



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Mejoramiento del sistema eléctrico Huancayo
mediante la ampliación de la red primaria
trifásica en 10kv según el código nacional de
electricidad**

Miguel Angel Gutiérrez Suárez

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTO

A mis padres porque son los seres que me dieron la vida y me ayudan a sobre llevar las dificultades.

A los maestros que con sus sabios consejos me apoyaron para la consecución del presente trabajo de tesis.

DEDICATORIA

A mi Madre, Inés Suárez Cárdenas, mis hijos Raimy, Valeria y familiares quienes confiaron en mi persona para llegar a este punto de mi carrera profesional.

INDICE

PORTADA.....	1
DEDICATORIA	3
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	100
INTRODUCCIÓN.....	111
CAPITULO I.....	133
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	133
1.1.Planteamiento del Problema	133
1.2.Formulación del Problema	144
1.3.Justificación e Importancia	155
1.4. Hipótesis General.....	166
1.5. Hipótesis Específica.....	166
1.6 Variables de estudio.....	166
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	199
2.1. Antecedentes de la investigación	199
2.2. Bases Teóricas.....	21
2.3. Definición de términos básicos.....	23
CAPITULO III.....	333
METODOLOGÍA	333
3.1 Método, tipo y nivel de investigación.....	33
3.2 Diseño de la investigación.....	35
3.3 Población y muestra.....	35
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	

4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	39
4.1.1. Alimentadores primarios de distribución :	40
4.1.2. Clasificación de los alimentadores primarios de distribución.....	40
4.1.3. Transformadores de distribución.....	40
4.1.4. Tipos de transformadores de distribución.....	41
4.1.5. Redes secundarias.....	43
4.1.6. Situación actual del sistema de distribución.....	45
4.1.7. Diagnóstico del sistema de distribución.....	45
4.1.8. Cálculos de caída de tensión y capacidad de corriente.....	47
4.2.DISCUSIÓN	DE
RESULTADOS66.....	65
4.2.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	66
4.2.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	71
4.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	74
4.2.4. CONSECUENCIAS TEÓRCAS.....	84
4.2.5. APLICACIONES PRÁCTICAS.....	86
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES.....	91
0	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de resistividad y conductividad.....	31
<i>Tabla 2 Características de las subestaciones trifásicas.....</i>	<i>37</i>
Tabla 3 Potencia y código de las subestaciones trifásicas seleccionadas.....	47
Tabla 4 Características técnicas del conductor AAAC.....	49
Tabla 5 Demanda Máxima años 2013,2014 y 2015.....	57
Tabla 6 Mediciones en 10 KV, año 2015.....	62
Tabla 7 Incremento de la cantidad de clientes.....	63
Tabla 8 Evolución de clientes por mercado.....	63
Tabla 9 Demanda Máxima del sistema eléctrico Huancayo.....	64
Tabla 10 Incremento anual de la venta de energía.....	65
Tabla 11 Características técnicas del conductor de aluminio.....	69
Tabla.12 Características técnicas de los transformadores.....	71
Tabla 13 Características técnicas de los postes de red primaria.....	72
Tabla.14 Características técnicas de las ménsulas de concreto.....	73
Tabla.15 Características técnicas de las crucetas de concreto.....	73
Tabla 16 Características de la fabricación del conductor de aluminio.....	74

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Esquema de un transformador.....	24
Figura N° 2 Redes trifásicas.....	25
Figura N° 3 Bobinados del transformador trifásico.....	26
Figura N° 4 Circuito electromagnético del transformador.....	28
Figura N° 5 Sistema eléctrico tipo radial.....	30
Figura N° 6 Diagrama unifilar de la red primaria en 10 Kv.....	49
Figura N° 7 Vista aérea de la red primaria en 10 Kv.....	56
Figura N° 8 Redes de distribución primaria ubicadas en la Av. Ferrocarril.....	75
Figura N° 9 Subestación trifásica de 100 KVA ubicada en la Av. Ferrocarril.....	77
Figura N° 10 Subestación trifásica de 160 KVA, ubicada en el Jr. Cajamarca.....	79
Figura N° 11 Subestación trifásica ubicada en la Av. Ferrocarril y Jr. Huánuco...	81
Figura N° 12 Subestación trifásica ubicada en el Jr. Tarapacá y Av. Ferrocarril..	83
Figura N° 13 Distribución de cargas eléctricas.....	85
Figura N° 14 Diagrama unifilar de un sistema trifásico.....	86
Figura N° 15 Diseño de redes primarias y secundarias.....	89

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1 Transformador trifásico del sistema eléctrico de Huancayo.....	43
Fotografía N° 2 Núcleo y bobinado del transformador; Error! Marcador no definido	44
Fotografía N° 3 Subestación de distribución, redes primarias y secundarias.....	45
Fotografía N° 4 Transformador de distribución E404739 – 100 KVA.....	76
Fotografía N° 5 Transformador de distribución E404740 – 160 KVA.....	78
Fotografía N° 6 Transformador de distribución E404115 – 160 KVA.....	80
Fotografía N° 7 Transformador de distribución E404645 – 160 KVA.....	82
Fotografía N° 8 Redes secundarias - transformador de distribución.....	84

RESUMEN

En la presente tesis se ha propuesto mejorar el sistema eléctrico Huancayo, mediante la ampliación de la red primaria trifásica, a fin de promover el uso productivo de energía eléctrica; es decir, el suministro eléctrico necesario con la potencia requerida, para que los habitantes de Huancayo tengan acceso a establecer negocios, comercios, panaderías, talleres de soldadura, talleres textiles, aserraderos, fábricas de diversos productos, etc.; ya que a la fecha la cantidad de habitantes que usan productivamente la electricidad es proporcional al crecimiento demográfico.

Para lograr el objetivo de mejorar el suministro eléctrico y brindar calidad de servicio, se requiere incrementar las cargas comerciales e industriales de uso productivo, siendo indispensable una infraestructura confiable y segura, por lo tanto, es necesario desarrollar el presente estudio de investigación que aporte el diseño requerido para acceder al sistema trifásico como alternativa de solución al problema del suministro eléctrico de Huancayo.

Los métodos empleados en la presente tesis son el método analítico y deductivo, para describir el comportamiento del fenómeno de estudio; asimismo se llegaron a resultados favorables ya que se evidenció la existencia de un porcentaje significativo de potencia para cubrir la demanda de futuros clientes que podrían aplicar cargas de uso productivo de la energía eléctrica.

Asimismo, se concluye que la diferencia de potencia existente a la fecha es suficiente para cubrir de suministro sin necesidad de ampliar la potencia eléctrica de las subestaciones de distribución en referencia a los transformadores de distribución que se usan y a las dimensiones de las redes tanto primarias como secundarias.

Palabras Clave:

Sistema eléctrico, Red Primaria, Potencia eléctrica, Uso productivo, Energía eléctrica

ABSTRACT

In this thesis aims to improve the electrical system of Huancayo, through the extension of the three-phase primary network, in order to promote the productive use of electricity; i.e., the necessary power supply with the power required, so that the inhabitants of Huancayo access to establish businesses, such as Mills, carpentry, bakeries, workshops for welding, etc.; as to the date the amount of inhabitants that used productively the electricity not is proportional to the growth demographic of this city.

To achieve the objective of improving power supply and provide quality of service, it is required to increase the commercial loads and industrial of productive use, being indispensable infrastructure reliable and safe, therefore, is necessary to develop the present research study that provides the design required for access to the three-phase system as alternative solution to the problem of the supply of electricity in Huancayo.

Those methods employees in the present thesis are the method analytical and deductive, to describe the behavior of the phenomenon of study; They also came to favorable results since evidenced the existence of a significant percentage of power to meet the demand of prospective clients that could be applied to productive use of electric power loads.

Also, is concludes that the difference of power existing to the date is enough for cover of supply without need of expand the power electric of them substations of distribution in reference to them transformers of distribution that is used and to the dimensions of them networks both primary as secondary.

Key words:

System electric, network primary, power electric, use productive, energy power.

INTRODUCCIÓN

El sistema eléctrico de una población es muy importante por la potencia eléctrica instalada y cuando la deficiencia se produce por el desbalance de cargas, significa que la mayor parte de ellas son monofásicas y ese es el problema que se suscita en Huancayo, se ha detectado un enorme porcentaje de cargas eléctricas monofásicas relacionadas con el servicio particular y las cargas trifásicas de uso productivo son muy pequeñas frente a las cargas domiciliarias.

Muchos usuarios podrían solicitar suministro eléctrico trifásico; pero las redes son monofásicas empezando del subsistema de distribución primaria y por lo tanto el subsistema de distribución secundaria no está en la capacidad de otorgar suministro trifásico.

Para el mejoramiento del sistema eléctrico en Huancayo, se requiere ampliar las redes trifásicas en las redes primarias y en las redes secundarias, por tal motivo, el presente estudio de investigación, está referido a la red primaria trifásica en 10 Kv, como etapa fundamental para el logro del mejoramiento del sistema eléctrico, promoviendo a su vez el incremento de cargas de uso productivo, contribuyendo a la eficiencia energética, disminuyendo las pérdidas técnicas y comerciales en el sistema eléctrico Huancayo.

Es importante considerar que, en nuestro país, se viene ampliando la cobertura de uso productivo, aunque todavía de manera lenta; pero sostenida en las zonas urbanas primordialmente.

Asimismo, el uso productivo de la energía eléctrica, está destinado a una rentabilidad óptima, que tiene como propósito contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida del usuario. La energía eléctrica, no solo sirve para consumirla en la vivienda, con los artefactos domésticos, sino, también como base fundamental del comercio y la industria.

La energía eléctrica, es muy productiva aplicándola en el funcionamiento de motores eléctricos, equipos de automatización y control, en equipos requeridos en los procesos de producción textil, agrícola, metal – mecánica, telecomunicaciones, sistemas de refrigeración, conservación, talleres de mantenimiento, diseño, fabricación, instalación y montaje de infraestructura y sistemas de producción en general.

Es entonces indispensable, fortalecer la infraestructura de la red primaria y posteriormente complementar la infraestructura de la red secundaria. De la misma forma, la siguiente etapa debe ser capacitar a la población para fomentar el uso productivo de energía eléctrica, lo cual coadyuvará al progreso de la sociedad, de la región y de todo el país.

En este sentido, en Huancayo, se debe promover el incremento del uso productivo de la energía eléctrica, a fin de que los pobladores obtengan mayores beneficios económicos y que logren optimizar el consumo eléctrico y coadyuven a mejorar la calidad de vida de los clientes de energía eléctrica.

Hay varias razones por las cuales los usos productivos de la energía eléctrica en las áreas urbanas de Huancayo están limitados a pocos usuarios dado que no existe promoción ni fomento de esta energía a pesar de ser potencialmente útil; pero una de las razones fundamentales es la no existencia de redes eléctricas trifásicas, que les brinden esta oportunidad de aplicar el uso productivo. Por otra parte, hay estudios que han demostrado que el uso domiciliario de electricidad empleada por los clientes en las cargas residenciales y zonas comerciales destinados a algún negocio productivo por medio de la aplicación de la electricidad, permite conseguir aumentos de ingresos económicos para los clientes. Además, con la presente propuesta de la tesis, se logrará el mejoramiento del sistema eléctrico, consistente en aprovechar productivamente la electricidad existente para determinada cantidad de usuarios y adicionalmente para otros sectores.

Con la ampliación de la red primaria trifásica, se logrará promover el uso productivo de electricidad en el sistema eléctrico Huancayo, considerando cargas trifásicas que contribuyan al balanceo del sistema eléctrico y cumplan con el código nacional de electricidad.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del Problema

En la Región central del país se está incrementando el servicio eléctrico en el ámbito rural y urbano, especialmente en este último. El sistema eléctrico en Huancayo tiene mayor índice de usuarios con cargas monofásicas y de menor, cantidad con cargas trifásicas, por lo tanto las deficiencias en el sistema eléctrico son considerables, las cuales causan pérdidas técnicas y comerciales, teniendo en cuenta que la mayor cantidad de usuarios de energía eléctrica son de cargas domiciliarias y el número de cargas trifásicas va en relación a la solicitudes de cargas comerciales e industriales por parte de la concesionaria las cuales son menores.

En Huancayo viene creciendo la constitución de pequeñas y medianas empresas, las cuales requieren la implementación y promoción de usos productivos mediante el incremento de cargas trifásicas, para promover actividades productivas que generen empleo y el valor agregado, incrementando la rentabilidad del consumo de energía eléctrica y a la vez contribuyendo con la optimización de la calidad de vida de los clientes del sistema eléctrico Huancayo.

La empresa concesionaria, tiene la responsabilidad de otorgar energía eléctrica en todas las zonas de su ámbito. Dentro de ello, está la población de Huancayo.

El Código Nacional de Electricidad y las normas vigentes establecen grandes ventajas de las cargas trifásicas frente a las cargas monofásicas, por lo cual se requiere ampliar las redes primarias trifásicas de 10 KV, para equilibrar el sistema eléctrico de Huancayo.

En relación al crecimiento demográfico en la ciudad de Huancayo, los datos estadísticos en la última década, indican que las cargas monofásicas están incrementándose en un mayor porcentaje frente a las cargas trifásicas, por lo cual, para lograr el mejoramiento del sistema eléctrico, se debe impulsar el incremento de las cargas trifásicas.

El presente estudio de investigación propone optimizar el sistema eléctrico de la población de Huancayo, mediante la ampliación de redes primarias trifásicas en 10 Kv según el Código Nacional de Electricidad, a fin de solucionar las pérdidas técnicas y comerciales, promoviendo a desarrollar los usos productivos los cuales contribuirán a una transformación sustancial en los productos que conlleven al crecimiento, económico y social .de nuestra Región.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General.

¿Será factible ampliar la red primaria trifásica de 10 KV, según el código nacional de electricidad en el sistema eléctrico Huancayo?

1.2.2. Problema Específico

¿Será factible incrementar las cargas trifásicas de uso productivo para mejorar el sistema eléctrico Huancayo?

1.2.3. Objetivo General:

Analizar el sistema eléctrico de Huancayo, proponiendo la ampliación de redes primarias en 10 KV, según el código nacional de electricidad.

1.2.4. Objetivo Específico:

Proponer el incremento de cargas trifásicas de uso productivo de energía eléctrica que conlleve al balance del sistema eléctrico.

1.3. Justificación e Importancia

La presente Tesis, se justifica específicamente, considerando que el sistema eléctrico de Huancayo, sufre constantes desbalances en la tensión y la corriente, por lo tanto la población de Huancayo es un centro estratégico para el comercio y la industria además de la vivienda, está en la posibilidad de convertirse en una gran zona productiva, por lo cual se debe coadyuvar a incrementar cargas trifásicas para promover e incentivar el uso productivo en nuestra Región.

El sistema eléctrico de Huancayo, está preparado para un sistema trifásico, la importancia es alimentar cargas trifásicas para dar prioridad al nacimiento de empresas que genere industrias y demás que la requieran, con ampliaciones de sistemas de utilización

En la zona urbana de Huancayo se puede determinar la incorporación de cargas trifásicas comerciales, como cargas especiales en relación a las industrias, lo que a su vez, contribuiría a reducir la pobreza y mejorar la calidad de vida, por lo tanto, queda plenamente justificado la optimización del sistema eléctrico mediante la ampliación de redes primarias trifásicas cumpliendo el código nacional de electricidad.

1.3.1. Justificación Técnica

El desarrollo de la presente tesis se justifica técnicamente, en optimizar el sistema eléctrico, el cual debe cumplir con las normas técnicas, del código nacional de electricidad y reglamentos, a fin de garantizar una adecuada y óptima calidad de servicio eléctrico.

1.3.2. Justificación económica

El sistema trifásico es fundamental para desarrollar y promover el uso productivo de energía eléctrica, que diera al cliente la alternativa de crear ingresos económicos y a la vez mejorar la rentabilidad. Las cargas industriales, son importantes para el desarrollo de la región central del país, por lo tanto la empresa concesionaria tiene la misión de otorgar calidad de servicio eléctrico y optimizar los recursos energéticos, lo que coadyuvará con el desarrollo económico de los usuarios y por ende de la población.

1.3.3. Justificación Social

La ciudad de Huancayo tiene una población con un gran potencial humano, dedicado al trabajo sostenido, a la superación cultural y social constante, por lo tanto, el incremento de cargas de uso productivo, fortalecerá el desarrollo social de Huancayo.

1.4. Hipótesis y Descripción de Variables

1.4.1. Hipótesis General

Se mejorará el sistema eléctrico de Huancayo, mediante la ampliación de la red primaria trifásica en 10 Kv según el código nacional de electricidad.

1.4.2. Hipótesis Específica

Se promoverá el uso productivo de energía eléctrica mediante el incremento de cargas trifásicas en la ciudad de Huancayo.

1.5. Variables de estudio

1.5.1. Variable independiente:

Ampliación de la Red Primaria Trifásica en 10 Kv.

1.5.2. Variable dependiente:

Incremento de cargas trifásicas de uso productivo de energía eléctrica.

1.5.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES

- **Ampliación de la Red Primaria Trifásica en 10 Kv**

Es el incremento del conjunto de conductores eléctricos que suministran energía eléctrica trifásica, en niveles de tensión de 10 Kv, según el código nacional de electricidad.

Es la infraestructura adecuada para otorgar energía eléctrica a las cargas comerciales e industriales, que promueven el desarrollo energético y económico de toda población, en el presente estudio, el desarrollo de la ciudad de Huancayo.

- **Incremento de cargas trifásicas de uso productivo de energía eléctrica.**

Es el aumento de cargas trifásicas de uso productivo de energía eléctrica, que contribuyen al balanceo de cargas del sistema eléctrico, logrando disminuir las pérdidas técnicas, asimismo, incrementan la rentabilidad del usuario y de la empresa concesionaria, por lo tanto, coadyuvan al mejoramiento de todo sistema eléctrico.

Asimismo, el uso productivo de energía contribuye al desarrollo de la región central del país, para lograr que el consumo de energía eléctrica sea productivo, se debe satisfacer los parámetros económicos de rentabilidad y eficiencia.

El beneficio/costo de la energía eléctrica utilizada debe ser mayor a uno, de tal manera que el usuario tienda a consumir más para obtener mayor utilidad, promoviendo al mismo tiempo la producción de un bien o servicio en base a un consumo eficaz de energía eléctrica.

Es primordial que el costo de producción sea mucho menor que el beneficio, para lograrlo, es recomendable emplear recursos de la misma zona de utilización de la energía eléctrica.

1.5.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Ampliación de la red primaria trifásica en 10 KV	Es el incremento del conjunto de conductores eléctricos que suministran energía eléctrica trifásica, en niveles de tensión de 10 Kv, según el código nacional de electricidad.	Nivel de tensión	Voltímetro
Incremento de carga trifásica de uso productivo.	Es el aumento de cargas trifásicas de uso productivo de energía eléctrica, que contribuyen al balanceo de cargas del sistema eléctrico.	Intensidad de Corriente	Amperímetro

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Se encontraron los siguientes antecedentes:

AGUILAR, G. (2003) El sistema tarifario del servicio público de electricidad. Una evaluación desde el punto de vista de los usuarios. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

El estudio en mención, está referido al análisis de las tarifas residenciales en el país y en otros, a fin de comparar las diferencias y poder identificar los factores que inciden en el elevado nivel del costo tarifario con respecto a otros países latinoamericanos. En concordancia, la presente tesis, desarrolla el análisis de rentabilidad con la aplicación del uso productivo, el cual coadyuvará al logro del mejoramiento del sistema eléctrico de Huancayo.

A diferencia de la Tesis desarrollada por AGUILAR,G (2003), el enfoque no es el análisis de tarifas, sino el mejoramiento del sistema eléctrico mediante la ampliación de la red primaria trifásica en 10 KV, para incrementar la demanda máxima mediante la aplicación de usos productivos, como talleres industriales, fábricas, hospitales, centros educativos u otras cargas de mayor magnitud, los

cuales requerirán la instalación de subestaciones de distribución de uso exclusivo, contribuyendo con el mejoramiento del sistema eléctrico.

Zerpa K. (2013). Evaluación de la eficiencia energética y diseño óptimo de una línea de distribución en media tensión 10 Kv. Tesis de pregrado en ingeniería mecánica eléctrica. Universidad de Piura. Piura, Perú.

La Tesis en mención, está orientada al diseño de la red primaria en la ciudad de Piura, considerando como una alternativa para lograr eficiencia energética en su etapa inicial.

Difiere de la presente tesis, por las diversas condiciones de potencia eléctrica y nivel de tensión, existentes entre ambas localidades y por la realidad de cada lugar, en el cual influyen las perspectivas de la población, el tipo de comercio, industria y la diferencia en el consumo eléctrico en la vivienda.

El enfoque de la tesis mencionada, plantea el problema relacionado a la eficiencia del sistema eléctrico, considerando que la generación de energía no cubre la demanda máxima de la ciudad de Piura, mientras que en la presente tesis, la oferta de demanda eléctrica es superior a la requerida y por tal motivo, se propone mejorar el sistema eléctrico, promoviendo el uso productivo de la energía eléctrica, considerando que, además de cargas domiciliarias, deberíamos incrementar cargas comerciales y cargas industriales, mediante la ampliación de la red primaria trifásica en 10 KV.

LEYVA, O. (2011). Metodología para el reforzamiento de las redes de distribución en base a la confiabilidad. Tesis en maestría de ingeniería eléctrica. Instituto Politécnico Nacional México. México D.F.

En la Tesis mencionada, se propone un plan de mejoramiento de la confiabilidad del sistema eléctrico para evitar fallas eléctricas constantes, aplicando restauradores de energía eléctrica, en función de la demanda máxima. En la concepción del mencionado tesista, el problema planteado está relacionado con el elevado número de interrupciones eléctricas.

En la presente Tesis, se enfoca el problema de otro punto de vista, se desarrolla la investigación mediante la ampliación de la red primaria en 10 Kv, para mejoramiento del sistema eléctrico, promoviendo el uso productivo de energía eléctrica. No se enfoca la confiabilidad del sistema como problema, ya que en

Huancayo, el sistema eléctrico está en un alto nivel de confiabilidad frente al sistema eléctrico que describe LEYVA, O. en su tesis, por lo tanto el enfoque de la presente tesis es totalmente diferente y es original.

2.2. Bases Teóricas

Eficiencia del sistema eléctrico.

En la investigación en mención, el autor refiere la importancia de la eficiencia del sistema eléctrico en relación a los datos obtenidos por los equipos de medición, asimismo, está referida a la disminución de pérdidas no técnicas, sin embargo; la presente tesis, está enfocada al mejoramiento del sistema eléctrico de acuerdo a la ampliación de la red primaria trifásica en 10 Kv.

Redes Eléctricas

Las redes eléctricas, están comprendidas en el sistema de distribución, compuesto por el Subsistema de distribución primaria y por el Subsistema de distribución secundaria.

Las redes eléctricas, son analizadas en el punto inicial y en el punto final del circuito, en los cuales se puede medir la tensión nominal del sistema eléctrico.

La medición podría ser efectuada, en el punto inicial y final de las redes eléctricas, para analizar el funcionamiento del sistema eléctrico.

Es recomendable, emplear ambas mediciones para efectuar un análisis integral de la salida y de la llegada de la energía a la carga.

Ambas investigaciones tienen por objetivo disminuir las deficiencias en el sistema eléctrico, pero son diferentes en la identificación de las causas y en las alternativas de solución, por lo cual las hipótesis difieren en gran escala.

La Red eléctrica se inicia en la fuente y termina al final del circuito, especialmente en la carga, que es el motivo de su existencia, esto en el caso de la red secundaria.

En el caso de la red primaria, se inicia en la subestación de potencia y alimenta a la subestación de distribución, en el nivel de media tensión 10 Kv, normalizado para el sector eléctrico de la ciudad de Huancayo.

La fuente entrega el nivel de tensión, la corriente y la potencia eléctrica, la carga recibe este nivel de tensión, la cantidad de potencia requerida y producirá la corriente que fluirá a través de la red secundaria, asimismo, en el caso de la red primaria, se entregará la potencia respectiva a cada subestación de distribución desde la fuente que se trata de la subestación de potencia. Por lo tanto, respecto a la fuente, las mediciones y características obtenidas, comprenderán los valores normalizados de salida de la energía, en cambio la carga definirá el tipo de consumo eléctrico.

En el caso de Huancayo, la red de distribución primaria se encuentran en el nivel de tensión de 10 Kv y la Red de distribución secundaria es de 220 voltios.

De acuerdo a las estadísticas de cargas eléctricas, el mayor número corresponde a las cargas residenciales y éstas son monofásicas en baja tensión. Las cargas comerciales y las cargas industriales se encuentran en menor porcentaje respecto al número total de clientes.

El presente estudio, tratará de manera primordial de la red primaria en 10 Kv, relacionándolo con las cargas de baja tensión, ya que son el objetivo del uso productivo de la energía eléctrica.

Los niveles de tensión superiores a un Kv. pertenecen a la red de media tensión; de acuerdo al Código nacional de Electricidad.

En la ciudad de Huancayo, el nivel de tensión en media tensión es de 10 KV. Las Subestaciones de distribución son alimentadas en el nivel de 10 KV y luego se encargan de transformarlas a 220 voltios en baja tensión.

Los clientes pueden alimentarse de la red de media tensión directamente y también de la red de baja tensión, dependiendo del tipo de carga y cliente.

Los niveles de tensión de la red secundaria son menores a 1 Kv, está red suministra energía a las cargas residenciales, comerciales o a pequeñas cargas industriales, comprendidas hasta los 10 KW de máxima potencia contratada.

Las redes eléctricas al interior de sus predios, son utilizadas por los clientes finales, para distribuir la energía eléctrica en sus instalaciones eléctricas internas.

Las cargas monofásicas o trifásicas se alimentan de las redes eléctricas de baja tensión o de media tensión, dependiendo de la potencia contratada.

Se emplean dos conductores en el nivel de 220 V en una red monofásica.

En Huancayo, es muy utilizada en cargas domiciliarias, también para las cargas comerciales y muy poco en cargas industriales.

La red monofásica sirve para alimentar equipos de menor potencia y requieren ser balanceadas si se encuentran instaladas en la red trifásica.

Asimismo, se debe considerar el factor de simultaneidad y la calificación eléctrica, de acuerdo a la zonificación y la densidad de carga.

La demanda máxima es un valor fundamental en el diseño de las redes de distribución primaria y en las redes de distribución secundaria.

Las redes trifásicas en baja tensión se componen de tres fases y de cuatro conductores, para distribuir la energía eléctrica a las cargas domiciliarias, cargas especiales y cargas de alumbrado público, en este último caso puede complementarse con un quinto conductor, retorno de una de las fases R o S para distribuir el sistema de iluminación de forma independiente, asimismo, en caso de que el incremento de carga de alumbrado público influya sobre la sección del conductor de fase, entonces éste quinto conductor, evitará sobrecargar las fases que distribuyen energía a las cargas domiciliarias y a las cargas especiales.

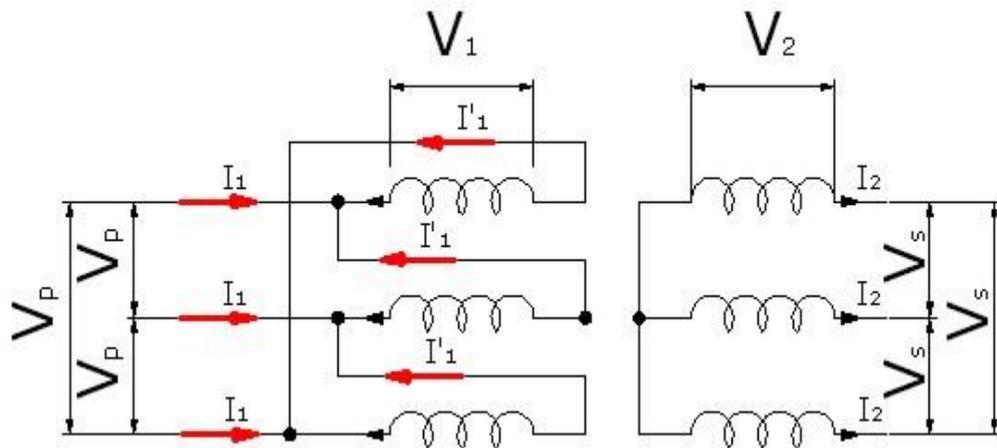
Esta disposición de conductores se consideran en las avenidas principales, donde el sistema de iluminación posee gran magnitud, a comparación de las calles secundarias, jirones o pasajes.

Las redes trifásicas primarias se componen de tres conductores, distribuyen la energía eléctrica en 10 KV, alimentan a transformadores de distribución, los cuales a su vez alimentan a las redes secundarias en baja tensión.

La conexión del transformador trifásico para la zona urbana difiere de la conexión del transformador de la zona rural, en este último se requiere una conexión estrella, el cual nos brinda tensión de fase y tensión de línea, mientras

que la conexión en triángulo o delta, nos otorga una misma tensión en línea y en fase. La ventaja de esta conexión es la corriente, se puede obtener corriente de línea y corriente de fase.

Fig. 1 Esquema de un transformador



Fuente: Claudio Gonzales Cruz.

La Demanda Máxima se calcula en unidades de watts, Kilowatts o más, dependiendo de la magnitud de la carga. Considerando el cálculo para una determinada instalación y en un determinado tiempo.

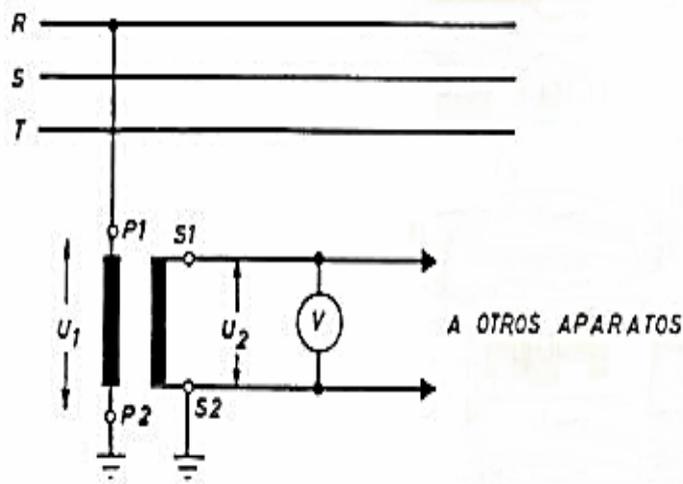
Esta demanda máxima puede variar en el tiempo, de acuerdo a su consumo y aplicación.

Es el máximo valor en kilowatts (kW) que se presenta en un período determinado.

Los circuitos principales de las redes secundarias o de baja tensión y los alimentadores de las redes primarias o de media tensión, se diseñarán de acuerdo al requerimiento y consumo de energía eléctrica de los clientes que se alimentan de estas redes eléctricas, por tal motivo, es indispensable

que, el uso productivo incide de manera eficiente en el sistema eléctrico para mejorar su funcionamiento y operación en el aspecto técnico y optimizar la rentabilidad de la infraestructura eléctrica, de acuerdo a los lineamientos del código nacional de electricidad.

Figura N°2 Redes trifásicas



Fuente: Internet

El sistema eléctrico de Huancayo, comprende una infraestructura eléctrica integral, iniciándose en la fuente de energía, de acuerdo a la definición establecida, consideramos que el sistema eléctrico es un conjunto de componentes eléctricos o electrónicos.

La empresa concesionaria, en cumplimiento de su misión, debe construir la infraestructura apropiada, a fin de transportar y distribuir la energía eléctrica a los clientes finales, que se encuentran en su ámbito de concesión.

Para que los clientes de baja tensión, obtengan energía, deben cumplir los requisitos establecidos por la empresa concesionaria, de igual manera los clientes de media tensión, observando las normas técnicas, leyes y reglamentos vigentes.

Para ejecutar obras de distribución de energía eléctrica, se desarrollan etapas planificadas, para alimentar primero la ampliación de las redes primarias, luego la instalación y montaje de las subestaciones de distribución, posteriormente la ampliación de las redes secundarias y finalmente las acometidas.

La ampliación de la red primaria, se inicia con respecto a la fuente y es la red que alimentará a las subestaciones de distribución.

La siguiente etapa corresponde a la instalación y montaje de las subestaciones de distribución, cumpliendo las normas técnicas respectivas.

Fig. N° 3 Bobinados del transformador trifásico



Fuente : Internet

Principio de funcionamiento del transformador

El principio de funcionamiento de un transformador eléctrico se basa en la fuerza magnetomotriz originada por el producto del número de espiras y la corriente que fluye a través del bobinado.

Asimismo, es importante indicar que la fuerza electromotriz, se encarga de producir el flujo de corriente a través del bobinado.

El núcleo tiene la misión de conducir el flujo magnético, para transformar el nivel de tensión en los terminales de los bobinados del lado primario y del lado secundario.

$$NI = HL$$

N = Número de espiras

I = Intensidad de corriente

H = Intensidad de campo magnético

L = Longitud magnética del núcleo

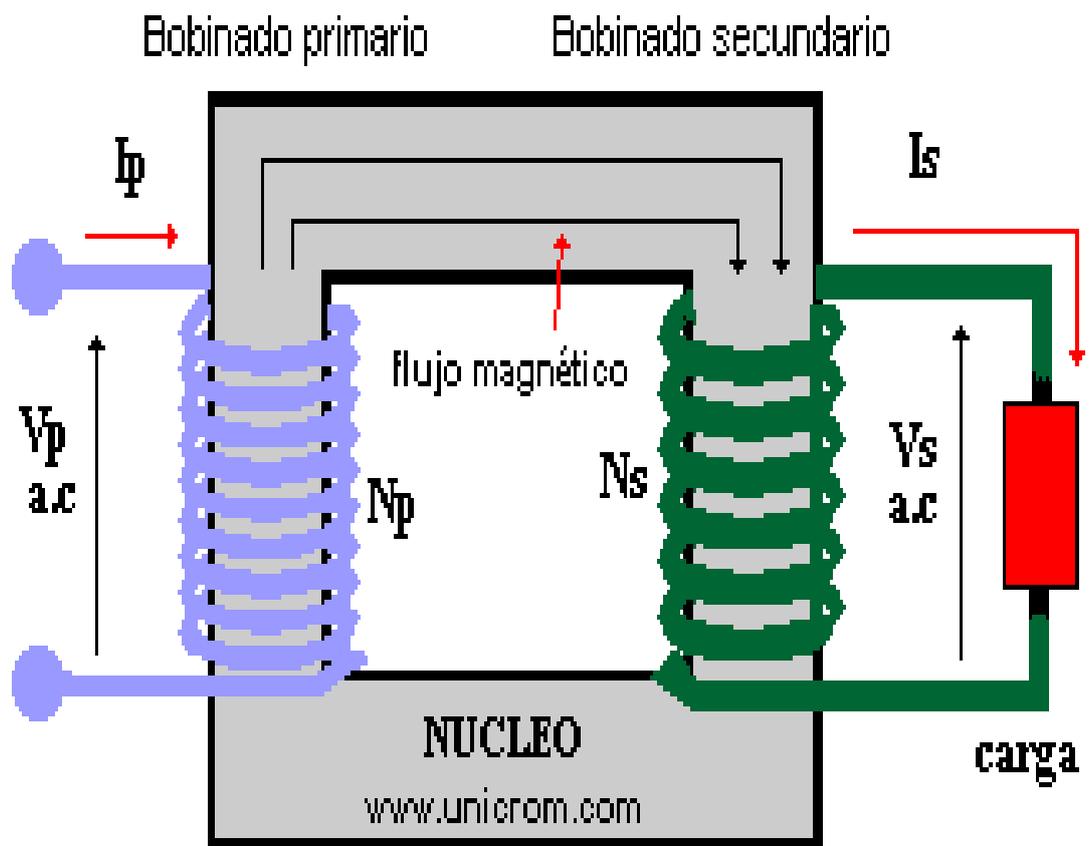


Fig. N°4 Circuito electromagnético del transformador.

Fuente: www.unicrom.com

CLASIFICACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA

La clasificación de la topología de la red de distribución se refiere a la forma de distribución de la energía eléctrica, dependiendo de la densidad de carga, siempre cumpliendo con el código nacional de electricidad.

Las configuraciones pueden ser de tres tipos:

Radial, tipo bucle abierto y tipo bucle cerrado o anillo.

Describimos a continuación cada uno de ellos.

- **Red tipo radial**

La red del tipo radial es la más usada en el sistema eléctrico por ser simple y coherente con la densidad de carga, sin embargo, este tipo de red no garantiza la continuidad del servicio eléctrico, ya que si no fluye corriente por el alimentador principal, no habría otra forma de energizar las cargas conectadas al alimentador.

- **Red tipo bucle abierto**

La red del tipo bucle o abierto, posee similares ventajas a la red del tipo radial, pero además está preparada para alimentar a las cargas de otra fuente, en cuanto sea requerido.

- **Red tipo anillo (Bucle cerrado)**

La red tipo anillo, denominado también bucle cerrado, consiste en alimentar las cargas por dos alimentadores, la ventaja principal que brinda este tipo de red es garantizar la continuidad del servicio eléctrico y logra disminuir la caída de tensión.

En Huancayo, no existe este tipo de red, todavía; pero está proyectado a mediano plazo, considerando que las cargas se van incrementando paulatinamente y se requerirá establecer alternativas de solución, para evitar los elevados porcentajes de caída de tensión al final de la línea, minimizando costos de remodelación o rediseño de la infraestructura.

DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA ELECTRICO HUANCAYO VALLE DEL MANTARO

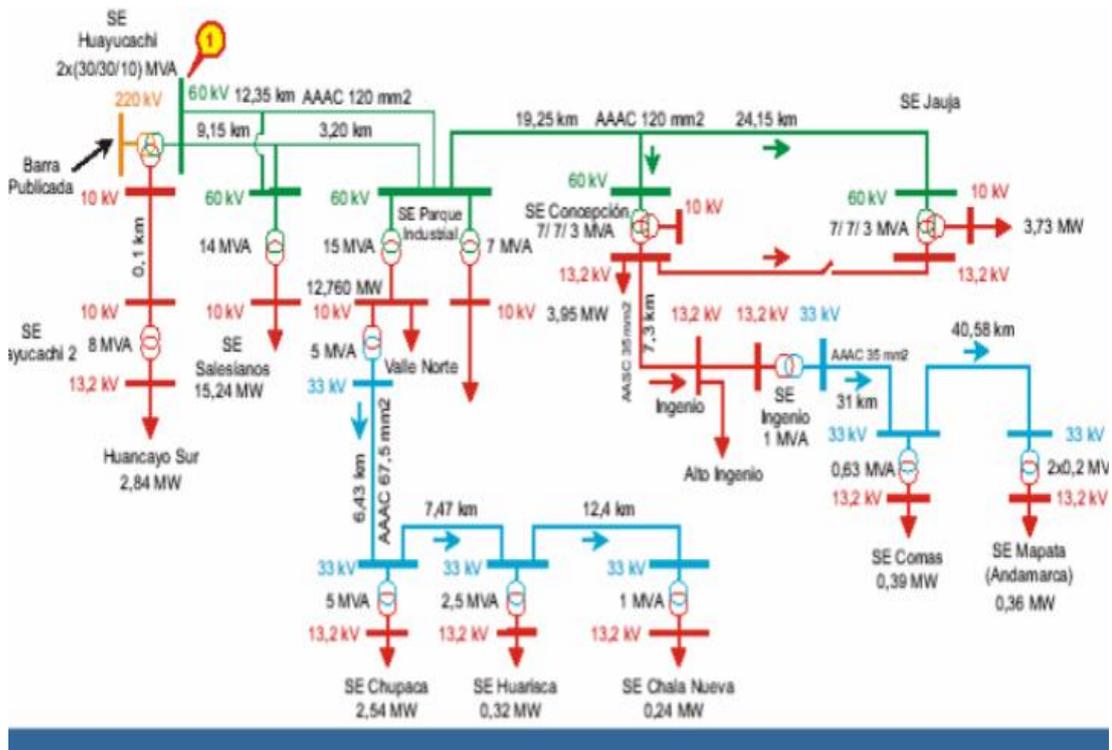


Fig. 5 Sistema eléctrico tipo Radial

Fuente: Electrocentro S.A.

El sistema eléctrico en Huancayo y en el valle del Mantaro es del tipo radial, las cargas se energizan por un alimentador y aún no están preparadas para operar en anillo, sin embargo la planificación de nuevas centrales hidroeléctricas y subestaciones de potencia, brindarán esta alternativa de solución a un mediano plazo.

RESISTIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

- La resistividad eléctrica es inversamente proporcional a la conductividad,

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{2m_e}{ne^2\tau}$$

- La conductividad es una propiedad del material, es un valor constante y su símbolo es σ .

En la siguiente tabla se puede encontrar valores de resistividad del aluminio y del cobre:

MATERIAL	COBRE	ALUMINIO
RESISTIVIDAD (Ω m)	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-8}$
CONDUCTIVIDAD ($1/\Omega$ m)	$1/ 1,7 \cdot 10^{-8}$	$1/2,8 \cdot 10^{-8}$

Tabla N° 1 Valores de resistividad y conductividad

Fuente: Elaboración propia

RESISTENCIA ELÉCTRICA

Considerando los valores de resistividad y conductividad del conductor de longitud l , sección del conductor S , tenemos la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{S}.$$

Interpretamos que, a mayor longitud (l), la resistencia (R) que ofrece el conductor al paso de la corriente es mayor, mientras que la sección (S) del conductor es inversamente proporcional a la resistencia.

$$R = \rho \frac{l}{S} = \Omega m \cdot \frac{m}{m^2}$$

Las unidades son fundamentales para el cálculo respectivo.

RESISTENCIA EN FUNCIÓN A LA TEMPERATURA

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

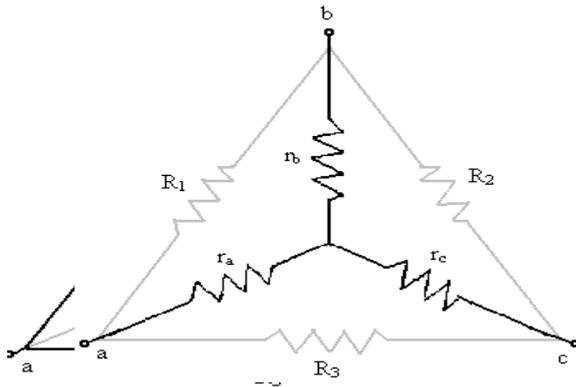
El cálculo de la resistencia R en el período del funcionamiento del circuito eléctrico, se obtiene aplicando los valores de resistencia del conductor eléctrico a temperatura

inicial R_o , variación de la temperatura ΔT , y el coeficiente térmico de la resistividad α

CONEXIONES ESTRELLA – DELTA Y

CONVERSIÓN DE UN TIPO DE CONEXIÓN A OTRO

TRANSFORMACIONES DELTA – ESTRELLA



Al pasar Δ a una Y

$$r_a = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$r_b = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$r_c = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Al pasar Y a una Δ

$$R_1 = \frac{r_a r_b + r_a r_c + r_b r_c}{r_c}$$

$$R_2 = \frac{r_a r_b + r_a r_c + r_b r_c}{r_a}$$

$$R_3 = \frac{r_a r_b + r_a r_c + r_b r_c}{r_b}$$

Estas conexiones se emplean en los transformadores de distribución y su equivalencia es importante para el cálculo de la resistencia que ofrece cada uno de los tipos de conexión, empleados en las redes de distribución primaria y secundaria.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3. MÉTODO, TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. El método analítico

Este método es aplicado en la presente tesis, a fin de analizar la información técnica obtenida y los resultados que se consolidarán en la etapa final de la investigación, también servirá para analizar los procesos empleados durante el desarrollo de la presente tesis.

El sistema de distribución eléctrica de la ciudad de Huancayo, es complejo por la cantidad de cargas eléctricas que se alimentan de la red principal y se requiere analizar las características técnicas de cada una de ellas.

3.1.2. El método sintético

Este método contribuirá a elaborar las conclusiones de la investigación, mediante la aplicación del razonamiento coherente y lógico, se podrá resumir los valores finales del proceso aplicado durante la investigación, tomando en consideración el total de la muestra que corresponde de la Av. Ferrocarril entre la calle Tarapacá y la calle Ica, como un todo, a fin de relacionarlo con el comportamiento del suministro eléctrico, en función al tipo de carga, desde un enfoque sistémico y global.

3.1.3. Método Inductivo

La obtención de resultados es la consecuencia del método inductivo, conllevan a la conclusión de la información final y sirven de base para seleccionar las alternativas de solución.

En este caso, se inicia recopilando datos y luego se forma una base informativa consistente del sistema eléctrico de la ciudad de Huancayo.

La muestra es considerada en la Av. Ferrocarril entre la calle Ica y Tarapacá, en el presente estudio de investigación.

3.1.4. Método Deductivo

Este método se aplica para deducir los resultados y consecuencias de la información adquirida, relacionándolo con el objetivo de la investigación, marcando la brecha entre lo existente y lo esperado.

Es aplicado a la muestra, incluyendo cargas residenciales, comerciales o industriales, según los porcentajes de variación entre ellas.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es de tecnología, se considera cargas eléctricas de uso productivo de electricidad ubicadas en la Av. Ferrocarril entre la calle Tarapacá y la calle Ica, donde se plantea el uso óptimo de la energía eléctrica por parte de usuarios que demuestran la aplicación del uso productivo de la energía eléctrica, mediante el funcionamiento y operación de sus negocios rentables.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de la investigación del presente estudio es correlacional. Se establece enlace entre los conocimientos adquiridos en la especialidad y se aplica al sistema eléctrico existente de distribución primaria y secundaria en 10 kV y 220 V respectivamente, considerando los componentes y elementos que forman parte de todo el sistema eléctrico, identificando las características técnicas del sistema de suministro y utilización de la ciudad de Huancayo y en base a los resultados, se plantea la ampliación de la red primaria trifásica a fin de mejorar el sistema eléctrico, promoviendo el uso productivo de la energía eléctrica.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

En base a la existencia de cargas trifásicas, se consideró la base informativa como pre experimental, efectuando pruebas antes de la aplicación de la carga de uso productivo y después de la carga de uso productivo.

Mediante la observación el estado situacional de las redes primarias y secundarias del sistema eléctrico de distribución correspondiente a la muestra de estudio, se ha identificado los elementos tales como: Tapicerías, Tornerías,

Distribuidoras para construcción, entre otros, del total de usuarios de la muestra.

Al hacer un análisis y estudio de la demanda de energía por parte de los usuarios y observar la existencia de una diferencia de energía que no se usa como consumo de carácter doméstico o industrial, entonces esta diferencia se direcciona para el tratamiento correspondiente de incrementar a más usuarios para el uso productivo de electricidad.

3.5. Población y muestra

Población: Transformadores del centro de Huancayo.

Muestra: 4 cuadras de la Av. Ferrocarril de Huancayo, entre la calle Tarapacá y la calle Ica. Para la recopilación de la información, se ha considerado como base la muestra.

Dentro de la muestra se observa las redes primarias en 10 kV con cuatro Subestaciones de distribución cuyas potencias son:

- Subestación Trifásica E404739: 100 KVA
- Subestación Trifásica E404169: 200 KVA
- Subestación Trifásica E404740: 160 KVA
- Subestación trifásica E404645: 160 KVA

ITEM	CÓDIGO	POTENCIA NOMINAL
01	E404739	100 KVA
02	E404169	200 KVA
03	E404740	160 KVA
04	E404645	160 KVA

Tabla N° 2 Características de las Subestaciones Trifásicas

Fuente: Elaboración propia

Las redes primarias cuyas características del conductor en 10 Kv son:
3 x 70 mm² de aluminio desnudo.

3.6. Técnicas de recolección de datos

3.6.1. La Observación

Mediante la observación, se ha recopilado información respecto a las características técnicas de las redes primarias y secundarias; así como la de los transformadores de distribución ubicados en la zona urbana, que consiste en total 4 transformadores, como muestra.

La capacidad de los transformadores ubicados en el sector mencionado varía entre 100 kVA y 200 kVA; y la sección de los conductores secundarios depende del número de usuarios que consumen energía ocasionando determinadas cargas.

Para recabar información de la zona urbana seleccionada, se ha utilizado la siguiente técnica con su respectivo instrumento, previa elaboración y evaluación

Se ha considerado la observación como técnica fundamental en esta investigación, así como información directa obtenida en la empresa concesionaria responsable del suministro de energía en el sector mencionado; y se evidenció a los usuarios que están dedicados en el proceso productivo de electricidad.

Se ha realizado una recopilación de información de negocios de bienes y servicios, y que por su naturaleza hacen uso de la energía eléctrica para llevar a cabo el cumplimiento de su función, en la zona urbana.

3.6.2. Fuentes de datos históricos

Se ha recopilado datos de la Empresa Concesionaria y de las entidades relacionadas con el sistema eléctrico de la región central del país.

Los datos históricos son importantes por su proyección y contribuyen con la deducción sólida del incremento futuro de carga.

3.7. Instrumentos de recolección de datos

- Formatos de características técnicas

Los datos se han recopilado mediante formatos diseñados para la presente investigación.

- Cuadros estadísticos

Se han empleado cuadros estadísticos, como instrumento de análisis de los datos recopilados durante la investigación.

- Planos de detalles

Los armados de la infraestructura existente se recopilan en planos de detalles.

- Mediciones eléctricas de los parámetros técnicos

Recopilación de datos mediante la medición de los parámetros técnicos en el sistema eléctrico de distribución, considerando las redes primarias en 10 KV y secundarias en 220 V; así como la medición aplicada a los usuarios de la zona urbana, clasificando el tipo de carga, el nivel de tensión, el tipo de distribución, el sistema de distribución y la ubicación de la carga.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

- Considerando el mejoramiento del sistema eléctrico que consiste en la ampliación de redes trifásicas; se evidencia la realidad de la muestra que se tomó para el presente estudio, que se puede emplear los transformadores existentes para incluir cargas de usos productivos.
- La demanda máxima futura se incrementará paulatinamente, considerando cargas trifásicas a fin de fomentar el uso productivo de la electricidad en los usuarios que decidan establecer unidades de negocios tales como:

comercios, talleres, cerrajerías, panaderías, molinos de granos y otros negocios que requieran energía eléctrica.

- La zona urbana tiene áreas comerciales e industriales para ser implementada con la infraestructura apropiada en relación al sistema de distribución de la energía eléctrica.
- La Potencia contratada de las cargas de servicio particular, en las tarifas de Baja Tensión son de 1,2 Kw y las cargas especiales se encuentran en un promedio de 5 a 10 Kw, en el área urbana de la ciudad de Huancayo.
- Las cargas eléctricas trifásicas mejoran el sistema eléctrico, de acuerdo al análisis del porcentaje de caída de tensión y a la longitud del radio de acción.

4.1.1. ALIMENTADORES PRIMARIOS DE DISTRIBUCIÓN

Los alimentadores primarios de distribución en Huancayo tienen un nivel de tensión de 10 Kv. y alimentan a los transformadores de distribución, los cuales funcionan con una relación de transformación de 10/0.22Kv.

Los conductores eléctricos de los alimentadores primarios de distribución son de Aluminio tipo AAAC:

- Troncal

Los conductores que constituyen los alimentadores a partir de la Subestación de potencia son considerados troncales

- Ramal

Los conductores eléctricos que se alimentan de las troncales son considerados ramales o derivaciones.

4.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTADORES DE DISTRIBUCIÓN

Los alimentadores por el número de fases se clasifican en:

- Monofásicos
- Trifásicos.

4.1.3. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Los transformadores de distribución, considerados en el presente estudio son de 100 KVA, 160 KVA y 200 KVA, estas máquinas estáticas reducen el nivel de

tensión de 10 KV a 220 V., el sistema de distribución es trifásico y el tipo de distribución es aéreo.

Los conductores de la red primaria son tres, para la fase R, para la fase S y para la fase T.

Los conductores para los circuitos principales del transformador en la red secundaria son cuatro, tres de fase y uno para el alumbrado público.

Las cargas eléctricas se van incrementando de acuerdo a su capacidad y con frecuencia son cargas monofásicas, las cuales desbalancean el sistema eléctrico, especialmente en horas de máxima demanda.

La capacidad del transformador se selecciona en función de la magnitud de la carga, debiéndose tener especial cuidado en considerar los factores que influyen en ella, tales como el factor de demanda y el de simultaneidad.

Generalmente los transformadores de distribución instalados en el sistema eléctrico de Huancayo, se encuentran entre los rangos de 37.5 a 250 KVA.

El número de fases del transformador es función del número de fases de la alimentación primaria, y del número de fases de los elementos que componen la carga.

Es responsabilidad de la empresa concesionaria el diseño de las subestaciones de distribución, los cuales deben cumplir con las disposiciones del Código Nacional de Electricidad, lo cual garantiza el buen funcionamiento del sistema eléctrico, la continuidad de servicio y la confiabilidad de la energía eléctrica.

4.1.4. TIPOS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

- **Transformadores de distribución monofásicos**

En las zonas de baja densidad de carga se encuentran instalados los transformadores monofásicos, especialmente en la zona rural, zonas agrícolas, zonas alejadas al centro de la ciudad y es la mayor parte de la provincia de Huancayo.

Las cargas domiciliarias son monofásicas y en estas zonas de baja densidad estas cargas no pueden acceder a un sistema trifásico porque las redes primarias son solo monofásicas, del mismo modo los transformadores monofásicos no pueden otorgar un sistema trifásico y por ende no logran contribuir con el uso productivo de la energía eléctrica.

- **Transformadores de distribución trifásicos**

En el sistema eléctrico de Huancayo, las potencias normalizadas de los transformadores de distribución instalados en la red comercial son de 25 KVA hasta 37.5 KVA en el sistema monofásico y de 50 KVA, 75 KVA, 100 KVA, 160 KVA, 215 KVA y 250 KVA., en el sistema trifásico.

El transformador trifásico se puede apreciar en la foto N° 1.

Foto 1. Transformador trifásico del sistema eléctrico de Huancayo



Fuente del tesista

- En la foto N° 1. El transformador trifásico que se presenta tiene una relación de transformación de 10/.23 KV.
- Se alimenta en media tensión y se ubica en un armado biposte.
- El núcleo y bobinado son fabricados de acuerdo a las normas técnicas internacionales y el código nacional de electricidad.

Foto N° 2 Núcleo y bobinado del transformador.



Fuente: De Internet.

La principal característica es que son refrigerados en aire con aislamiento clase F, utilizándose resina epoxi como medio de protección de los arrollamientos, siendo innecesario cualquier mantenimiento posterior a la instalación. Se fabrican en potencias normalizadas desde 100 hasta 250 kVA, tensiones primarias de 10, 13.2, 15, 25, 33 y 35 kV y frecuencias de 50 y 60 Hz. Son aplicados para el presente estudio de investigación.

4.1.5. Redes secundarias

Las redes secundarias distribuyen la energía eléctrica en baja tensión, a partir del transformador de distribución hasta las acometidas de los usuarios.

Las características de las redes secundarias, primarias y transformador de distribución se pueden apreciar con detalle, en la foto N° 3

En la mayoría de los casos las redes secundarias son radiales.

El subsistema de distribución secundaria, se clasifica en:

- ✓ Redes monofásicas de dos conductores.
- ✓ Redes monofásicas de tres conductores.
- ✓ Redes trifásicas de cuatro conductores.
- ✓ Redes trifásicas de cinco conductores

Foto N° 3. Subestación de distribución, Redes Primarias y

Redes Secundarias.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Situación actual del sistema de distribución

Actualmente, el sistema de distribución de Huancayo consta de redes primarias en 10kV y secundarias en 220V; tomando como muestra para el presente estudio la zona comprendida en la Av. Ferrocarril entre la calle Tarapacá y la calle Ica; (En total 4 cuadras), y que a lo largo de las 4 cuadras de las calles mencionadas se encuentran instalados 4 transformadores de distribución cuyas capacidades son: un transformador de 100 KVA, un transformador de 200 KVA, y dos de 160 KVA, estos valores indican su capacidad de potencia instalada.

La red primaria es trifásica, tipo de distribución aéreo, nivel de tensión 10 KV, sección del conductor 120 mm², tipo del conductor AAAC.

Se ha considerado la realización de los cálculos necesarios para justificar los materiales a utilizar en cada uno de los tramos de línea que se ejecutó. Los cálculos realizados cumplen con los requisitos del Código Nacional de Electricidad Suministro, así como con las bases para el diseño de redes primarias, documentos con los cuales el Ministerio de Energía y Minas uniformiza y define las condiciones técnicas mínimas para el diseño de redes primarias aéreas en 10 KV.

Las Normas principales que se han tomado en cuenta, son las siguientes:

- Código Nacional de Electricidad.
- Código de Suministro 2011
- Norma MEM/DEP – 001 [Rev.3]
- Ley de Concesiones Eléctricas Nro. 25844
- Norma MEM/DEP – 501 y 502

4.1.7. Diagnóstico del sistema de distribución

En el presente estudio se está tomando como muestra 4 cuadras de la Av. Ferrocarril comprendida entre la calle Tarapacá y la calle Ica.

Se tiene como información que la demanda actual del transformador E404645 de 160 kVA es de 44.25 Kw, la demanda máxima actual del transformador E404740 de 160 KVA es de 59.87 Kw, la demanda máxima del transformador E404169 de 200 KVA es de 111.97 Kw y del transformador E404739 de 100 KVA es de 34.34 Kw.

Estas demandas máximas indican la holgura en cada una de ellas y la oportunidad de incremento de carga mediante la aplicación del uso productivo de la energía eléctrica.

Tabla N° 3 Potencia y código de las Subestaciones Trifásicas seleccionadas.

ITEM	CODIGO	POTENCIA NOMINAL (KVA)	POTENCIA UTILIZADA (KVA)	DEMANDA MÁXIMA ACTUAL (Kw)
------	--------	------------------------------	--------------------------------	----------------------------------

01	E404645	160	52.06	44.25
02	E404740	160	70.50	59.87
03	E404169	200	131.73	111.97
04	E404739	100	40.40	34.34
TOTAL		620	294.69	249.43

Fuente: Elaboración propia

El promedio de la DEMANDA MÁXIMA actual, correspondiente a las subestaciones ubicadas en la Av. Ferrocarril, entre la calle Tarapacá y la calle Ica, donde se encuentran instalados 4 transformadores se obtiene como resultado lo siguiente:

X_p = Promedio de la demanda máxima de los transformadores de la muestra.

$$X_p = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4) / N$$

$$X_p = (44.25 + 59.87 + 111.97 + 34.34) / 4$$

$$X_p = 62.36 \text{ Kw}$$

Y_p = Promedio de la potencia nominal utilizada (kVA)

$$Y_p = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5) / N$$

$$Y_p = (160 + 160 + 200 + 100) / 4$$

$$Y_p = 155 \text{ KVA}$$

El promedio de la potencia nominal utilizada de los 4 transformadores mencionados es de 155 kVA.

4.1.8. CÁLCULOS DE CAÍDA DE TENSIÓN Y CAPACIDAD DE CORRIENTE.

Para efectuar los cálculos de caída de tensión y determinar la capacidad de corriente de la red, consideramos la potencia nominal del transformador, en este caso emplearemos la potencia aparente de 160 KVA, consideramos los siguientes parámetros para el cálculo con el fin de cubrir la demanda del uso productivo de la electricidad por algunos usuarios.

Parámetros técnicos:

Potencia Nominal :	S= 160KVA.
Tensión Nominal :	V= 10KV.
Longitud de la línea:	L= 0,5Km
Sección del conductor:	S= 70 mm ²
Tipo del conductor:	AAAC

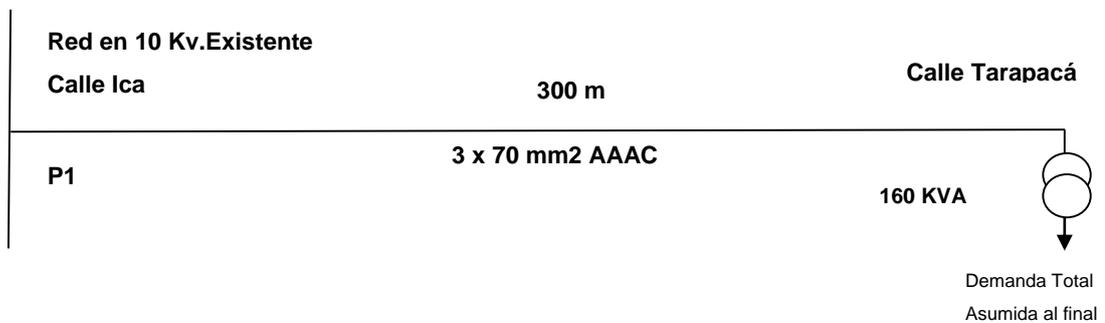
Además se toma referencia los datos técnicos del conductor de 3x 70 mm² tipo AAAC según la tabla N° 4

Tabla N° 4 Características técnicas del conductor AAAC

Sección Nominal	Formación Hilos x Diám.	Diámetro Exterior	Carga de Rotura	Resistencia Máxima		Capacidad de Corriente(*)	Peso Total
				20°C c.c	75°C c.a		
mm ²	N° x mm	mm	KN	Ohm/Km		Amp	Kg/Km
25	7 x 2,13	6,4	7,90	1,370	1,640	134	68
35	7 x 2,52	7,6	11,06	0,979	1,173	166	95
50	7 x 3,02	9,1	15,89	0,681	0,816	208	136
70	7 x 3,57	10,7	21,19	0,488	0,585	257	190
70	19 x 2,17	10,9	21,57	0,486	0,582	259	192
95	19 x 2,52	12,6	29,08	0,361	0,432	312	259
120	19 x 2,84	14,2	36,9	0,284	0,340	363	329

Fuente: Código Nacional de Electricidad

Fig. N° 6 Diagrama unifilar de la Red primaria en 10 Kv



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de la corriente nominal en el alimentador de red primaria

$$I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_2}$$

Donde:

S₂: Es la potencia aparente del transformador en kVA

U₂: Es la tensión de la red primaria en kV.

I₂: Capacidad de corriente eléctrica en A.

La capacidad nominal de la corriente

De acuerdo a la formula N° 01, la capacidad de corriente será:

$$I_2 = 6,9 \text{ A}$$

De acuerdo a los resultados anteriores no necesita reforzamiento la red primaria. Debido a que el parámetro de capacidad de corriente es adecuado para el conductor existente de 70 mm².

SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE

Las subestaciones de distribución instaladas en el sistema eléctrico de Huancayo, requieren cumplir con el código nacional de electricidad, incluyendo todo el conjunto de dispositivos, forman parte del sistema de protección, seccionamiento, medición y control.

Los transformadores son reductores y todos tienen la misma relación de transformación de 10 KV a 220 voltios.

Las subestaciones de distribución suministran energía eléctrica a las redes secundarias, las cuales alimentan las cargas eléctricas de baja tensión.

Los cálculos que influyen sobre la determinación de las características técnicas de la selección del transformador y los parámetros técnicos considerados, son los siguientes:

CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN DE LA RED EXISTENTE

Los parámetros técnicos que se deben considerar para efectuar el cálculo de caída de tensión son los siguientes:

$\Delta V \%$ = Caída porcentual de tensión.

P = Potencia, en kW

L = Longitud del tramo de línea, en km

V= Tensión nominal, en kV

r1 = Resistencia del conductor, en ohm / km

X1 = Reactancia inductiva para sistemas trifásicos en ohm/km

ϕ = Angulo de factor de potencia

K = Factor de caída de tensión

Según el Código nacional de Electricidad, consideramos los valores de las siguientes tablas:

CUADRO N° (a)

PARAMETROS DE CONDUCTORES Y FACTORES DE CAIDA DE TENSION

Sección Mm2	Número de Alambres	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro de cada alambre (mm)	Resist. Eléctrica a 20°C (Ohm/km)	Resist. Eléctrica a 40°C (Ohm/km)	X ₁ (Ohm/km)
25	7	6,3	2,1	1,370	1,469	0,47
35	7	7,5	2,5	0,966	1,036	0,45
50	7	9,0	3,0	0,671	0,719	0,44
70	19	10,5	2,1	0,507	0,544	0,43
95	19	12,5	2,5	0,358	0,384	0,41

CUADRO N° (b)

PARAMETROS DE CONDUCTORES Y FACTORES DE CAIDA DE TENSION

SECCION	X ₂ (ohm/km)	X ₃ (ohm/km)	X _t (ohm/km)	K ₁ (x 10 ⁻⁴)	K ₂ (x 10 ⁻⁴)	K ₃ (x 10 ⁻⁴)	K _t (x 10 ⁻⁴)
25	0,51	0,47	1,004	3,231	3,268	9,726	11,197
35	0,50	0,45	0,988	2,387	2,433	7,185	8,668
50	0,49	0,44	-	1,774	1,820	5,339	-
70	0,47	0,43	-	1,431	1,468	4,307	-
95	0,46	0,41	-	1,108	1,153	3,333	-

Fuente: Código Nacional de Electricidad

CALCULO DE LA CORRIENTE NOMINAL DEL SISTEMA ELECTRICO

TRIFASICO

$$I = \frac{p}{\sqrt{3}V\cos\phi}$$

I = Corriente nominal en Amperios

V = Tensión nominal del sistema

$\cos\phi$ = Factor de Potencia

Parámetros eléctricos de los conductores

Resistencia

$$R_2 = R_1(1 + \alpha(t_2 - t_1))$$

R1 = Resistencia del conductor a 20 °C, en Ohm / Km.

R2 = Resistencia del conductor a 40 °C, en Ohm / Km.

T1 = Temperatura inicial 20 °C

T2 = Temperatura inicial 40 °C

α = Coeficiente de resistividad térmica. = 0,0036

Reactancia Trifásica

$$X_{3\phi} = 2 \times \pi \times f \times 10^4 \times \left(0.5 + 4,6 \log \left(\frac{DMG}{r_e} \right) \right)$$

$$R_{40^\circ C} = R_{20^\circ C} [1 + \alpha \Delta T]$$

$$R_{40^\circ C} = 2.09 [1 + 0.0036(40 - 20)]$$

$$R_{40^{\circ}\text{C}}=2.24\Omega/\text{KM}$$

$$\text{RMG} = 0.758 \times (5.10/2) = 1.93\text{mm}$$

$$\text{DMG} = 1250\text{mm}$$

$$x_{l+} = 7.54 \times 10^{-5} \times \text{Ln}(1250/1.93)$$

$$x_{l+} = 0.48\Omega/\text{KM}$$

Cálculo de la caída de tensión porcentual

$$\%V = \frac{PL\sqrt{R^2 + XL^2}}{10KV^2 \text{COS}\Phi}$$

Porcentaje de caída de tensión en la red primaria

$$\%v = 0.243\%$$

La caída de tensión en una red de distribución es directamente proporcional a la potencia que trasmite, a la longitud de la línea y a un coeficiente conocido como factor de caída de tensión (K1)

Para sistemas trifásicos:

$$\Delta V \% = \frac{PL (r_1 + X_1 \text{tg } \phi)}{10VL^2}$$

$$\Delta V \% = K1 PL \quad ; \quad K1 = \frac{r1 + X1 \operatorname{tg} \phi}{10 VL2}$$

Teniendo en consideración:

$$\text{Conductores de 7 hilos} \quad r_e = 0,726 \times \frac{D}{2}$$

$$\text{Conductores de 19 hilos} \quad r_e = 0,758 \times \frac{D}{2}$$

ϕ = Angulo de factor de potencia

K = Factor de caída de tensión

D = Diámetro exterior del conductor

La máxima caída de tensión considerada en el lado secundario del transformador de distribución será de 5 % de la tensión nominal del sistema eléctrico.

Las fórmulas anteriores son aplicables a alimentadores de topología radial, a partir de un punto de alimentación, hasta los fines de línea.

DEMANDA MÁXIMA DE LAS SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN

Los resultados de demanda máxima son el mejor indicador de la eficiencia energética y las zonas andinas como la región central del país requiere urgente ampliación de redes eléctricas trifásicas. La Empresa concesionaria en comparación a otros sistemas eléctricos, no distribuye ni la mitad de lo que se tiene planificado, por lo cual el reto planteado es mejorar la carga eléctrica, convirtiéndola en productiva mediante la aplicación de un sistema trifásico.

La demanda máxima registrada por la Empresa concesionaria en el sistema eléctrico de Huancayo, durante el año 2015 fue de 172.1 Mw, lo

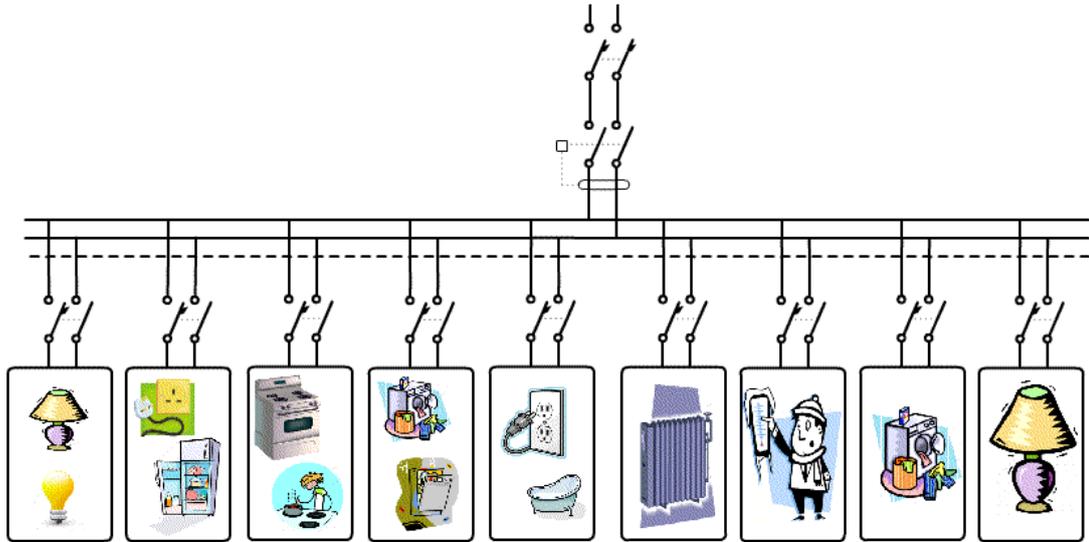
cual sustenta la necesidad de crecimiento de energía en la región central del país, específicamente en Huancayo, ya que los datos indican claramente que las cargas productivas fortalecen la eficiencia del sistema eléctrico.

Fig. N° 7 VISTA AÉREA DE LA RED PRIMARIA EN 10 KV.



Fuente: Elaboración propia.

Cargas Eléctricas Monofásicas



ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DEMANDA MÁXIMA

AÑOS 2013, 2014 y 2015

TABLA N° 5: DEMANDA MÁXIMA

AÑOS 2013, 2014 y 2015

AÑO	DEMANDA MÁXIMA (KW)	DEMANDA PROMEDIO (KW)
2013	165.5	159.7
2014	167.1	163.1
2015	172.1	168.8

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro estadístico, nos brinda resultados de demanda máxima de tres períodos anuales muy importantes, los cuales nos demuestran que el incremento es mínimo.

De acuerdo al cálculo, entre el año 2013 y el año 2014, la variación porcentual es 0.0097%.

Asimismo, entre el año 2014 y el 2015, la variación porcentual es de 0.03% Estos porcentajes mínimos de incremento, no corresponden a un avance sino a un atraso en el desarrollo energético.

Lejos de obtener rentabilidad del sistema eléctrico, podríamos considerar la existencia de pérdidas técnicas y económicas.

Una infraestructura eléctrica se proyecta para mantener sostenibilidad en el desarrollo continuo; pero con mejores porcentajes de incremento de demanda al que se vienen obteniendo.

Actualmente se reporta una sobre oferta de energía eléctrica y es el momento propicio para promover el uso productivo de energía, lo que requiere ampliar redes trifásicas de media tensión.

Transformadores Monofásicos de distribución

La Potencia Nominal de los transformadores de distribución en el sistema monofásico se encuentran en el rango de 1,5 a 37,5 KVA y la Potencia activa de cada transformador en algunos casos alcanzan un 90% de su potencia nominal y la Demanda Máxima del servicio particular está en relación directa a su calificación eléctrica, por lo cual el radio de acción es menor que la que se logra con un sistema de distribución trifásico.

Muchos factores inciden en la eficiencia del sistema eléctrico, pero el de mayor trascendencia es el que se plantea en la presente investigación, la ampliación de redes trifásicas.

Transformadores Trifásicos de distribución

La Potencia Nominal de los transformadores de distribución en el sistema trifásico se encuentra en el rango de 50 KVA a 250 KVA, la Potencia Activa logra un rango del 90% promedio de la potencia nominal y la Demanda Máxima del servicio particular también está en relación a la calificación eléctrica, por lo tanto, comprende mayor cantidad de cargas alimentadas en una determinada Subestación de distribución.

Asimismo, se debe implementar la infraestructura adecuada en las redes primarias y secundarias, a fin de obtener un sistema eléctrico debidamente balanceado.

Promover el uso productivo de la energía eléctrica en las redes trifásicas ya existentes.

Cálculo de la Caída de Tensión en Redes trifásicas

Fórmula aplicada para el cálculo de la Caída de Tensión en un sistema trifásico:

$$\Delta V = \sqrt{3} * Z * I * L$$

▲ **V= Caída de tensión en voltios**

Z = Impedancia de los conductores en ohm/km

I = Sumatoria de corriente que fluye por el conductor en Amperios

L = Longitud de la red primaria en Km.

Cálculo de la Caída de Tensión en Redes Monofásicas

Fórmula aplicada para el cálculo de la Caída de Tensión

en un sistema trifásico:

$$\blacktriangle V = Z * I * L$$

▲ V= Caída de tensión en voltios

Z = Impedancia de los conductores en ohm/km

I = Sumatoria de corriente que fluye por el conductor en Amperios

L = Longitud de la red primaria en Km.

Tabla	
Sistema metrico (mm2)	Z (Ω/Km)
25	0.86
35	0.66
50	0.51
70	0.39
95	0.25
120	0.2
150	0.16
185	0.14
240	0.089
300	0.075

CALCULOS ELÉCTRICOS EN RED PRIMARIA 10 KV , TRIFÁSICA

CIRCUITO 01

Puntos	0	A	B	C	D
I	0.0	6.9			
ΣI	6.9	6.9			
L (m)	20	300			
S	70mm ²				
Z	0.38×10^{-3}				
AV	0.087542	1.36			
ΣAV	0.087542	1.44			

POT LOTES	140400.00	W
C.E	15000.00	W
TOTAL	155400.00	W

Z	0.00028	95 mm ²
	0.00038	70mm ²
	0.00051	50mm ²
	0.00069	25mm ²

Tensión Nominal 10KV	Caída de tensión en B.T.x 9.96891465 Voltios
----------------------	---

Mediciones efectuadas en la red de media tensión

Los informes anuales emitidos por la empresa concesionaria, respecto a las Mediciones de Media Tensión, nos indican que se efectuaron 632 mediciones, considerando 473 mediciones con características de buena calidad (74.8%) y 159 con características de mala calidad (25.2%), sin embargo, no se registraron mediciones fallidas, durante el período mencionado.

Esto significa que se debe mejorar el nivel de mediciones establecidas anualmente, considerando los parámetros técnicos de Demanda Máxima y sistema de distribución trifásico.

ANÁLISIS DE MEDICIONES EN EL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA

Tabla N° 6 Mediciones en 10 Kv – año 2015

Mediciones en media tensión	Cantidad	Porcentaje de mediciones (%)	Observaciones
Mediciones de buena calidad	473	74.8	No llega al 90%
Mediciones de mala calidad	159	25.2	Supera el 5%
Mediciones fallidas	00	00	Logra el 00%
Total de mediciones	632	100	Requiere mejorar las mediciones

Fuente : Elaboración propia.

CLIENTES DEL SUMINISTRO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Los CLIENTES de las empresas eléctricas de servicio público deben recibir un óptimo servicio de acuerdo a las normas técnicas vigentes y según las disposiciones emitidas por las leyes de electricidad, a fin de que se logre un gran nivel de satisfacción.

Las empresas concesionarias tienen que cumplir con el código nacional de electricidad para garantizar la continuidad del servicio eléctrico, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de vida al mayor número de clientes posible.

ANÁLISIS DE INCREMENTO DE CLIENTES

TABLA N° 7. Incremento de clientes

Cientes 2014	Cientes 2015	Cantidad de crecimiento	Porcentaje de crecimiento (%)	Observación
679,142	709,818	30,676	4.52	No llega al 5%

Fuente: Elaboración propia

La información de la empresa concesionaria, corroborada por las entidades supervisoras y fiscalizadoras, determinan que el crecimiento de la cantidad de clientes de un año respecto a otro, no llega ni al 5%, que debería obtenerse de acuerdo a un programa de uso productivo de la energía eléctrica.

El crecimiento dado de 679,142 clientes en el periodo 2014, respecto al año siguiente de 709,818 clientes, corresponde a una cantidad de 30,676 clientes, que no es relevante.

Esta información sustenta la hipótesis de la presente tesis, ya que se requiere ampliar las redes primarias en un sistema trifásico para mejorar el sistema eléctrico de Huancayo.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE CLIENTES POR MERCADO

TABLA N°8 Evolución de clientes por mercado

Tipo de Mercado	Porcentaje	Observación
Mercado regulado	100%	Es el total
Baja tensión Residencial	- 91.32 %	Mayor al 90%

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE CLIENTES POR NIVEL DE TENSIÓN

El mayor crecimiento se dio en el mercado regulado de baja tensión (residencial), sector que representa el 91.32% del total de clientes y que incorporó en el año 2015 un total de 28,783 nuevos clientes. La evolución del número de clientes por sectores de consumo es como sigue:

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

TABLA N°9 : DEMANDA MÁXIMA DEL SISTEMA ELÉCTRICO HUANCAYO

TIPO DE DEMANDA MAXIMA	2011	2012	2013	2014	2015
Mercado regulado	573,357	602,793	639,675	679,141	709,817
Baja tensión	572,507	601,843	638,643	678,065	708,671
Residencial	522,588	550,071	583,797	619,400	648,183
No residencial	49,919	51,772	54,846	58,665	60,488
Media tensión	848	948	1,030	1,075	1,144

Fuente: Elaboración Propia

Los datos del cuadro muestran que la carga no residencial es muy baja frente a la carga residencial, considerando que para incrementar la carga no residencial, es mejor ampliar la red primaria trifásica y brindar mejores tarifas eléctricas, a las cargas especiales y de usos productivos.

Asimismo, los datos de la tabla nos indican que la ampliación de la red primaria trifásica es mínima frente a la ampliación de la red secundaria, la proporción es deficiente, lo que también sustenta el requerimiento de la ampliación de la red primaria trifásica para mejorar el sistema eléctrico en Huancayo.

ANÁLISIS DE LA VENTA DE ENERGÍA

La energía vendida por la empresa concesionaria Electrocentro S.A., durante el año 2015 fue de 740.37 GWh, esto significa un incremento de 5.31% respecto al año anterior, en el cual se vendió 703.05 GWh.

Los clientes residenciales y no residenciales atendidos en la red secundaria representan el 81.1% de la energía total vendida.

Las ventas se incrementaron en 4.91 % en comparación con el año anterior, consumiendo un total de 600.01 GWh en el año.

Esto significa que las cargas residenciales monofásicas son las de mayor porcentaje frente a las cargas comerciales y a las cargas industriales.

TABLA N° 10 Incremento anual de la venta de energía

AÑO	2014	2015	Incremento porcentual
Energía vendida	703.05 GWh	740.37 GWh	5.31%
Energía consumida por las cargas residenciales	570.55 GWh	600.01 GWh	4.91%

Fuente: Elaboración propia.

4.2. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. Discusión de resultados

Se requiere aplicar un programa de trabajo sustentado por intereses en el aspecto socio – cultural, económico y técnico, a fin de promover y fomentar el uso productivo de energía eléctrica en los usuarios de menores recursos que no tienen trabajo en el sector público ni privado y tampoco cuentan con negocios de gran capital; para lo cual se plantea un cronograma de actividades para los logros mencionados.

A. Programa de trabajo en el aspecto social

- Elevar la demanda máxima de energía eléctrica.
- Mejorar el equipamiento eléctrico en los negocios existentes.
- Coadyuvar a la generación de empleo directo e indirecto.
- Promover la creación de negocios rentables.
- Elaborar un modelo de desarrollo de actividades productivas piloto.
- Contribuir con el incremento de la productividad.
- Mejorar las condiciones de vida de los clientes.
- Optimizar la utilización de la infraestructura eléctrica.

B. Programa de trabajo en el aspecto económico

- Optimizar la implementación de equipos productivos a costos apropiados.
- Establecer financiamiento oportuno.
- Optimizar la gestión administrativa en las Empresas concesionarias.

C. Programa de trabajo en el aspecto técnico

- Ampliar las redes de media tensión y baja tensión.
- Cumplir con las normas técnicas vigentes.
- Incrementar la demanda máxima en redes primarias.
- Optimizar el consumo eficiente de energía eléctrica.
- Aplicar tarifas adecuadas en relación a las cargas eléctricas.

4.2.1. Interpretación de resultados

Especificaciones técnicas de las subestaciones y redes de distribución.

Las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir los transformadores de distribución trifásicos de 10/0.23KV, están de acuerdo a las normas técnicas vigentes. En el sistema Eléctrico Huancayo, los transformadores son supervisados por la empresa concesionaria, antes de su instalación y montaje en las Redes Primarias, de la misma forma, durante la operación y funcionamiento.

Las normas técnicas, son las que contempla el código nacional de electricidad, el código de suministro y las normas emitidas por la dirección general de electricidad y las leyes del Ministerio de Energía y Minas.

Condiciones técnicas de operación de los transformadores de distribución

Para la instalación de los transformadores de distribución en el sistema eléctrico de Huancayo, se debe considerar las siguientes características técnicas:

Temperatura : desde – 10°C hasta 40°C

Humedad : de 10% a 95%

Altitud : 3500 m.s.n.m.

Nivel de tensión en el lado primario: 10 KV

Frecuencia : 60 Hz.

Nivel de tensión en el lado secundario: 220 V

Factor de potencia: 0.9

Características técnicas del transformador

Los transformadores, deberán tener impresa una placa nominal, indicando las características técnicas del equipo, entre las principales, se debe visualizar las siguientes:

- Potencia Nominal
- Potencia Activa
- Factor de potencia
- Número de fases
- Frecuencia
- Marca del fabricante
- Tensión de corto circuito
-

Garantía de Calidad Técnica

La garantía de la calidad técnica, es importante, porque exige al proveedor ser responsable durante dos años, a partir de la entrega del transformador y de la puesta en funcionamiento, de la operación óptima del equipo en relación a las características de fabricación.

El proveedor, debe adjuntar un certificado de garantía, establecido según el código nacional de electricidad, que respalde su responsabilidad en la construcción y fabricación del equipo.

PARTES DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

Núcleo

El núcleo es una parte importante del transformador, se constituye con láminas de acero al silicio, un elevado grado de magnetización, mínimas pérdidas por histéresis y de gran permeabilidad magnética.

Arrollamientos

Los arrollamientos se construyen empleando conductores de cobre, con secciones que brinden la capacidad de corriente nominal, indicada en la placa del transformador, según normas establecidas por el código nacional de electricidad.

Tanque

El tanque del transformador será de acero, estará provisto de sus ganchos de izaje y calculado de acuerdo al código de electricidad para albergar los componentes del transformador, incluyendo el aceite de refrigeración respectivo. Todos los transformadores deben estar provistos de una válvula para vaciado y toma de muestras de aceite, una válvula de purga de gases acumulados y un conmutador de tomas en vacío.

Estas válvulas deber ser instaladas en la parte exterior de la tapa del transformador como se exige en las normas de fabricación y en el código nacional de electricidad.

PRUEBAS

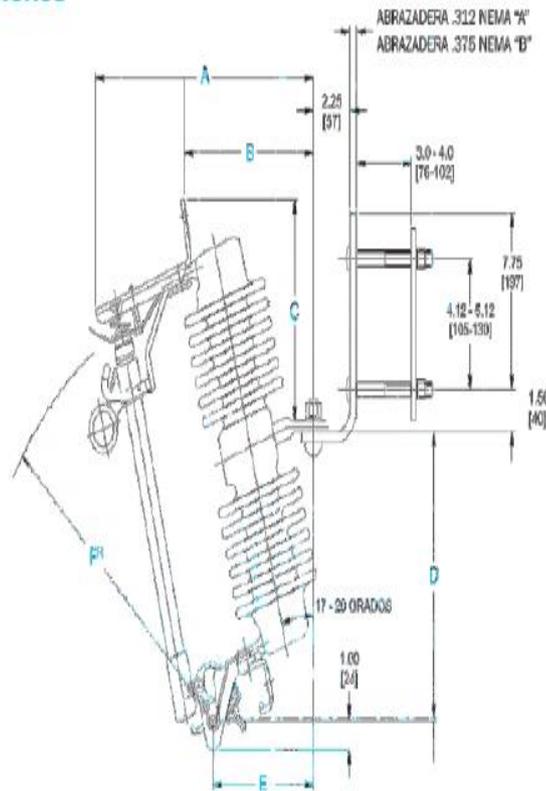
Las pruebas aplicadas a los transformadores, deben cumplir con el protocolo establecido por las normas técnicas internacionales y por el código nacional de electricidad.

Tabla N° 11 Características de los conductores de aluminio

Sección	Número de alambres	Diámetro de hebras	Diámetro del conductor	Resistencia eléctrica máxima a 20 °C
[mm ²]		[mm]	[mm]	[Ω/km]
25	7	2,13	6,39	1,34
50	7	3,02	9,06	0,67
70	19	2,17	10,5	0,478
120	19	2,83	14,15	0,279
240	61	2,24	20,25	0,181

FUENTE: Código nacional de electricidad

CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS SECCIONADORES PARA RED PRIMARIA



Características del Producto

- 15, 27 ó 38 kV
- 110, 125, 150, 180 ó 200 kV BIL
- 100 A, 200 A con fusible
- 300 A, Cuchilla desconectadora
- Disponibles aisladores de porcelana, silicón o concreto de polímero
- Diseño para zona costera
- ECD (Aparato de Control de Emisión)
- Resorte expulsador

COD PROM	Clase (kV)	BIL (kV)	Dimensiones de la Unidad (mm)						Distancia de fuga - porcelana (mm)	Peso de porcelana (Kg)	Distancia de fuga - silicón (mm)	Peso de silicón (Kg)
			A	B	C	D	E	FR				
26304116	15	110	325	186	165	217	168	290	231	6.4	380	4.2
26304118	27	125	338	199	208	260	154	378	325	9.0	480	4.3
26304117	27 ó 38	150	338	199	208	260	154	378	432	12.0	480	4.6
26304119	27 ó 38	150	338	199	208	260	154	378	-	-	599	4.8
26304120	27 ó 38	170	356	216	265	330	134	488	665	16.1	-	-

Fuente. Del Fabricante

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

TABLA N° 12: Características técnicas de los transformadores

ITEM	CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD
01	POTENCIA	160	KVA
02	ALTURA DE INSTALACIÓN	3500	m.s.n.m.
03	REFRIGERACIÓN	ONAN	
04	NÚMERO DE ARROLLAMIENTOS	2	
05	NÚMERO DE BORNES EN EL LADO PRIMARIO	3	
06	NÚMERO DE BORNES EN EL LADO SECUNDARIO	5	
07	FRECUENCIA	60	Hz
08	GRUPO DE CONEXIÓN	Dd5	
09	TENSIÓN NOMINAL EN EL LADO PRIMARIO	10	KV
10	TENSIÓN NOMINAL EN EL LADO SECUNDARIO	220	V

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Características de las redes primarias y armados

POSTES

Los Postes empleados en la red primaria son de concreto armado centrifugado (C.A.C.) de 15 metros de Longitud, de las siguientes características:

**TABLA N°13 Características técnicas de los postes
de red primaria**

ITEM	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	VALOR	UNIDAD
01	Longitud	15	m.
02	Coeficiente de seguridad	2	
03	Diámetro en la punta	225	mm
04	Diámetro de empotramiento	426	mm
05	Diámetro en la base	450	mm
06	Peso	2700	Kg.
07	Longitud de empotramiento	1.60	m
08	Proceso de fabricación	Centrifugado	
09	Carga de trabajo	500	daN
10	Norma	NTP 339.027	

Fuente: Elaboración propia

MENSULA DE CONCRETO

TABLA N° 14. Características de la ménsula de concreto

ITEM	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	VALOR	UNIDAD
1	Factor de seguridad	2	
2	Carga de trabajo	300	Kg
3	Dimensiones	0.6	m

Fuente: Elaboración Propia

CRUCETA DE CONCRETO

TABLA N° 15: características de la cruceta de concreto

ITEM	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	VALOR	UNIDAD
1	Factor de seguridad	2	
2	Carga de trabajo	300	Kg
3	Dimensiones de la longitud nominal	1.5	m
4	Dimensiones de la longitud del brazo mayor	0.9	m

Fuente: Elaboración Propia

CONDUCTOR DE ALUMINIO

TABLA N° 16. Características del conductor de Aluminio

ITEM	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	VALOR	UNIDAD
1	Material del conductor		AAAC
2	Sección nominal	70	mm ²
3	Resistividad eléctrica a 20 °C	1.7 X 10 ⁻⁸	Ohm –m
4	Número de alambres	7	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

REDES PRIMARIAS DE 10 KV- TRIFÁSICAS

Fig. N°8 REDES DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA UBICADAS EN LA AV. FERROCARRIL – HUANCAYO



Fuente: Electrocentro S.A.

Foto N° 4: Transformador de Distribución E404739 100 KVA
Calle Santa Rosa y Av. Ferrocarril



Fuente: Elaboración propia.

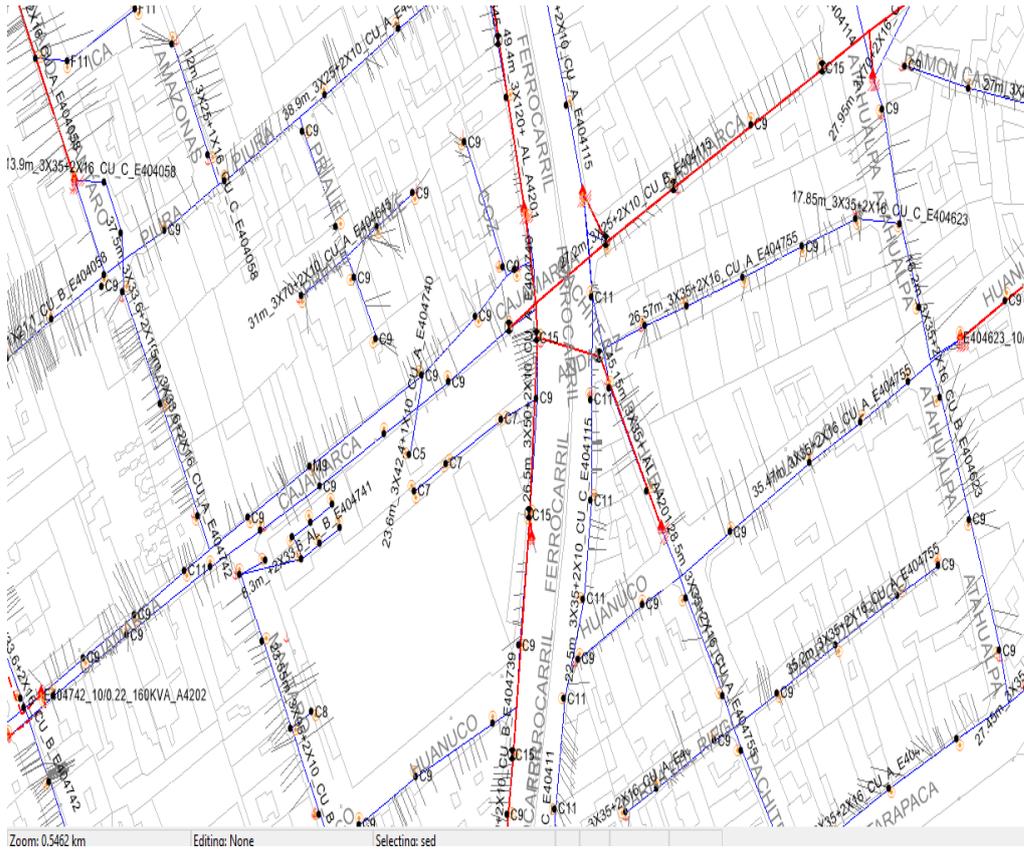
FOTO N° 5: Transformador de Distribución E404740
160 KVA
Calle Cajamarca y Av.Ferrocarril



Fuente: Elaboración Propia

Fig. N° 10 : SUBESTACIÓN TRIFÁSICA DE 160 KVA

UBICADA EN LA CALLE CAJAMARCA Y AV. FERROCARRIL



Fuente: Electrocentro S.A.

**FOTO N° 6 Transformador de Distribución
E404115 160 KVA
Calle Cajamarca y Av. Ferrocarril**



Fuente: Elaboración Propia

**Fig. N° 11. SUBESTACIÓN TRIFÁSICA UBICADA
EN LA AV. FERROCARRIL y JR.HUÁNUCO**



Fuente: Electrocentro S.A.

**FOTO N°7: Transformador de Distribución
E404645 160 KVA
Calle Piura y Av. Ferrocarril**

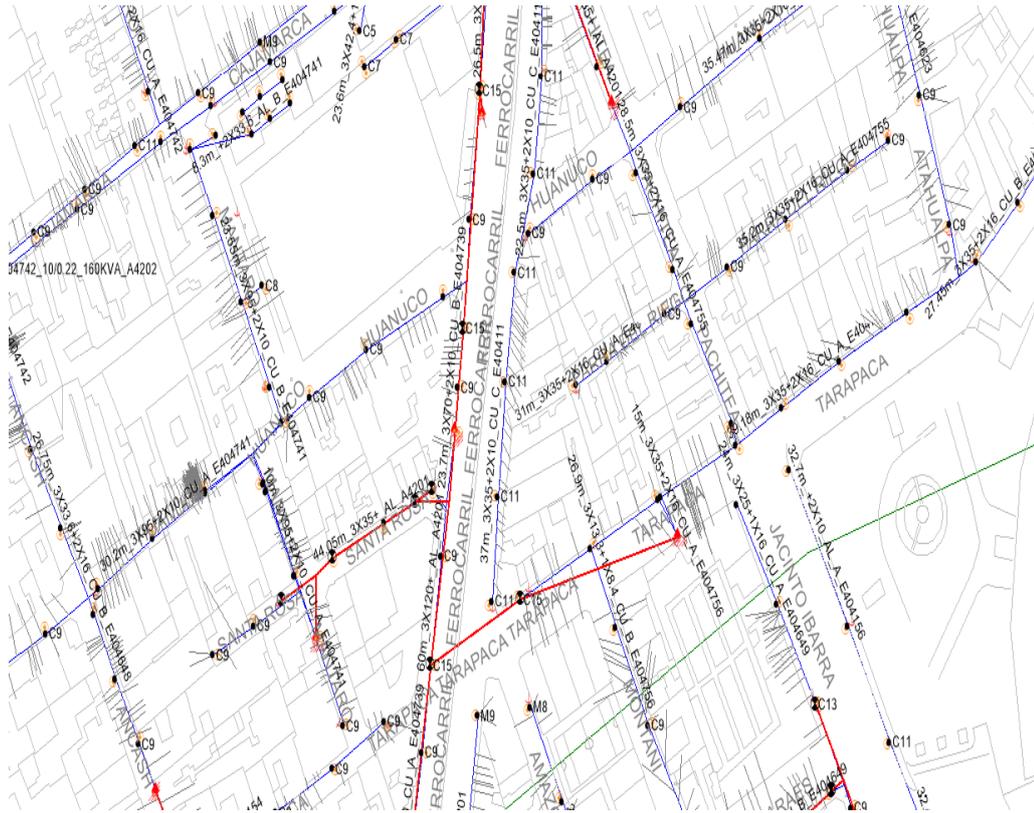


Fuente: Elaboración propia

Fig. N°12: SUBESTACIÓN TRIFÁSICA.

UBICADA

EN LA AV. FERROCARRIL Y TARAPACÁ



Fuente: Electrocentro S.A.

**FOTO N°8: REDES SECUNDARIAS ALIMENTADAS POR
EL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN**



Fuente: Elaboración Propia

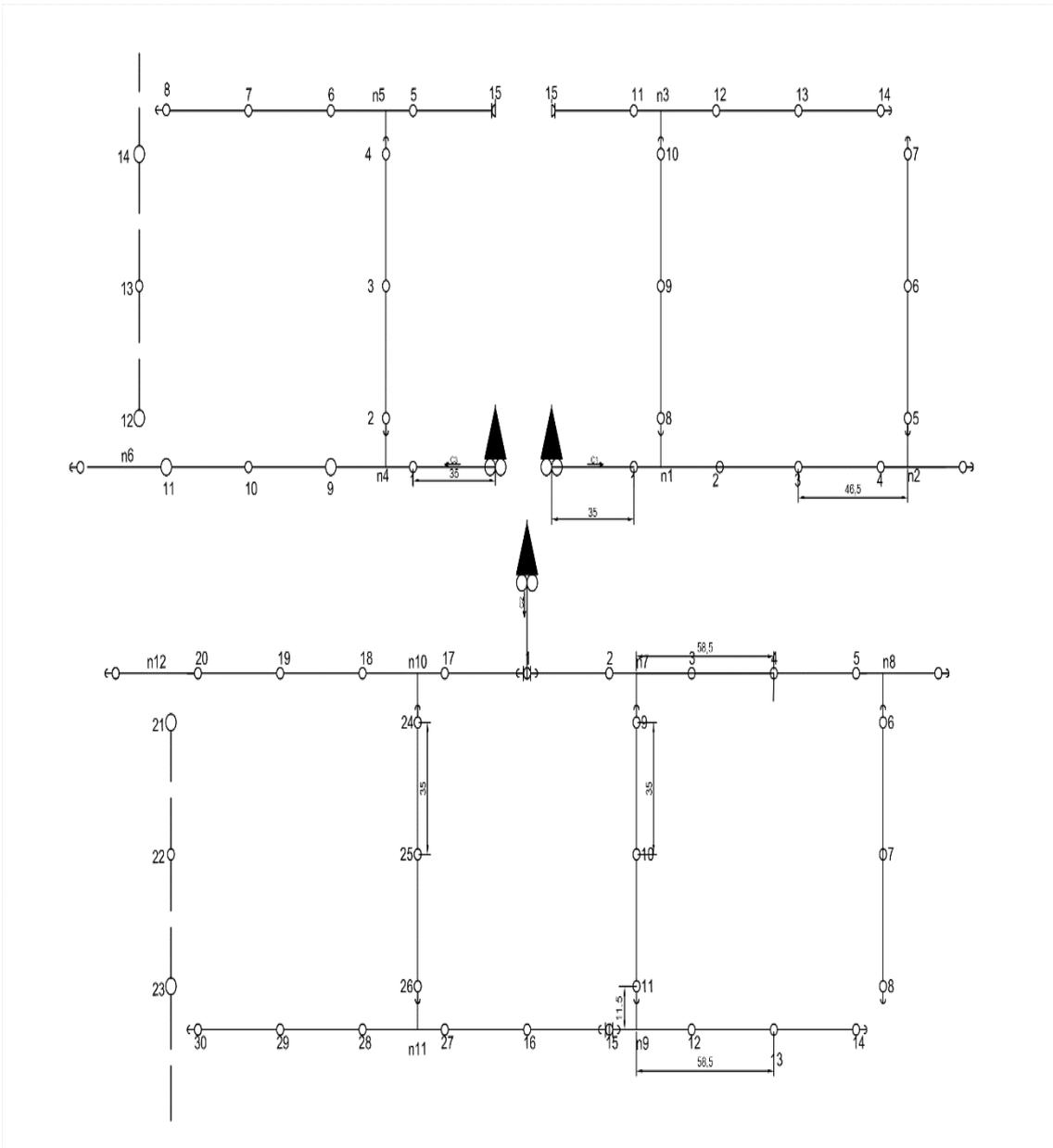
4.2.4. CONSECUENCIAS TEÓRICAS

Fig. N°13 : DISTRIBUCIÓN DE CARGAS



Fuente: Elaboración propia

Fig. N°14: DIAGRAMA UNIFILAR DE UN SISTEMA TRIFÁSICO



Fuente: Elaboración propia

4.2.5. APLICACIONES PRÁCTICAS

CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN EN REDES SECUNDARIAS

CIRCUITO N°1

CIRCUITO 01										
Puntos	0	A	B	C	D	E	F	G	H	I
I	0.00	15.75	0.00	17.50	0.00	34.99	0.00	8.75	17.50	24.49
ΣI	118.97	118.97	103.22	41.99	24.49	61.23	26.24	8.75	17.50	24.49
L (m)	0	35	11.5	58.5	46.5	48	46.5	46.5	58.5	83
S	70mm ²					50mm ²				
Z	0.0004					0.000507				
AV	0	2.88	0.82	1.70	0.79	2.58	1.07	0.36	0.90	1.79
ΣAV	0	2.88	3.71	5.41	6.20	6.29	7.36	7.72	8.26	7.98

H	I	J	K	L	M	N	N1	O	P	Q
17.50	33.24	0.00	10.50	17.50	17.50	31.49	5.83	0.00	7.00	17.50
17.495	61.234	27.993	10.497	17.495	17.495	61.817	30.325	24.494	6.998	17.495
48.00	35.00	46.50	46.50	58.50	48.00	35.00	35.00	11.50	12.00	58.50
50mm ²	70mm ²				50mm ²	70mm ²				
0.00051	0.00040				0.00051	0.00040				
0.7	1.5	0.9	0.3	0.7	0.7	1.5	0.7	0.2	0.1	0.7
9.51	8.96	9.86	10.20	10.57	9.66	9.05	9.79	9.98	10.04	10.69

CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN EN REDES SECUNDARIAS

CIRCUITO N°2

CIRCUITO 02										
Puntos	0	A	B	B1	C	D	E	E1	F	G
I	0.00	17.50	0.00	5.83	17.50	0.00	0.00	5.83	15.75	0.00
ΣI	220.443	220.443	102.640	67.649	34.991	17.495	100.307	67.066	33.241	17.495
L (m)	10.00	24.00	46.50	13.00	58.50	46.50	46.50	13.00	58.50	46.50
S	90mm ²		70mm ²							
Z	0.000280		0.000400							
AV	1.1	2.6	3.3	0.6	1.4	0.6	3.2	0.6	1.3	0.6
ΣAV	1.07	3.63	6.94	7.55	8.36	8.92	6.87	7.47	8.21	8.78

CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN EN REDES SECUNDARIAS

CIRCUITO N° 3

CIRCUITO 03										
Puntos	0	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1
I	0.00	8.75	0.00	24.49	0.00	34.99	0.00	8.75	17.50	17.50
ΣI	111.97	111.97	103.22	41.99	17.50	61.23	26.24	8.75	17.50	17.50
L (m)	0	35	11.5	58.5	46.5	48	46.5	46.5	58.5	48
S	70 MM ²					50mm ²				
Z	0.0004					0.000507				
AV	0.0	2.7	0.8	1.7	0.6	2.6	1.1	0.4	0.9	0.7
ΣAV	0.0	2.72	3.54	5.24	5.80	6.12	7.19	7.55	8.09	6.54

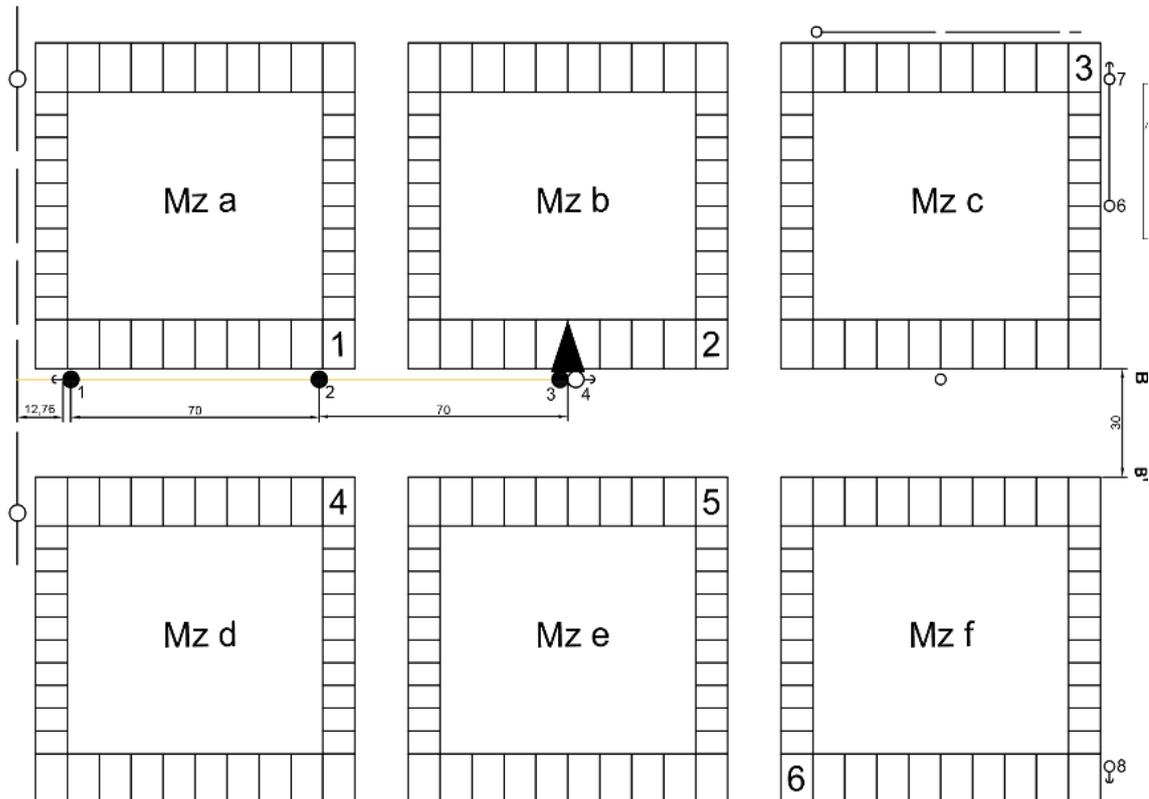
IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA

	0.00028 95 mm ²
--	----------------------------

Z (Ohm-m)	0.00038	70mm ²
	0.00052	50mm ²
	0.00068	35 mm ²

DETERMINACIÓN DEL RADIO DE ACCIÓN DEL TRANSFORMADOR

Fig. N°15: DISEÑO DE REDES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS.



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Es indispensable ampliar las redes primarias trifásicas en 10 KV, de acuerdo al código nacional de electricidad, a fin de mejorar el sistema eléctrico de Huancayo.
2. Los transformadores monofásicos de distribución, requieren ser reemplazados por transformadores trifásicos de distribución.
3. El incremento del uso productivo de la energía eléctrica contribuirá al mejoramiento del sistema eléctrico de Huancayo.
4. La instalación de cargas trifásicas, promueven el uso productivo de la energía eléctrica.
5. La potencia nominal de los transformadores de distribución requieren ser incrementadas para lograr sistema trifásico total en la ciudad de Huancayo.
6. El incremento de uso productivo de energía eléctrica, optimizará la calidad de vida de los usuarios de energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ejecutar la presente tesis en coordinación con la empresa concesionaria y las entidades relacionadas con la industria y el comercio.
2. Se recomienda promover la aplicación de usos productivos en el sistema eléctrico Huancayo, en coordinación con las entidades relacionadas con el desarrollo energético y el progreso de la sociedad.
3. Se recomienda considerar la presente tesis como base para mejorar otros sistemas eléctricos similares en nuestro país.
4. Se recomienda, efectuar el análisis posterior sobre las características de las redes secundarias, su funcionamiento y operación, considerando las cargas eléctricas incorporadas como usos productivos, en el sistema eléctrico Huancayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Daga Gelabert, Pedro, (1980).Transformadores. España: Ediciones CEAC, S.A
2. Enríquez Harper, Gilberto. (1985).Elementos de Diseño de subestaciones eléctricas. México: Editorial Limusa.
3. Ramírez Vázquez, José. (1990).Estaciones de transformación y distribución protección de sistemas eléctricos. España: Ediciones CEAC, S.A
4. Ramírez Vázquez, José. (1990).Estaciones de transformación y distribución protección de sistemas eléctricos. España: Ediciones CEAC, S.A.
5. Stein, Robert.(1985).Electric power system components. USA: VNR Company
6. Zopetti, Gaudencio. (1988). Estaciones transformadoras y de distribución. México: Ediciones G. GILI S.A

ANEXOS



REDES PRIMARIAS DE LA AV. FERROCARRIL - HUANCAYO



REDES PRIMARIAS DE LA AV. FERROCARRIL y JR. HUÁNUCO - HUANCAYO



**REDES PRIMARIAS DE LA CALLE SANTA ROSA,
AV. FERROCARRIL Y JR. ANGARAES - HUANCAYO**



Sub estación trifásica

CODIGO: TD-3 E404743

POTENCIA: 160 KVA

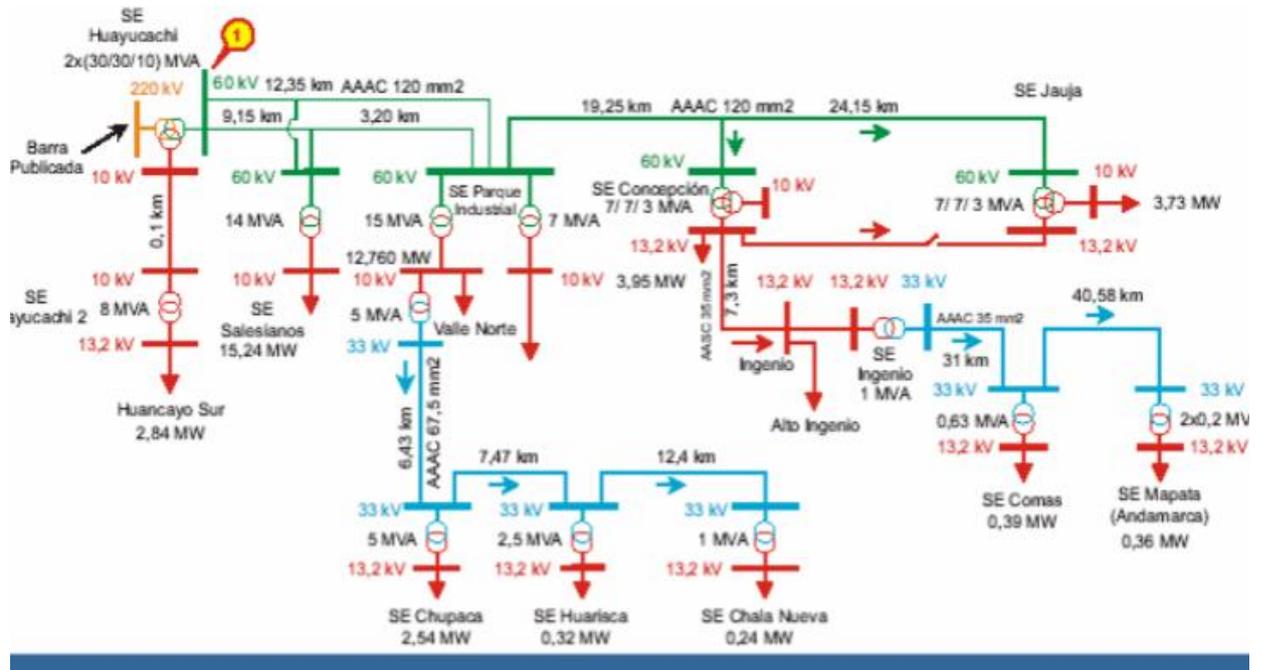
Fuente : Elaboración propia

BORNE ALTA: 10 KVA

BORNE BAJA: 220 V

SUB ESTACION ALIMENTADORA: SALESIANOS DE 14 MVA

DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA ELECTRICO HUANCAYO VALLE DEL MANTARO



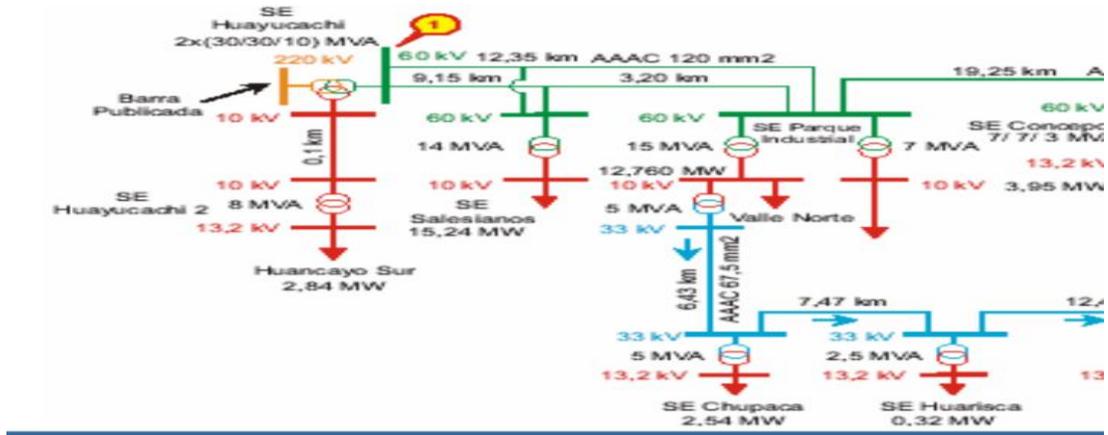
SISTEMA ELÉCTRICO HUANCAYO VALLE DEL MANTARO

El sistema eléctrico Huancayo se alimenta de la

Subestación de Potencia de Salesianos

Fuente: Electrocentro S.A.

DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA ELECTRICO HUANC

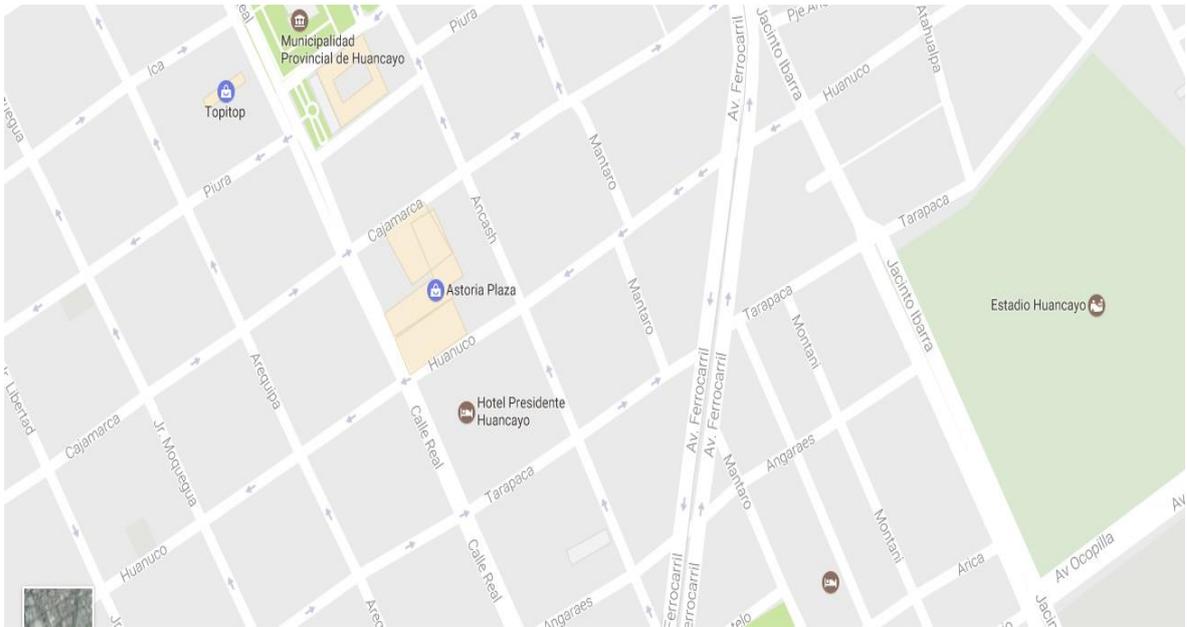


Sistema Eléctrico Huancayo

Fuente: Electrocentro S.A.

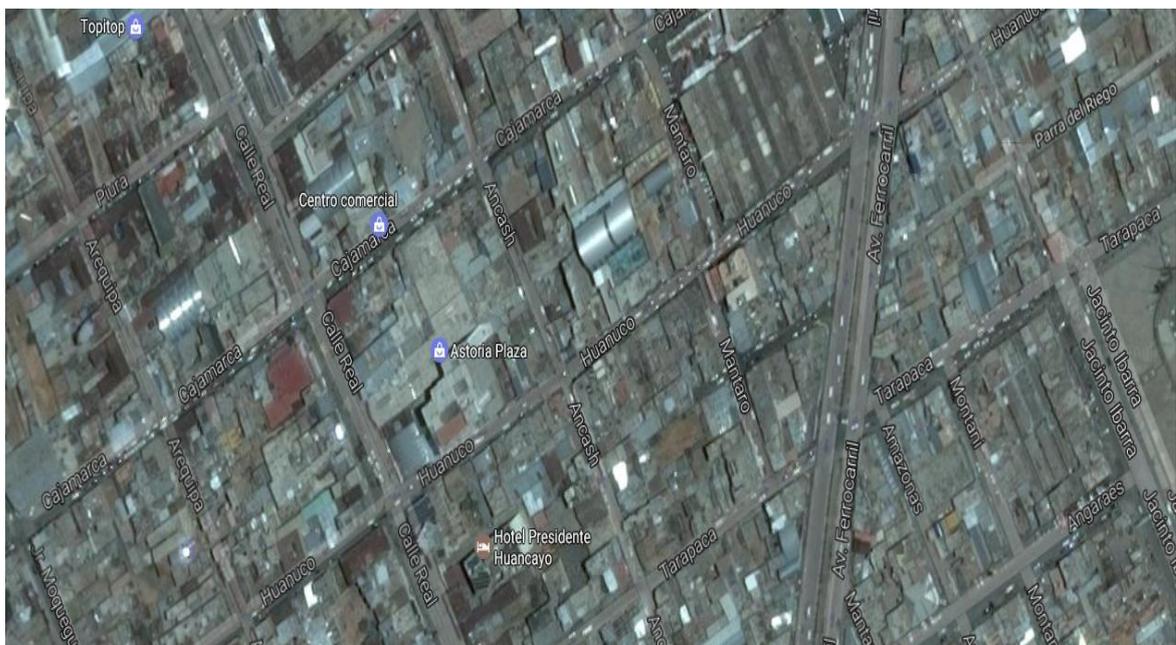
Ciudad de Huancayo

Zona Céntrica



Fuente: Internet

Vista panorámica de la ciudad de Huancayo



Fuente: Internet

SUBESTACIÓN TRIFÁSICA CON BASTIDORES



Fuente: Elaboración propia

ARMADO DE SUBESTACIÓN TRIFÁSICA



Fuente: Elaboración propia

SUBESTACIÓN TRIFÁSICA AÉREA Y REDES SECUNDARIAS



Fuente: Elaboración propia

SUBESTACIÓN TRIFÁSICA DE 10/0.22 KV



Fuente : Elaboración propia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO HUANCAYO MEDIANTE LA AMPLIACIÓN DE LA RED PRIMARIA TRIFÁSICA EN 10 KV SEGÚN EL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD”

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Será factible ampliar la red primaria trifásica de 10 KV, según el código nacional de electricidad en el sistema eléctrico Huancayo?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Mejorar el sistema eléctrico de Huancayo, mediante la ampliación de redes primarias en 10 KV, según el código nacional de electricidad.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>Se mejorará el sistema eléctrico de Huancayo, mediante la ampliación de la red primaria trifásica en 10 Kv según el código nacional de electricidad.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p style="text-align: center;">E</p> <p>Ampliación de la Red Primaria Trifásica en 10 Kv</p>	<p>MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p style="text-align: center;">N</p> <p>Método Descriptivo, Analítico, inductivo y sintético</p>
<p>PROBLEMA ESPECÍFICO</p> <p>¿Será factible incrementar las cargas trifásicas de uso productivo para mejorar el sistema eléctrico Huancayo?</p>	<p>OBJETIVO ESPECIFICO</p> <p>Incrementar las cargas trifásicas de uso productivo de energía eléctrica que conlleve a la rentabilidad de los clientes y de la empresa concesionaria.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECÍFICA</p> <p>Se promoverá el uso productivo de energía eléctrica mediante el incremento de cargas trifásicas en la ciudad de Huancayo.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Incremento de cargas trifásicas de uso productivo de energía eléctrica</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Tecnológico</p> <p>POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Sistema eléctrico HUANCAYO</p>