95
02:30	707.82	10:30	979.26	18:45	1,274.76
02:45	711.25	10:45	1,047.98	19:00	1,577.12
03:00	700.94	11:00	1,051.42	19:15	1,886.36
03:15	690.64	11:15	1,054.85	19:30	2,006.62
03:30	687.20	11:30	1,089.21	19:45	2,051.29
03:45	687.20	11:45	1,085.78	20:00	2,061.60
04:00	687.20	12:00	1,037.67	20:15	2,034.11
04:15	694.07	12:15	968.95	20:30	1,999.75
04:30	690.64	12:30	920.85	20:45	1,961.96
04:45	704.38	12:45	907.10	21:00	1,900.11
05:00	714.69	13:00	876.18	21:15	1,800.46
05:15	725.00	13:15	845.26	21:30	1,718.00
05:30	745.61	13:30	859.00	21:45	1,632.10
05:45	769.66	13:45	872.74	22:00	1,515.28
06:00	776.54	14:00	869.31	22:15	1,398.45
06:15	800.59	14:15	879.62	22:30	1,278.19
06:30	859.00	14:30	924.28	22:45	1,206.04
06:45	807.46	14:45	962.08	23:00	1,130.44
07:00	821.20	15:00	999.88	23:15	1,037.67
07:15	838.38	15:15	999.88	23:30	955.21
07:30	834.95	15:30	934.59	23:45	910.54
07:45	834.95	15:45	869.31	24:00:00	855.56
08:00	783.41	16:00	848.69		
		16:15	859.00		

Fuente: Propia

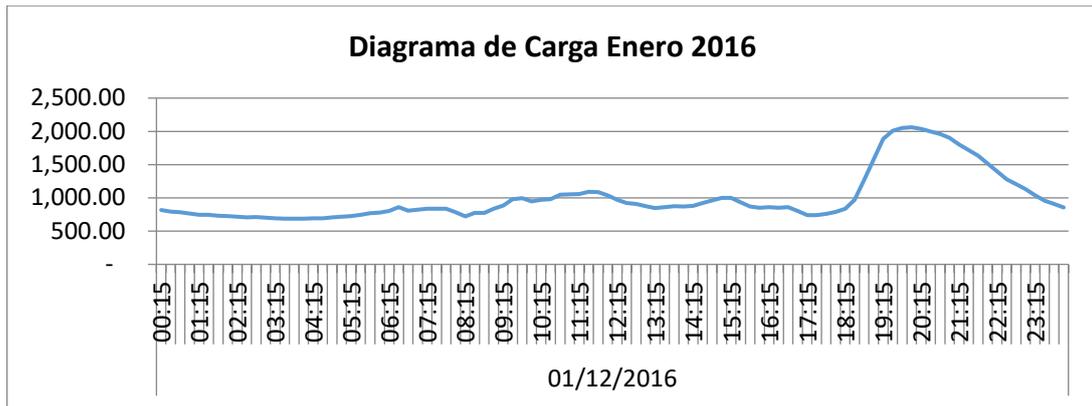


Figura 10: Diagrama de carga eléctrica 2016
Fuente: ELORSA, 2016.

La máxima demanda del año, fue el 12 de enero y ocurrió a las 20.00 horas, con un valor de 2061 KW; y el consumo de energía eléctrica durante las 24 horas de día 12 de enero fue de 24065 KW-h.

En función a ello, se determina el factor de carga diario, utilizando la expresión:

$$F_c = \frac{E_c}{MD * 24}$$

Dónde:

- Fca. : Factor de Carga.
- Ec. : Energía consumida, en KW-h.
- MD. : Máxima Demanda, en KW

Reemplazando valores se tiene:

$$F_c = \frac{24065}{2061 * 24} = 0,48$$

Es decir que el factor de carga es del 48%, con horas punta entre las 19.00 y 22.00 horas, y con valores de menor potencia de 687.20 KW, las 03.15 horas.

Registro de Máxima Demanda 2017 (factor de carga)

En el año 2017, el registro de máxima demanda se registró el día 3 de diciembre a las 20.30 horas, tal como se muestra en la tabla 8

Tabla 8: Máxima Demanda 2017

Hora	Potencia kW				
00:15	1,260.44	08:15	1,108.73	16:30	1,170.06
00:30	1,223.26	08:30	1,105.40	16:45	1,170.27
00:45	1,185.68	08:45	1,139.55	17:00	1,167.04
01:00	1,158.40	09:00	1,135.91	17:15	1,177.35
01:15	1,134.66	09:15	1,173.39	17:30	1,163.60
01:30	1,114.04	09:30	1,200.36	17:45	1,197.34
01:45	1,103.73	09:45	1,214.93	18:00	1,248.67
02:00	1,096.96	10:00	1,200.98	18:15	1,413.70
02:15	1,083.43	10:15	1,218.06	18:30	1,698.79
02:30	1,069.58	10:30	1,235.34	18:45	2,091.11
02:45	1,065.83	10:45	1,231.80	19:00	2,416.28
03:00	1,062.60	11:00	1,245.44	19:15	2,530.19
03:15	1,055.94	11:15	1,238.47	19:30	2,585.07
03:30	1,049.59	11:30	1,245.65	19:45	2,609.53
03:45	1,039.49	11:45	1,255.75	20:00	2,599.54
04:00	1,036.47	12:00	1,276.26	20:15	2,578.92
04:15	1,036.68	12:15	1,259.29	20:30	2,646.91
04:30	1,040.32	12:30	1,252.42	20:45	2,620.05
04:45	1,040.43	12:45	1,242.01	21:00	2,578.92
05:00	1,043.97	13:00	1,245.65	21:15	2,482.71
05:15	1,069.69	13:15	1,245.75	21:30	2,351.73
05:30	1,079.58	13:30	1,235.65	21:45	2,228.14
05:45	1,089.79	13:45	1,221.81	22:00	2,094.24
06:00	1,035.23	14:00	1,215.14	22:15	1,963.57
06:15	948.91	14:15	1,194.53	22:30	1,840.18
06:30	946.20	14:30	1,184.53	22:45	1,731.27
06:45	950.47	14:45	1,180.89	23:00	1,641.93
07:00	979.52	15:00	1,180.68	23:15	1,549.16
07:15	1,002.32	15:15	1,166.93	23:30	1,480.65
07:30	1,046.67	15:30	1,166.73	23:45	1,425.25
07:45	1,077.18	15:45	1,173.60	24:00:00	1,384.33
08:00	1,079.78	16:00	1,166.73		
		16:15	1,149.65		

Fuente: Propia

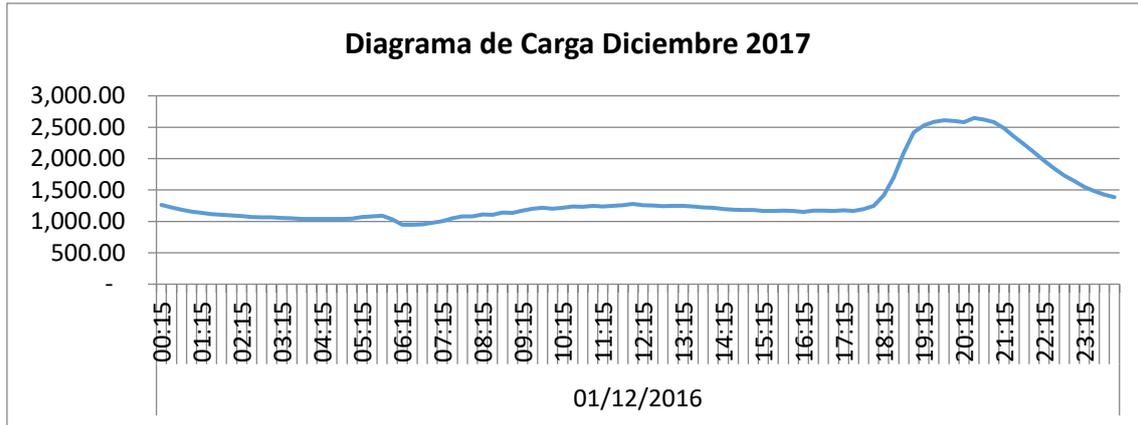


Figura 11: Diagrama de carga eléctrica 2017
Fuente: ELORSA, 2017

La máxima demanda del año, fue el 3 de diciembre y ocurrió a las 20.00 horas, con un valor de 2646.91 KW; y el consumo de energía eléctrica durante las 24 horas de día 12 de enero fue de 33187 KW-h.

En función a ello, se determina el factor de carga diario, utilizando la expresión:

$$F_c = \frac{E_c}{MD * 24}$$

Dónde:

Fc. : Factor de Carga.

Ec. : Energía consumida, en KW-h.

MD. : Máxima Demanda, en KW

Reemplazando valores se tiene:

$$F_c = \frac{33187}{2646.91 * 24} = 0,52$$

Es decir que el factor de carga es del 52%, con horas punta entre las 19.00 y 22.00 horas, y con valores de menor potencia de 946.20 KW, las 06.30 horas.

En resumen, se tiene que entre los años 2015, 2016 y 2017, el alimentador PUC 201, funcionó con los siguientes parámetros:

Tabla 9: Parámetros de operación del Alimentador PUC 201

Parámetro	Año		
	2015	2016	2017
Máxima Demanda (KW)	1693	2061	2646
Día de Máxima Demanda	30-jul	12-ene	03-dic
Hora de Máxima Demanda	19.45	20	20:30
Energía Consumida KW-H/día	23120	24065	33187
Potencia Mínima (KW)	659.71	687.2	946.2
Factor de Potencia	0.56	0.48	0.52

Fuente. ELORSA 2015-2017

Entre los años 2015 y 2017, la máxima demanda se ha incrementado significativamente desde un valor de 1693 hasta 2646 KW, es decir un incremento de máxima demanda de 52%, debido al incremento de la carga por la presencia de molinos de arroz en la zona y ampliación de redes en media tensión de cobertura del alimentador PUC 2011

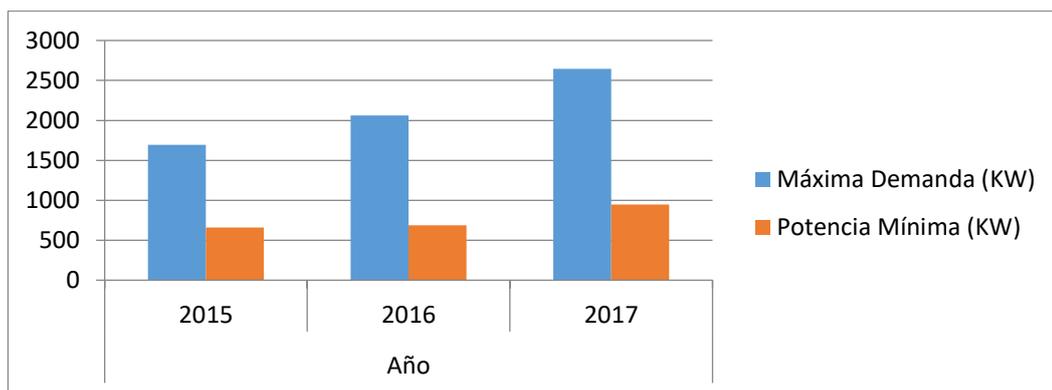


Figura 12: Máxima demanda (kW) 2015 - 2017
Fuente: ELORSA

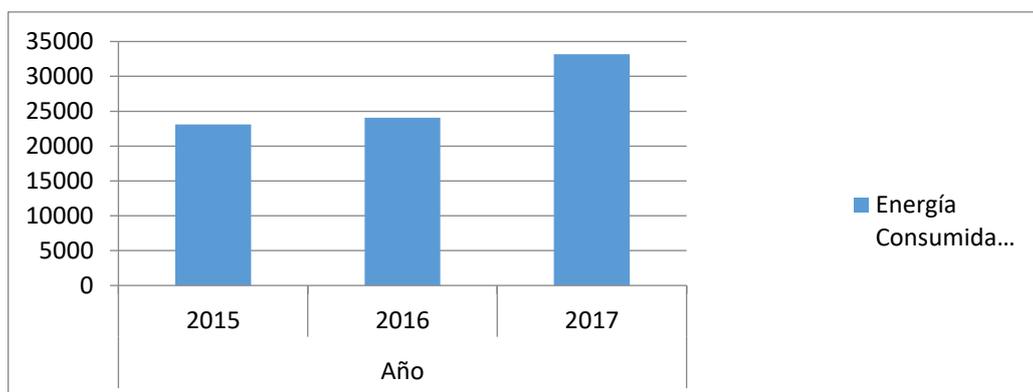


Figura 13: consumo de energía 2015 - 2017

Interrupciones del Servicio de Energía Eléctrica y Duración.

Se tiene los registros de las interrupciones y de la duración de éstos entre los meses de enero y mayo del 2018, en el cual se evidencia que cada vez más dichos valores se incrementan, los cuales hacen que la calidad del servicio no sea el adecuado.

Indicadores de performance establecidos.

SAIFI: system Average interruption Frequency index, o Frecuencia Media de interrupción por usuario en un período determinado.

SAIDI: System Average interruption Duration Index, o tiempo total promedio de interrupción por usuario en un período determinado.

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n t_i * U_i}{N}$$

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{N}$$

Dónde:

t_i = Duración de cada interrupción

U_i = Número de usuarios afectados en cada interrupción.

n = Número de interrupciones del período

N = Número de usuarios del sistema eléctrico o concesionario al final del período, según corresponda.

Se tiene registrado 12 interrupciones, los cuales se detallan:

Tabla 10: Motivo de la Interrupción

N°	Motivo de la Interrupción
1	Mantenimiento preventivo
2	Mantenimiento preventivo
3	Por maniobra sin aviso, corta
4	Falla
5	Mantenimiento preventivo
6	Por maniobra sin aviso, corta
7	Falla
8	Mantenimiento preventivo
9	Falla
10	Falla
11	Falla
12	Falla

Fuente: ELORSA, 2018

Se tiene que las interrupciones se producen por mantenimiento preventivo, por maniobra sin aviso corta y por falla, se tiene agrupados dicha información y se detalla en cada uno de los meses del año 2018.

Tabla 11: Interrupciones producidas por mantenimiento preventivo- mes de Enero 2018

MES ENERO 2018					
N°	Usuarios Afectados en cada interrupción UI	Tiempo de la interrupción (Horas) TI	Número usuarios del sistema eléctrico al final del período N	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverage Interruption Frequency Index) SAIFI	Duración Promedio de las Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverage Interruption Duration Index). SAIDI
1	450	2.4	7758	1.85	3.55
2	450	1.2	7758		
3	450	3.4	7758		
4	450	3.1	7758		
5	450	1.2	7758		
6	1200	1.1	7758		
7	1200	1	7758		
8	1200	2.8	7758		
9	1200	2.4	7758		
10	2458	1.2	7758		
11	2458	3.1	7758		
12	2458	1.3	7758		

Fuente: ELORSA, 2018

En el mes de enero del 2018, el alimentador PUC 201, tuvo un valor de SAIFI de 1.85, es decir que en promedio 1.85 veces cada usuario tuvo interferencias en el suministro de energía eléctrica en ese mes, así como también cada una de las interrupciones tuvo en promedio un tiempo de duración de 3.55 horas por mes.

Tabla 12: Promedio de interferencias en el suministro –mes Febrero- 2018

Mes Febrero 2018					
N°	Usuarios Afectados en cada interrupción UI	Tiempo de la interrupción (Horas) TI	Número usuarios del sistema eléctrico al final del período N	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverageInterruptionFrequencyIndex) SAIFI	Duración Promedio de las Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverageInterruptionDurationIndex). SAIDI
1	450	2.4	7764	1.95	3.91
2	450	2.6	7764		
3	450	3.5	7764		
4	450	2.3	7764		
5	1200	2.3	7764		
6	1200	1.1	7764		
7	1200	0.9	7764		
8	1200	1.3	7764		
9	1200	2.6	7764		
10	2458	3.2	7764		
11	2458	1.1	7764		
12	2458	2.1	7764		

Fuente ELORSA.

En el mes de febrero del 2018, el alimentador PUC 201, tuvo un valor de SAIFI de 1.95, es decir que en promedio 1.95 veces cada usuario tuvo interferencias en el suministro de energía eléctrica en ese mes, así como también cada una de las interrupciones tuvo en promedio un tiempo de duración de 3.91 horas por mes.

Tabla 13: Promedio de interferencias en el suministro –mes Marzo- 2018

Mes Marzo 2018					
N°	Usuarios Afectados en cada interrupción UI	Tiempo de la interrupción (Horas) TI	Número usuarios del sistema eléctrico al final del periodo N	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverageInterruptionFrequencyIndex) SAIFI	Duración Promedio de las Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverageInterruptionDurationIndex). SAIDI
1	1200	1.3	7764	2.05	3.95
2	450	1.9	7764		
3	450	3.4	7764		
4	450	3.5	7764		
5	1200	1.8	7764		
6	1200	1.5	7764		
7	1200	1.6	7764		
8	1200	2	7764		
9	1200	2.2	7764		
10	2458	3.2	7764		
11	2458	0.4	7764		
12	2458	2.2	7764		

Fuente: ELORSA

En el mes de marzo del 2018, el alimentador PUC 201, tuvo un valor de SAIFI de 2.05, es decir que en promedio 2.05 veces cada usuario tuvo interferencias en el suministro de energía eléctrica en ese mes, así como también cada una de las interrupciones tuvo en promedio un tiempo de duración de 3.95 horas por mes.

Tabla 14: Promedio de interferencias en el suministro –mes Abril- 2018

Mes Abril 2018					
N°	Usuarios Afectados en cada interrupción UI	Tiempo de la interrupción (Horas) TI	Número usuarios del sistema eléctrico al final del periodo N	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverage Interruption Frequency Index) SAIFI	Duración Promedio de las Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverage Interruption Duration Index). SAIDI
1	450	2.8	7768	2.253089598	4.154273944
2	450	2.1	7768		
3	450	2.9	7768		
4	450	3.4	7768		
5	1200	1.8	7768		
6	1200	0.3	7768		
7	1200	1.1	7768		
8	1200	1.6	7768		
9	1200	2.8	7768		
10	3234	3.3	7768		
11	3234	1.7	7768		
12	3234	0.6	7768		

Fuente: ELORSA, 2018

En el mes de abril del 2018, el alimentador PUC 201, tuvo un valor de SAIFI de 2.25, es decir que en promedio 2.25 veces cada usuario tuvo interferencias en el suministro de energía eléctrica en ese mes, así como también cada una de las interrupciones tuvo en promedio un tiempo de duración de 4.15 horas por mes.

Tabla 15: Promedio de interferencias en el suministro –mes Mayo- 2018

Mes Mayo 2018					
N°	Usuarios Afectados en cada interrupción UI	Tiempo de la interrupción (Horas) TI	Número usuarios del sistema eléctrico al final del periodo N	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverage Interruption Frequency Index) SAIFI	Duración Promedio de las Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverage Interruption Duration Index). SAIDI
1	1200	2.4	7772	2.34	4.51
2	450	1.9	7772		
3	450	2.9	7772		
4	450	3.4	7772		
5	1200	2.1	7772		
6	1200	0.8	7772		
7	1200	1.3	7772		
8	1200	1.9	7772		
9	1200	3.1	7772		
10	3234	3.1	7772		
11	3234	1.8	7772		
12	3234	0.5	7772		

Fuente: ELORSA, 2018

En el mes de mayo del 2018, el alimentador PUC 201, tuvo un valor de SAIFI de 2.34, es decir que en promedio 2.34 veces cada usuario tuvo interferencias en el suministro de energía eléctrica en ese mes, así como también cada una de las interrupciones tuvo en promedio un tiempo de duración de 4.51 horas por mes.

En resumen, se tiene los indicadores SAIFI y SAIDI entre los meses de enero y marzo del 2018.

Tabla 16: Indicadores SAIFI y SAIDI alimentador PUC 2011

Mes	Frecuencia Promedio de Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverageInterruptionFrequencyIndex) SAIFI	Duración Promedio de las Interrupciones del Sistema de Distribución (SystemAverageInterruptionDurationIndex). SAIDI
ene-18	1.85	3.55
feb-18	1.95	3.91
mar-18	2.05	3.95
abr-18	2.25	4.15
may18	2.34	4.51

Fuente: ELORSA, 2018

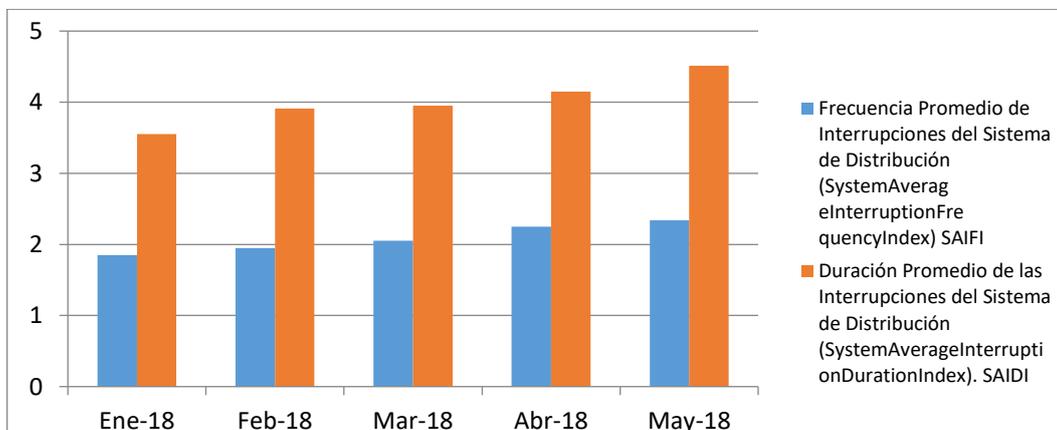


Figura 14: Evolución de los indicadores SAIFI- SAIDI Enero- mayo 2018

Fuente: ELORSA, 2018

El indicador SAIFI, que es el promedio de interrupciones del servicio, se ha incrementado entre los meses de enero a mayo del 2018, desde un valor de 1.85 a 2.34, es decir que cada vez existe mayores interrupciones del servicio, lo cual es por el mantenimiento por maniobra si aviso, así como también por la falla en el alimentador.

En cuanto al indicador SAIDI, que es en promedio la duración de la interrupción por cliente, se tiene que dicho valor se ha incrementado desde un valor de 3.55 a 4.51 horas en cada mes desde el mes de enero a mayo del 2018.

En la zona de influencia del alimentador PUC 201 Pucará, están ubicados caseríos, anexos, así como también empresas dedicadas al pilado de arroz. Para la determinación de la capacidad del alimentador, se tiene en cuenta el crecimiento demográfico, así como también el crecimiento industrial de la zona.

Crecimiento Poblacional.

El número actual de usuarios del alimentador PUC 201, es de 7772, de los cuales 7752 pertenecen a usuarios que compran energía eléctrica para uso domiciliario, y 20 usuarios que compran energía para uso industrial.

La población de la zona de Pucará a donde suministra energía eléctrica en Alimentador, según el Censo del año 2017, es de 34884 habitantes; y la tasa de crecimiento demográfico en el Perú en la zona de la Selva es del 1.12%. La expresión que determina la proyección de la población es:

$$Pn = P(1 + i)^n$$

Dónde:

Pn. : Proyección de la Población en el año n.

P : Población actual, 34884 habitantes.

n : Número de años de proyección, 20.

Tabla 17: Proyección de Población.

Año de Proyección	Población
0	34884
1	35275
2	35670
3	36069
4	36473
5	36882
6	37295
7	37713
8	38135
9	38562
10	38994
11	39431
12	39872
13	40319
14	40770
15	41227
16	41689
17	42156
18	42628
19	43105
20	43588

Fuente: Autoría Propia.

La máxima demanda en el año cero de proyección es de 2646.91 KW, de la cual el 65% es por el sector domiciliario y el 35% por el sector industrial, se tiene que la máxima demanda del sector domiciliario al año cero de proyección es de $0.65 \cdot 2646.91 = 1633.49$ KW.

En cuanto al consumo de energía eléctrica, se tiene que en el año cero de proyección es de 12.11 GW-H, y para el sector domiciliario es de $0.65 \cdot 12.11 = 7.87$ GW-H.

En función a ello, se tiene las proyecciones de la máxima demanda y del consumo de energía, considerando el incremento de la población.

Tabla 18: Proyección de máxima demanda y consumo de energía sector domiciliario

Año de Proyección	Máxima Demanda KW	Energía GW-H
0	1603.49	7.87
1	1621.45	7.96
2	1639.61	8.05
3	1657.97	8.14
4	1676.54	8.23
5	1695.32	8.32
6	1714.31	8.41
7	1733.51	8.51
8	1752.92	8.60
9	1772.56	8.70
10	1792.41	8.80
11	1812.48	8.90
12	1832.78	9.00
13	1853.31	9.10
14	1874.07	9.20
15	1895.06	9.30
16	1916.28	9.41
17	1937.74	9.51
18	1959.45	9.62
19	1981.39	9.72
20	2003.58	9.83

Fuente: Autoría Propia.

En cuanto al sector industrial, el crecimiento del consumo de energía está en función:

Crecimiento del PBI.

Eficiencia de los equipos en Molinos de Arroz.

Política energética nacional.

Incentivos en el sector industrial en la selva del Perú.

La proyección del PBI, en el Perú, para los próximos 20 años es entre 3 y 4% anual; analizando en un escenario conservador a un 3.5% anual, se tiene que a ese ritmo crece la producción industrial. En cuanto al consumo de energía; el crecimiento energético es el doble que el incremento del PBI, es decir que para asegurar el incremento del 3.5% anual, se requiere un incremento del 7% del consumo de energía. En función a ello, se realiza la proyección de la máxima demanda y el consumo de energía del sector industrial, el cual tiene actualmente una máxima demanda de $0.35 \times 2466.91 = 863.41 \text{KW}$, y un consumo de energía anual de $0.35 \times 12.11 \text{GW-H} = 4.23 \text{GW-H}$.

En función a ello se tiene las proyecciones de la máxima demanda y consumo de energía para el sector industrial.

Tabla 19: Proyección de Máxima Demanda y Consumo de Energía sector industrial

Año de Proyección	Máxima Demanda KW	Energía GW-H
0	863.41	4.23
1	923.85	4.53
2	988.52	4.84
3	1057.71	5.18
4	1131.75	5.54
5	1210.98	5.93
6	1295.75	6.35
7	1386.45	6.79
8	1483.50	7.27
9	1587.34	7.78
10	1698.46	8.32
11	1817.35	8.90
12	1944.56	9.53
13	2080.68	10.19
14	2226.33	10.91
15	2382.18	11.67
16	2548.93	12.49
17	2727.35	13.36
18	2918.27	14.30
19	3122.55	15.30
20	3341.12	16.37

Fuente: Autoría Propia.

Finalmente, se tiene la proyección total de la máxima demanda y el consumo de energía en la zona de influencia del alimentador PUC 201.

Proyección de Máxima Demanda y Consumo de energía Alimentador PUC 201

Tabla 20: Proyección de Máxima Demanda y Consumo de Energía alimentador Puc- 201

Año de Proyección	Máxima Demanda KW	Energía GW-H
0	2466.90	12.10
1	2545.30	12.48
2	2628.13	12.89
3	2715.69	13.32
4	2808.30	13.77
5	2906.30	14.25
6	3010.05	14.76
7	3119.96	15.30
8	3236.42	15.87
9	3359.90	16.48
10	3490.87	17.12
11	3629.83	17.80
12	3777.35	18.52
13	3933.99	19.29
14	4100.40	20.11
15	4277.23	20.97
16	4465.21	21.89
17	4665.10	22.87
18	4877.71	23.91
19	5103.94	25.02
20	5344.71	26.20

Fuente: Autoría Propia.

De acuerdo a la proyección, el alimentado PUC 201, al año 20 de proyección, tendrá una máxima demanda de 5344.71 KW, y transportará en ese año 26.20GW-H de energía; por lo tanto, la capacidad de diseño del alimentador será de 6000 KW.

3.2. Evaluar los parámetros de operación actuales del alimentador PUC 201, establecer su comportamiento.

Se determina la caída de tensión, la pérdida de potencia y el rendimiento de la línea su evaluación se realiza como línea media, (debido que su longitud es mayor a 80km), con una configuración triangular.

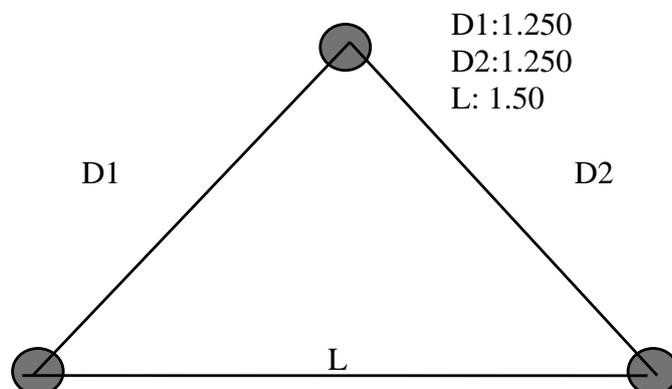


Figura 15: configuración de línea existente
Fuente: propia

Resistencia (R)

Del manual de fabricante Indeco, el conductor de Al de $70mm^2$ tiene una resistencia por kilómetro de $0.558\Omega/km$ a una temperatura máxima de $80^\circ C$ con 19 hilos, tiene un diámetro del hilo de $2.15mm^2$ y un radio del conductor de $10.8mm^2$.

Tabla 21: Parámetros y factores de caída de tensión de los conductores de aleación de AL.

PARAMETROS Y FACTORES DE CAÍDA DE TENSIÓN DE LOS CONDUCTORES DE ALEACIÓN DE ALUMINIO

SECCIÓN	N° DE HILOS	DIAMETRO DE HILO (mm)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE FASE (Ohmio/km de hilo)		PARAMETROS	REACTANCIA INDUCTIVA (Ohmio/km)				FACTOR DE CAIDA DE TENSIÓN				LETRA EQUIVALENTE	SECCIÓN
			A 20°C	A 40°C		R(m)	XL(3 Ø)	XL(2 Ø)	XL(1Ø MRT)	XL(1Ø FN)	K(3Ø)	K(2Ø)	K(1ØM RT)		
16	7	1.68	0.370	0.397	0.00252	0.48	0.53	1.035	0.48	0.4837	0.5294	1.0350	0.48374	A	16
25	7	2.1	1.370	10469	0.00315	0.47	0.51	1.018	0.47	0.4669	0.5126	1.0182	0.46991	B	25
35	7	2.5	0.966	1.036	0.00375	0.45	0.50	1.005	0.45	0.4538	0.4995	1.0051	0.45377	C	35
50	7	3.0	0.671	0.719	0.00450	0.44	0.49	0.991	0.44	0.4400	0.4857	0.9914	0.44002	D	50
70	19	2.15	0.507	0.544	0.00525	0.43	0.47	0.973	0.43	0.4284	0.4741	0.9725	0.42840	E	70
95	19	2.5	0.358	0.384	0.00625	0.42	0.46	0.961	0.42	0.4153	0.4610	0.9612	0.41525	F	95
120	19	2.5	0.358	0.384	1.00625	0.03	0.08	0.961	0.03	0.0321	0.0778	0.9612	0.03213	G	120
185	19	2.5	0.358	0.384	2.00625	-0.02	0.03	0.961	-0.02	-0.02	0.0258	0.9612	-0.01990	H	185

Fuente: catálogo Indeco

Tabla 22: Especificaciones de cables de aleación de aluminio- mm2

ESPECIFICACIONES DE CABLE DE ALEACIÓN DE ALUMINIO- mm2 (AAAC)

CALIBRE mm2	N° HILOS	DIAMETRO HILO mm	CONDUCTOR mm	RESISTENCIA			CARGA ROTURA kg	CAPACIDAD CORRIENTE A(*)
				PESO kg/km	20°C ohm/km	80°C ohm/km		
16	7	1.7	5.1	43	2.09	2.54	452.6	100
25	7	2.15	6.5	70	1.31	1.59	723.9	125
35	7	2.52	7.6	96	0.952	1.16	994.5	160
50	7	3.02	9.1	137	0.663	0.806	1428	195
70	19	2.15	10.8	190	0.484	0.558	1965	235
95	19	2.52	12.6	260	0.352	0.428	2699	300
120	19	2.85	14.3	335	0.275	0.334	3453	340
150	37	2.25	15.8	405	0.227	0.276	4191	395
185	37	2.52	17.7	510	0.181	0.22	5257	455
240	37	2.85	20	650	0.142	0.176	6724	545
300	61	2.52	22.7	840	0.11	0.138	8666	625
400	61	2.85	25.7	1070	0.0862	0.109	11085	755

Fuente: catálogo Indeco

Cálculo de reactancia inductiva.

Para la determinación de la reactancia inductiva se determina con la expresión:

$$X_k = 2\pi f \left[0.125 + 4.6 \log \frac{D_e}{\sqrt[4]{\sqrt{2} \cdot \Delta^3 \cdot r}} \right] \times 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

Dónde:

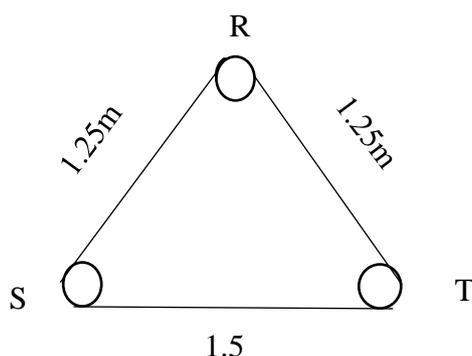
X_k = Reactancia inductiva en Ω/km

f = Frecuencia eléctrica 60 Hz

D_e = Distancia Media geométrica en mm

Δ = Distancia entre los conductores de la misma línea (al ser un conductor por fase, se considera 1)

r = radio del conductor: 10.8 mm



Cálculo de D_e .

$$D_e = \sqrt[3]{drs} * drt * dst$$
$$= \sqrt[3]{1.25} * 1.25 * 1.50 = 1.32m$$

$$D_e = 1.32m = 1320mm$$

Reemplazando valores:

$$X_k = [2\pi * 60(0.125 + 4.6 \log) \left(\frac{1320}{\sqrt[4]{\sqrt{2}} * 1 * 10.8} \right)] * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = [120\pi(0.125 + 4.6 \log) \left(\frac{1320}{1.97} \right)] * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = [120\pi(0.125 + 4.6 * 2.82)] * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = [120\pi(13.12)] * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = 49461 * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = 0,494 \frac{\Omega}{km}$$

Suceptancia.

La suceptancia se determina con la expresión.

$$B_k = \frac{24.2 * 2\pi F}{\log \frac{D_e}{\sqrt[4]{\sqrt{2} \cdot \Delta^3 \cdot r}}} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = \frac{24.2 * 2 * \pi * 60}{\log \left(\frac{1320}{\sqrt[4]{1.414 * 1 * 10.8}} \right)} * 10^{-9} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = \frac{9118.5}{\log \frac{1320}{1.97}} * 10^{-9} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = \frac{9118.5}{2.82} * 10^{-9} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = 3.23 * 10^{-3} * 10^{-9} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = 3.23 * 10^{-6} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

Parámetros eléctricos

Para obtener los valores de resistencia, reactancia, y susceptancia se multiplica por el número de kilómetros de la línea.

Resistencia de línea (R_l)

$$R_l = R_k * L$$

$$R_l = 0.558 \frac{\Omega}{km} * 86.3 km$$

$$R_l = 48.15 \Omega \text{ por fase}$$

Reactancia (X_l)

$$x_l = X_k * L$$

$$x_l = 0.494 \frac{\Omega}{km} * 86.3 km$$

$$x_l = j42.63 \Omega \text{ por fase}$$

Susceptancia (B)

$$B = B_k * L$$

$$B = 3.23 * 10^{-6} \left[\frac{\text{siemens}}{km} \right] * 86.3 km$$

$$B = j0.278 * 10^{-3} S \text{ por fase}$$

Impedancia (Z_l)

$$Z_l = (R_l + jX_l)$$

$$Z_l = 48.15 \Omega + j42.63 \Omega$$

$$Z_l = 64.3 \angle^{41.52^\circ} \Omega$$

Admitancia (Y_l)

$$Y_l = (R_l + jX_l)$$

$$Y_l = jB_l$$

$$Y_l = (0 + j0.278 * 10^{-3})$$

$$Y_l = 0.278 * 10^{-3} \angle^{90^\circ} S$$

Impedancia, potencia y ángulos característicos.

$$\begin{aligned} Z_c &= \sqrt{\frac{Z_l}{Y_l}} \\ &= \sqrt{\frac{64.3 \angle 41.52^\circ}{0.278 * 10^{-3} \angle 90^\circ}} \\ &= \sqrt{231294.96 \angle -48.48^\circ} &= 480.9 \angle -24.24^\circ \end{aligned}$$

Potencia.

$$P_c = \frac{U^2 \text{ linea}}{Z_c}$$

Dónde:

P_c = Potencia de la línea de referencia

U = Tensión de la línea

Z_c = Impedancia de línea.

$$P_c = \frac{22.9^2}{480.9} = 1.09 \text{ MW}$$

Ángulo característico.

$$\theta_c = \sqrt{Z_l} * Y_l$$

$$\theta_c = \sqrt{64.3 \angle 41.52^\circ} * 0.278 * 10^{-3} \angle 90^\circ$$

$$\theta_c = 0.133 \angle 65.76^\circ$$

$$= (0.054 + j0.121) \text{ radianes}$$

Expresados en grados sexagesimales

$$\theta_c = \frac{360}{2\pi}$$

$$\theta_c = 7.62 \angle 65.76^\circ$$

$$\theta_c = (3.12 + j6.94) \text{ grados}$$

Cálculo de las magnitudes eléctricas al inicio de la línea.

Método de funciones hiperbólicas y circulares

$$\begin{aligned}\bar{A} &= \bar{D} = \cos h \theta_c = (\cos h \theta'_c * \cos \theta''_c) + j(\sin h \theta'_c * \sin \theta''_c) \\ &= (\cosh(0.054) \cos(0.054)) + j(\sin h(0.054) \sin(0.054)) \\ &= 0.999 + j5.08 * 10^{-5} \\ &= 0.990 \angle 2.86 * 10^{-3}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{B} &= \bar{Z}_c * \sin h \bar{\theta}_c \\ &= \bar{Z}_c ((\sin h(0.054) * \cos(0.054)) + j(\cos h(0.054) * \sin(0.054))) \\ \bar{B} &= \bar{Z}_c (0.054 * 0.999 + j(1.0014 * 9.42 * 10^{-4})) \\ \bar{B} &= \bar{Z}_c (0.053 + j(9.43 * 10^{-4})) \\ \bar{B} &= (480.9 \angle^{-24.24}) * (0.053 \angle^{1.019}) \quad \bar{B} = 25.48 \angle^{-23,23^\circ} \Omega \\ \bar{C} &= \frac{1}{\bar{Z}_c} \sin h \bar{\theta}_c = \frac{1}{\bar{Z}_c} ((\sin h \theta'_c * \cos \theta''_c) + j(\cos h \theta'_c * \sin \theta''_c)) \\ &= \frac{1}{\bar{Z}_c} (\sin h(0.054) * \cos(0.054) + j(\cos h(0.054) * \sin(0.054))) \\ &= \frac{1}{\bar{Z}_c} [(0.054 * 0.999) + j(1.001 * 9.42 * 10^{-4})] \\ &= [0.053 + j9.43 * 10^{-4}] \\ &= \frac{1}{480 \angle^{-24.24}} [0.053 \angle^{1.019}] = 1.1 * 10^{-4} \angle^{25.259^\circ}\end{aligned}$$

Cálculo de tensión, corriente y potencia al inicio de la línea.

Se calcula por la siguiente fórmula.

$$\bar{U}_1 = \bar{A}\bar{V}_2 + \bar{B}\bar{I}_2$$

$$\bar{I}_1 = \bar{C}\bar{V}_2 + \bar{D}\bar{I}_2$$

$$P_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} * \cos \theta_1$$

$$Q_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} * \sin \theta_1$$

$$S_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3}$$

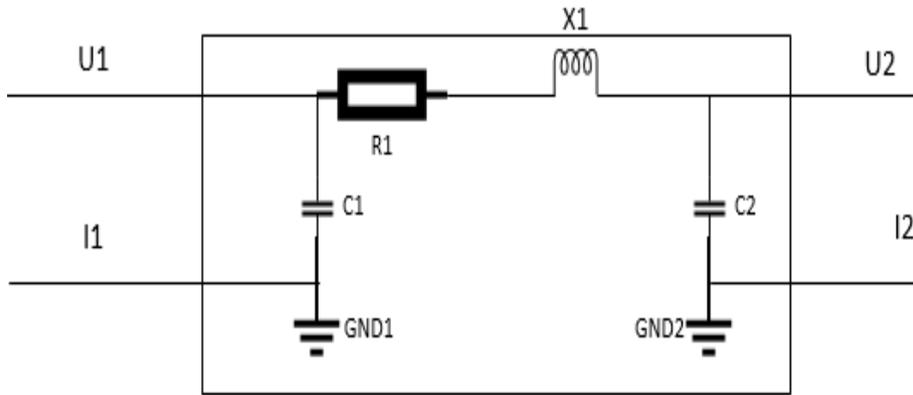


Figura 15: configuración de línea de transmisión

Fuente: Propia

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Tensión de fase (\bar{U}_f)

$$\bar{U}_f = \bar{A}\bar{V}_{f2} + \bar{B}\bar{I}_{f2}$$

$$\bar{U}_f = (0.999\angle^{2.86*10^{-3}})(13236.9\angle^{0^\circ}) + (25.48\angle^{-23,23})(61.7\angle^{-25.84})$$

$$\bar{U}_f = (13235\angle^{2.86*10^{-3}}) + (1572.1\angle^{-49,07})$$

$$\bar{U}_f = (13234.99 + 0.66j + 1029.94 - 1187.7j)$$

$$U_f = 14264.93 - 1187.04j$$

$$\bar{U}_f = 14314.2\angle^{-4.75^\circ}$$

Tensión de línea (\bar{U}_l)

$$U_l = \bar{U}_{f2} * \sqrt{3}$$

$$U_l = 14314.2 * 1.7320\angle^{-4.75^\circ}$$

$$U_l = 24763.5\angle^{-4.75^\circ} \text{ V}$$

$$U_l = 24.7635\angle^{-4.75^\circ} \text{ KV}$$

Intensidad (I_l)

$$\bar{I}_1 = \bar{C}\bar{V}_2 + \bar{D}\bar{I}_2$$

$$I_1 = (1.1 \times 10^{-4} \angle^{25.259})(13236.9\angle^{0^\circ}) + 0.999\angle^{2.86*10^{-3}} * 61.70\angle^{-25.84}$$

$$I_1 = (1.45\angle^{25.259}) + (61.63\angle^{-25.83^\circ})$$

$$I_1 = 1.31 + 0.61j + 55.47 - 26.85j$$

$$I_1 = 56.78 - 26.24j$$

$$I_1 = 62.55 - \angle^{24.8^\circ} \text{ A}$$

Ángulo

$$\theta_1 = \theta_{U_1} - \theta_{i_1}$$

$$\theta_1 = -4.75^\circ - -24.8^\circ$$

$$\theta_1 = 20.05^\circ \theta_2 = 25.84^\circ$$

Cálculo de potencia (P_1)

$$P_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} * \cos \theta_1$$

$$P_1 = 24763.5 * 62.55 * \sqrt{3} * \cos(20.05^\circ)$$

$$P_1 = 2679695.48 * 0.939$$

$$P_1 = 2517289.304 \text{ W}$$

$$P_1 = 2.517 \text{ kW}$$

$$Q_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} * \sin \theta_1$$

$$Q_1 = 24763.5 * 62.55 * \sqrt{3} * \sin(20.05^\circ)$$

$$Q_1 = 918706.93 \text{ VAR}$$

$$Q_1 = 0.918 \text{ MVAR}$$

$$S_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} = P_1 + jQ_1$$

$$S_1 = (2.517 + j0.918)$$

$$S_1 = 2.679 \angle^{20.05} \text{ MVA}$$

Cálculo de las condiciones de línea

$$P = \frac{P_2}{\cos \theta_2}$$

$$= \frac{2.2 \text{ MW}}{0.9} = 2.44 \text{ MVA}$$

$$\theta_2 = 25.84^\circ$$

$$Q_2 = S_2 * \sin \theta_2$$

$$Q_2 = 2.44 * \sin(25.84^\circ)$$

$$Q_2 = 1.06 \text{ MVAR}$$

$$S_2 = P_2 + \bar{Q}_2$$

$$S_2 = 2.2 + j(1.06)$$

$$S_2 = 2.44 \angle^{25.84^\circ}$$

$$U_2 = 22.9 * 10^3 \angle^{0^\circ} \text{ V}$$

$$\bar{I}_2 = \frac{P_2 * \angle^{\theta_{V_2} - \theta_2}}{U_2 * \sqrt{3} * \cos K_2}$$

$$\bar{I}_2 = \frac{2.2 * 10^6 * \angle^{0 - 25.84^\circ}}{22.9 * 10^6 * 1.7320 * 0.9} \quad \bar{I}_2 = 61.70 \angle^{-25.84^\circ} A$$

Tensión de fase fin de línea.

$$U_2 = \frac{U_1}{\sqrt{3}}$$

$$U_2 = \frac{22.9 * 10^3 \angle^{0^\circ}}{\sqrt{3}} = 13236.9 \angle^{0^\circ}$$

Cálculo de las pérdidas de tensión (ΔU), Potencia (ΔP) y Rendimiento (η)

$$\Delta U = \frac{U_1 - U_2}{U_1} * 100$$

$$\Delta U = \frac{24763.5 - 22900}{24763.5} * 100\% = 7.5\%$$

$$\Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

$$\Delta P = \frac{2.517 - 2.2}{2.517} * 100\% = 12.59\%$$

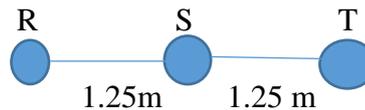
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100$$

$$\eta = \frac{2.2}{2.517} * 100\% = 87.40\%$$

3.3. Establecer alternativas de solución para mejorar condiciones de operación del alimentador PUC 201 según la norma de calidad.

Modificación de la configuración de la línea.

Se plantea una nueva configuración de la línea.



Modificación de la sección del conductor.

Se plantea la modificación del conductor de aluminio Al. De 120mm^2 tiene una resistencia por kilómetro de $0.33 \Omega/\text{km}$ a una temperatura máxima de 80°C con 19 hilos, tiene un diámetro del hilo de 2.85mm^2 y un radio del conductor de 14.3mm^2 .

Cálculo de los parámetros eléctricos con la propuesta de modificación.

Cálculo de la reactancia inductiva.

La reactancia inductiva lo determinamos con la siguiente fórmula.

$$X_k = 2\pi f \left[0.125 + 4.6 \log \frac{D_e}{\sqrt[4]{\sqrt{2} \cdot \Delta^3 \cdot r}} \right] \times 10^{-4} \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Dónde:

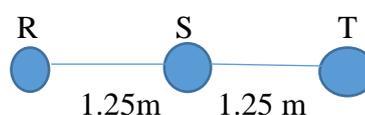
X_k = Reactancia inductiva en Ω/km

f = Frecuencia eléctrica 60 Hz

D_e = Distancia Media geométrica en mm

Δ = Distancia entre los conductores de la misma línea (al ser un conductor por fase, considera 1)

r = radio del conductor: 14.3 m



Cálculo de D_e .

$$D_e = \sqrt[3]{drs} * drt * dst$$
$$= \sqrt[3]{1.25} * 1.25 * 2.50 = 1.57m$$

$$D_e = 1.57m = 1570mm$$

Reemplazando valores:

$$X_k = [2\pi * 60(0.125 + 4.6 \log) \left(\frac{1570}{\sqrt[4]{\sqrt{2}} * 1 * 14.3} \right)] * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = [120\pi(0.125 + 4.6 \log) \left(\frac{1570}{2.11} \right)] * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = [120\pi(0.125 + 4.6 * 2.79)] * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = [120\pi(12.98)] * 10^{-4} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_k = 4896.33 * 10^{-4} \frac{\Omega}{km} = 0,489 \frac{\Omega}{km}$$

Suceptancia.

La suceptancia se determina con la expresión.

$$B_k = \frac{24.2 * 2\pi F}{\log \frac{D_e}{\sqrt[4]{\sqrt{2} \cdot \Delta^3 \cdot r}}} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = \frac{24.2 * 2 * \pi * 60}{\log \left(\frac{15.70}{\sqrt[4]{1.414 * 1 * 14.3}} \right)} * 10^{-9} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = \frac{9123.18}{\log \frac{1570}{2.12}} * 10^{-9} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = \frac{9123.18}{2.86} * 10^{-9} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = 3.17 * 10^{-3} * 10^{-9} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

$$B_k = 3.17 * 10^{-6} \left[\frac{siemens}{km} \right]$$

Parámetros eléctricos.

Mediante el cálculo de los parámetros de resistencia, reactancia y susceptancia multiplicado por el número de kilómetros de línea obtendremos los valores para la línea nueva propuesta.

Resistencia de línea (R_l)

$$R_l = R_{k*}L$$

$$R_l = 0.334 \frac{\Omega}{km} * 86.3km$$

$$R_l = 28.82\Omega \text{ por fase}$$

Reactancia (X_l)

$$x_l = X_{k*}L$$

$$x_l = 0.489 \frac{\Omega}{km} * 86.3km$$

$$x_l = j42.2\Omega \text{ por fase}$$

Susceptancia (B)

$$B = B_{k*}L$$

$$B = 3.17 * 10^{-6} \left[\frac{\text{siemens}}{km} \right] * 86.3km$$

$$B = j0.273 * 10^{-3}S \text{ por fase}$$

Impedancia (Z_l)

$$Z_l = (R_l + jX_l)$$

$$Z_l = 28.82\Omega + j42.2\Omega$$

$$Z_l = 51.10\angle^{55.67^\circ} \Omega$$

Admitancia (Y_l)

$$Y_l = (R_l + jX_l)$$

$$Y_l = jB_l$$

$$Y_l = (0 + j0.2783 * 10^{-3})$$

$$Y_l = 0.2783 * 10^{-3} \angle 90^\circ S$$

Cálculo de impedancia, potencia, y ángulos característicos en línea propuesta.

$$\begin{aligned}Z_c &= \sqrt{\frac{Z_l}{Y_l}} \\&= \sqrt{\frac{51.1 \angle 55.67^\circ}{0.273 * 10^{-3} \angle 90^\circ}} \\&= \sqrt{187179.4 \angle -34.33^\circ} \\&= 432.64 \angle -34.33^\circ\end{aligned}$$

Potencia

$$P_c = \frac{U^2 \text{ linea}}{Z_c}$$

Dónde:

P_c = Potencia de la línea de referencia

U = Tensión de la línea

Z_c = Impedancia de línea.

$$\begin{aligned}P_c &= \frac{22.9^2}{432.64} \\&= 1.21 \text{ MW}\end{aligned}$$

Ángulo característico

$$\begin{aligned}\theta_c &= \sqrt{Z_l} * Y_l \\ \theta_c &= \sqrt{51.10 \angle 55.67^\circ} * 0.2783 * 10^{-3} \angle 90^\circ \\ \theta_c &= 0.118 \angle 72.835^\circ \\ &= (0.03 + j0.11) \text{ radianes}\end{aligned}$$

Expresados en grados sexagesimales

$$\begin{aligned}\theta_c &= \frac{360}{2\pi} \\ \theta_c &= 6.76 \angle 72.835^\circ \\ \theta_c &= (2 + j6.46) \text{ grados}\end{aligned}$$

Cálculo de las magnitudes eléctricas al inicio de la línea.

Método de funciones hiperbólicas y circulares

$$\bar{A} = \bar{D} = \cos h \theta_c = (\cos h \theta'_c * \cos \theta''_c) + j(\sin h \theta'_c * \sin \theta''_c)$$

$$= (\cosh(0.03) \cos(0.03)) + j(\sin h(0.03) \sin(0.03))$$

$$= 0.999 + j5.23 * 10^{-4} = 1.00 \angle 0.03^\circ$$

$$\bar{B} = \bar{Z}_c * \sin h \bar{\theta}_c$$

$$= \bar{Z}_c ((\sin h(0.03) * \cos(0.03)) + j(\cos h(0.03) * \sin(0.03)))$$

$$\bar{B} = \bar{Z}_c (0.03 * 0.999 + j(1.0004 * 5.23 * 10^{-4}))$$

$$\bar{B} = \bar{Z}_c (0.0299 + j(5.232 * 10^{-4}))$$

$$\bar{B} = (432.64 \angle^{-34.33}) * (0.03 \angle^{1.02^\circ})$$

$$\bar{B} = 12.97 \angle^{-33.31^\circ} \Omega$$

$$\bar{C} = \frac{1}{\bar{Z}_c} \sin h \bar{\theta}_c = \frac{1}{\bar{Z}_c} ((\sin h \theta'_c * \cos \theta''_c) + j(\cos h \theta'_c * \sin \theta''_c))$$

$$= \frac{1}{\bar{Z}_c} (\sin h(0.03) * \cos(0.03) + j(\cos h(0.03) * \sin(0.03)))$$

$$= \frac{1}{\bar{Z}_c} [(0.03 * 0.999) + j(1.0045 * 5.23 * 10^{-4})]$$

$$= [0.0299 + j5.25 * 10^{-4}]$$

$$= \frac{1}{432 \angle^{-34.33}} [0.03 \angle^{1.02}]$$

$$= 0.69 * 10^{-4} \angle^{35.35^\circ}$$

Cálculo de tensión, corriente y potencia al inicio de la línea.

Se calcula por la siguiente fórmula:

$$\bar{U}_1 = \bar{A}\bar{V}_2 + \bar{B}\bar{I}_2$$

$$\bar{I}_1 = \bar{C}\bar{V}_2 + \bar{D}\bar{I}_2$$

$$P_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} * \cos \theta_1$$

$$Q_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} * \sin \theta_1$$

$$S_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3}$$

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Tensión de fase (\bar{U}_f)

$$\bar{U}_f = \bar{A}\bar{V}_{f2} + \bar{B}\bar{I}_{f2}$$

$$\bar{U}_f = (1.00\angle^{0.03})(13236.9\angle^{0^\circ}) + (12.97\angle^{-33.31^\circ})(61.7\angle^{-25.84^\circ})$$

$$\bar{U}_f = (13235\angle^{0.03^\circ}) + (800.2\angle^{-59.19^\circ})$$

$$\bar{U}_f = (13236.9 + 6.93j + 409.86 - 687.27j)$$

$$U_f = 13243.8 - 680.34j$$

$$\bar{U}_f = 13261.26\angle^{-2.94^\circ}$$

Tensión de línea (\bar{U}_l)

$$U_l = \bar{U}_{f2} * \sqrt{3}$$

$$U_l = 13261.26 * 1.7320\angle^{-2.94^\circ}$$

$$U_l = 23010.9\angle^{-2.94^\circ} \text{ V}$$

$$U_l = 23.01\angle^{-2.94^\circ} \text{ k}$$

Intensidad (I_l)

$$\bar{I}_1 = \bar{C}\bar{V}_2 + \bar{D}\bar{I}_2$$

$$I_1 = (0.69 \times 10^{-4}\angle^{35.35^\circ})(13236.9\angle^{0^\circ}) + 1.00\angle^{0.03} * 61.70\angle^{-25.84^\circ}$$

$$I_1 = (0.913\angle^{35.35^\circ}) + (61.70\angle^{-25.81^\circ})$$

$$I_1 = 074 + 0.53j + 55.54 - 26.86j$$

$$I_1 = 56.28 - 26.33j$$

$$I_1 = 62.13\angle^{-25.07^\circ} \text{ A}$$

$$\theta_1 = \theta_{U1} - \theta_{i1}$$

$$\theta_1 = -4.75^\circ - -25.07^\circ$$

$$\theta_1 = 20.32^\circ \qquad \theta_2 = 25.84^\circ$$

Cálculo de potencia (P_1)

$$P_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} * \cos \theta_1$$

$$P_1 = 23010 * 62.13 * \sqrt{3} * \cos(20.32^\circ)$$

$$P_1 = 2473227.5 * 0.937$$

$$P_1 = 2319313.04 \text{ W}$$

$$P_1 = 2.31 \text{ kW}$$

$$Q_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} * \sin \theta_1$$

$$Q_1 = 23010 * 62.13 * \sqrt{3} * \sin(20,32)$$

$$Q_1 = 2473227 * 0.34 \text{ VAR}$$

$$Q_1 = 0.858 \text{ MVAR}$$

$$S_1 = U_1 * I_1 * \sqrt{3} = P_1 + jQ_1$$

$$S_1 = (2.31 + j0.858)$$

$$S_1 = 2.46 \angle^{20.38^\circ} \text{ MVA}$$

Cálculo de pérdidas de tensión (ΔV), potencia, (ΔP) rendimiento (η) para la línea propuesta.

$$\Delta U = \frac{U_1 - U_2}{U_1} * 100$$

$$\Delta U = \frac{23010 - 22900}{23010} * 100\%$$

$$\Delta U = 0.478\%$$

$$\Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

$$\Delta P = \frac{2.31 - 2.2}{2.31} * 100\%$$

$$\Delta P = 4.76\%$$

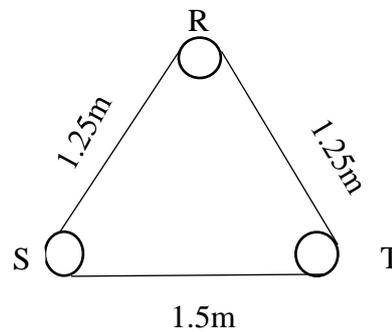
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100$$

$$\eta = \frac{2.2}{2.31} * 100\%$$

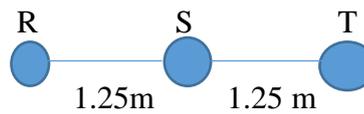
$$\eta = 95.23\%$$

Realizar comparación de la disminución de pérdidas de la línea actual y la línea propuesta.

Configuración de la línea (1)



Configuración de la línea propuesta (2)



Conductores eléctricos.

Realizando la comparación de los conductores se puede deducir que el conductor actual (70mm²) tiene mayor resistencia al paso de la energía, motivo por el cual se propone el cambio por un conductor de mayor sección (120mm²)

Tabla 23: Comparación de características de los conductores eléctricos

	Conductor de Aluminio				
	Sección mm ²	Resistencia eléctrica por Km	Nº Hilos del conductor	Diámetro del Hilo mm	Radio del conductor mm
Actual	70	0.558	19	2.15	10.8
Propuesta	120	0.034	19	2.85	14.3

Fuente: Indeco.

Parámetros eléctricos de la línea.

Tabla 24: Parámetros Eléctricos.

	Parámetros Eléctricos				
	Resistencia de la Línea (Ohmios)	Reactancia de la Línea (Ohmios)	Suceptancia de la Línea (Siemens)	Impedancia de la Línea (Ohmios)	Admitancia de la Línea (Siemens)
Actual	48.15	j42.63	$j0.278 \cdot 10^{-3}$	$64.3 \angle 41.52^\circ$	$0.278 \cdot 10^{-3} \angle 90^\circ$
Propuesta	28.82	j42.2	$j0.273 \cdot 10^{-3}$	$51.10 \angle 55.67^\circ$	$0.273 \cdot 10^{-3} \angle 90^\circ$

Fuente: Autoría Propia.

Parámetros de transmisión.

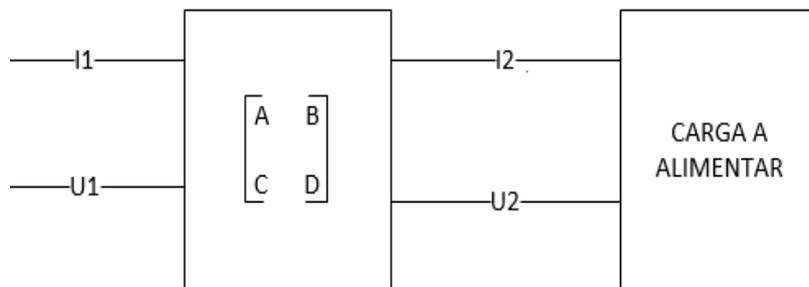


Tabla 25: Parámetros de Transmisión

	Parámetros de Transmisión							
	A	B	C	D	U1 (KV)	U2 (KV)	I1 (A)	I2 (A)
Actual	$0.990 \angle (2.86 \cdot 10^{-3})$	$25.48 \angle -23.23^\circ$	$1.1 \cdot 10^{-4} \angle 25.259^\circ$	$0.990 \angle (2.86 \cdot 10^{-4})$	$24.76 \angle -4.75^\circ$	$22.9 \cdot 10^3 \angle 0^\circ$	$62.55 \angle -24.8^\circ$	$61.70 \angle -25.84^\circ$
Propuesta	$1.00 \angle 0.03$	$12.97 \angle -33.31^\circ$	$0.69 \cdot 10^{-4} \angle 35.35^\circ$	$1.00 \angle 0.03$	$23.01 \angle -4.75^\circ$	$22.9 \cdot 10^3 \angle 0^\circ$	$62.55 \angle -24.8^\circ$	$61.70 \angle -25.84^\circ$

Fuente: Autoría Propia.

Existe variación significativa de los parámetros de transmisión al cambiar la configuración (triangular a lineal horizontal) y el diámetro del conductor (de 70 a 120 mm²), observando que el parámetro B y C, son los que tienen mayor diferencia. En cuanto a los valores de tensión 1, para la configuración actual se tiene un voltaje U1 de 24.76 KV, mientras que la configuración propuesta el voltaje es de 23.01 KV, es decir existe una diferencia significativa en dichos valores, así como también en el valor de la intensidad 1, en el punto de alimentación.

Potencia al inicio y final de Línea.

Tabla 26: Potencias al Inicio y Fin de la Línea

	Potencias al Inicio y Fin de la Línea					
	Potencia Activa inicio de Línea (MW)	Potencia Activa fin de Línea (MW)	Potencia Reactiva inicio de línea (MVAR)	Potencia Reactiva Fin de línea (MVAR)	Potencia Aparente inicio de línea (MVA)	Potencia Aparente Fin de línea (MVA)
Actual	2.517	2.2	0.918	1.06	2.679∠20.05°	2.44∠25.84°
Propuesta	2.31	2.2	0.858	0.202	2.46∠20.38°	2.44∠25.84°

Fuente: Autoría propia.

Actualmente se pierde una potencia activa de $2.517 - 2.2 = 0.317$ MW, mientras que con la propuesta se tiene una pérdida de $2.31 - 2.2 = 0.11$ MW; es decir con la propuesta se tiene una disminución de la pérdida de potencia activa de $0,317 - 0.11 = 0,207$ MW; que finalmente es el ahorro que se proyecta tener al realizar la propuesta del cambio de configuración y de conductor de la línea.

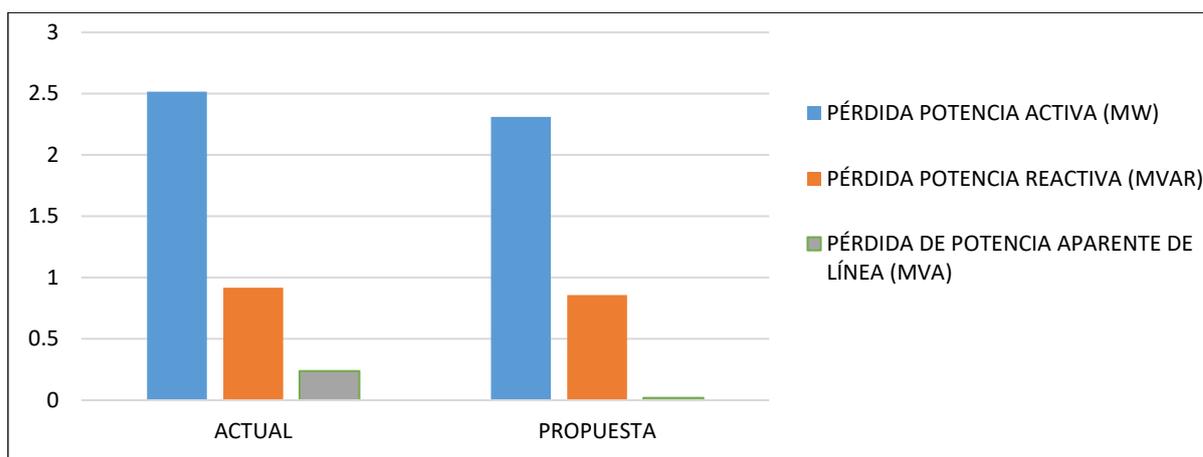


Figura: 16 Pérdida de potencia en línea actual y línea propuesta.
Fuente: Propia

Caída de tensión.

Realizando los cálculos matemáticos se encontró que la línea actual supera el valor permitido por norma de pérdida de energía, por lo que se requiere de un cambio de conductor.

Tabla 27: caída de tensión en línea

	TENSIÓN	
	Tensión al inicio de la línea U1	Tensión al final de la línea U2
Actual	24.7635∠-4.75°	22.9*10 ³ ∠0°)
Propuesta	23.01∠-4.75°	22.9*10 ³ ∠0°)

Fuente: Propia.

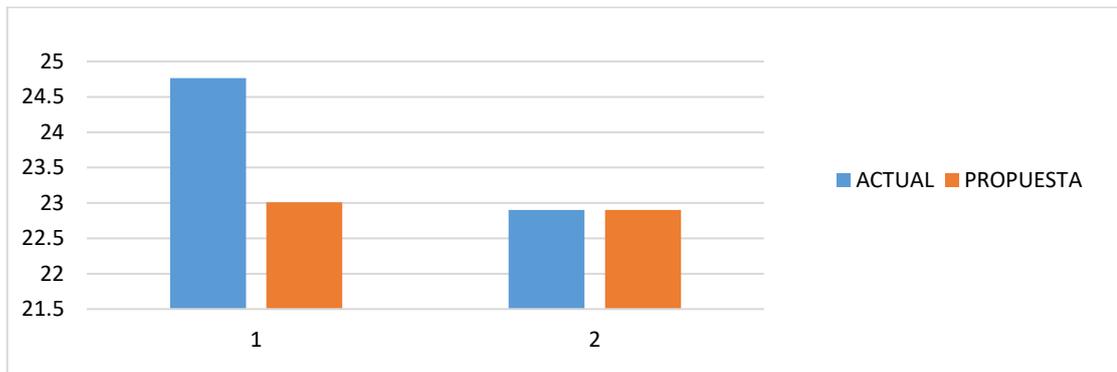


Figura 17: Caída de tensión en línea
Fuente: Propia

Rendimiento de línea % (η)

Tabla 28: rendimiento de línea % (η)

	η %	
	rendimiento de la línea % (1)	rendimiento de la línea % (2)
Actual	87.40	
Propuesta		95.23

Fuente: Propia



Figura 18: Rendimiento de línea media tensión 22.9 kV
Fuente: Propia

El rendimiento de la línea, en términos generales incrementa su eficiencia de transporte de energía eléctrica, desde un valor actual de 87.4% hasta un valor de 95.23% con la propuesta de cambiar la configuración (triangular a lineal horizontal) y el diámetro del conductor (de 70 a 120 mm²).

3.4. Realizar una evaluación económica utilizando indicadores tales como van, tir y relación beneficio/costo.

Inversión Inicial de la modificación.

Tabla 29: Inversión Inicial del Proyecto.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/	Precio Total S/.
1	Conductores eléctricos Aluminio 120 mm2	Km	258.9	1980	512622
2	Poster y accesorios	Unidad	380	1230	467400
3	Material Ferretería	Unidad	1	54000	54000
4	Mano de Obra	Km	86.3	1350	116505
5	Otros	1	1	23000	23000
	total				1173527

Fuente: Propia.

La inversión inicial de la propuesta asciende a 1173527 Soles.

Ingresos y egresos estimados del Proyecto.

En el ítem 3.3.9.4. Se determinó que la disminución de potencia activa se pierde en la línea de transmisión es de 0,207 MW. El factor de carga es 0.52, determinado en el ítem C. Por lo tanto, la disminución de la energía activa que se pierde es:

$$E = 0.207 * 24 * 0.52 * 30 = 83.4624MW - h \text{ al mes}$$

Valorizado a un costo de 0.34 Soles por kW-h, por energía se tiene un ingreso de $0.34 * 83.4624 = 28377$ Soles mensuales, equivalente a 340 526 Soles al año, valor que representa el ingreso del proyecto.

Los egresos lo representan los costos de mantenimiento que es el 1% anual de la inversión inicial, es decir $0.01 * 1173527 = 11735.2$ Soles al año.

Tabla 30: flujo de carga del proyecto

	Años								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión Inicial S/	1173527								
Ingresos S/		340 526	340526	340526	340526	340526	340526	340526	340526
Egresos (Mantenimiento) S/		11735.2	11735.2	11735.2	11735.2	11735.2	11735.2	11735.2	11735.2
Utilidad S/		328790.8	328790.8	328790.8	328790.8	328790.8	328790.8	328790.8	328790.8

Fuente: Propia.

Flujo de carga.

Se establece el flujo de carga del proyecto, por el tiempo de 8 años, al ser un proyecto de mediano plazo.

Análisis con indicadores económicos.

Valor actual neto.

Los valores de los ingresos y egresos mensuales, llevándolas al mes cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés del 10% Anual, que es la tasa de interés para proyectos de inversión del sector privado. Esta tasa es una tasa para proyectos de inversión de mediano plazo.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)] ^n - 1}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

- Ia. : Utilidad actualizada al mes 0.
- Ia. : Utilidad Mensual (Ingresos – Egresos):
- i : Tasa de Interés 10 % Anual
- n : Número de Años: 8

Reemplazando valores, para lo cual utilizamos el comando VAN, del Software Microsoft Excel:

Tabla 31: valores, usando el comando VNA

		Años					
		0	1	2	7	8	
	Inversión Inicial S/	1173527					
	Ingresos S/		340 526	340 526	340 526	340 526	
	Egresos (Mantenimiento) S/		11735.2	11735.2	11735.2	11735.2	VAN(0.1,E11:L11)
	Utilidad S/	-1173527	328790.8	328790.8	328790.8	328790.8	S/. 1,624,297.24

Fuente: Propia

Cálculo del Valor Actual Neto

Se obtiene: $Ia = S/. 1624297.24$

Por lo tanto, el valor actual neto es la diferencia entre la utilidad actualizada del proyecto (Ia) y el valor de la inversión: $1624297.24 - 1173527 = S/. 450779.24$

a) Tasa Interna de Retorno

Para calcular la tasa interna de retorno, se determina haciendo que los ingresos actualizados con una tasa de interés a determinar es igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR)^n - 1]}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv. : Inversión Inicial S/. 1173527

Ia : Utilidades Mensuales

TIR : Tasa Interna de Retorno.

n : Número de Años: 8

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

Tabla 32: Tasa Interna de Retorno- utilizando comando TIR

		Años					
		0	1	2	7	8	
	Inversión Inicial S/	1173527					
	Ingresos S/		316200	316200	316200	316200	
	Egresos (Mantenimiento) S/		11735.2	11735.2	11735.2	11735.2	TIR(D11:L11)
	Utilidad S/	-1173527	304464.8	304464.8	304464.8	304464.8	19.85%

Fuente: Propia.

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo éste igual a 19.85 % anual, que representa un valor superior a la tasa de interés mensual que es 10% anual, lo cual hace viable la ejecución del proyecto.

IV.DISCUSIÓN

En las zonas en donde la accesibilidad es complicada por lo agreste del lugar y la geografía que presentan, se debe establecer estrategias de mantenimiento a fin de no incrementar los costos de mantenimiento.

Realizar un nuevo trazo de la línea, por siguiendo una ruta que sea más accesible y que de fácil manipulación de las redes eléctricas.

Realizar el análisis de los niveles de aislamiento, con la finalidad que en temporadas de lluvias no se tenga mayores descargas.

Identificación de todos los postes, y de los equipos y accesorios, para facilitar las labores de mantenimiento.

V. CONCLUSIONES

- El indicador SAIFI, que es el promedio de interrupciones del servicio, se ha incrementado entre los meses de enero a mayo del 2019, desde un valor de 1.85 a 2.34, es decir que cada vez existe mayores interrupciones del servicio, lo cual es por el mantenimiento por maniobra sin aviso, así como también por la falla en el alimentador. En cuanto al indicador SAIDI, que es en promedio la duración de la interrupción por cliente, se tiene que dicho valor se ha incrementado desde un valor de 3.55 a 4.51 horas en cada mes desde el mes de enero a mayo del 2018.
- La línea actual tiene una pérdida de potencia activa de 0.317 MW, y una caída de tensión de 1.863 KV, un rendimiento de la línea de 87.4%
- Con la propuesta de cambiar la configuración (triangular a lineal horizontal) y el diámetro del conductor (de 70 a 120 mm², se tiene una pérdida de potencia activa de 0.11 MW, una caída de tensión de 0.11 KV, un rendimiento de línea de 95.23%
- Con la propuesta se tiene una disminución de la pérdida de potencia activa de 0,317 – 0.11 = 0,207 MW; que finalmente es el ahorro que se proyecta tener al realizar la propuesta del cambio de configuración y de conductor de la línea.
- Se determinó un valor actual neto de S/. 450779.24, una tasa interna de retorno del 19.85, indicadores que hacen factible la realización del proyecto.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de los suelos para determinar sus valores de conductividad para el sistema de puestas a tierra.
- Hacer el análisis de la línea teniendo en cuenta la transposición que se puede configurar, teniendo en cuenta que es una línea media, pero también podría analizarse como línea larga.
- Realizar el flujo de caja teniendo en cuenta el efecto de la capacitancia que forma la línea con el suelo, para lo cual debe establecerse distancias mínimas de seguridad.
- Tener información en tiempo real de averías en la línea, para lo cual debe instalarse mecanismos de protección y de información en la línea en mención

REFERENCIAS.

ACEDO Sánchez, Juan. Instrumentación y Control Básico de Procesos. Madrid, España : Ediciones Diaz de Santos SA, 2012. 365 pp.

ISBN: 925825987428.

ACHURI, Sixto. Apuntes Generales sobre Redes Eléctricas de Distribución.2.ed. Medellin, 1998.345pp.

ISBN: 856725289479.

SOLUCIÓN económica a los problemas de calidad del servicio del suministro de energía eléctrica por Barrera Victor [et al.]. Santander, Colombia : Editorial Ingeniería y Ciencias, 2014.

ISSN: 1794 - 9165.

CAMPOS, Juan y QUISPE, Enrique. Calidad de Energía Eléctrica. Cali, Colombia, 2015. 658 pp.

ISBN: 152425748928.

COES, Comité de Operación Económica del Sistema. Informe de diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN Período 2017 - 2026. Lima, Perú: 2015. 455pp.

ISBN: 875945284211.

COMPARACIÓN de los costos de sistemas fotovoltaicos para invernaderos y gastos de energía eléctrica de la red por Poblano Ortiz [et al.]. 4, Chapingo, Estado de México, 16 de Mayo de 2015, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 6, 679-693 pp.

ISSN: 2007-0934

ELECTRONORTE. Memoria Anual 2015. Lima, Perú : 2015. 19pp

FACTIBILIDAD de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red por Giraudy Arafet [et al.]. 2, Agosto de 2014, Ingeniería Energética, Vol. XXXV, 141-148 pp.

ISSN: 1815 -5901.

GRANADOS, Dionisio y ADRIAN, Alejandro. Estudio y Diseño del Sistema Eléctrico Huacrachuco II Etapa. Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.190pp.

HEREDIA Noriega y SARA Eleno. Rediseño y Ampliación del Sistema Eléctrico de la Empresa Inplastic. Guayaquil, Ecuador : Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2014. 345pp.

IMPACTO de la generación fotovoltaica distribuida en los niveles de tensión. aplicación y caso real por Morán Federico A.[et al.]. San Juan, Argentina, 2010, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14.
ISSN: 0329-5184.

IPAE, Centro de Estudios Estratégicos. 2016. Competitividad: ¿Hay suficiente energía para seguir creciendo? Lima, Perú, 2016. 365pp
ISBN:256428479825.

JIMENEZ Meza, Obed, CANTU Gutierrez, Vicente y CONDE Enriquez, Arturo. Líneas de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. México : Universidad San Nicolas de los Garza Nueva León, 2016. 564 pp.
ISBN:2357865589.

MEM, Ministerio de Energía y Minas. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. Lima, 1997.650pp.

MIRANDA Agurto, Ronald. Rediseño de Líneas Primarias del Caserío Culpon Alto Del Distrito De Illimo. Lambayeque, Perú : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2014.345pp.

MORENO Povez, José. Remodelación de la Línea Primaria en 10 kV de la Compañía Minera San Juan (Perú) NYRSTAR en el Distrito de San Mateo, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima. Huanuco, Perú : Universidad Nacional del Centro, 2014. 455pp.

ORBEGOZO, C. y ARIVILCA, R. Energía solar fotovoltaica, manual técnico para instalaciones domiciliarias. 2010.

ORGANISMO Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN. La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aporte al crecimiento económico del país. Magdalena del Mar, Lima, 2016.

PARDINAS, Fermin. Metodología y Técnicas de investigación en Ciencias Sociales. Madrid, España, 2005.558pp.
ISBN:142568445812.

PAREJA Aparicio, Miguel. Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada. Barcelona : Marcombo S.A., 2010.
ISBN: 9788426715968.

QUELITE Cruz, Miguel Angel y GUTIERREZ Osornio, Luis Armin. Propuesta de Rediseño de Alimentadores Generales en la Torre de Rectoría, UNAM. México : Universidad Autónoma de México, 2015.465 pp.

RAMIREZ Castaño, Samuel. Redes de Distribución de Energía. Manizales, Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2014.
ISBN: 9589322867.

RIEGO por goteo con energía solar para el tomate en cavaco, benguela, angola por Rogério MossandI, Anaclides, Brown Manrique, Oscar y Mujica Cervantes, Albi. 2. ed. Ciego de Avila, Cuba, Abril, Mayo, junio de 2015, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 24, 11-17pp.
ISSN: 1010-2760.

RODRIGUEZ veliz, francisco y SOLANO villao, christian. Diseño del Sistema de Distribución Primario de la Subestación "Salinas" de la Empresa Eléctrica Santa Elena SA. Ecuador : Editorial Escuela Superior Politécnica, 2014. 654 pp.

SEYMOUR, Joseph y HORSLEY, Terry. Los Siete Tipos de Problemas en el Suministro Eléctrico. Estados Unidos, 2015. 350 pp.

SUAREZ Leyva, Percy Oscar. Rediseño de Líneas y Redes Primarias en 22,9 kV para la electrificación del Distrito de Santa María del Valle - Huanuco. Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2014.

TORRES Rodriguez, Jorge. Estrategias Efectivas Para Mejorar La Calidad Del Servicio de Eneqía Eléctrica de un Sistema de Distribución Eléctrico. Guayaquil, Ecuador : Editorial Yachana, 2012.699 pp.

VALDIVIEZO Rivera, Juan. Repotenciación del Subsistema de Distribución Primaria 10-22,9 kV Centro Poblado San Simon - Pimentel. Lambayeque, Perú : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2012.

VIAKON. Manual Eléctrico. Monterrey,2. ed. México, 2015. 289 pp.
ISBN: 58799874482.

VIDAL Perez, Luis. Rediseño de Subsistema de Distribución Primaria para el Caserío Chacupe Bajo. Lambayeque, Perú : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2013.465 pp.

ANEXOS

Anexo 01

Instrucciones:

Realizar el registro de las mediciones de los parámetros de funcionamiento del alimentador

		Tesis: “ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA 22.9 KV PARA MEJORAR EL SERVICIO DEL ALIMENTADOR PUC 201 EN ELORSA”		
GUIA DE REGISTRO DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA				
fecha	Hora	Máxima Demanda	Intensidad de Corriente	Voltaje
		(kW)	(A)	(V)
03-12-2017	20:30	2,646.91	11.96	22900
03-12-2017	18:30	1,698.79	1.86	22900
03-12-2017	08:15	1,108.73	0.6	22900
12-01-2016	20:00	2,061.60	0.12	22900
12-01-2016	16:00	848.69	0.5	22900
12-01-2016	08:30	773.10	0.4	22900

Anexo 02

Guía de Observación de Parámetros de Calidad de Energía

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Tesis: “ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA 22.9 KV PARA MEJORAR EL SERVICIO DEL ALIMENTADOR PUC 201 EN ELORSA”	
	GUÍA DE OBSERVACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA	

N°	TRAMO DEL ALIMENTADOR				TASA DE FALLA (2017)	TASA DE FALLA (2018)
	Área	Nodo Inicio	Nodo Final	Longitud (km)		
1	73 km	Estructura N° 01	Estructura N° 50	5 km	75%	82%
2	72.1 km	Estructura N° 51	Estructura N° 60	0.91 km	76%	85%
3	69.2 km	Estructura N° 61	Estructura N° 79	5 km	75%	75%
4						
5						
6						

Anexo 03

Ficha de Validación de Instrumento de Recolección de Datos.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres:
RUIZ TANTALEAN JESÚS ALEJANDRO
- Profesión: INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
- Grado académico: INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
- Actividad laboral actual:
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO DE MEDIA
TENSIÓN


JESUS ALEJANDRO RUIZ TANTALEÁN
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
Reg. C.I.P. 151188

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una “X” conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1	2	3	X	5
Ninguno	Poco	Regular	Alto	Muy alto

1. Sírvase marcar con una “X” las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		


JESÚS ALEJANDRO RUIZ TANTALEÁN
 INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
 Reg. C.I.P. 151188

Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar la Guía de Observación, cuyo objetivo es el **ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA 22.9 KV PARA MEJORAR EL SERVICIO DEL ALIMENTADOR PUC 201 EN ELORSA**

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta entrevista para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: Si Poco pertinente: No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

Porque permite evaluar el estado actual de la red PUC 201; a fin de proponer las mejoras de la calidad del servicio eléctrico

2. ¿Considera que la entrevista formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: ✓ Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

Podrían añadirse otros aspectos posteriormente con la experiencia.

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: ✓ Poco adecuadas: Inadecuadas:

Por favor, indique las razones:

Si están adecuadamente formuladas para el entrevistado

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
	x			x			
	x			x			
	x			x			

5. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

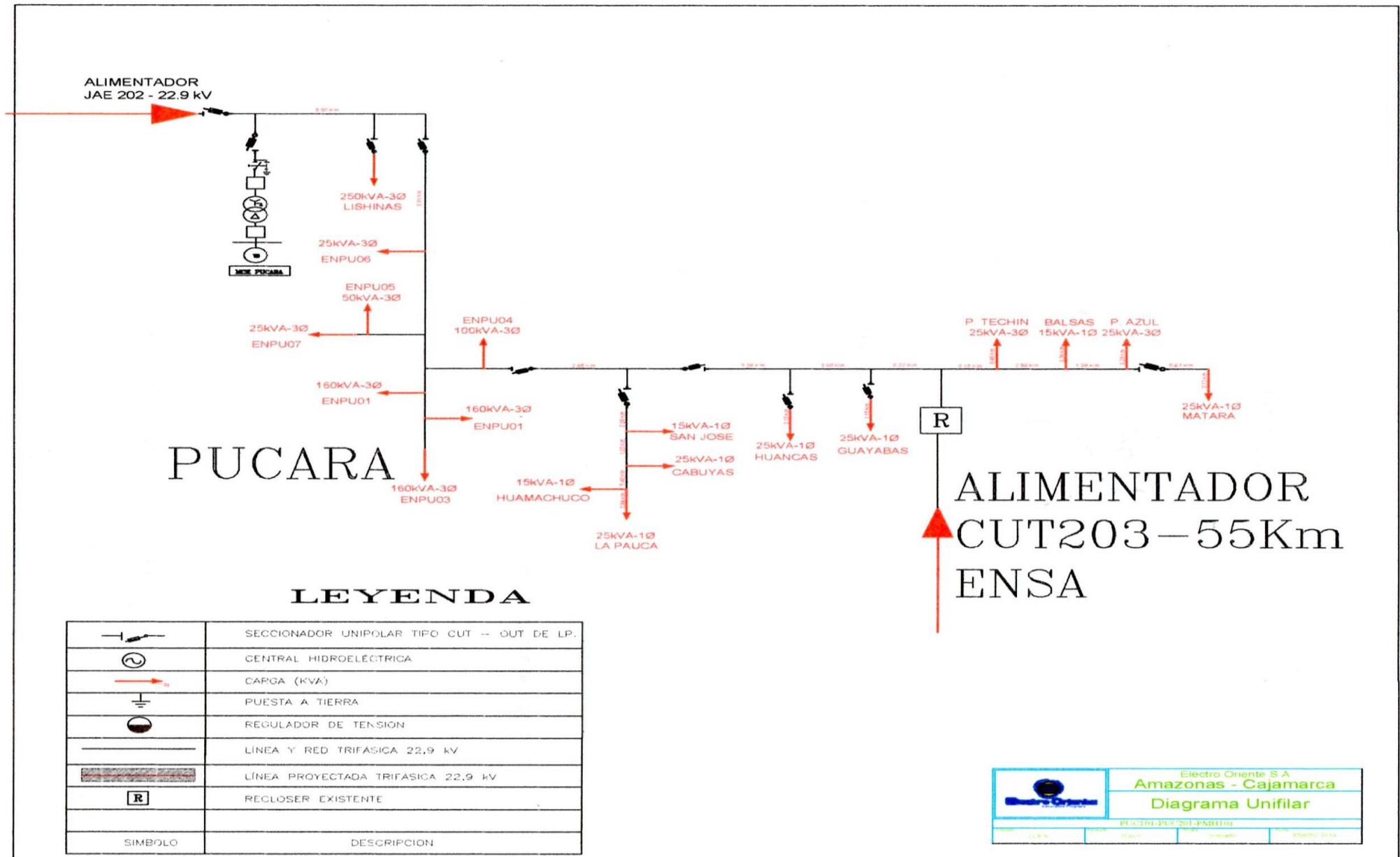


JESÚS ALEJANDRO RUIZ TANTALEÁN
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
Reg. C.I.P. 151188

Firma del Experto

Anexo 04

PLANO UNIFILAR PUC 201



		Electro Oriente S.A	
Amazonas - Cajamarca		Amazonas - Cajamarca	
Diagrama Unifilar			
PUC 201-PUC 202-ENPU 01			
Escala:	Fecha:	Dibujante:	Revisado: