



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Propuesta de mejora del sistema eléctrico de potencia trifásico del hospital Essalud Chocope para aumentar eficiencia y reducir costos”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Br. Rodríguez Altamirano, Ismael Anderson (ORCID: 0000-0002-2766-6895)

Br. Sipiran Hurtado, Juan Carlos (ORCID: 0000-0003-0569-8201)

**ASESOR:**

Mg. Paredes Rosario, Raúl Rosalí (ORCID: 0000-0002-3032-3527)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**TRUJILLO – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darnos la vida y llevarnos con bien durante nuestro camino.

A nuestros familiares y amigos, por apoyarnos y motivarnos a seguir adelante durante este proceso de formación profesional.

A todas las demás personas que nos brindaron su confianza y apoyo para poder permitir que podamos lograr nuestro objetivo.

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento a todos los docentes de la facultad de ingeniería, que compartieron todos sus conocimientos a lo largo de nuestra formación profesional.

Expresamos nuestro agradecimiento a las autoridades y profesionales encargados de la institución, por brindarnos las facilidades de acceso a sus instalaciones y así podamos llevar a cabo nuestro estudio.

## **Página del jurado**

## **Página del jurado**

## Declaratorio de autenticidad

### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Rodríguez Altamirano Ismael Anderson; con DNI: 75180073 y Sipiran Hurtado Juan Carlos; con DNI: 45017668, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompañamos es veraz y autentica.

Así mismo declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, diciembre 2019



---

RODRIGUEZ ALTAMIRANO ISMAEL ANDERSON  
DNI:75180073



---

SIPIRAN HURTADO JUAN CARLOS  
DNI:45017668

## ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice .....	vii
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Trabajos previos .....	3
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	8
1.4. Formulación del problema.....	23
1.5. Justificación del estudio .....	23
1.6. Hipótesis.....	23
1.7. Objetivos .....	23
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>25</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	26
2.2. Operacionalización de variables.....	27
2.3. Población, muestra y muestreo.....	28
2.4. Técnicas de instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	28
2.5. Procedimiento.....	29
2.6. Métodos de análisis de datos .....	30
2.7. Aspectos éticos .....	30
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>

3.1. Auditoría del sistema eléctrico de potencia de Essalud Chocope.....	32
3.2. Establecer la propuesta de mejora del SEP Essalud Chocope .....	51
3.3. Establecer las nuevas capacidades, eficiencia y costo de operación del sistema eléctrico de potencia. ....	60
3.4. Análisis de protección eléctrica en baja tensión, trifásica y monofásica.....	62
3.5. Análisis económico de la inversión. ....	65
3.6. Análisis financiero de la inversión.....	69
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>71</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>VII.Referencias.....</b>	<b>81</b>
<b>VIII. Anexos</b>	<b>86</b>
Anexo 1: Instrumentos de recolección de datos .....	87
Anexo 2: Validación de instrumentos de recolección de datos.....	89
Anexo 3: Esquema del sistema de suministro eléctrico trifásico .....	95
Anexo 4: Partes de transformador trifásico .....	96
Anexo 5: Tipos de transformadores tipo poste.....	97
Anexo 6: Tipos de transformadores secos.....	97
Anexo 7: Características de lámparas led Phillips .....	98
Anexo 8: Mediciones de las variables en el hospital EsSalud Chocope .....	99
Anexo 9: Acta de aprobación de originalidad de tesis .....	101
Anexo 10: Reporte del Turnitin.....	103
Anexo 11: Autorización de la publicación de la tesis en repositorio institucional UCV.....	104
Anexo 12: Versión Final del Trabajo de Investigación.....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Inventario de cargas instaladas.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2: Operacionalización de variables de investigación.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4: Cuadro de gastos de potencia y energía del Hospital Essalud Chocope. Elaboración propia .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5: Características de conductores trifásicos. ....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 6: Inversión y financiamiento bancario .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 7: Plan de pagos del préstamo bancario .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 8: Flujo de caja económico financiero .....</i>	<i>70</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Triángulo de consumo energía del SEP del hospital Essalud Chocope.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2: Diagrama unifilar actual del SEP Essalud Chocope .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3: Esquema de análisis conductor a Terapia del dolor.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 4: Esquema de análisis conductor a lavandería.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 5: Esquema de análisis conductor a Emergencia – Laboratorio.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 6: Esquema de análisis conductor a admisión.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 7: Esquema de análisis conductor al incinerador. ....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 8: Esquema de análisis conductor al taller biomédico.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 9: Esquema de análisis conductor al taller electromecánico. ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 10: Esquema de análisis conductor a los aires acondicionados. ....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 11: Transformador tipo poste a la intemperie.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 12: Transformador trifásico encapsulado .....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 13: Dimensiones transformador encapsulado.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 14: Puesta a tierra para transformador 250 kVA.....</i>	<i>65</i>

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación elaboramos una propuesta de mejora del sistema eléctrico de potencia trifásico del hospital Essalud Chocope con el objetivo de aumentar su eficiencia y reducir costos de facturación eléctrica

En el primer capítulo, se explican la realidad problemática, los antecedentes y los conceptos y teorías que se utilizan en el análisis del sistema eléctrico y sobre el cual se construye la propuesta de mejora de la eficiencia y costos.

En el segundo capítulo se explica la metodología a aplicar para el desarrollo de los objetivos propuestos, definiendo el tipo de investigación, aplicada, los instrumentos de evaluación a aplicar y el procedimiento.

En el tercer capítulo, se presenta el desarrollo de la auditoría eléctrica realizada al Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), determinando la capacidad actual, sus eficiencia y costo de operación mensual, estableciendo los parámetros que inciden en su trabajo. Luego, se diseña la propuesta de mejora, que incluye mejoras tecnológicas como cambio de transformadores, de conductores trifásicos, la instalación del banco de condensadores; y de iluminación, que hacen posible el aumento de la eficiencia, en más de 1.5% del SEP, así como de los conductores y la reducción respectiva del pago de la energía eléctrica.

Al final del capítulo tres se realiza la evaluación económica, la cual arroja como resultados que la inversión es beneficiosa, pues el tiempo de retorno de la inversión es razonable.

En el cuarto capítulo, se presentan la discusión de resultados, las conclusiones y recomendaciones para aceptar y ampliar el estudio en base a calidad de energía.

**Palabras claves:** Auditoría eléctrica, eficiencia, sistema eléctrico de potencia, costo de operación.

## ABSTRACT

In this research work, a proposal for the improvement of the three-phase electric power system of the Essalud Chocope hospital is prepared with the aim of increasing its efficiency and reducing electricity billing costs

The first chapter, explains the problematic reality, the background and the concepts and theories that are used in the analysis of the electrical system and on which the proposal to improve efficiency and costs is built.

The second chapter, explains the methodology to be applied for the development of the proposed objectives, defining the type of research applied, the evaluation instruments applied and the procedure.

The third chapter, presents the development of the electrical audit carried out to the Electric Power System (SEP), determining the current capacity, its efficiency and monthly operating cost, establishing the parameters that affect its work. Then, design the improvement proposal, which includes technological improvements such as changing transformers, three-phase conductors, the installation of the capacitor bank; and lighting, which make it possible to increase the efficiency, by more than 1.5% of the SEP, as well as the conductors and the respective reduction in the payment of electric power.

At the end of chapter, three the economic evaluation is carried out, which yields as results that the investment is beneficial, since the period of return of the investment is reasonable.

The fourth chapter, presents the discussion of results, conclusions and recommendations to accept and expand the study based on energy quality.

**Keywords:** Electrical audit, efficiency, power electrical system, cost of operation.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad Problemática**

En los hospitales peruanos, existen posibilidades de ahorro desde 5% a 10% en energía eléctrica y del 10% a 30% en energía térmica, en promedio. Además, el gasto de energía eléctrica en los servicios sociales y sistema de Salud del Perú según la dirección general de electricidad y el ministerio de energía y minas ha sido 160 255 MW.h. para el año 2007. Cabe mencionar que las condiciones son referenciales y se alteran según el tamaño de las instalaciones, las particularidades de los servicios y las políticas de gestión de energía de los centros hospitalarios.

En octubre del 2007, se emite el Reglamento de la Ley con Decreto Supremo N° 053-2007-EM, el cual proporciona las condiciones para impulsar el uso eficaz de la energía en el Perú, para lo cual se procedió a la “Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético”, para poder constituir fórmulas y/o métodos que tengan la finalidad de capacitar, guiar, evaluar y cuantificar la utilización razonable de los recursos energéticos, para ser aplicados por los usuarios en los sectores de consumo de energía de nuestro país (Minem, 2007 pág. 5).

Asimismo, se debe resaltar que actualmente el alza de precio del combustible fósil es una buena oportunidad para usar de manera responsable la energía, con el propósito de resguardar las reservas de recursos energéticos y de esa manera poder desarrollar cambios apropiados en la base energética del país en armonía con el medio ambiente, para lo cual hay oportunidades de ahorro que implican retornos de inversión entre 1 y 3 años (Minem, 2007 pág. 13).

Actualmente en el Hospital de Essalud de Chocope, en la provincia de Ascope, La Libertad, se consume energía eléctrica trifásica y monofásica para sus diferentes servicios. La energía es recibida en media tensión, trifásica, en conexión triángulo, con 10 kilovoltios, y la transforma en 220 Voltios trifásicos, siempre en su misma conexión de llegada, luego se distribuye en la instalación en 220 monofásica, sin neutro.

La potencia instalada es de 250 Kva, trabaja un 70 a 75 % de la carga total, el transformador es del tipo poste, exterior, expuesto a la intemperie, se desconoce su eficiencia de operación. El sistema eléctrico del Hospital de Essalud de Chocope, tiene subsistemas de

transformación, transmisión en trifásica y distribución en monofásica, 220 V y 60 Hz, además de no tener un plan de monitoreo y de gestión de la energía eléctrica, se desconocen las eficiencias en los sub sistemas, y menos en el sistema general.

La opción tarifaria del Hospital de Essalud de Chocope es la MT3, trifásica, calificada como cliente en punta, debemos considerar que se paga más de 320 000 soles por año y por concepto de consumo de energía reactiva se sobrepasa los 12 000 soles por año.

El sistema eléctrico no cuenta con bancos de condensadores, lo que ocasiona que el factor de potencia sea bajo, esto impacta notoriamente en el monto de facturación, causando caídas de tensión significativas en los cables, aumentando sus temperaturas y pérdidas de rendimiento. En los tableros internos no existe una adecuada protección eléctrica, por lo que se deduce que existe una mala calidad de energía pues los dispositivos electrónicos presentan fallas constantes. Asimismo, se debe mencionar que no se cuenta con diagramas unifilares actualizados.

Por todo lo expuesto, se propone una mejora del sistema eléctrico de potencia que este sujeto a una auditoría eléctrica para poder incrementar la eficacia y disminuir los costos de facturación.

## **1.2. Trabajos previos**

Una vez recopilada la información mencionada anteriormente, se procedió a la búsqueda de estudios y propuestas que nos ayuden a desarrollar nuestra tesis, encontrando una tesis en donde el autor detalla y estudia las deficiencias energéticas que presenta el hospital Julius Doepfner, (AGUILAR ROMERO, 2012), y presenta una propuesta de mejora energética, la cual consiste en la adquisición de lámparas más eficientes para los sistemas de iluminación, la adquisición de un calefactor para el sistema de calefacción de agua de las lavadoras y adquirir un transformador nuevo que reemplace al existente, ya que este se encuentra por debajo del nivel mínimo permitido por el CONELEC, debido a la antigüedad del mismo y las pérdidas que se generan en el hierro y el cobre.

Para saber a detalle el consumo total de la energía eléctrica, el autor procedió a realizar un inventario de todas las cargas instaladas en el hospital, según se detalla a continuación:

Tabla 1: *Inventario de cargas instaladas*

Ítem	Descripción de cargas instaladas	Demanda pico (Kw)	%	Energía (kWh)	%
1	Equipos de frio y calor	11,468	11,44	2674,824	18,39
2	Climatización	8,9778	8,95	1728,53	11,89
3	Motores	6,39825	6,38	940,172	6,47
4	Iluminación	15,657	15,62	5084,6	34,96
5	Instrumentos médicos	5,0562	5,04	616,11	4,24
6	Procesos	34,5632	34,47	1475,11	10,15
7	otros	18,1465	18,10	2022,16	13,91
Instalación total		100,26695	100,00	14542,056	
Valores de factura mensual		89,26	kW	13415	kWh
Diferencia de la factura		11,00695	12,33	1127,056	8,4

Fuente: (AGUILAR ROMERO, 2012)

En la tabla 1, se hace mención a la demanda máxima y el porcentaje que representa de la demanda total, del mismo modo se representa el consumo de energía y su porcentaje, así como el valor de la facturación mensual de dicho hospital.

Se debe destacar que en dicho estudio el autor estima ahorrar \$1198. 58 al año, teniendo un tiempo de retorno de la inversión de ahorro total en 5 años 9 meses. El autor recomienda realizar el levantamiento completo de planos eléctricos de la institución, con los diagramas unifilares para facilitar el trabajo del personal de mantenimiento y favorecer los estudios eléctricos futuros.

Siguiendo con la búsqueda de información se encontró una propuesta de ahorro de energía para optimizar el consumo eléctrico en iluminación y aire acondicionado, en el hospital Naylamp de la ciudad de Chiclayo (CABRERA CORREA, 2016), el cual se enfoca en determinar los puntos con mayor consumo de energía, definiendo que la potencia

instalada por iluminación es de 52.12 kW y en los equipos de aire acondicionado instalados es de 56.10 kW.

CABRERA CORREA (2016) realizó un diagnóstico, constatando los niveles de iluminación en el que se encuentran las diferentes áreas y servicios del hospital, las cuales permitirán mejorar en base a la norma técnica peruana EM 010, en el cual menciona los diferentes niveles de iluminación en las áreas de trabajo para un hospital. Con las tácticas planteadas y la tecnología, los beneficiarios aprovecharán la energía de manera eficiente y racional, disminuyendo costos y conservando los recursos energéticos. El autor concluye que la inversión en tecnología para llevar a cabo esta propuesta de ahorro es de S/300,000 y un ahorro por año de S/ 90,000, recuperando la inversión en cinco años.

Continuando con la recopilación de información, se encontró una investigación que presenta alternativas para el mejoramiento de la gestión energética del hospital santa clara, Bogotá D.c.– Colombia, (PADRON MOLTILVA, y otros, 2011). En donde los autores realizaron una evaluación energética del Hospital, encontrando grandes potenciales de ahorro, considerando criterios energéticos para obtención de equipos e instrumentos nuevos, para medir el nivel de iluminación en los ambientes, se requiere instalar medidores de consumo energético por sectores, ejecutar los mantenimientos preventivos de equipos y modificar por iluminación LED la convencional. Asimismo, para determinar los puntos en donde centrar el ahorro energético realizaron un sistema de monitoreo el cual consta de las siguientes etapas:

- Búsqueda y difusión de indicadores.
- Buenas prácticas de operación, mantenimiento, producción y coordinación.
- Evaluación del personal calificado.
- Chequeos para mejorar continuamente el programa de eficiencia energética.
- Evaluación y difusión de resultados, para el sistema de gestión energética.

Posteriormente se encontró el trabajo relacionado al análisis y estudio de la eficiencia energética en los principales sistemas energéticos del hospital Homero Castanier Crespo (GONZÁLEZ REDROVÁN, 2015), en el cual se dan propuestas para la eficiencia del sistema de iluminación demostrando que existe una viabilidad referida a implementar

cambios directos en luminarias y balastos electrónicos, argumentando que los controles inteligentes, brindan un ahorro anual de 114091.70 kWh, siendo un equivalente de 8556.88 dólares; también considera los sistemas de cómputo, lavandería y cocina, con un ahorro en utilización de energía eléctrica de 12419.28 kWh para el sistema de cómputo, 4402.44 kWh en el sistema de lavandería y 3895.42 kWh para la cocina, dando en total un ahorro anual de 1553.59 dólares americanos.

Prosiguiendo con la recolección de información se encontró el artículo científico en el cual se plantea una nueva aplicación del algoritmo de descomposición de Dantzig-Wolfe con el fin de solucionar el problema de FPOR en sistemas eléctricos de potencia tipo multiárea. (LÓPEZ, y otros, 2011), El cual tiene por finalidad aumentar el perfil de tensión del sistema eléctrico y disminuir las pérdidas de potencia activa en las líneas de transmisión. Para esto se debe realizar un reajuste en las variantes de control (ajustes de los taps y potencias reactivas suministradas por generadores, condensadores e inductores), sin olvidar las restricciones de seguridad, operación y calidad del servicio.

Adicionalmente el modelo sugerido asegura la autonomía y confidencialidad en la ejecución de cada región. En donde la autonomía, respalda que cada región mantenga el dominio de la operación con mecanismos de coordinación totalmente individuales y en completa libertad. Y por otra parte la confidencialidad, determina que solo se declara la información sobre potencia reactiva importada o exportada y los gastos de operación efectuados en el mercado local.

Se siguió buscando información y se halló un artículo científico sobre la teoría de la potencia instantánea como extensión de los desarrollos existentes, como alternativa para cuantificar con mayor precisión los fenómenos de potencia en los sistemas eléctricos, (MUÑOZ, y otros, 2012), el cual demuestra que la única potencia que representa una transferencia eficiente de energía desde la red de suministro hacia la carga es  $P_1$ .

$$P_1 = P_{a1} + P_{q1}$$

Dónde:  $P_{a1}$  = Potencia activa instantánea

$P_{q1}$  = potencia reactiva instantánea

MUÑOZ, VILLADA Y CADAVID (2012) dedujeron una expresión de potencia instantánea válida para sistemas eléctricos con tensiones asimétricas no fundamentales y cargas no lineales desequilibradas. Con esta expresión se cuantifica la potencia de los sistemas eléctricos y se entiende con claridad los fenómenos en los sistemas eléctricos. Los autores concluyen que, con la ecuación se entiende cómo circula la potencia de los sistemas eléctricos, se puede usar para banco de condensadores o filtros activos para:

- Mejorar la eficiencia energética,
- detectar las fuentes de distorsión armónica,
- Evaluar calidad de potencia, y
- Reglamentar la facturación del consumo energético.

En el artículo científico que plantea llevar un mayor control e inspección de los sistemas de distribución, facilitando la rápida y oportuna localización de fallas, reduciendo los costos elevados por compensación, hechas por los diferentes agentes del sector eléctrico, por la inadecuada continuidad en el suministro de energía, con la finalidad de compensar la omisión del servicio energético en los usuarios finales (GOMEZ, y otros, 2011).

Se debe resaltar que adoptar nuevas metodologías que permitan la identificar las diferentes averías en los sistemas electicos de distribución, a partir de sistemas modernos y precisos de monitorización, permitirán reducir las interrupciones del servicio eléctrico que se daban con frecuencia. Asimismo, con un diagnóstico preciso de las averías en las redes eléctricas, permitirían prevenir colapsos de los sistemas eléctricos de trasmisión y distribución.

Asimismo, se encontró un artículo que estudia la estabilidad transitoria electromecánica de un sistema eléctrico de potencia de un sistema industrial con generación propia, (SÁNCHEZ GARCA, y otros, 2015), En donde el problema principal observado al estudiar la estabilidad transitoria en el sistema eléctrico son las depresiones de voltaje y frecuencia ante la ocurrencia de la falla, bajo las cuales las protecciones deben actuar correctamente.

También se presenta una situación real y los resultados obtenidos permitieron validar la correcta operación de las protecciones de baja/alta frecuencia de los generadores del complejo industrial una vez que la falla fue liberada.

En el artículo, se resalta las ventajas de los estudios, ya que además de permitir validar la correcta operación de algunas protecciones, su información puede ser utilizada para inferir la condición de operación del sistema después de haber ocurrido un disturbio y para determinar qué acciones correctivas o preventivas llevar a cabo para mantener una operación segura del sistema independientemente de si opera o no interconectado con la red de transmisión de la compañía suministradora de energía.

Continuando con la búsqueda de información, se encontró un artículo que plantea un estudio de los grandes ahorros de energía que se lograrían si se lograra implementar una serie de medidas que permitan disminuir las pérdidas de energía en los sistemas eléctricos de distribución y transmisión, Los autores resaltan que este método de estudio estima un tiempo de 15 años, con el año horizonte en 2028, donde se irá desarrollando una implementación gradual de estas técnicas de reducción de pérdidas (GHIA, y otros, 2013).

Una vez adquirida la información expuesta anteriormente, se procedió a la revisión del marco teórico relacionado a la especialidad, del cual se tomarán teorías, definiciones y ecuaciones que nos ayuden al desarrollo de la presente investigación.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

- **Eficiencia energética**, según teorías, se encuentra que la eficiencia energética se consigue mediante la instalación y uso de tecnologías más eficientes, para utilizar menos cantidad de energía y obtener iguales resultados de producción. Sin embargo, se debe plantear como abastecer la energía eléctrica al usuario final en un menor costo, sin apremiar el incremento constante de energía ni perjudicar los procesos productivos (HAWKEN, y otros, 1999).

El incremento de la eficiencia energética de los sistemas a través de la reestructuración en la red es limitado, aunque se considera como el sistema alimentador de energía en los

sistemas de distribución, solo se relaciona con la mejora de las tensiones, pues la potencia activa y reactiva se mantienen igual (IKBAL, y otros, 2011)

- **Auditoría energética**, es considerada como una potente herramienta para explorar avances eficaces de equipos que permitirán el ahorro de energía, reduciendo gastos de facturación y obteniendo un mayor rendimiento, siendo su propósito especificar porqué, dónde, cuándo y cómo es utilizada la energía en la planta (ESCOBAR, y otros, 2003)

ESCOBAR, TOLEDO & SALUDES (2003), mencionan que la auditoría eléctrica se divide en tres niveles:

- **Nivel 1:** se determinan las posibilidades de ahorro a menor inversión, las cuales se obtendrán verificando las facturaciones de energía y las instalaciones.
- **Nivel 2:** se estudia y se realiza un análisis de ingeniería del uso energético, determinando las oportunidades de conservación de energía a menor inversión, realizando sugerencias en línea con sus recursos económicos de inversión y mejoras de ahorro.
- **Nivel 3:** se realiza sugerencias y un análisis financiero que requieran mayor inversión de capital, mayor supervisión en el monitoreo, recolección de datos y análisis de ingeniería.

Del mismo modo ESCOBAR, TOLEDO & SALUDES dividen el método para realizar la auditoría energética en 4 fases:

- **Fase 1**, interpreta la estructura del consumo energético en Planta, cuantifica el consumo energético de la planta industrial (servicios y equipos), definiendo las áreas de mayor consideración energética. Además, la contabilidad energética se ejecuta partiendo de la facturación de energía y de los datos obtenidos de las mediciones, y del análisis de todo el proceso industrial productivo. Se analizan los datos en los equipos que cuentan con medidores de energía y se estudiarán las probables desviaciones entre el consumo medido y la facturación eléctrica, con el personal del área encargada.

- **Fase 2**, analiza la eficiencia energética, comprende el análisis de la capacidad y la eficiencia energética de los generadores y consumidores finales. La eficiente aplicación de la

fase anterior permite entender a detalle los procesos de producción, y los probables puntos en el cual se focalizan los esfuerzos para poder conseguir un importante ahorro energético, para eso se debe realizar un estudio de la eficiencia en todos los dispositivos y sistemas de la planta, que anteriormente se presentaron como potencial de ahorro energético. Esto requiere la elaboración de balances en cuanto a materia o energía en los sistemas, considerando el rendimiento y las pérdidas que se originan. En esta fase se recopilan todas las opciones que se puedan presentar, que conlleve al ahorro energético, ya sea buen uso de energías residuales, cambios de las condiciones de operación e incrementos del mantenimiento de los equipos, renovación tecnológica (la existente por la actual), entre otras, pero que permitan incrementar las posibilidades de ahorro.

- **Fase 3**, consiste en evaluar las medidas de ahorro energético, pues el auditor selecciona las propuestas y técnicas económicamente viables, con aporte de los responsables de la planta. Se pueden calificar las consignas de ahorro en aumento de eficiencia en los dispositivos y mejora en el consumo energético, aumento de eficiencia en las redes de distribución de energía y recuperación o compensación energética. Y en cada una de las medidas se evalúa el ahorro, energético y económico, reducción del impacto ambiental, la inversión que se necesitara y el tiempo en el que retornara la inversión realizada.

La evaluación del ahorro energético se realiza con nuevos cálculos de materia y energía, que permitan determinar el nuevo y actual consumo energético de los equipos y sistemas, el cual se debe comparar con la situación actual de la planta para poder obtener un ahorro de potencial preciso. En el análisis económico se establece la inversión, el tiempo de recuperación de lo invertido. Teniendo estos valores el auditor elabora un plan para implementar las medidas, y así poder llevar a cabo inversiones en otros sectores. Los ahorros logrados dependerán en una gran medida de la producción sobre el que se lleven a cabo los balances, pues los resultados deben ser notorios en el proceso industrial.

- **Fase 4**, se expone detalladamente todos los pasos ejecutados en el procedimiento de auditoría, como son, la descripción de la fábrica, la estructura energética, la toma de datos, el análisis de eficiencias, las medidas de ahorro, la evaluación económica, el plan de implantación de medidas y Anexos.

Según el marco teórico el capacitor es un componente vital en el perfeccionamiento de la eficiencia del sistema.

- **el capacitor** es un componente eléctrico que se encuentra constituido internamente por dos placas metálicas, las cuales están aisladas por un material dieléctrico, que trabaja bajo la acción de esfuerzos eléctricos (NATARAJAN, 2005).

El capacitor disminuye las pérdidas de potencia eléctrica, y dispensa las capacidades kVA de las redes y transformadores, aumenta el factor de potencia, las tensiones y la capacidad máxima de carga al límite (IKBAL, y otros, 2011)

Cuando se instalan capacitores en los sistemas eléctricos se genera un incremento de tensión en todo el sistema desde donde inicia la generación y a lo extenso de su trayecto (NATARAJAN, 2005).

- Para calcular la caída de voltaje tenemos la siguiente ecuación:

$$CV = I_R * R + I_X * X_L \quad (\text{Ecuación 1})$$

En el cual:  $I_R$  : es la componente activa de la corriente

$I_X$ : es la componente reactiva de la corriente, retrasada en 90° al voltaje, ambas corrientes se expresan en amperios.

Del mismo modo cuando un filtro o un capacitor se instalan al término de la línea, el rendimiento de la caída de tensión se la calcula de la siguiente manera:

$$CV = I_R * R + I_X * X_L - I_C * I_L \quad (\text{Ecuación 2})$$

Siendo: ( $I_C$ ) la componente reactiva de la corriente, adelantada en 90° al voltaje.

El montaje de bancos de capacitores en los sistemas de distribución se hace en las barras de alimentación o directamente en el punto de entrega a los consumidores, resultando como un soporte del voltaje recorrido por el alimentador, usualmente se conecta en períodos de demanda máxima y se desconectan cuando hay demanda mínima (IKBAL, y otros, 2011).

Un sistema eléctrico es más beneficioso y valioso cuando tiene una buena capacidad que se justifica con la instalación de capacitores en los sistemas eléctricos de distribución y es mucho más notorio cuando las cargas aumentan rápidamente (IKBAL, y otros, 2011)

Para calcular el aumento de tensión generado con el montaje del capacitor, se realiza de la siguiente manera:

$$I_v(V) = I_c * X_L \quad (\text{Ecuación 3})$$

La instalación de condensadores se puede hacer en todos los sistemas eléctricos así conste de diferentes rangos de tensión. En los sistemas eléctricos de distribución se montan o instalan capacitores en conexión shunt para llegar a obtener potencia en kVAR que es requerido por el sistema. Otro tipo de instalación es en serie, pero son para sistemas de potencia donde se requiere una tensión requerida (ANDERSON, y otros, 1996) (KUNDUR, 1994).

Los estudios y la recolección de información de diferentes industrias eléctricas indican que 60% se aplican en alimentadores, 30% en barras de subestaciones y 10% en sistemas eléctricos de transmisión. (ANDERSON, y otros, 1996).

El instalar capacitores en las redes de distribución eléctrica de tipo industrial es muy usual, puesto que la inversión se justifica con los ahorros obtenidos. Los bancos de condensadores se instalan en los alimentadores y se pueden instalar de dos maneras:

- Banco de Capacitores fijos: Cuando existe demanda, pero con mínima variación.
- Banco de Capacitores conectables: Cuando existen cargas con demanda variable.

Las capacidades de los condensadores están definidas en la Norma IEEE Std 18-2002, en función de su voltaje (V), potencia, kVAR y número de fases.

Las conexiones de los condensadores se pueden utilizar para sistemas de montaje aéreos y sub estaciones. En bancos en estrella con puesta a tierra, se encuentran conectados a tierra y se conectan en serie y en paralelo por fase, ya que dan una línea de baja impedancia a tierra, dado a que tienen una baja impedancia con respecto a tierra los bancos dan autoprotección a corrientes de descargas atmosféricas, además muestran una vía de baja impedancia para corrientes con alta frecuencia y presentan bajas tensiones transitorias para

los interruptores automáticos. Sin embargo, presentan desventajas como afectar el sistema de telecomunicaciones por los armónicos y requiere reactores de fase en serie para bajar los niveles de tensión (BRUNELO, y otros, 2003).

Los bancos en conexión estrella no conectados a tierra no admiten corrientes con secuencia cero del tercer armónico, o inmensas corrientes de descarga del capacitor por fallas a tierra del sistema. Sin embargo, las fallas de fase con fase aun así suelen ocurrir y ocasionan inmensas corrientes de descarga. Es por eso que esta conexión sin puesta a tierra no se sugiere para trabajos donde los alimentadores tienen poca demanda y la carga mínima por fase fuera del condensador no supera el 150% la capacidad nominal por fase del banco, en los bancos de condensadores fijos, en alimentadores que cuentan con interruptores monofásicos y cuando los alimentadores tienen transferencia de carga de emergencia.

Continuando con la búsqueda de información en el marco teórico, determinamos algunas definiciones y ecuaciones que permiten encontrar parámetros esenciales de funcionamiento de los motores eléctricos.

-la potencia de eje del motor eléctrico, es aquella potencia que se debe transferir al eje, a través del motor, para que determinada bomba ejerza la potencia hidráulica necesaria al agua (WEG, 2012).

La cual se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$P_{\text{eje Motor}} [\text{kW}] = \frac{P_{\text{freno-extr}} (\text{kW})}{\eta_{\text{mec}} (\%)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:  $P_{\text{eje Motor}}$  : Potencia en el eje del motor (kW)

$P_{\text{freno-extr}}$  : Potencia de freno-placa del motor (kW)

$\eta_{\text{mec}}$  : Rendimiento mecánico (%)

-La potencia nominal del motor, es la máxima potencia que el motor requiere en condiciones normales de uso (WEG, 2012).

Se calcula mediante:

$$P_{nMotor}[kW] = P_{eje}(kW) * F. S \quad (\text{Ecuación 5})$$

Siendo:  $P_{nMotor}$  : Potencia nominal (kw)

$P_{eje}$  : Potencia en el eje(kw)

FS : Factor de servicio

- La corriente nominal( $I_n$ ) de un motor eléctrico trifásico se calcula mediante:

$$I_n [A] = \frac{P_n(w)}{\sqrt{3} * U_n * \text{Cos}\varphi} \quad (\text{Ecuación 6})$$

En la cual:  $I_n$  : corriente nominal (A)

$P_n$  : potencia nominal (kW)

$U_n$  : voltaje nominal (V)

$\text{Cos}\varphi$ : factor de potencia del motor

-El torque nominal del motor, es la fuerza de motor que ejerce sobre su propio eje de salida de potencia y para determinarlo usamos la siguiente ecuación:

$$M_t (N * m) = \frac{P_n(w)}{\omega_n \left( \frac{\text{rad}}{s} \right)} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$\omega_n \left[ \frac{\text{rad}}{s} \right] = \frac{2\pi * n_n (\text{rpm})}{60} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Siendo:  $M_T$  : corriente nominal (N \* m)

$P_n$  : potencia nominal (w)

$\omega_n$ : velocidad angular ( $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ )

$n_n$ : velocidad nominal del motor (rpm)

- Para escoger o seleccionar un motor eléctrico se debe tener en cuenta:
  - la tensión (+-10%) y frecuencia de la red eléctrica de la que va a trabajar.
  - la carga que accionara el motor.
  - el grado de protección del motor (ip), condición ambiental.
  - la potencia eléctrica y velocidad del motor (según se requiera).

A causa del deslizamiento, la velocidad de rotación en la carga del motor asíncrono es levemente inferior a las velocidades de sincronismo, se debe resaltar que el motor jaula de ardilla se utiliza en la gran mayoría de empresas, pero es necesario realizar un estudio en el cual se detalle el momento de inercia y la curva par-velocidad (WEG, 2012).

Según la norma IEC 034-12, el par mínimo es el que desarrolla el motor al acelerar desde cero (repose), hasta su velocidad nominal, que es el par máximo. Por otra parte, según la norma IEC 034-12, el par máximo que desarrolla el motor es cuando no sufre una reducción brusca de su velocidad. Ya sea por bajas de tensión y frecuencia o picos de carga (SARMIENTO, 2012).

-La velocidad sincrónica ( $n_s$ ), es la velocidad de rotación del campo giratorio, que depende de la frecuencia ( $f$ ) de la red, medida en Hertz y de cuantos polos tenga el motor eléctrico( $p$ ). El bobinado de un motor se construye con un par de polos a mas, distribuidos alternadamente entre sí (norte y sur) (SARMIENTO, 2012).

$$n_s \text{ (rpm)} = \frac{120 * f}{p} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Siendo  $n_s$ : Velocidad sincrónica (rpm)

$f$ : Frecuencia (Hz)

$p$ : N° de pares de polos del bobinado

-El rendimiento de un motor eléctrico, está basada en la relación de energía obtenida entre la energía suministrada. En cuanto a potencia se define mediante:

$$\eta\% = \frac{P_u \text{ (Kw)}}{P_a \text{ (Kw)}} * 100 \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Siendo  $\eta$  : Rendimiento (%).

$P_u$ : Potencia de eje del motor o potencia útil (kW).

$P_a$  : Potencia nominal o absorbida (kW).

SARMIENTO (2012), menciona que si el motor tiene un buen rendimiento significara que las pérdidas son bajas y este tendrá menor recalentamiento. Y también mientras mayor sea su rendimiento del motor menos potencia absorberá de la red.

Las condiciones medioambientales para motores eléctricos son, el sitio de instalación, pues estos están hechos para maniobrar en ambientes a una temperatura no  $> 40$  C° y en una altura no  $> 1000$  m. sobre el nivel del mar (según norma). ya que al encontrarse sobre estas condiciones el motor deberá operar a una potencia menor a la nominal, debido a que sus propiedades refrigerantes disminuyen. Se debe considerar que un motor tiene una vida útil el cual permanece en el devanado de este y si su refrigeración es deficiente, entonces el devanado se desgasta y puede sufrir daños serios (WEG, 2012 pág. 24)-

Las limitaciones de instalación (grado de protección), son condiciones del ambiente como contaminación, elementos químicos, uso en sitios libres o cerrados. Una buena y apropiada elección de un motor, se da cuando se conocen los grados de protección IP (norma internacional), los cuales se detallan a continuación (WEG, 2012)

Los más habituales son:

- IP21: Protección contra roces, contra entrada de elementos sólidos superiores a 12 mm y contra gotas verticales de agua.

- IP22: Protección contra roce, entrada de elementos sólidos mayores a 12 mm y gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical.
- IP55: Protección completa contra cualquier tipo de contacto, acumulación de polvos nocivos y contra salpicaduras de agua en todas las direcciones.

(WEG, 2012) menciona que los motores son fabricados bajo 02 normas:

- IEC: esta sigla significa: Comisión Electrotécnica Internacional, tiene acogida en los países europeos.
- NEMA: esta sigla significa: Asociación Nacional De Fabricantes de Equipos Eléctricos. norma nacional de Estados Unidos, pero muy común en muchos países.

En la fabricación de los motores existen muchas diferencias, esto depende de la norma a utilizar, lo más característico es que en las diferentes normas varían sus unidades de medida y dimensiones: en la norma IEC son en milímetros (mm), en cambio en la norma NEMA son en pulgadas (inch) (WEG, 2012 pág. 24).

Prosiguiendo con la búsqueda del marco teórico se detallarán algunas fórmulas y definiciones que se relacionan con los conductores eléctricos.

- **Un Conductor eléctrico**, es un elemento que presenta una menor resistencia al paso de la energía eléctrica. El cable eléctrico este compuesto de tres partes: el alma o elemento conductor, el aislamiento y la cubierta o revestimiento. Los cables eléctricos tienen colores que ayudan a poder identificarlos (CEPER, 2010, p.18), por ejemplo:

- cable de línea (Fase): son de color gris, negro y marrón
- cable de Neutro: es de color azul claro
- cable de protección (línea tierra): usualmente este cable tiene colores verde-amarillo. Su objetivo es dar protección a las personas, equipos e instalaciones. Debe estar conectado a un pozo a tierra.

Los cálculos de conductores trifásicos se utilizan para determinar la sección ideal del conductor (TARDILLO, 2012 pág. 27).

-la potencia absorbida a plena carga es la potencia que consume el equipo y está dada por:

$$P_{abs} [\text{kW}] = \frac{P_n(\text{kW})}{\eta_{100\%}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

En la cual:  $P_{abs}$ : Potencia absorbida a plena carga (kW).

$P_n$ : Potencia nominal del motor eléctrico (kW).

$\eta$ : Potencia nominal o absorbida (kW).

-Para la intensidad absorbida a carga máxima, considerando que es una línea trifásica, utilizaremos la siguiente ecuación:

$$I_{max} [A] = \frac{P_{abs}(w)}{\sqrt{3} * U_n * \text{Cos}\varphi} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Siendo:  $I_{max}$ : Corriente máxima absorbida a carga máxima (A)

$P_{abs}$ : Potencia absorbida (nominal) W

$U_n$ : voltaje o tensión nominal (V).

$\text{Cos}\varphi$ : Factor de potencia

- Del triángulo de impedancias, se determina la ecuación de los parámetros eléctricos unitarios del conductor:

$$Z_{cond} = \sqrt{R_{cond}^2 + X_{cond}^2} \quad (\text{Ecuación 13})$$

En la cual:  $Z_{cond}$ : Impedancia del conductor seleccionado ( $\frac{\Omega}{\text{km}}$ )

$R_{cond}$  : Resistencia del conductor seleccionado ( $\frac{\Omega}{km}$ )

$X_{cond}$  : Reactancia del conductor seleccionado ( $\frac{\Omega}{km}$ )

-La potencia perdida del conductor se define con la ecuación:

$$P_p \text{ [kW]} = P_u \text{ (kW)} * \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) \quad \text{(Ecuación 14)}$$

En la cual:  $P_{p \text{ cond}}$  : Potencia perdida del conductor (Kw)

$P_{abs}$  : Potencia absorbida por el motor eléctrico =  $P_{u \text{ cond}}$

$\eta_{\text{Cond}}$ : Rendimiento del conductor (%).

La impedancia de la línea  $Z$ , es el impedimento del paso de la corriente alterna por un conductor eléctrico. La impedancia implica los efectos de acumulación y eliminación de carga e/o inducción magnética, se expresa de la siguiente manera:

$$Z_L = L(\text{km}) * Z_{\text{cond}}(\Omega/\text{km}) \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Dónde:  $Z_L$ : Impedancia de la línea ( $\Omega$ )

$L_{\text{cond}}$ : distancia del conductor (km)

$Z_{\text{cond}}$ : Impedancia del conductor seleccionado ( $\Omega/\text{km}$ ) .

- La pérdida de tensión real en conductor se halla mediante:

$$\Delta U_L = \sqrt{3} * Z_L * I_L \quad \text{(Ecuación 16)}$$

En la que:  $\Delta U_L$ : Pérdida de tensión real en conductor (V)

$Z_L$ : Impedancia de la línea ( $\Omega$ )

$I_L$ : Intensidad absorbida a carga máxima (A)

- La tensión en la barra está definida por:

$$U_{\text{barra}} = \frac{U_{ME}}{1 - \eta_{\text{cond}}} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Siendo:  $U_{\text{barra}}$  : Voltaje en la barra (V)

$\eta_{\text{cond}}$ : caída de tensión en el conductor menor o igual a 2%.

- La caída de tensión admisible en un conductor se calcula con la ecuación:

$$\Delta U_{\text{adm}} = \eta_{\text{cond}} * U_{\text{barra}} \quad (\text{Ecuación 18})$$

se cumple la condición:  $\Delta U_{\text{cd}} < \Delta U_{\text{adm}}$

En la cual:  $\Delta U_{\text{adm}}$  : Caída de tensión admisible (V)

$\eta_{\text{cond}}$  : Caída de tensión en el conductor menor o igual a 2%

$U_{\text{barra}}$ : Voltaje en la barra (V)

-La potencia máxima de pérdida en conductor se calcula mediante:

$$P_{p \text{ max cond}} = \sqrt{3} * \Delta U_L * I_{\text{max-L}} * 10^{-3} \quad (\text{Ecuación 19})$$

Siendo:  $P_{p \text{ max cond}}$  : Potencia máxima del conductor

$\Delta U_L$ : Pérdida de tensión real en conductor (V)

$I_{\max-L}$ : Intensidad máxima absorbida a plena carga (A).

- El rendimiento real del conductor está definido por:

$$\eta_{\text{real cond}} = 1 - \frac{P_{p \text{ max cond}}}{P_T} \quad (\text{Ecuación 20})$$

se cumple que :  $\eta_{\text{real cond}} > \eta_{\text{adm-Cond}}$

En la que:  $\eta_{\text{real cond}}$ : Rendimiento real del conductor (%)

$P_{p \text{ max cond}}$  : Potencia máxima del conductor

$P_{t \text{ cond}}$ : Potencia total del conductor (Kw) = Potencia en barra

La prueba de verificación al corto circuito, se realiza para dimensionar la sección necesaria del conductor, para soportar el efecto de calentamiento, de tal modo que no alcance la temperatura máxima admisible por el material, mientras dure el fenómeno de corto circuito (TARDILLO, 2012).

- La intensidad de corto circuito se calcula con la ecuación:

$$I_{cc} = 13 * S(\text{mm}^2) * \sqrt{\frac{\Delta\varepsilon}{t}} \quad (\text{Ecuación 21})$$

- Mientras que la sección necesaria de cortocircuito se determina con:

$$S(\text{mm}^2) = \frac{I_{cc} (A)}{13 * \sqrt{\frac{\Delta\varepsilon (^\circ\text{C})}{t (s)}}} \quad (\text{Ecuación 22})$$

En la cual:  $I_{cc}$  : Corriente de corto circuito (A).

S: Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ).

t : Duración del cortocircuito: 0.02 seg. (es el tiempo que demora en desconectar el dispositivo de protección contra corto circuitos)

$\Delta\varepsilon$ : Elevación de temperatura a 150 °C para cobre.

- La intensidad de corto circuito en las líneas se determina con la ecuación:

$$I_{cc} [A] = \frac{S_{cc}(VA)}{\sqrt{3} * U_n(V)} \quad (\text{Ecuación 23})$$

En la cual:  $S_{cc}$  : Potencia del transformador MVA, dato de suministro de EE (VA)

$U_n$  : Voltaje nominal del motor (V)

En la búsqueda del marco teórico, se determinó que el rendimiento de transformadores trifásicos es importante, desde el punto económico como el costo de operación. Se representa con la letra  $\eta$ .

$$\eta_{Tr} = \frac{P_u}{P_a} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Dónde:  $P_u$ : potencia útil entregada en bornes de salida del transformador, en kW

$P_a$ : potencia absorbida por el transformador, kW.

- Los transformadores son máquinas con alto rendimiento y poco mantenimiento. Las máquinas eléctricas de mayor potencia tienen mayor eficiencia, esto se deduce con el análisis de la variación de pérdidas y como lo consigue la potencia de la máquina. La ecuación del rendimiento del transformador es:

$$\eta(\%) = \frac{\sqrt{3} * U_2 * I_2 * \cos\varphi_2}{\sqrt{3} * U_2 * I_2 * \cos\varphi_2 + P_{Fe} + P_{p-Cu}} * 100 \quad (\text{Ecuación 25})$$

#### **1.4. Formulación del problema**

Por todo lo expuesto anteriormente, se formula el siguiente problema de investigación: ¿En qué medida la implementación de una propuesta de mejora del sistema eléctrico del hospital Essalud de Chocope permitirá aumentar su eficiencia y reducir su costo de facturación?

#### **1.5. Justificación del estudio**

En tal sentido, la justificación del estudio será, desde el punto de vista técnico, establecer un conjunto de medidas técnicas para aumentar el rendimiento del sistema eléctrico, en base a una auditoría energética. La justificación económica es que con la aplicación de este trabajo habrá beneficios económicos, reduciendo el monto de facturación mensual por consumo de electricidad, al aumentar el rendimiento y reducir los consumos de electricidad, con la justificación laboral, se espera generar trabajo tanto a nivel interno como de servicio externo, además se generará un mejor clima laboral, pues se trabajará con menos problemas del sistema eléctrico y se podrá implementar programas de capacitación para los trabajadores de mantenimiento eléctrico y de operación. La justificación tecnológica se basa en que se podrá renovar, equipos o instalaciones para reducir pérdidas y el consumo de potencia absorbida, con nuevas tecnologías, como motores de alta eficiencia y transformadores sellados y secos para hospitales.

#### **1.6. Hipótesis**

Para orientar la investigación, se formula la hipótesis de investigación: La implementación de una propuesta de mejora del sistema eléctrico del hospital Essalud de Chocope permitirá aumentar su eficiencia y reducir su costo de facturación.

#### **1.7. Objetivos**

Una vez obtenida la información de estudios anteriores y del marco teórico relacionados a la especialidad, se plantea como objetivo general de la investigación preparar

una propuesta de mejora, en base a una auditoría energética, del sistema eléctrico de potencia del hospital de Essalud Chocope, para aumentar eficiencia y reducir costos.

Teniendo como objetivos específicos:

- Realizar una auditoría energética al sistema eléctrico de potencia, estableciendo capacidad actual, eficiencia y costo de operación, a su vez
- Establecer la propuesta de mejora, con medidas técnicas y tecnológicas, en función de normas eléctricas peruanas y para hospitales.
- Establecer las nuevas capacidades, eficiencia y costo de operación del sistema eléctrico de potencia.
- Realizar un estudio de protección eléctrica en baja tensión, trifásica y monofásica.
- Hacer un análisis económico financiera de la inversión a realizar.

## **II. MÉTODO**

## 2.1. Tipo y diseño de investigación

**Por el tipo de objetivo:** es una investigación aplicada que se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar (CALDERÓN FORNARIS, y otros, 2003). En este caso se trata de reducir el costo de energía eléctrica aplicando los conocimientos para mejorar la tecnología a usar.

**Según los datos empleados:** es una investigación cuantitativa, debido a que se utilizarán técnicas matemáticas para analizar un proceso.

**Según el conocimiento que se tiene del objeto de estudio:** es una investigación descriptiva ya que se trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Esta puede incluir los siguientes tipos de estudios: Encuestas, Casos, Exploratorios, Causales, De Desarrollo, Predictivos, De Conjuntos, De Correlación (ADRIAN VERA, 2008) (ZORRILLA, 1993).

El tema de investigación es de tipo **pre-experimental**, ya que los diseños pre-experimentales, son el comienzo para la solución del problema de una investigación, en el que se analiza el predominio de una variable sobre otras, es decir, se analiza cómo influye una variable independiente sobre en la dependiente, con la finalidad de definir la factibilidad de un estudio (LEGRA, 2018).

## 2.2. Operacionalización de variables

Tabla 2: Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente 1: Auditoría energética	Estudio y análisis de los flujos de energía en un sistema eléctrico, para interpretar la energía dinámica del sistema bajo estudio.	Análisis de un sistema eléctrico para hallar su capacidad, eficiencia y costos, y posibilidades de mejoras de procesos	Completo Parcial	Razón
Variable independiente 1: Propuesta de mejora energética	Resultados de la auditoría energética para el aumento de eficiencia y reducción de costos	Conjunto de medidas técnicas y tecnológicas para mejorar un sistema eléctrico que permita reducir costos	Potencia: Alta Mediana Baja	Razón
Variable dependiente 1: Capacidad	Referida a un Sistema eléctrica de potencia es la potencia que puede entregar el sistema a cierta tensión y amperaje	Producto de la tensión por la intensidad de corriente por el factor de potencia de la instalación	Elevada Mediana Baja	Intervalo de valores (kw) 0...300
Variable dependiente 2: eficiencia	Grado de aprovechamiento de la energía eléctrica activa absorbida, que se transforma en potencia útil	Relación entre la potencia útil que se convierte en trabajo mecánico o luz y la potencia activa total absorbida por el SEP	Elevado Medio bajo	Intervalo de valores (%) 0...100
Variable dependiente 3: costo proyectado de facturación eléctrica	Conjunto de energías y potencias eléctricas que se consumen en un período de tiempo y sus costos asignados	Suma de los costos de energías activas y reactivas consumidos por un SEP en un lapso de tiempo	Elevado Media Baja	Intervalo (soles/mes) 0...50,000
Variable interviniente 1: Variación de tensión de suministro	Es la <b>tensión</b> eléctrica de corriente alterna (CA) de propósito general para el <b>suministro</b> de energía eléctrica para un SEP	Tensión entregada a un SEP por medio de una línea de transmisión, con ciertos valores de intensidad y frecuencia	Elevado Mediano Bajo	Intervalo de valores (V) 0...10,000
Variable interviniente 2: Frecuencia de la red eléctrica	Fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo y se mide en ciclos por segundo o Hertz (Hz).	Número de ciclos de la tensión, intensidad o potencia eléctrica en la unidad de tiempo, dependiendo de la tensión y flujo magnético del generador eléctrico	Elevada Mediana Baja	Intervalo de valores (Hz) 0...60

### 2.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Sistemas eléctricos de hospitales de ESSALUD del Departamento La Libertad.

**Muestra:** Sistema eléctrico de hospital de ESSALUD Chocope; Departamento La Libertad.

### 2.4. Técnicas de instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Tabla 3: *Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Objeto</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Observación</b>	Hoja de toma de datos en Excel	Sistema eléctrico de Potencia ESSALUD Chocope	Determinar tipos de variables y su interacción
<b>Entrevistas</b>	Hoja de entrevista	Personal de operación y mantenimiento del SEP	Conocer tipos de mantenimiento, mediciones y monitoreos que se realizan
<b>Encuestas</b>	Hojas de encuestas	Staff del SEP ESSALUD Chocope	Conocer enfoques de operación y proyecciones de inversión
<b>Mediciones</b>	Analizador de redes, Amperímetros	Sistema Eléctrico de Potencia ESSALUD Chocope	Determinar valores promedio de variables de proceso para determinar capacidades, eficiencias y costos actuales y proyectados
<b>Análisis registro de datos</b>	Hoja de Registro de datos e incidencias	Sistema Eléctrico de Potencia ESSALUD Chocope	Procesar valores registrados de variables eléctricas, así como incidencias de operación y de mantenimiento

• La validación de los instrumentos se realizó a través del juicio de expertos, realizado por tres ingenieros especialistas conocedores del tema y se adjuntan en el anexo II.

## 2.5. Procedimiento

- **Observación del proceso de transformación y distribución de tensión en SEP**, se realizará reconociendo las variables eléctricas del proceso, y definiendo su interdependencia, incidencia e importancia en el proceso
- **Entrevista a personal de operación, mantenimiento y ejecutivo de ESSALUD Chocope**, se realizará una entrevista para analizar el problema y conocer los detalles y trabajos realizados en el SEP que se necesitan mejorar. Se utilizará la ficha de encuesta diseñada previamente.
- **Mediciones de variables del proceso eléctrico**, se realizarán mediciones de las variables de proceso principales (eléctricas) como son: potencias activas, reactivas, factor de potencia; luego con estadística descriptiva o inferencial se establecerán los valores promedio y se aplicarán las técnicas de auditorías eléctricas.
- **Cálculos de Ingeniería**, se aplicarán las teorías de sistemas eléctricos de potencia y las ecuaciones respectivas para determinar capacidades, rendimientos y costos que permitan resolver el problema de investigación.
- **Establecer propuestas de mejora del sistema eléctrico**, con los resultados obtenidos se proponen realizar mejoras en el sistema eléctrico, con medidas técnicas y tecnológicas que permitan la reducción de las pérdidas de potencia y así mismo los costos.
- **Establecer nuevas capacidades, eficiencia y costos de operación**; las cuales permitirán reducir los costos y aumentar la eficiencia del sistema eléctrico.
- **Realizar un estudio de la protección eléctrica del sistema en baja tensión, trifásica y monofásica**; con la finalidad de proteger al usuario y el sistema eléctrico.
- **Elaborar un análisis económico financiero de la inversión a realizar**, esto nos permitirá saber la cantidad necesaria de dinero que se va a invertir, el método de financiamiento y el tiempo de retorno de la inversión.

## **2.6. Métodos de análisis de datos**

Se realizarán análisis descriptivos y analíticos en la subestación eléctrica del Sistema Eléctrico de Potencia de ESSALUD Chocope, aplicando las ecuaciones de ingeniería eléctrica con los valores de la muestra de estudio, aplicando estadística descriptiva, para tener valores promedio confiables y establecer tendencias de los mismos.

En el análisis cuantitativo, se aplicará la ingeniería eléctrica para hallar:

- Caídas de tensión, Potencias activas, Potencias reactivas, Potencias aparentes
- Rendimientos, Costos de procesos, Factor de potencia.

Para determinar la situación actual y proyectada del SEP ESSALUD Chocope, se hará el Análisis económico financiero, para hallar presupuestos, beneficios económicos brutos y netos, el valor actual neto, período de retorno de la inversión, que permitan determinar la rentabilidad de inversión

## **2.7. Aspectos éticos**

La información presentada en el presente Proyecto de tesis será desarrollada por los autores, sin ningún tipo de plagio.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Auditoría del sistema eléctrico de potencia de Essalud Chocope

#### 3.1.1 Capacidades y parámetros actuales

Con datos de tres meses del 2019, se hallan los valores promedio de potencias y energías del SEP del hospital Essalud Chocope

Denominación	UM	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Valores promedio
Energía Activa total	kWh/mes	39,312.16	41,670.52	43,531.23	41,504.64
Energía Activa Hora Punta	kWh/mes	6,931.98	7,491.40	9,010.21	7,811.20
Energía Activa Fuera Punta	kWh/mes	32,380.18	34,179.12	35,621.02	34,060.11
Energía Reactiva	kVarh/mes	22,629.81	22,568.37	24,245.25	23,147.81
Potencia Hora Punta	kW	84.56	110.91	98.86	98.11
Potencia Fuera Punta	kW	111.73	122.36	124.55	119.55

Tabla 4: Cuadro de gastos de potencia y energía del Hospital Essalud Chocope. Elaboración propia

Con los datos promedio de la tabla, se prepara el triángulo de energías del SEP del hospital Essalud Chocope

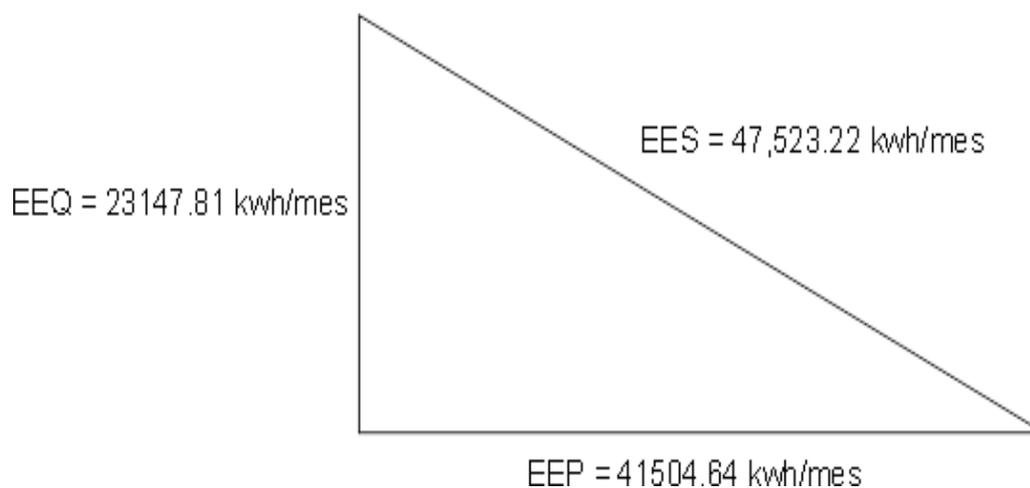


Figura 1: Triángulo de consumo energía del SEP del hospital Essalud Chocope. Elaboración propia

Cálculo del factor de potencia promedio,  $\cos \varphi$

$$\cos \varphi = \frac{EE_P}{EE_S} = \frac{41,504.64 \frac{\text{kwh}}{\text{mes}}}{47,523.22 \frac{\text{kvah}}{\text{mes}}} = 0.8733$$

Angulo de fase promedio:

$$\varphi = \arccos 0.873 = 29.15^\circ$$

• Se observa que el factor de potencia es muy bajo, lo que justifica el pago de energía reactiva

### 3.1.2 Determinación de la carga del transformador trifásico

a) En hora punta

Potencia activa promedio: 98.11 kw

Potencia reactiva promedio:  $Q_{HP} = P_{HP} * \tan \varphi = 98.11 * \tan 29.15 = 54.72 \text{ kvar}$

Potencia aparente:  $S_{HP} = \sqrt{P_{HP}^2 + Q_{HP}^2} = \sqrt{98.11^2 + 54.72^2} = 112.34 \text{ KVA}$

Carga del transformador trifásico:

$$\alpha_{HP} = \frac{S_{oper-HP}(\text{KVA})}{S_n(\text{KVA})} = \frac{112.34}{250} = 0.45$$

Es decir, el transformador trabaja, en horas fuera de punta, a 45 % de su capacidad nominal

b) En horas fuera de punta

Potencia activa promedio: 119.55 kw

Potencia reactiva promedio:  $Q_{HP} = P_{HP} * \tan \varphi = 119.55 * \tan 29.15 = 66.67 \text{ kvar}$

Potencia aparente:  $S_{HP} = \sqrt{P_{HP}^2 + Q_{HP}^2} = \sqrt{119.55^2 + 66.67^2} = 136.88 \text{ KVA}$

Carga del transformador trifásico:

$$\alpha_{HP} = \frac{S_{oper-HP}(KVA)}{S_n(KVA)} = \frac{136.88}{250} = 0.55$$

El transformador trabaja a 55 % de carga, en horas fuera de punta

• Parámetros eléctricos medidos en tablero de distribución

-Tensión: 220 V

Intensidad total en horas fuera de punta

$$I_{T-FP} = \frac{S_{oper-FP}(VA)}{\sqrt{3} * U_L} = \frac{136880}{\sqrt{3} * 220} = 359.22 \text{ A}$$

Intensidad total en horas punta

$$I_{T-HP} = \frac{S_{oper-HP}(VA)}{\sqrt{3} * U_L} = \frac{112,340}{\sqrt{3} * 220} = 294.82 \text{ A}$$

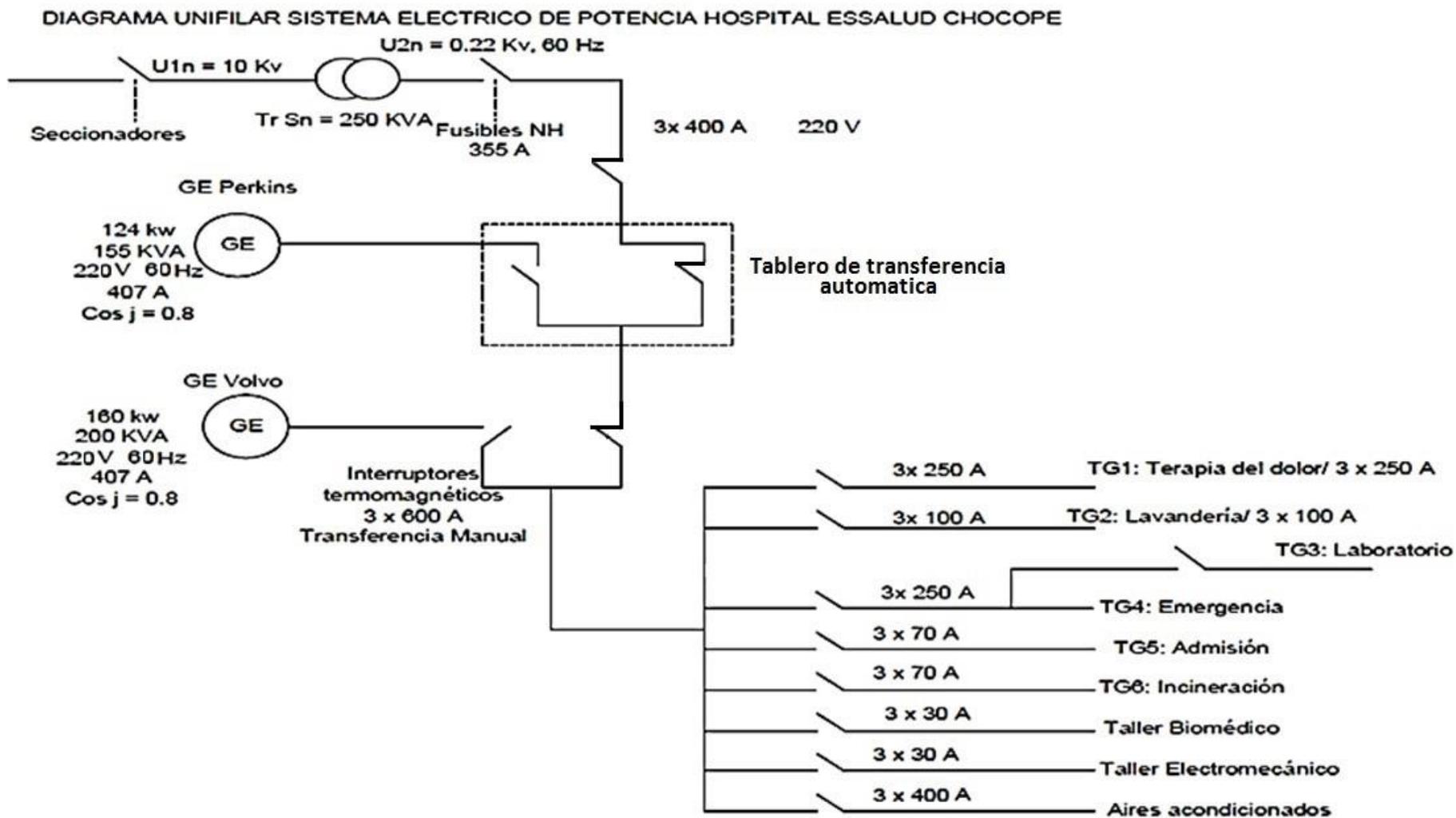


figura 2: Diagrama unifilar actual del SEP Essalud Chocope. Elaboración propia

### 3.1.3 Cálculo de eficiencia en operación del transformador trifásico

Con datos del transformador, con valores nominales:

- Potencia nominal,  $S_n = 250$  KVA
- Pérdida nominal en el Hierro: 2.35 kw
- Pérdida nominal en el Cobre: 5.73 kw

Se determina el rendimiento de operación del transformador:

$$\eta_{Tr-oper}(\%) = \frac{\alpha_{oper} * S_n * \cos\phi_2}{\alpha_{oper} * S_n * \cos\phi_2 + P_{Fe} + \alpha_{oper}^2 * P_{pn-Cu}}$$

- $\alpha_{oper} =$  Índice de carga del transformador en operación = 0.55
- $S_n =$  Potencia aparente nominal del transformador = 250 KVA
- $\cos\phi_2 =$  Factor de potencia del sistema = 0.83
- $P_{Fe} =$  Potencia perdida nominal en el Hierro (kW)
- $P_{pn-Cu} =$  Potencia perdida nominal en el cobre (kW)

Reemplazando:

$$\eta_{Tr-oper}(\%) = \frac{0.55 * 250 * 0.875}{0.55 * 250 * 0.875 + 2.35 + 0.55^2 * 5.73} * 100 = 96.72 \%$$

El rendimiento es un poco bajo, el transformador tiene más de 27 años de servicio continuo, sin ninguna repotenciación y tiene mantenimiento correctivo, solamente.

### 3.1.4 Cálculo de eficiencia máxima del transformador trifásico

Para determinar la eficiencia máxima se determina el índice de carga óptimo

$$\alpha_{opt} = \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{nCu}}} = \sqrt{\frac{2.35}{5.73}} = 0.64$$

$$\eta_{Tr-máx}(\%) = \frac{\alpha_{opt} * S_n * \cos\phi_2}{\alpha_{opt} * S_n * \cos\phi_2 + P_{Fe} + \alpha_{opt}^2 * P_{pn-Cu}}$$

$$\eta_{Tr-máx}(\%) = \frac{0.64 * 250 * 0.875}{0.64 * 250 * 0.875 + 2.35 + 0.64^2 * 5.73} * 100 = 96.75 \%$$

Se observa que el transformador no es de alta eficiencia, como los actuales, que alcanzan valores de 98.5%

-Pérdida de potencia en transformador:  $(1-0.9675) * 119.75 = 3.89$  kw

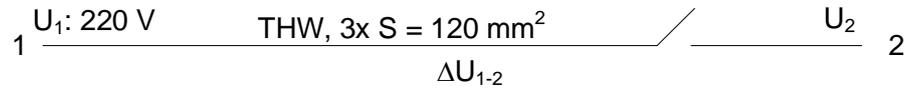
### 3.1.5 Cálculo de conductores trifásicos

Se hará el análisis de conductores en las ocho líneas de distribución, desde el tablero eléctrico general hasta los tableros eléctricos de distribución.

CALIBRE		CAPACIDAD DE CORRIENTE (A) CONDUCTORES TRIFÁSICOS DE COBRE								
		Temperatura ambiente: 30°C aire libre y 25°C enterrado TW, THW Y NNY Unipolar - 3 conductores por tubo								
Escala Métrica	Escala Americana	TW Tensión 660V, Temp. Max. 60°C		THW Tensión 750V, Temp. Max. 75°C		NYY - NYSY Tensión 0,6/1KV Temp. Max. 80°C			NYY - NYSY Tensión 0,6/1KV Temp. Max. 90°C	
		Tubo	Aire	Tubo	Aire	Tubo	Aire	Enterrado	Aire	Enterrado
mm²	AWG/MCM									
0.5		4	7							
0.52	20	5	8							
0.75		6	9							
0.82	18	7	10							
1		8	11							
1.31	16	10	15							
1.5		10	16	12	18	23	27	31	31	41
2.08	14	15	20	15	22					
2.5		18	22	20	25	35	38	45	41	54
3.31	12	20	25	20	28					
4		25	32	27	37	44	50	58	55	70
5.26	10	30	40	30	45					
6		35	45	38	52	56	66	76	69	87
8.37	8	40	55	45	65					
10		46	67	50	78	83	91	99	94	117
13.3	6	55	80	65	90					
16		62	90	75	105	110	125	125	125	151
21.15	4	70	105	85	120					
25		80	120	95	140	143	165	160	168	193
33.62	2	95	140	115	160					
35		100	150	120	175	176	200	195	206	231
42.41	1	110	165	125	195					
50		125	185	145	220	217	245	230	251	271
53.51	1/0	125	195	150	230					
67.44	2/0	145	225	175	265					
70		150	230	180	270	255	295	285	317	331
85.02	3/0	165	260	200	310					
95		180	275	215	330	305	355	335	393	395
107.2	4/0	195	300	230	360					
120		210	320	245	380	345	405	380	455	448
126.7	250	215	340	255	400					
150		240	375	285	445	395	465	430	523	500
152	300	240	375	285	445					
177.4	350	260	420	310	505					
185		275	430	320	515	440	530	485	604	562
202.7	400	280	455	335	545					
240		320	500	375	595	505	620	560	722	649
253.4	500	320	515	380	615					
300		355	575	420	690	575	700	635	834	730
304	600	355	575	420	690					
380	750	400	655	490	780					
400		430	695	490	825	665	860	715	969	827
500		490	790	580	950	750	975	800	1127	936
506,70	1000	590	790	580	950					

Tabla 5: Características de conductores trifásicos.

### 3.1.5.1 Línea de Terapia del dolor



En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 120 mm<sup>2</sup>, en tubo; con:

- Intensidad nominal: 245 A
- Temperatura máxima: 75°C
- Temperatura de referencia: 30°C
- Intensidad promedio de operación: 83 A
- Factor de potencia: 0.873
- Longitud: 47.5 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{83 \text{ A}}{245 \text{ A}} = 0.34 \text{ A}$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{47 \text{ m}}{120 \text{ mm}^2} = 6.85 * 10^{-3} \Omega.$$

En la cual:

- $\rho_{Cu}$ : resistividad eléctrica del cobre (w/(mm<sup>2</sup>\*°C))
- $L_{12}$ : longitud del cable 1-2 (m)
- $S_{12}$ : sección transversal del cable 1-2 (mm<sup>2</sup>)

- Caída de tensión en conductor 1-2:

$$\begin{aligned} \Delta U_{1-2} &= \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(A) \\ &= \sqrt{3} * 6.85 * 10^{-3} \Omega * 83 \text{ A} \\ &= 0.98 \text{ V} = 0.455\% U_B \end{aligned}$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(A^2)}{1000} (\text{kw}) = \frac{3 * 6.85 * 10^{-3} * 83^2}{1000} = 0.142 \text{ kw}$$

- Potencia entrada en conductor:

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} * I_{L1-2}(A) * \cos\varphi(-) * U_B(V)}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 83A * 0.873 * 220}{1000} = 27.61 \text{ kw}$$

- Potencia útil del conductor: Potencia entrada a tablero:

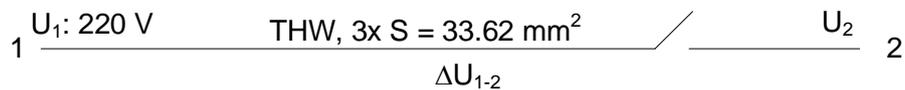
$$P_{u1-2} = P_1 - P_{pL1-2} = 27.61 - 0.142 = 27.47 \text{ kw}$$

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.142}{27.61} = 99.48\%$

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha_{1-2}^2 = 30 + (75 - 30) * 0.34^2 = 35.202^\circ\text{C}$$

### 3.1.5.2 Línea de lavandería



En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 33.62 mm<sup>2</sup>, en tubo; con:

- Intensidad nominal: 115 A
- Temperatura máxima: 75°C
- Temperatura de referencia: 30°C
- Intensidad promedio de operación: 12.97 A
- Factor de potencia: 0.873
- Longitud: 37.5 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{12.97 \text{ A}}{115} = 0.113$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * mm^2}{m} * \frac{37.5 m}{33.62 mm^2} = 0.0195 \Omega.$$

- $\rho_{Cu}$ : resistividad eléctrica del cobre (w/(mm2\*°C))
- $L_{12}$ : longitud del cable 1-2 (m)
- $S_{12}$ : sección transversal del cable 1-2 (mm2)

- Caída de tensión en conductor 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(A) = \sqrt{3} * 0.0195 \Omega * 12.97 A = 0.44 V = 0.2\% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(A^2)}{1000} (kw) = \frac{3 * 0.0195 * 12.97^2}{1000} = 9.84 * 10^{-3} kw$$

- Potencia entrada en conductor:

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} * I_{L1-2}(A) * \cos\varphi(-) * U_B(V)}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 12.97 A * 0.873 * 220}{1000} = 4.32 kw$$

- Potencia útil del conductor: Potencia entrada a tablero:

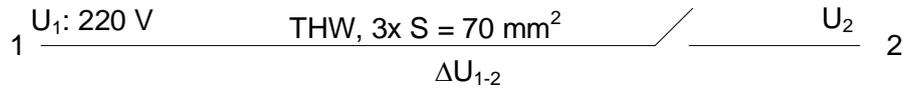
$$P_{u1-2} = P_1 - P_{pL1-2} = 4.32 - 9.84 * 10^{-3} = 4.31 kw$$

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{9.84 * 10^{-3}}{4.32} = 99.77 \%$

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha_{1-2}^2 = 30 + (75 - 30) * 0.113^2 = 30.57 \text{ °C}$$

### 3.1.5.3 Línea de Emergencia - Laboratorio



En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 70 mm<sup>2</sup>, en tubo; con:

- Intensidad nominal: 230 A
- Temperatura máxima: 75°C
- Temperatura de referencia: 30°C
- Intensidad promedio de operación: 16.30 A
- Factor de potencia: 0.873
- Longitud: 51.5 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{16.30 \text{ A}}{230} = 0.071$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * mm^2}{m} * \frac{51.5 \text{ m}}{70 \text{ mm}^2} = 0.0128 \Omega.$$

- $\rho_{Cu}$ : resistividad eléctrica del cobre (w/(mm<sup>2</sup>\*°C)
- $L_{12}$ : longitud del cable 1-2 (m)
- $S_{12}$ : sección transversal del cable 1-2 (mm<sup>2</sup>)

- Caída de tensión en conductor 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(\text{A}) = \sqrt{3} * 0.0128 \Omega * 16.30 \text{ A} = 0.36 \text{ V} = 0.16\% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(\text{A}^2)}{1000} (\text{kw}) = \frac{3 * 0.0128 * 16.3^2}{1000} = 0.0102 \text{ kw}$$

- Potencia entrada en conductor:

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} * I_{L1-2}(A) * \cos\varphi(-) * U_B(V)}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 16.30A * 0.873 * 220}{1000} = 5.42 \text{ kw}$$

- Potencia útil del conductor: Potencia entrada a tablero:

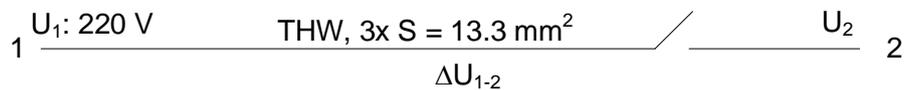
$$P_{u1-2} = P_1 - P_{pL1-2} = 5.42 - 0.0102 = 5.41 \text{ kw}$$

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.0102}{5.42} = 99.81 \%$

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha_{1-2}^2 = 30 + (75 - 30) * 0.071^2 = 30.23 \text{ °C}$$

### 3.1.5.4 Línea de Admisión



En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 13.3 mm<sup>2</sup>, en tubo; con:

- Intensidad nominal: 65 A
- Temperatura máxima: 75°C
- Temperatura de referencia: 30°C
- Intensidad promedio de operación: 27.7 A
- Factor de potencia: 0.873
- Longitud: 48.5 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{27.7 \text{ A}}{65} = 0.43$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * mm^2}{m} * \frac{48.5 m}{13.3 mm^2} = 0.065 \Omega.$$

- $\rho_{Cu}$ : resistividad eléctrica del cobre (w/(mm2\*°C))
- $L_{12}$ : longitud del cable 1-2 (m)
- $S_{12}$ : sección transversal del cable 1-2 (mm2)

- Caída de tensión en conductor 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(A) = \sqrt{3} * 0.065 \Omega * 27.7A = 3.12 V = 1.42\% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(A^2)}{1000} (kw) = \frac{3 * 0.065 * 27.7^2}{1000} = 0.149 kW$$

- Potencia entrada en conductor:

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} * I_{L1-2}(A) * \cos\varphi(-) * U_B(V)}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 27.7A * 0.873 * 220}{1000} = 9.214 kw$$

- Potencia útil del conductor: Potencia entrada a tablero:

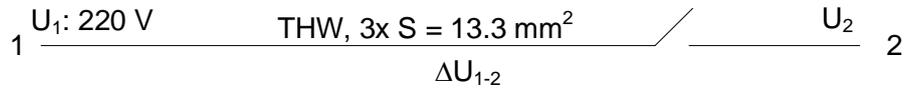
$$P_{u1-2} = P_1 - P_{pL1-2} = 9.214 - 0.149 = 9.065 kw$$

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.149}{9.214} = 98.38 \%$

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha_{1-2}^2 = 30 + (75 - 30) * 0.43^2 = 38.32 \text{ °C}$$

### 3.1.5.5 Línea de Incineración



En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 13.3 mm<sup>2</sup>, en tubo; con:

- Intensidad nominal: 65 A
- Temperatura máxima: 75°C
- Temperatura de referencia: 30°C
- Intensidad promedio de operación: 25.2 A
- Factor de potencia: 0.873
- Longitud: 40.5 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{25.2 \text{ A}}{65} = 0.39$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{40.5 \text{ m}}{13.3 \text{ mm}^2} = 0.053 \Omega.$$

- $\rho_{Cu}$ : resistividad eléctrica del cobre (w/(mm<sup>2</sup>\*°C))
- $L_{12}$ : longitud del cable 1-2 (m)
- $S_{12}$ : sección transversal del cable 1-2 (mm<sup>2</sup>)

- Caída de tensión en conductor 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(\text{A}) = \sqrt{3} * 0.053 \Omega * 25.2 \text{ A} = 2.32 \text{ V} = 1.05\% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(\text{A}^2)}{1000} (\text{kw}) = \frac{3 * 0.053 * 25.2^2}{1000} = 0.10 \text{ kw}$$

- Potencia entrada en conductor:

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} * I_{L1-2}(A) * \cos\varphi(-) * U_B(V)}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 25.2A * 0.873 * 220}{1000} = 8.38 \text{ kw}$$

- Potencia útil del conductor: Potencia entrada a tablero:

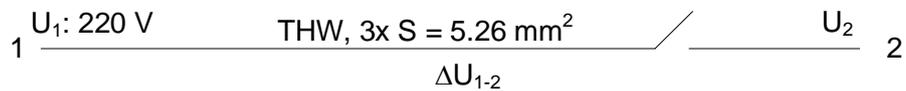
$$P_{u1-2} = P_1 - P_{pL1-2} = 8.38 - 0.10 = 8.28 \text{ kw}$$

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.10}{8.38} = 98.81 \%$

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha_{1-2}^2 = 30 + (75 - 30) * 0.39^2 = 36.84 \text{ °C}$$

### 3.1.5.6 Línea de Taller Biomédico



En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 5.26 mm<sup>2</sup>, en tubo; con:

- Intensidad nominal: 30 A
- Temperatura máxima: 75°C
- Temperatura de referencia: 30°C
- Intensidad promedio de operación: 21.70 A
- Factor de potencia: 0.873
- Longitud: 32 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{21.7 \text{ A}}{30} = 0.72$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{32 \text{ m}}{5.26 \text{ mm}^2} = 0.106 \Omega.$$

- $\rho_{Cu}$ : resistividad eléctrica del cobre (w/(mm<sup>2</sup>\*°C)
- $L_{12}$ : longitud del cable 1-2 (m)
- $S_{12}$ : sección transversal del cable 1-2 (mm<sup>2</sup>)

- Caída de tensión en conductor 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(\text{A}) = \sqrt{3} * 0.106 \Omega * 21.7 \text{ A} = 3.98 \text{ V} = 1.81\% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(\text{A}^2)}{1000} (\text{kw}) = \frac{3 * 0.106 * 21.7^2}{1000} = 0.15 \text{ kw}$$

- Potencia entrada en conductor:

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} * I_{L1-2}(\text{A}) * \text{Cos}_\varphi(-) * U_B(\text{V})}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 21.7 \text{ A} * 0.873 * 220}{1000} = 7.22 \text{ kw}$$

- Potencia útil del conductor: Potencia entrada a tablero:

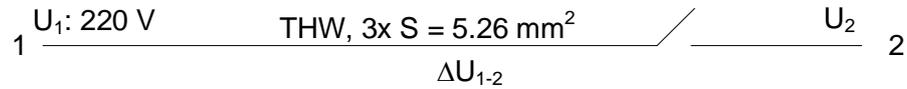
$$P_{u1-2} = P_1 - P_{pL1-2} = 7.22 - 0.15 = 7.07 \text{ kw}$$

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.15}{7.07} = 97.88 \%$

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha_{1-2}^2 = 30 + (75 - 30) * 0.72^2 = 53.33 \text{ °C}$$

### 3.1.5.7 Línea de Taller Electromecánico



En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 5.26 mm<sup>2</sup>, en tubo; con:

- Intensidad nominal: 30 A
- Temperatura máxima: 75°C
- Temperatura de referencia: 30°C
- Intensidad promedio de operación: 27.60 A
- Factor de potencia: 0.873
- Longitud: 35 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{27.6 \text{ A}}{30} = 0.92$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{35 \text{ m}}{5.26 \text{ mm}^2} = 0.116 \Omega.$$

- $\rho_{Cu}$ : resistividad eléctrica del cobre (w/(mm<sup>2</sup>\*°C)
- $L_{12}$ : longitud del cable 1-2 (m)
- $S_{12}$ : sección transversal del cable 1-2 (mm<sup>2</sup>)

- Caída de tensión en conductor 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(\text{A}) = \sqrt{3} * 0.116 \Omega * 27.6 \text{ A} = 5.54 \text{ V} = 2.52\% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(\text{A}^2)}{1000} (\text{kw}) = \frac{3 * 0.116 * 27.6^2}{1000} = 0.26 \text{ kw}$$

- Potencia entrada en conductor:

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} * I_{L1-2}(A) * \cos\varphi(-) * U_B(V)}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 27.6A * 0.873 * 220}{1000} = 9.18 \text{ kw}$$

- Potencia útil del conductor: Potencia entrada a tablero:

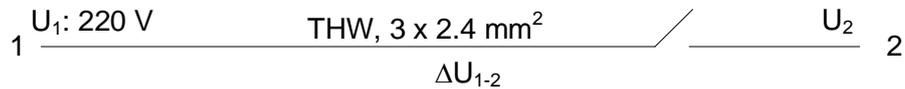
$$P_{u1-2} = P_1 - P_{pL1-2} = 9.18 - 0.26 = 8.92 \text{ kw}$$

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.26}{9.18} = 97.17 \%$

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha_{1-2}^2 = 30 + (75 - 30) * 0.92^2 = 68 \text{ °C}$$

### 3.1.5.8 Línea de aire acondicionado



En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 5.26 mm<sup>2</sup>, en tubo; con:

- Intensidad nominal: 380 A
- Temperatura máxima: 75°C
- Temperatura de referencia: 30°C
- Intensidad promedio de operación: 86.2 A
- Factor de potencia: 0.873
- Longitud: 48 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{86.2 \text{ A}}{380} = 0.23$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * mm^2}{m} * \frac{48 m}{253.4 mm^2} = 0.0033 \Omega.$$

- $\rho_{Cu}$ : resistividad eléctrica del cobre (w/(mm<sup>2</sup>\*°C))
- $L_{12}$ : longitud del cable 1-2 (m)
- $S_{12}$ : sección transversal del cable 1-2 (mm<sup>2</sup>)

- Caída de tensión en conductor 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(A) = \sqrt{3} * 0.0033 \Omega * 86.2 A = 0.49 V = 0.23 \% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(A^2)}{1000} (kw) = \frac{3 * 0.0033 * 86.2^2}{1000} = 0.074 kw$$

- Potencia entrada en conductor:

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} * I_{L1-2}(A) * \cos_{\varphi}(-) * U_B(V)}{1000} = \frac{\sqrt{3} * 86.2 A * 0.873 * 220}{1000} = 28.64 kw$$

- Potencia útil del conductor: Potencia entrada a tablero:

$$P_{u1-2} = P_1 - P_{pL1-2} = 28.64 - 0.074 = 28.566 kw$$

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.074}{28.64} = 99.74 \%$

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha_{1-2}^2 = 30 + (75 - 30) * 0.23^2 = 32.38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Potencia pérdida total en conductores:

$$P_{pT-duct} = 0.142 + 9.84 * 10^{-3} + 0.0102 + 0.149 + 0.10 + 0.15 + 0.26 + 0.074 = 0.895 \text{ kw}$$

- **Cálculo del rendimiento del sistema eléctrico de potencia**

Se hará desde el sub sistema de transformación de tensión hasta la línea de distribución, entrada a tableros de distribución secundaria

$$\eta_{SEP-Essalud} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi}}{P_{abs}}$$

Siendo

$$\sum_{i=1}^n P_{pi} : \text{pérdidas en transformador + pérdidas en conductores (kw)}$$

- Pérdidas en transformador: 3.892 kw
- Entonces, la pérdida total será:  $3.892 + 0.895 = 4.787 \text{ kw}$

Resulta, reemplazando y procesando:

$$\eta_{SEP-Essalud} = 1 - \frac{4.787 \text{ kw}}{119.75 \text{ kw}} = 96 \%$$

### **3.2. Establecer la propuesta de mejora del SEP Essalud Chocope.**

De los resultados de la auditoría al SEP Essalud Chocope, se observa que es conveniente realizar mejoras en el transformador eléctrico, realizar la instalación del banco de condensadores, para dejar de pagar energía reactiva, así mismo cambiar los conductores trifásicos, con el fin de reducir las pérdidas de potencia.

#### **3.2.1 Cambio de transformador trifásico**

El transformador trifásico actual tiene más de 27 años de servicio continuo y ha tenido reparaciones que han afectado su rendimiento operacional actual.

Es del tipo con aceite, recibe 10 Kv, en estrella y entrega 220 V en triángulo, sin neutro lo que genera problemas en los dispositivos eléctricos de protección y también en los de puestas a tierra. Dicho transformador es de montaje en poste.

Otro aspecto muy importante es que, según las normas para hospitales, la distribución de energía eléctrica se debe hacer en cuatro hilos, es decir, en estrella, en 380 V, trifásicos, para asegurar que la alimentación monofásica se realice en 220 V, con neutro.

Por lo expuesto anteriormente, por eficiencia y seguridad operacional, se propone el cambio a un transformador del tipo encapsulado, seco.

Un transformador seco es un transformador que no precisa de ningún tipo de fluido para refrigerarse, esto lo realiza de modo natural.



Figura 11: *Transformador tipo poste a la intemperie.*

### Características técnicas del nuevo transformador:

- Potencia nominal: 250 kVA.
- Tensión nominal: 10 kV.
- Tensión máxima de aislamiento: 12 Kv.
- Bill exterior: 95 kV.
- Tensión de prueba a 60 Hz x minuto: 28
- Conexión: Delta
- Lado de baja tensión.
- Tensión nominal: 230 V
- Tensión máxima de aislamiento: 1.1 kV.
- Tensión de prueba a 60 Hz x 1 minuto: 3 kV.
- Número de terminales: 4
- Conexión: Estrella
- Grupo de conexión: Dyn5.
- Frecuencia: 60 Hz.
- Tipo de montaje: en poste, exterior.
- Rango de altura de operación: 2000 msnm
- Normas de referencia:
- Diseño, fabricación y pruebas: IEC - 60076, NTP 0370.002
- Accesorios estándar

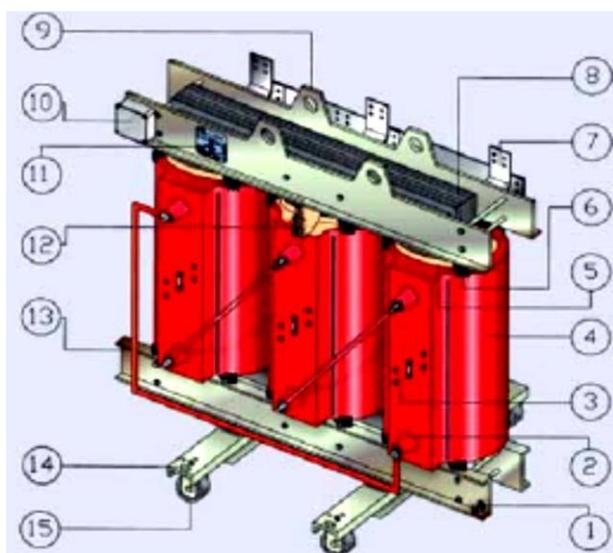


Figura 12: Transformador trifásico encapsulado (PROMELSA, 2010)

1. Bornes de puesta a tierra
2. Aisladores de media tensión
3. Regulación de media tensión
4. Devanado de media tensión
5. Devanado de baja tensión
6. Tapones de apretado
7. Barras de salida baja tensión
8. Núcleo magnético
9. Orejas de tiraje
10. Caja de centralización sondas
11. Placa de características
12. Termosondas para control de temperatura
13. Barras de fijación del núcleo
14. Argollas de traslado longitudinal
15. Ruedas orientables ortogonalmente

Parámetros de funcionamiento:

- Potencia: 250 KVA
- Clase: 12 kV
- Potencia perdida en el Hierro: 800 w
- Potencia perdida nominal en el cobre: 3400 w
- Tensión de corto circuito: 6%
- Intensidad en vacío,  $I_0$ : 1.42 %
- Nivel de ruido: 65 dB

**Dimensiones:**

- A: 1230 mm
- B: 670 mm
- C: 1200 mm
- D: 520 mm
- Peso: 970 kg

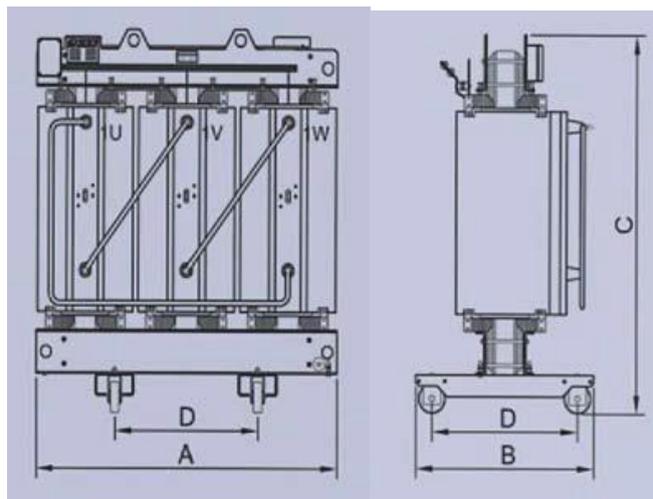


Figura 13: Dimensiones transformador encapsulado (PROMELSA, 2010)

- Cálculo de eficiencia en transformador nuevo:

$$\eta_{\text{Trafo nuevo-oper}}(\%) = \frac{0.485 * 250 * 0.99}{0.485 * 250 * 0.99 + 0.8 + 0.485^2 * 3.4} * 100 = 98.68 \%$$

- Se observa que existiría un aumento de la eficiencia del transformador desde 96.72% actualmente, hasta 98.68 % con el transformador nuevo,

### 3.2.2 Instalación de banco de condensadores

Se determinó que el SEP de Essalud Chocope opera con un valor promedio del factor de potencia igual a 0.873, bajo, lo que ocasiona que se pague energía reactiva, además de aumentar la intensidad de corriente.

Para mejorar la situación, y reducir las pérdidas en los conductores, se dimensiona e instala un banco de condensadores, centralizado, automático.

#### Parámetros de operación actuales del SEP Essalud Chocope:

- Potencia activa, P1: 119.55 kW
- Potencia reactiva, Q1: 66.67 kVAR
- Potencia aparente, S1: 136.88 KVA
- Factor de potencia,  $\cos\phi$ : 0.873
- Un: 220 V
- Intensidad total de línea, IL1: 359.22 A

- Factor de potencia proyectado ( $\cos\phi$ ): 0.99
- Ángulo de desfase intensidad – corriente nuevo,  $\phi_2$ :

$$\phi_2 = \arccos 0.99 = 8.11^\circ$$

- Potencia reactiva nueva, total, con compensación del factor de potencia,  $Q_2$ :

$$Q_2 = P_1(kW) * \tan\phi_2 = 119.55 * \tan 8.11 = 17 \text{ kVAR}$$

- Potencia necesaria del banco de condensadores:

$$Q_{\text{banco-Condens}} = Q_1 - Q_2 = 66.67 - 17 = 49.67 \text{ kVAR}$$

Se redondea la potencia necesaria del banco de condensadores a 50 kVAR.

- En arreglo trifásico en estrella:

Tres condensadores monofásicos por fase con las siguientes características:

$$Q_n\text{-condensador} = 6,000 \text{ VAR}$$

$$\text{Frecuencia} = 60 \text{ Hz}$$

$$\text{Tensión en bornes: } 220 \text{ V}$$

#### **Cálculo de la capacidad del capacitor monofásico:**

$$C_{\text{condens}} = \frac{Q_n(\text{Var})}{2\pi * f * U_n^2} = \frac{6000 \text{ VAR}}{2\pi * 60 * 220^2} = 3.28 * 10^{-4} \text{ F} = 0.328 \text{ mF}$$

### **3.2.3 Cambio de Conductores trifásicos**

Se observa que, de todas las líneas de distribución, es recomendable cambiar los conductores que alimentan al taller biomédico y a taller electromecánico

#### **a) Cambio de conductor en línea de Taller Biomédico**

En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 5.26 mm<sup>2</sup>, se cambiará por el conductor THW de 13.3 mm<sup>2</sup>, con:

- Intensidad nominal: 55 A, Temperatura máxima: 75°C, Temperatura de referencia: 30°C, Intensidad promedio de operación: 21.70 A, Factor de potencia: 0.99. Longitud: 32 m

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{21.7 \text{ A}}{55} = 0.39$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{32 \text{ m}}{13.3 \text{ mm}^2} = 0.0421 \Omega$$

- Caída de tensión del nuevo conductor, de 13.3 mm<sup>2</sup>:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(A) = \sqrt{3} * 0.0421 \Omega * 21.7 \text{ A} = 1.58 \text{ V} = 0.72\% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(A^2)}{1000} (\text{ kw}) = \frac{3 * 0.0421 * 21.7^2}{1000} = 0.0595 \text{ kw}$$

Como la potencia entrada a tablero es de 7.07 Kw

La potencia entrada al conductor: 7.07 + 0.0595 = 7.13 kW

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.0595}{7.13} = 99.16 \%$

Se observa que la eficiencia del conductor aumenta desde 97.88 a 99.16%

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha^2_{1-2} = 30 + (75 - 30) * 0.39^2 = 36.84 \text{ }^\circ\text{C}$$

Se aprecia que su temperatura de operación se reduce de 53.33 a 36.84 °C

## b) Cambio de conductor en línea de Taller Electromecánico

En esta línea se utiliza cable trifásico tipo THW, 3 x 5.26 mm<sup>2</sup>, se cambiará por el conductor THW de 3 x 13.3 mm<sup>2</sup>, con:

- Intensidad nominal: 55 A, Temperatura máxima: 75°C, Temperatura de

referencia: 30°C, Intensidad promedio de operación: 27.6 A, Factor de potencia: 0.99. Longitud: 35 m.

- Índice de carga del conductor:

$$\alpha_{oper1} = \frac{I_{oper1}}{I_{n1}} = \frac{27.6 \text{ A}}{55} = 0.502$$

- Resistencia óhmica de la línea:

$$R_1 = \rho_{Cu} * \frac{L_{12}}{S_{12}} = 0.0175 \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{35 \text{ m}}{13.3 \text{ mm}^2} = 0.046 \Omega$$

- Caída de tensión del conductor nuevo, de 13.3 mm2:

$$\Delta U_{1-2} = \sqrt{3} * R_{L1-2} * I_{L1-2}(\text{A}) = \sqrt{3} * 0.046 \Omega * 27.6 \text{ A} = 2.2 \text{ V} = 1 \% U_B$$

- Potencia perdida en conductor:

$$P_{pL1-2} = \frac{3 * R_{L1-2}(\Omega) * I_{L1-2}^2(\text{A}^2)}{1000} (\text{kw}) = \frac{3 * 0.046 * 27.6^2}{1000} = 0.105 \text{ kW}$$

Como la potencia entrada a tablero es de 8.92 Kw

La potencia entrada al conductor: 8.92 + 0.105 = 9.025 kW

- Eficiencia del conductor  $\eta_{L1-2} = 1 - \frac{P_{pL1-2}}{P_1} = 1 - \frac{0.105}{9.025} = 98.88 \%$

Se observa que la eficiencia del conductor aumenta desde 97.17 a 98.88%

- Temperatura de operación del conductor:

$$T_{oper L1-2} = t_0 + (t_n - t_0) * \alpha^2_{1-2} = 30 + (75 - 30) * 0.502^2 = 41.34 \text{ °C}$$

Se aprecia que la temperatura de operación se reduce de 68 a 41.34 °C

### 3.2.4 Cambio de luminarias

El Hospital Essalud de Chocope está equipado con luminarias de vapor de mercurio con las siguientes características:

- Pn: 36 w
- Número: 330 luminarias (lámparas fluorescentes)
- Capacidad luminosa: 2700 lumen
- Factor de potencia: 0.873

Se propone el cambio por luminarias LED, con las siguientes características:

- Pn: 14 w
- Número: 330 luminarias (lámparas LED)
- Capacidad luminosa: 3,300 lumen
- Factor de potencia: 0.99

Potencia consumida por las luminarias actuales:

$$P_{\text{Lamp-fluoresc}} = 330 \text{ piezas} * 36 \frac{\text{w}}{\text{pieza}} = 11880 \text{ w}$$

Potencia proyectada por las luminarias LED:

$$P_{\text{Lamp-fluoresc}} = 330 \text{ piezas} * 14 \frac{\text{w}}{\text{pieza}} = 4620 \text{ w}$$

Reducción de la potencia absorbida por cambio de luminarias:

$$\Delta P_{\text{Cbio-lumin}} = 11880 - 4620 = 7260 \text{ w}$$

Aumento de la iluminación por cambio de luminarias:

Capacidad actual de iluminación:

$$\Phi_{T1} = 330 \text{ LF} * 2,700 \frac{\text{lumen}}{\text{LF}} = 891,000 \text{ lumen}$$

Capacidad proyectada de iluminación:

$$\Phi_{T1} = 330 \text{ LF} * 3,300 \frac{\text{lumen}}{\text{LF}} = 1'089,000 \text{ lumen}$$

Aumento de la capacidad de iluminación: 1'089,000 – 891,000 = 198,000 lumen que es la capacidad de 73 lámparas fluorescentes actuales.

### 3.3. Establecer las nuevas capacidades, eficiencia y costo de operación del sistema eléctrico de potencia.

Con esta implementación de mejoras, se tendrán las siguientes potencias, como valores promedio:

- Potencia activa:  $P_2: P_1 - \Delta P_{cd} - \Delta P_{pLumin} - \Delta P_{pTransf}$
- Potencia activa:  $119.55 - 0.0905 - 7.26 - 2.465 = 109.73 \text{ kW}$

Dónde:

$\Delta P_{cd}$ : Reducción de pérdida de potencia en conductores

$\Delta P_{pLumin}$ : Reducción de pérdida de potencia por cambio de luminarias

$\Delta P_{pTransf}$ : Reducción de pérdida de potencia por cambio de transformador

- Potencia reactiva,  $Q_2$ :

$$Q_2: 109.73 * \tan 8.11 = 15.64 \text{ kVAR}$$

- Potencia aparente,  $S_2$ :

$$S_2 = \sqrt{\frac{P_2^2}{2} + \frac{Q_2^2}{2}} = \sqrt{109.73^2 + 15.64^2} = 110.84 \text{ KVA}$$

- Factor de potencia nuevo,  $\cos \phi_2$ : 0.99
- Angulo de desfase tensión – Intensidad:  $8.11^\circ$
- Tensión en bornes del transformador nuevo: 380 V
- Intensidad total de línea,  $I_{L1}$ : 359.22 A

$$I_{L2} = \frac{P_2}{\sqrt{3} * U_L * \cos \phi_2} = \frac{109,730 \text{ w}}{\sqrt{3} * 380 \text{ V} * 0.99} = 168.40 \text{ A}$$

- Reducción de la intensidad de corriente que suministra el transformador:

$$\Delta I_L = I_{L1} - I_{L2} = 359.22 - 168.40 = 190.82 \text{ A}$$

Se observa que, por cambiar de transformador que entrega tensión trifásica de 220 V en triángulo a transformador de tensión  $U_2 = 380$  V en estrella, con neutro, y por aumentar el factor de potencia y reducir las pérdidas en conductores, la disminución de la intensidad total de corriente que debe suministrar el transformador se reduce en 190.98 A, es decir en 53.14 % en relación a la intensidad de línea inicial.

• **Cálculo del rendimiento del sistema eléctrico de potencia con mejoras**

Se hará desde el sub sistema de transformación de tensión hasta la línea de distribución, entrada a tableros de distribución secundaria

$$\eta_{SEP-Essalud} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi}}{P_{abs}}$$

Siendo

$$\sum_{i=1}^n P_{pi} : \text{pérdidas en transformador + pérdidas en conductores (kw)}$$

- Pérdidas en transformador:  $P_{abs1} - P_{abs2} = 121.643 - 119.75 = 1.893$  kw
- Potencia pérdida total en conductores:

$$P_{pT-Conduct} = 0.142 + 9.84 * 10^{-3} + 0.0102 + 0.149 + 0.10 + 0.0595 + 0.105 + 0.074 = \mathbf{0.65 \text{ kw}}$$

Entonces, la pérdida total será:  $1.893 + 0.65 = \mathbf{2.543 \text{ kw}}$

Resulta, reemplazando y procesando:

$$\eta_{SEP-Essalud} = 1 - \frac{2.543 \text{ kw}}{109.73 \text{ kw}} = 97.68 \%$$

Aumento del rendimiento del sistema eléctrico de potencia del hospital Essalud

Chocope:

$$\Delta\eta = 97.68 - 96 = \mathbf{1.68 \%$$

### **3.4. Análisis de protección eléctrica en baja tensión, trifásica y monofásica.**

#### **3.4.1. Cálculo de puesta a tierra para nuevo transformador**

##### **a) Cálculo del conductor de conexión a la Puesta a tierra en MT**

Según la regla 033 del CNE, nos dice que la capacidad de corriente del conductor eléctrico de puesta a tierra no debe de ser menor a la capacidad de corriente total del transformador y que el electrodo deberá ser de cobre u otro metal que sea resistente a la corrosión y que presente buena conducción (baja resistencia). (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

Realizamos el cálculo para hallar la corriente nominal del transformador a plena carga.

$$I_d = \frac{S_n(VA)}{\sqrt{3} * U_n(V)} = \frac{250,000 \text{ VA}}{\sqrt{3} * 10,000 \text{ V}} = 14.43 \text{ A}$$

Teniendo la corriente nominal del transformador a plena carga y sabiendo que la capacidad del conductor eléctrico tendrá que ser mayor o igual a este, escogemos un conductor que cumpla estas características es el conductor de cobre, tipo TW - 35 mm<sup>2</sup> de temple blando cuya capacidad de corriente, instalado en tubo, es de 100 Amperios.

##### **b) Puesta a tierra utilizando varillas para media tensión**

Considerando un pozo a tierra vertical se tendría que utilizar un electrodo o varilla de cobre con un diámetro igual o mayor a 5/8" o 16 mm, y que tenga una longitud de 2.40 metros recomendado en manual IEEE "Recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems", y se considerara para calculo una resistividad de terreno de 100 ohmios por metro siempre y cuando este sea un terreno de tipo turba húmeda y de fácil penetración. (IEEE Industry Applications Society, 2007)

$$R_T = \frac{\rho}{2\pi L} * \left( \text{Ln} \frac{4L}{d} - 1 \right)$$

Dónde:  $\rho$  = Resistividad específica del terreno: 100 ohm-m.

L= Longitud de la varilla de cobre : 2.40 m.

d = Diámetro de la varilla de cobre : 0.016 m.

Ln =Logaritmo neperiano

Si Reemplazamos los valores se tiene:

$$R_T = \frac{100}{2\pi * 2.4} * \left( \text{Ln} \frac{4 * 2.4}{0.016} - 1 \right) = 35.87\Omega$$

De acuerdo a lo estipulado en el CNE se requiere una resistencia menor a los 25  $\Omega$ , el terreno de alta resistividad se reducirá parcialmente realizando el zarandeo de la tierra, desechando las piedras contenidas y ejecutando el tratamiento con sales higroscópicas (bentonita + sal mineral), logrando reducir aproximadamente, según experiencias en 40% de la resistividad del terreno o sea a 60  $\Omega$ -m, luego el valor final es:

$$R_T = \frac{60}{2\pi * 2.4} * \left( \text{Ln} \frac{4 * 2.4}{0.0158} - 1 \right) = 21.52 \Omega$$

El valor es menor a 25 Ohm y cumple con lo recomendado por el código nacional de electricidad para puestas a tierra.

### c) Puesta a tierra utilizando varilla para baja tensión

Si consideramos el mismo tipo de terreno del pozo a tierra que el anterior, se procede a reducir la resistividad del terreno original:

#### i) Cambio de terreno

El terreno será cambiado en su totalidad, teniendo un radio de buen terreno entre 30 y 50 cm en todo el contorno de la varilla, hasta el fondo; y con el debido cuidado en la compactación para su adherencia y eliminación del aire introducido en la tierra

en el manipuleo, el porcentaje de reducción de la resistividad natural del terreno es del 40%.

### **ii) Tratamiento del suelo**

Después de haber hecho el cambio del terreno se realiza el tratamiento del suelo con bentonita y sal mineral, que establece normalmente una reducción de la resistencia inicial según experiencias en 40%. Luego de haber realizado estos dos procedimientos la resistividad inicial disminuye en 80 %, quedando al final con 20  $\Omega$ -m, y cambiando luego el valor final es:

$$R_T = \frac{20}{2\pi * 2.4} * (\text{Ln} \frac{4 * 2.4}{0.0158} - 1) = 7.174 \Omega < 10\Omega$$

Esto deberá ser verificado en la práctica

### **d) Electrodo de puesta a tierra:**

Según el CNE, estos deberán ser de cobre electrolítico o de un material que sea resistente a la corrosión con una longitud no menor a 2.40 metros y un diámetro mayor o igual a 16 mm el cual será provisto de conectores que sujeten el electrodo con el cable eléctrico proveniente del tablero o el sistema que se desea proteger. El calibre de este cable no podrá ser menor a 10 mm según lo estipulado en código nacional de electricidad. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

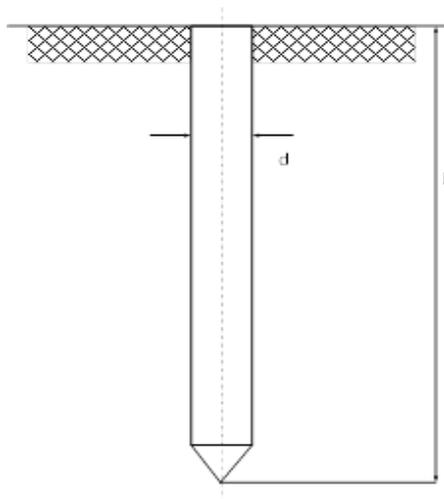
#### **i) Excavación y preparación del pozo**

Si se considera un electrodo con una longitud de 2.40 metros, normalmente se prevé de un pozo de hasta 2.8m de profundidad, con un diámetro en la boca de 1m y en la base de 0.8m. La preparación del lecho profundo consiste en verter, en el pozo una solución salina de 25 Kg. de cloruro de sodio en 150 litros de agua y esperar que sea absorbido para luego esparcir la reserva de 15 Kg. de sal en grano en el fondo.

#### **ii) Relleno, tratamiento y colocación del electrodo**

El relleno se prepara mezclando en seco la tierra fina del sitio con bentonita (arcilla natural) o con Thor Gel, y si fuera el caso con tierra fina vegetal de otro lugar,

pero que no sea tierra de cultivo, porque es corrosiva y ataca al cobre. Luego se esparce lentamente la mezcla tierra-bentonita adicionando agua, con el fin de que se forme una mezcla saturada de humedad (argamasa)



**Figura 14:** Puesta a tierra para transformador 250 kVA. Elaboración propia.

La medición del pozo de tierra se efectuará según lo dispuesto en el CNE y este deberá tener una resistencia menor a 25 ohmios. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

### 3.5. Análisis económico de la inversión.

#### 3.5.1. Inversiones en nuevo transformador

- Potencia del transformador trifásico: 250 kVA
- Costo del transformador: 24,750 soles
- Costo de mano de obra instalación del nuevo transformador:
- Número de trabajadores: 6
- Tiempo de instalación, incluye preparación de tableros: 10 días
- Costo unitario: 85 soles/(día\*operario).

#### Costo M.O. instalación del transformador:

- $6 \text{ operarios} * 10 \text{ días/operario} * 85 \text{ soles/día} = 5,100 \text{ soles}$
- Costo insumos eléctricos: 4700 soles

### **Obras civiles:**

Costo mano de obra:

- 6 operarios\* 7 días/operario\*60 soles/operario:2520 soles
- Costo de materiales para caseta de transformación: 4500 soles

Sub total costo de obras civiles:  $2520 + 4500 = 7020$  soles

### **Sub total inversión cambio transformador trifásico:**

$$5,100 + 4,700 + 7,020 = 16,820 \text{ S/}.$$

### **3.5.2. Inversiones en banco de condensadores**

Potencia del banco de condensadores trifásicos: 50 kVAR

- Costo del banco de condensadores: 4700 soles
- Costo de accesorios: 1700 soles
- Costo de dispositivos de accionamiento, protección y medición: 3500
- Costo de tablero: 1000 soles
- Costo de mano de obra: 1200 soles

**Sub total inversión en banco de compensación:** 12,100 soles

### **3.5.3. Inversiones en cambio de conductores trifásicos**

#### **3.5.3.1. Cambio de conductor en línea de Taller Electromecánico**

- Conductor: THW de 13.3 mm<sup>2</sup>, 35 m
- Precio del cable: 815 soles
- Accesorios de instalación: 320 soles
- Mano de obra instalación: 410 soles

**Sub total costo cambio de conductor de línea del taller biomédico:** 1,545 soles

#### **3.5.3.2. Cambio de conductor en línea de Taller Biomédico**

- Conductor: THW de 13.3 mm<sup>2</sup>, 32 m
- Precio del cable: 800 soles

- Accesorios de instalación: 320 soles
- Mano de obra instalación: 410 soles

**Sub total costo cambio de conductor de línea del taller biomédico: 1,530 soles.**

#### **3.5.4. Inversiones en cambio de Luminarias**

- Pn: 14 w. Número: 330 luminarias (lámparas LED)
- Costo unitario de lámpara LED: 18.5 soles/pieza

Sub total costo adquisición de LEDS: 330 lámparas LED\*18.5 soles/pieza = 6,105 soles

- Costo de accesorios: 250 soles
- Mano de obra: 100 soles

**Sub total cambio de luminarias de vapor de sodio por lámparas LED: 6,455 soles**

#### **3.5.5. Inversión en línea de puesta a tierra**

- Materiales: 675 soles
- Mano de obra: 250 soles
- Insumos eléctricos: 345 soles
- Gel: 1100 soles

**Sub total inversión en línea de puesta a tierra en BT: 2,370 soles**

- **Total de inversiones en SEP Essalud Chocope:**

$$16,820 + 12,100 + 1,545 + 1,530 + 6,455 + 2,370 = \mathbf{40,820 \text{ soles}}$$

#### **3.5.6. Beneficio económico**

##### **3.5.6.1. Reducción de potencia activa en SEP:**

- Por cambio de luminarias: 7.26 kW

- Por cambio de conductores: 0.0905 kW
- Por cambio de transformador: 2.4656 kW

Total de reducción de potencia activa por mejoras: 9.82 kW

Costo unitario de la energía activa: 0.0235 soles/kW-h

Sub total beneficio por reducción de energía activa:

$$9.82\text{kW} * 8760 \text{ h/año} * 0.0235 \text{ soles/kW-h} = 20,215.452 \text{ soles/año}$$

### 3.5.6.2. Por reducción de energía reactiva:

- Energía reactiva promedio mensual: 34,060 kVar-h/mes
- Energía activa promedio mensual: 41,504.64 kW-h/mes
- Costo unitario de energía reactiva: 0.042 soles/kVar-h
- Tiempo de operación: 8,760 h/año

Sub total beneficio por reducción de energía reactiva:

$$B_{EQ} = (EE_Q - 0.3 * EE_P) \frac{\text{kVar}}{\text{mes}} * T_{po} \left( \frac{\text{meses}}{\text{año}} \right) * C_{\text{unit } EEQ} \left( \frac{\text{soles}}{\text{kvar-h}} \right)$$

$$\begin{aligned} B_{EQ} &= (34,060 - 0.3 * 41,504.64) \frac{\text{kVar}}{\text{mes}} * 12 \left( \frac{\text{meses}}{\text{año}} \right) * 0.042 \left( \frac{\text{soles}}{\text{kvar-h}} \right) \\ &= 10,890.74 \frac{\text{soles}}{\text{año}} \end{aligned}$$

- Total, de beneficios económicos por mejoras en SEP Essalud Chocope:

$$20,215.452 + 10,890.74 = 31,106.192 \text{ soles/año}$$

### 3.6. Análisis financiero de la inversión.

#### 3.6.1. Inversión y financiamiento bancario

Tabla 6:

Inversión y financiamiento bancario		
Descripción		Monto (S/.)
activos industriales		40,820
Otros		0
<b>TOTAL DE INVERSIÓN DEL PROYECTO</b>		<b>40,820</b>
FINANCIAMIENTO		
Descripción		Monto (S/.)
Aporte propio, % Inversión total	0%	0
Financiamiento		40,820
Total inversión		40,820
Condiciones del Financiamiento		
Descripción		Monto (S/.)
Préstamo		40,820
Tasa efectiva anual		10.5%
Tasa efectiva mensual		0.88%
Plazo, meses		12
cuota mensual, Soles/mes		3,598

#### 3.6.2. Plan de pagos del préstamo bancario

Tabla 7:

Plan de Pagos mensuales del préstamo bancario					
Mes	Préstamo	Interés	Amortización	Cuota	Saldo
1	40,820.00	357.18	3,241	3,598	37,578.95
2	37,578.95	328.82	3,269	3,598	34,309.54
3	34,309.54	300.21	3,298	3,598	31,011.52
4	31,011.52	271.35	3,327	3,598	27,684.65
5	27,684.65	242.24	3,356	3,598	24,328.66
6	24,328.66	212.88	3,385	3,598	20,943.31
7	20,943.31	183.25	3,415	3,598	17,528.34
8	17,528.34	153.37	3,445	3,598	14,083.49
9	14,083.49	123.23	3,475	3,598	10,608.49
10	10,608.49	92.82	3,505	3,598	7,103.09
11	7,103.09	62.15	3,536	3,598	3,567.01
12	3,567.01	31.21	3,567	3,598	-

### 3.6.3. Flujo de caja económico financiero

Tabla 8:

Flujo de Caja Financiero Mejora del SEP Essalud Chocope											
	Año										
Pago Servicio de deuda	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Préstamo	- 40820										
interés del préstamo		2359									
Amortización, S./año		40820									
Costo Operación, S./año											
Costo de Mantenimiento		5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Total egresos, S./año		43,179	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Beneficio bruto anual		31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107
Beneficio neto anual		-12,072	26,107	26,107	26,107	26,107	26,107	26,107	26,107	26,107	26,107
	FLUJO DE CAJA FINANCIERO										
	-40,820	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107	31,107

COK	10.50%	
VAN	146 , 281	
TIR	76%	
Número de años	10	Años
PRI (Años)	15.75	Meses
	1.31	Años

PRI: Periodo de Retorno de la Inversión
$PRI (Años) = (Préstamo) / (beneficio) / 12$

## **IV. DISCUSIÓN**

Al realizar el análisis del sistema eléctrico, obtuvimos como resultado, que el rendimiento alcanza el valor de 96%, valor que no es bajo, sin embargo, se han encontrado puntos específicos de bajo rendimiento, como el transformador de tensión, la potencia reactiva elevada que absorbe de la red eléctrica.

Las limitaciones que se han tenido en la investigación incluyen, principalmente; el hecho que la mayor parte de los conductores están enterrados, y que no hay un diagrama unifilar actualizado, muestra que no existe gestión eléctrica.

La elaboración de la propuesta se hizo en base a los resultados de la auditoría realizada, en base a mejorar:

- La capacidad de la instalación, al renovar el transformador, actual, aéreo, de 250kVA por uno nuevo de mayor eficiencia, seco.

- Reducir el pago de energía eléctrica, reduciendo la carga eléctrica del sistema, por aumento de rendimiento en los mismos, la carga se reduce desde 119 kw en promedio hasta 109 kw proyectado, lo que permite reducir en más de 20,000 soles/año el pago de energía en el hospital, no se puede hacer grandes reducciones del sistema, porque el hospital no cuenta con cargas grandes, tiene cargas monofásicas conectadas a la línea trifásica de distribución, en triángulo.

- Eliminar el pago por consumo de energía reactiva, dimensionando e instalando bancos de condensadores trifásicos, con  $Q_c = 50 \text{ kVAR}$ , y capacidad de  $C = 0.328 \text{ mF}$ , que aseguren un factor de potencia no menor de 0.99, se ha previsto una instalación centralizada, no se ha considerado un sistema de compensación automático porque el sistema no es muy grande. Si la potencia reactiva de los bancos es mayor a la calculada, de kVAR, se tendría un factor de potencia superior a 1, en este caso el SEP del Hospital estaría inyectando energía reactiva a la red, lo cual no está permitido y sería pasible de multas.

- Mejorar la iluminación de las instalaciones, se encontró un sistema de iluminación con 330 fluorescente con vapor de mercurio, de 36 w cada uno, que entregan 2700 lumen/pieza. se propone cambiar de tecnología de iluminación, por LED, con fluorescentes de 14 w cada uno y que entreguen 3000 lumen/pieza, esto constituye un ahorro de energía, del orden de 7.2 kw y aumento de la iluminación en 99,000 lumen, en cuanto a la luz que entregan 330 fluorescentes

de vapor de mercurio de 36 w. Un aspecto importante en el cambio de tecnología de iluminación es el hecho que el factor de potencia de la luminaria de vapor de mercurio es de solamente 0.86, mientras que la luminaria LED tiene factor de potencia 1, que es una gran ventaja, pues tiene más rendimiento y por lo tanto absorbe, menos amperaje, lo que conlleva a menos pérdida en los conductores, los cuales trabajan con menos temperatura y más seguridad.

- Aumentar la seguridad y protección eléctrica, primero, en cambiar la tensión de distribución secundaria, desde la subestación hasta los consumidores, que es de 220 V, en triángulo; sin neutro, lo que dificulta la operación de los equipos médicos, muchos de los cuales son electrónicos y vienen diseñados para ser conectados a una línea de 220 V con neutro, en este caso, se optó por cambiar el transformador actual, que es ineficiente, por uno nuevo, que entrega 380 V en estrella, con tres líneas monofásicas con neutro, lo cual permite cumplir con la normativa médica actual.

Comparando con los resultados de los estudios similares, en la tesis “Auditoría energética en el Hospital Julius Doepfner de la Ciudad de Zamora” (AGUILAR ROMERO, 2012). El autor detalla y estudia las deficiencias energéticas que presenta dicho nosocomio y presenta una propuesta de mejora energética, la cual consiste en la adquisición de lámparas más eficientes para el sistema de iluminación, la adquisición de un calefactor para el sistema de calefacción de agua de las lavadoras y adquirir un transformador nuevo que remplace al existente, ya que este se encuentra por debajo del nivel mínimo permitido por el CONELEC, debido a la antigüedad del mismo y las pérdidas que se generan en el hierro y el cobre. Sin embargo, este autor no determina la eficiencia de la instalación, como sí se hace en el presente estudio, el cual tiene un 96% de eficiencia inicial y alcanza un 97.8 % final, con las mejoras propuestas.

Se debe destacar que en dicho estudio el autor estima ahorrar \$1198. 58 al año, teniendo un tiempo de retorno de la inversión de ahorro total en 5 años 9 meses. Además, AGUILAR ROMERO (2012). recomienda realizar el levantamiento completo de planos eléctricos de la institución, con los diagramas unifilares para facilitar el trabajo del personal de mantenimiento y favorecer los estudios eléctricos futuros. Nuestra tesis considera obtener 9 149 USA \$/año de de ahorros económicos por implementar un programa de eficiencia energética.

CABRERA CORREA (2016), concluye que la inversión en tecnología para llevar a cabo su propuesta de ahorro es de S/300,000 y pretende un ahorro por año de S/ 90,000, recuperando la inversión en cinco años. Esto se llevó a cabo realizando un diagnóstico en donde se determinaron los puntos con mayor consumo de energía. Además, constató los diferentes puntos de iluminación en el que se encuentran las diferentes áreas y servicios del hospital, los cuales se permitirán mejorar en base a las normas peruanas, una de ellas la EM 010, la cual hace mención a los diferentes niveles de iluminación que necesitan las áreas de trabajo para un hospital. Sin embargo, CABRERA CORREA (2016) no determina las eficiencias de los equipos, ni del sistema completo, solamente las pérdidas individuales, tampoco menciona nada sobre la protección eléctrica ni las normas de iluminación y seguridad para hospitales.

En el trabajo de GONZÁLEZ REDROVÁN (2015), se propone implementar cambios directos en luminarias y balastos electrónicos, a los cuales se les implementara controles inteligentes, los cuales brindan un ahorro anual de 114091.70 kWh, siendo en dinero un total de 8556.88 dólares. En nuestro estudio se determinó la eficiencia actual y la proyectada, incluyendo el cambio de tecnología de iluminación, de fluorescentes con vapor de mercurio a lámparas LED, con mayor factor de potencia; siendo la inversión menor a 50,000 soles y el beneficio anual, de 31,107 soles/año, con retorno menor a 1.5 años.

Por lo expuesto anteriormente, ya analizado, se recomienda que los alcances de los resultados de la presente investigación sean válidos solamente para los hospitales del Perú, pues tienen una realidad definida, basado en normas, que en algunos casos, no se cumplen, principalmente por falta de presupuestos y de elaboración de expedientes técnicos, justamente basados en normativas eléctricas para hospitales peruanos.

## **V. CONCLUSIONES**

- **Se realizó una auditoría del sistema eléctrico de potencia del Hospital Essalud Chocope** determinando las capacidades y parámetros actuales en energía, factor de potencia de la instalación, potencias y la carga de operación en el transformador trifásico, logrando elaborar el diagrama unifilar de la instalación.

- **Se calculó la eficiencia en operación del transformador trifásico, resultando ser igual a 96.72%**, concluyendo que el rendimiento en operación es un poco bajo, ya que el transformador tiene más de 27 años de servicio continuo, sin ninguna repotenciación y que solamente tiene mantenimientos correctivos.
- **Se calculó la eficiencia máxima del transformador trifásico, teniendo como resultado un 96.75 %**, concluyendo que el transformador no es de alta eficiencia, como los actuales, que alcanzan valores de 98.5%
- **Se realizó el cálculo de conductores trifásicos**, en las ocho líneas de distribución, desde el tablero eléctrico general hasta los tableros eléctricos de distribución.
  - **Línea de Terapia del dolor:** se concluye que el conductor que alimenta a la línea de terapia del dolor ha sido bien dimensionado, pues tiene alto rendimiento, superior a 99%, mínima caída de tensión, de 0.455 % de  $U_n$ , y trabaja a baja temperatura, 35.202 °C, siendo la máxima 75°C.
  - **Línea de lavandería:** se concluye que el conductor de la línea de Lavandería ha sido bien dimensionado, tiene alto rendimiento, mayor al 99%, caída de tensión mínima y trabaja a baja temperatura, 30.57 °C, siendo la máxima 75°C.
  - **Línea de Emergencia:** se concluye que el conductor de la línea de Emergencia ha sido bien dimensionado, tiene alto rendimiento, mayor al 99%, caída de tensión mínima y trabaja a baja temperatura, 30.23 °C, siendo la máxima 75°C.
  - **Línea de Admisión:** se concluye que el conductor de la línea de admisión a ha sido bien dimensionado, tiene alto rendimiento, mayor al 98%, caída de tensión baja, 1.42 % < 2.5%, y trabaja a baja temperatura, 38.32 °C, siendo la máxima 75°C.
  - **Línea de Incineración:** se concluye que el conductor de la línea de Incineración

ha sido bien dimensionado, tiene alto rendimiento, mayor al 98.5%, caída de tensión baja de 1.05 % < 2.5%, y trabaja a baja temperatura, 36.84 °C, siendo la máxima 75°C.

- **Línea de Taller Biomédico:** se concluye que el conductor de la línea de Taller Biomédico no está bien dimensionado, tiene rendimiento medio, menor al 98%, caída de tensión aceptable, 1.81 % < 2.5%, sin embargo, trabaja a alta temperatura, 53.33 °C, siendo la máxima 75°C, es necesario su cambio por uno de mayor sección.
- **Línea de Taller Electromecánico:** se concluye que el conductor de la línea de Taller Electromecánico no está bien, tiene rendimiento medio, menor al 98%, caída de tensión elevada, 2.52 % < 2.5%, y trabaja a alta temperatura, 68 °C, cerca de la máxima 75°C, es necesario su cambio por uno de mayor sección.
- **Línea de aire acondicionado:** se concluye que el conductor de la línea de los aires acondicionados ha sido bien dimensionado, tiene alto rendimiento, mayor a 99%, caída de tensión baja, 0.23 % < 2.5%, y trabaja a baja temperatura, 32.38 °C, cerca de la máxima 75°C, es necesario su cambio por uno de mayor sección.

- **Se calculó el rendimiento del sistema eléctrico, siendo su resultado un 96 %.**

- **Se estableció la propuesta de mejora del SEP Essalud Chocope:**

- **Cambio de transformador trifásico, con eficiencia de 98.68 %**, concluyendo que existiría un aumento de la eficiencia del transformador desde 96.72%, valor actual, hasta 98.68 % con el transformador nuevo.
- **Instalación de banco de condensadores.**
- **Cambio de Conductores trifásicos:**
- **Cambio de conductor en línea de Taller Biomédico:** se concluye que la eficiencia del conductor aumenta desde 97.88 a 99.16% y que la temperatura de operación se reduce de 53.33 a 36.84 °C.
- **Cambio de conductor en línea de Taller Electromecánico:** se concluye que la eficiencia del conductor aumenta desde 97.17 a 98.88% y que la temperatura de

operación se reduce de 68 a 41.34 °C.

- **Cambio de luminarias:** se concluye que, por cambiar luminarias, se reduce la potencia consumida en 7260 watts y habrá un aumento de la iluminación en 198,000 lumen, que es la capacidad de 73 lámparas fluorescentes actuales.

- **Se estableció las nuevas capacidades, eficiencia y costo de operación del sistema eléctrico de potencia.**

Se concluye que, por cambiar de transformador que entrega tensión trifásica de 220 V en triángulo a transformador de tensión  $U_2 = 380$  V en estrella, con neutro, y por aumentar el factor de potencia y reducir las pérdidas en conductores, la reducción de la intensidad total de corriente que debe suministrar el transformador se reduce en 190.98 A, es decir en 53.14 % en relación a la intensidad de línea inicial.

- **Se determinó el aumento del rendimiento del sistema eléctrico de potencia con mejoras: 1.68 %**, se concluye que hay un valor interesante de incremento del rendimiento en transformador.

- **Se hizo un análisis de protección eléctrica en baja tensión, trifásica y monofásica.**

Se concluye que la medición del pozo de tierra se efectuó de acuerdo a lo dispuesto en el Código Nacional de Electricidad y debe garantizar valores máximos, para Media Tensión máximo 25  $\Omega$  y para BT máximo 10 $\Omega$ .

- **Se realizó el análisis económico de la inversión.**

- **Inversiones: 48176 soles**
- **Beneficios netos: 26,107 soles/año**
- **Tiempo estimado de retorno de la inversión, PRI = 1.31 años**

- **Se llega a la conclusión que el tiempo de retorno de la inversión es de 1.31 años, contra 15 a 17 años de vida útil, el proyecto es atractivo**

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda implementar el estudio, debido a la rentabilidad obtenida, y a los beneficios técnicos, sociales y laborales que se pueden obtener: seguridad de operación, mejor iluminación.

Es importante capacitar al personal de mantenimiento eléctrico en sistemas de mantenimiento predictivo, para el manejo de instrumentos analizadores de parámetros eléctricos importantes que ayuden a programar con mayor precisión los períodos de mantenimiento preventivo de los componentes del sistema eléctrico de potencia del hospital Essalud Chocope, que permitan sostener en el tiempo los resultados de mejora.

Es necesario implementar registros de los valores de los parámetros eléctricos, como son las potencias activas, reactivas, factor de potencia, frecuencia, y establecer valores promedio ponderado, para tomar decisiones de mejora de rendimiento en función de la carga del sistema.

Se recomienda establecer una política de mantenimiento del sistema eléctrico de potencia del hospital Essalud Chocope, de mantenimiento Preventivo en base a Técnicas predictivas, para programar mejor las actividades de mantenimiento.

Un aspecto importante es el hecho que es necesario implementar auditorías del sistema eléctrico, ya sea internas o realizadas por empresas especializadas para retroalimentar los resultados y mantener las capacidades, rendimientos y costos nuevos dentro de un rango razonable y aceptable-

Se recomienda implementar los sistemas de medición y control propuestos, que incluyen los analizadores de redes.

Se recomienda realizar un estudio de calidad de energía, determinando las tasas de distorsión armónica en tensión y en corriente, comparándolas con los valores admisibles de normas y tomar las medidas correctivas.

Se recomienda establecer frecuencias de verificación y pruebas de los sistemas y dispositivos de protección, desde puestas a tierra, interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales, interruptores de caja moldeada y aisladores en media tensión.

## **REFERENCIAS**

**AGUILAR ROMERO, Cristhian wilfrido. 2012. AUDITORÍA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL JULIUS DOEPFNER DE LA CIUDAD DE LA CIUDAD DE ZAMORA. LOJA - ECUADOR : s.n., 2012. Tesis.**

**ALVAREZ, M. 2009. transformadores: calculo facil de transformadores y autotransformadores, monofasicos y trifasicos de baja tension. Barcelona : s.n., 2009.**

**ANDERSON y FARMER. 1996. Series compensation of power systems. 1996.**

**BRUCE, CARLSON Y. 2002. TEORIA DE CIRCUITOS: INGENIERIA, CONCEPTOS Y ANALISIS DE CIRCUITOS ELECTRICOS LINEALES. 2002.**

**BRUNELO, BOGDAN y WESTER. 2003. Fundamentals and protection. cConference for protective real enginerers. texas : s.n., 2003.**

**CABRERA CORREA, segundo santiago. 2016. Propuesta de ahorro de energía para optimizar el consumo eléctrico en iluminación y aire acondicionado, en el hospital Naylamp de la ciudad de chiclayo. lambayeque. chiclayo : s.n., 2016. Tesis.**

**CALDERÓN FORNARIS, Pedro antonio y PIÑEIRO SUÁREZ, Nereira. 2003. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. HABANA : s.n., 2003.**

**EDMINISTER. 1997. CIRCUITOS ELECTRICOS. s.l. : Mc Graw hill, 1997.**

**ESCOBAR, TOLEDO y SALUDES. 2003. manual de auditorias energeticas. madrid : imprenta modelo S.L, 2003.**

**FLUKE. SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGETICA. SOLUCIONES DE EFICIENCIA ENERGETICA. [En línea] FLUKE. [Citado el: 16 de OCTUBRE de 2019.] <http://www.fluke.com/fluke/pees/soluciones/eficiencia-energetica/default.htm>.**

**GHIA, Andrés y DEL ROSSO, Alberto . 2013. REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN. ARGENTINA : s.n., 2013.**

**GLOVER, DUNCAN y SARMA, M. 2002.** *SISTEMAS DE POTENCIA. ANALISIS Y DISEÑO.* 2002.

**GOMEZ, victor, PEÑA, robin y HERNANDEZ, cesar. 2011.** *Identificación y localización de fallas en sistemas de distribución, utilizando medidores de calidad del servicio de energia eléctrica.* BOGOTA : s.n., 2011.

**GONZALES, FRANCISCO. 2007.** *MATERIAL DE SISTEMAS DE POTENCIA II.* VENEZUELA : s.n., 2007.

**GONZÁLEZ REDROVÁN , Trajano javier. 2015.** *ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS EN EL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO: SISTEMA ELÉCTRICO.* SANGOLQUI - ECUADOR :s.n., 2015. Tesis.

**GRAINGER, JHON. 1996.** *ANALISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA.* MEXICO : Mc Graw, 1996.

**GRIGBY, LEONARD. 2007.** *POWER SYSTEM STABLITY AND CONTROL.* USA : TAYLOR & FRANCIS, 2007.

**HARPER, E. 2010.** *CURSO DE TRANSFORMADORES Y MOTORES DE INDUCCION.* MEXICO : LIMUSA, 2010.

**HAWKEN, LOVINS y LOVINS. 1999.** *NATURAL CAPITALISM.* NUEVA YORK : s.n., 1999.

**Industry Applications Society. 2007.** *Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.* New York, NY 10016-5997, USA : Copyright © 2007 IEEE. All rights reserved., 2007. ISBN 0-7381-5640-X SS95700.

**IKBAL, MINI y PAWAN. 2011.** *optimal capacitor placement in smart distribution systems to improve it´s maximum loadability and energy efficiency.* s.l. : multiCraft limited, 2011. Vol. 3.

**INDUSTRIA, ELECTRO.** EFICIENCIAS DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS. *EFICIENCIAS DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS.* [En línea] REVISTA ELECTRO INDUSTRIA. [Citado el: 5 de OCTUBRE de 2019.]

[http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1136.](http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1136)

**KUNDUR. 1994.** *power system stability and control.* toronto : s.n., 1994.

**LÓPEZ, Julio César, LÓPEZ LEZAMA, Jesús María y SANCHES MANTOVANI, José Roberto . 2011.** *Flujo de potencia óptimo reactivo descentralizado y coordinado en sistemas eléctricos de potencia multiárea.* BARRANQUILLA - COLOMBIA : INGENERIA Y DESARROLLO, 2011. Vol. 29.

**MANUEL, GARCIA SANCHEZ JUAN. 1995.** *GESTION DE EFICIENCIA ENERGETICA: CALCULO DEL CONSUMO, INDICADORES Y MEJORA.* s.l. : AENOR, 1995.

**Minem. 2007.** *ELABORACION DE PROYECTOS DE GUIAS DE ORIENTACION DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA Y DE DIAGNOSTICO ENERGETICO.* [ed.] DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD. LIMA : s.n., 2007. pág. 54. ,p13.

**MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. 2011.** *CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (SUMINISTRO 2011).* Lima : s.n., 2011.

**MUÑOZ, Nicolás , VILLADA, Fernando y CADAVID, Diego . 2012.** *Análisis de los Flujos de Potencia de Sistemas Eléctricos y su Interpretación Física.* Medellín-Colombia : s.n., 2012.

**NATARAJAN. 2005.** *power system capacitor.* 2005.

**NEMA, NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURES ASSOCIATION. 1997.** *MOTORS AND GENERATORS.* WASHINTON DC : s.n., 1997.

**ORTIZ, ANTONIO y JATIVA, JESUS.** *ANALISIS DE ESTABILIDAD DE VOLTAJE EN ESTADO ESTABLE DEL SISTEMA DE SUBTRANSMISION DE LA EMPRESA ELECTRICA DE QUITO.* QUITO- ECUADOR : s.n.

**PADRON MOLTILVA, Diana Griselda y MORALES FERNANDEZ, Silvia Patricia. 2011.** *ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL HOSPITAL SANTA CLARA E.S.E. BOGOTÁ DC - COLOMBIA.* Bogotá : s.n., 2011.

**PROMELSA. 1971.** promelsa - lider en soluciones electricas. *promelsa - lider en soluciones electricas.* [En línea] 9 de setiembre de 1971. <http://www.promelsa.com.pe>.

**PROMELSA. 2010.** PROMELSA - TRANSFORMADORES . [En línea] 2010. [Citado el: 12 de NOVIEMBRE de 2019.] <http://www.promelsa.com.pe>.

**SÁNCHEZ GARCA, Héctor y CALDERON - GUIZAR, Jorge. 2015.** *Transitorios electromecánicos en sistemas de potencia industriales.* León : s.n., 2015. Vol. 7.

**SARMIENTO. 2012.** *Maquinas electricas.* 2012.

**SIEMENS. 2019.** AUDITORIAS ENERGETICAS. *AUDITORIAS ENERGETICAS.* [En línea] SIEMENS, 2019. [Citado el: 16 de OCTUBRE de 2019.] <https://.siemens.com/spain/web/es/ic/eficienerg/tales/auditorias-energeticas.aspx>.

**TARDILLO. 2012.** *calculos de conductores trifasicos.* 2012.

**TECNOLOGIA, GRUPO.** EFICIENCIA ENERGETICA. *EFICIENCIA ENERGETICA.* [En línea] AREA TECNOLOGIA. [Citado el: 14 de OCTUBRE de 2019.] <http://www.areatecnologia.com/electricidad/eficiencia-energetica.html>.

**VAN CUTSEM, VOURNAS. 1988.** *VOLTAJE STABILITY OF ELECTRIC POWER SYSTEMS.* USA : s.n., 1988.

**WEG. 2012.** *motores electricos- guia de especificacion.* 2012.

**WILDI, T. 2012.** *maquinas electricas y sistemas de potencia.* mexico : pearson, 2012.

**WILLIAN, CLARK. 1977.** *ANALISIS Y GESTION ENERGETICA DE EDIFICIOS. METODOS, PROYECTOS Y SISTEMAS DE AHORRO ENERGETICO.* s.l. : MC GRAW HILL, 1977.

**ZORRILLA. 1993.** *introduccion a la metodologia de la investigacion.* 1993.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<b>Instrumentos de evaluación nr.01: Sistema eléctrico de potencia 250 KVA</b>				
Proceso:	Transformación y Distribución de Energía Eléctrica Trifásica			
Variable analizada:	Potencia Activa en Horas Fuera de Punta, PHFP			
Empresa/Institución:	Hospital Essalud Chocope – Ascope – La Libertad			
Responsable:	Rodríguez Altamirano, Ismael Anderson - Sipiran Hurtado, Juan Carlos			
Ítem	UM	Valor	Fecha	Observaciones
	-			
1	kW	122.42	22/10/2019	
2	kW	121.35	22/10/2019	
3	kW	119.22	22/10/2019	
4	kW	117.26	22/10/2019	
5	kW	118.6	22/10/2019	
6	kW	119.2	22/10/2019	
7	kW	117.8	22/10/2019	
8	kW	117.65	22/10/2019	
9	kW	117.75	22/10/2019	
10	kW	118.92	22/10/2019	
11	kW	122.2	22/10/2019	
12	kW	122.15	22/10/2019	
13	kW	120.2	22/10/2019	
14	kW	119.15	22/10/2019	
15	kW	119.4	22/10/2019	
16	kW	118.8	22/10/2019	
17	kW	118.35	22/10/2019	
18	kW	117.85	22/10/2019	
19	kW	119.5	22/10/2019	
20	kW	121.25	22/10/2019	
21	kW	122.5	22/10/2019	
22	kW	119.5	22/10/2019	
23	kW	119.62	22/10/2019	
24	kW	118.75	22/10/2019	
<b>Parámetros estadísticos descriptivos</b>				
Media aritmética		119.56		kW
Mediana		119.21		kW
Moda		119.5		kW
Varianza		2.49		kW
Desviación estándar		1.61		kW

## INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN NR.02: HOJA DE ENCUESTA

Apellidos y nombres:

Fecha: 23/10/2019

Escuela de Mecánica eléctrica, facultad de Ingeniería

1; Considera que en ESSALUD Chocope se hace buen uso de la energía eléctrica?

a) Sí  b) No

Explicar la razón

2. Considera que al reducir el consumo de energía eléctrica contribuye a aumentar la seguridad operacional y se obtienen beneficios económicos para ESSALUD Chocope?

a) Sí  b) No

Explicar la razón

3. Considera que es importante implementar planes de gestión eléctrica en SEP de ESSALUD Chocope?

a) Sí  b) No

4. Conoce áreas o equipos críticos en los cuales sea necesario mejorar el sistema eléctrico en SEP ESSALUD Chocope?

a) Sí  b) No

5) ¿Ha recibido capacitación en eficiencia energética, seguridad eléctrica en el último año?

a) Sí  b) No

6) Considera que se hace un buen mantenimiento preventivo a los componentes del sistema eléctrico trifásico de ESSALUD Chocope?

a) Sí  b) No

7) Considera que la iluminación eléctrica es la adecuada en ESSALUD Chocope?

a) Sí  b) No

8) ¿Ha participado en pruebas de equipos eléctricos, en vacío, o en corto circuito, como motores y transformadores?

a) Sí  b) No

9) Tiene conocimiento de realización de auditorías eléctricas en SEP ESSALUD Chocope?

a) Sí  b) No

## ANEXO 2: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO NRO. 01

ITEM	CRITERIOS A EVALUAR						OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
I	x		x		x		
<b>ASPECTOS GENERALES</b>					SI	NO	
EL INSTRUMENTO ES ORDENADO Y CONTIENE TODAS LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VARIABLE ANALIZADA.					x		
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA INVESTIGACION.					x		
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER LA INFORMACION.					x		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				x	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

**PERTINENCIA:** EL ITEM CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LA VARIABLE Y/O DIMENSION.

**RELEVANCIA:** EL ITEM ES APROPIADO PARA REPRESENTAR EL INDICADOR DE LA DIMENSION Y LA VARIABLE.

**CLARIDAD:** SE ENTIENDE SIN DIFICULTAD EL ENUNCIADO DEL ITEM, ES CONCISO, EXACTO Y DIRECTO.

#### COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES

El presente proyecto comprende la "PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA TRIFÁSICO DEL HOSPITAL ESSALUD CHOCOPE PARA AUMENTAR EFICIENCIA Y REDUCIR COSTOS". Este informe de proyecto cumple con los cálculos de Ingeniería eléctrica recibidos en la UCV.

#### DATOS GENERALES DEL EXPERTO

APELLIDOS Y NOMBRES: *Tapia Castillo Robert*  
 PROFESION: *Ingeniero Mecánico Electricista*  
 ESPECIALIDAD: *Mantenimiento Hospitalario*

  
 Ing. Robert Tapia Castillo  
 MECÁNICO ELÉCTRICISTA  
 CIP: 69054  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL EXPERTO

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO NRO. 02**

ITEM	CRITERIOS A EVALUAR						OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	x		x		x		
<b>ASPECTOS GENERALES</b>						SI	NO
EL INSTRUMENTO CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA RESPONDER EL CUESTIONARIO.						x	
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA INVESTIGACION.						x	
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER LA INFORMACION.						x	
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE						x	NO APLICABLE
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

**PERTINENCIA:** EL ITEM CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LA VARIABLE Y/O DIMENSION.

**RELEVANCIA:** EL ITEM ES APROPIADO PARA REPRESENTAR EL INDICADOR DE LA DIMENSION Y LA VARIABLE.

**CLARIDAD:** SE ENTIENDE SIN DIFICULTAD EL ENUNCIADO DEL ITEM, ES CONCISO, EXACTO Y DIRECTO.

**COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES**

El presente proyecto comprende la "PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA TRIFÁSICO DEL HOSPITAL ESSALUD CHOCHOPE PARA AUMENTAR EFICIENCIA Y REDUCIR COSTOS". Este informe de proyecto cumple con los cálculos de ingeniería eléctrica recibidos en la UCV.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

**APELLIDOS Y NOMBRES:** Tapia Castillo Robert  
**PROFESION:** Ingeniero Mecánico Electricista  
**ESPECIALIDAD:** Mantenimiento Hospitalario



Ing. Robert Tapia Castillo  
 MECÁNICO ELECTRICISTA  
 CIP: 69064

FIRMA DEL EXPERTO

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO NRO. 01**

ITEM	CRITERIOS A EVALUAR						OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	x		x		x		
<b>ASPECTOS GENERALES</b>					SI	NO	
EL INSTRUMENTO ES ORDENADO Y CONTIENE TODAS LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VARIABLE ANALIZADA.					x		
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA INVESTIGACION.					x		
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER LA INFORMACION.					x		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				x	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

**PERTINENCIA:** EL ITEM CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LA VARIABLE Y/O DIMENSION.

**RELEVANCIA:** EL ITEM ES APROPIADO PARA REPRESENTAR EL INDICADOR DE LA DIMENSION Y LA VARIABLE.

**CLARIDAD:** SE ENTIENDE SIN DIFICULTAD EL ENUNCIADO DEL ITEM, ES CONCISO, EXACTO Y DIRECTO.

**COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES**

El presente proyecto comprende la "PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA TRIFÁSICO DEL HOSPITAL ESSALUD CHOCOPE PARA AUMENTAR EFICIENCIA Y REDUCIR COSTOS". Este informe de proyecto cumple con los cálculos de ingeniería eléctrica recibidos en la UCV.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

**APELLIDOS Y NOMBRES:** MATTÁ GARCÍA MANUEL FERNANDO

**PROFESION:** INGENIERO

**ESPECIALIDAD:** MECÁNICO - ELECTRICISTA



**FIRMA DEL EXPERTO**  
**MANUEL FERNANDO MATTÁ GARCÍA**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**  
 Reg. CIP N° 116384

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO NRO. 02**

ITEM	CRITERIOS A EVALUAR						OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	x		x		x		
<b>ASPECTOS GENERALES</b>					SI	NO	
EL INSTRUMENTO CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA RESPONDER EL CUESTIONARIO.					x		
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA INVESTIGACION.					x		
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER LA INFORMACION.					x		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				x	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

**PERTINENCIA:** EL ITEM CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LA VARIABLE Y/O DIMENSION.

**RELEVANCIA:** EL ITEM ES APROPIADO PARA REPRESENTAR EL INDICADOR DE LA DIMENSION Y LA VARIABLE.

**CLARIDAD:** SE ENTIENDE SIN DIFICULTAD EL ENUNCIADO DEL ITEM, ES CONCISO, EXACTO Y DIRECTO.

**COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES**

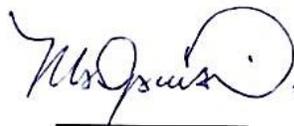
El presente proyecto comprende la "PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA TRIFÁSICO DEL HOSPITAL ESSALUD CHOCOPE PARA AUMENTAR EFICIENCIA Y REDUCIR COSTOS". Este informe de proyecto cumple con los cálculos de ingeniería eléctrica recibidos en la UCV.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

**APELLIDOS Y NOMBRES:** MATA GARCÍA MANUEL FERNANDO

**PROFESION:** INGENIERO

**ESPECIALIDAD:** MECÁNICO - ELECTRICISTA



.....  
**FIRMA DEL EXPERTO**  
**MANUEL FERNANDO MATA GARCÍA**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**  
 Reg. CIP N° 116364

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO NRO. 01**

ITEM	CRITERIOS A EVALUAR						OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	x		x		x		
<b>ASPECTOS GENERALES</b>						SI	NO
EL INSTRUMENTO ES ORDENADO Y CONTIENE TODAS LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VARIABLE ANALIZADA.						x	
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA INVESTIGACION.						x	
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER LA INFORMACION.						x	
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				x	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

**PERTINENCIA:** EL ITEM CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LA VARIABLE Y/O DIMENSION.

**RELEVANCIA:** EL ITEM ES APROPIADO PARA REPRESENTAR EL INDICADOR DE LA DIMENSION Y LA VARIABLE.

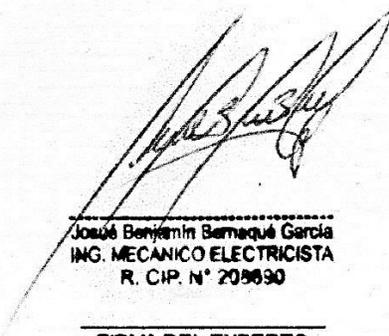
**CLARIDAD:** SE ENTIENDE SIN DIFICULTAD EL ENUNCIADO DEL ITEM, ES CONCISO, EXACTO Y DIRECTO.

**COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES**

El presente proyecto comprende la "PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA TRIFÁSICO DEL HOSPITAL ESSALUD CHOCOPE PARA AUMENTAR EFICIENCIA Y REDUCIR COSTOS". Este informe de proyecto cumple con los cálculos de ingeniería eléctrica recibidos en la UCV.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

**APELLIDOS Y NOMBRES:** Bernaque García Sosue Benjamin  
**PROFESION:** Ingeniero Mecánico Electricista  
**ESPECIALIDAD:** Mantenimiento

  
 -----  
 José Benjamín Bernaque García  
 ING. MECANICO ELECTRICISTA  
 R. CIP. N° 205630

FIRMA DEL EXPERTO

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO NRO. 02**

ITEM	CRITERIOS A EVALUAR						OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	x		x		x		
<b>ASPECTOS GENERALES</b>					SI	NO	
EL INSTRUMENTO CONTIENE INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA RESPONDER EL CUESTIONARIO.					x		
LOS ITEMS PERMITEN EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA INVESTIGACION.					x		
EL NUMERO DE ITEMS ES SUFICIENTE PARA RECOGER LA INFORMACION.					x		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				x	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

**PERTINENCIA:** EL ITEM CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LA VARIABLE Y/O DIMENSION.

**RELEVANCIA:** EL ITEM ES APROPIADO PARA REPRESENTAR EL INDICADOR DE LA DIMENSION Y LA VARIABLE.

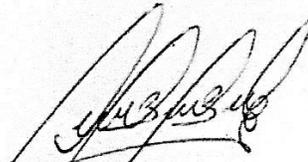
**CLARIDAD:** SE ENTIENDE SIN DIFICULTAD EL ENUNCIADO DEL ITEM, ES CONCISO, EXACTO Y DIRECTO.

**COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES**

El presente proyecto comprende la "PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA TRIFÁSICO DEL HOSPITAL ESSALUD CHOCOPE PARA AUMENTAR EFICIENCIA Y REDUCIR COSTOS". Este informe de proyecto cumple con los cálculos de ingeniería eléctrica recibidos en la UCV.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

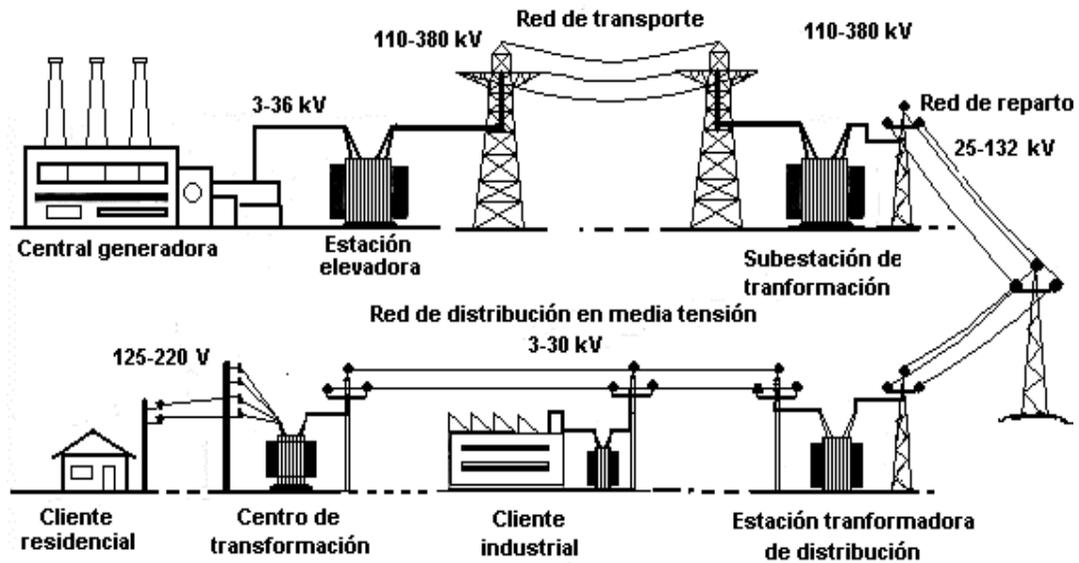
**APELLIDOS Y NOMBRES:** Barnaqué García Josue Benjamin  
**PROFESION:** Ingeniero Mecánico Electricista  
**ESPECIALIDAD:** Mantenimiento



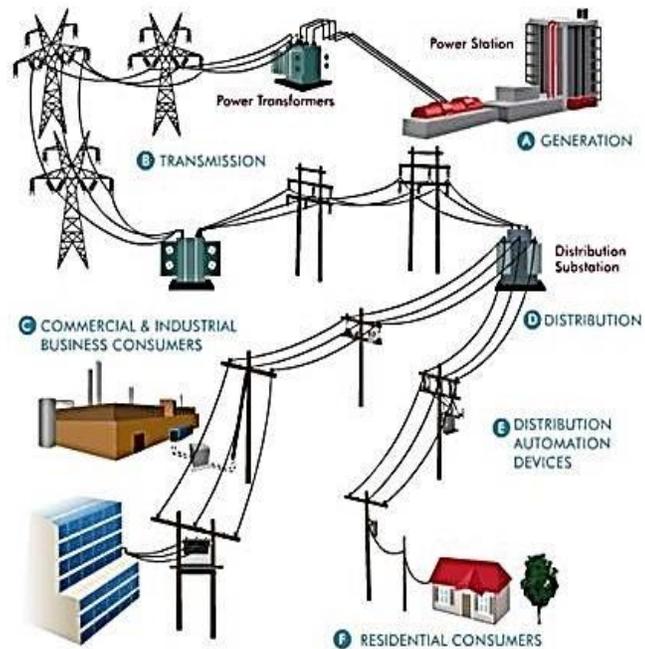
Josue Benjamin Barnaqué García  
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA  
 R. C.I.P. N° 200690

FIRMA DEL EXPERTO

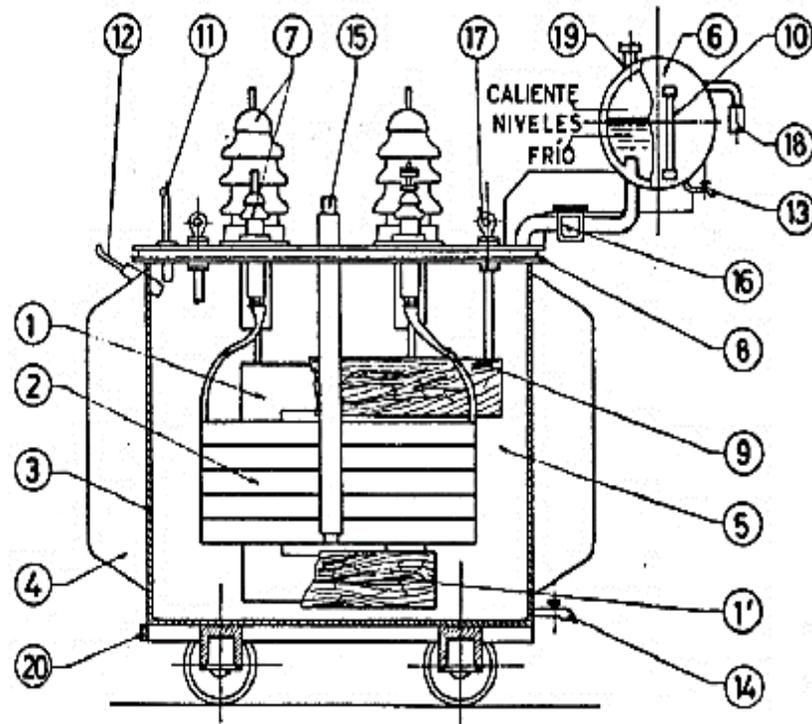
### ANEXO 3: ESQUEMA DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO TRIFÁSICO



Un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) es el conjunto de instalaciones y equipos utilizados en las etapas de generación, transmisión, subtransmisión y distribución de energía eléctrica.

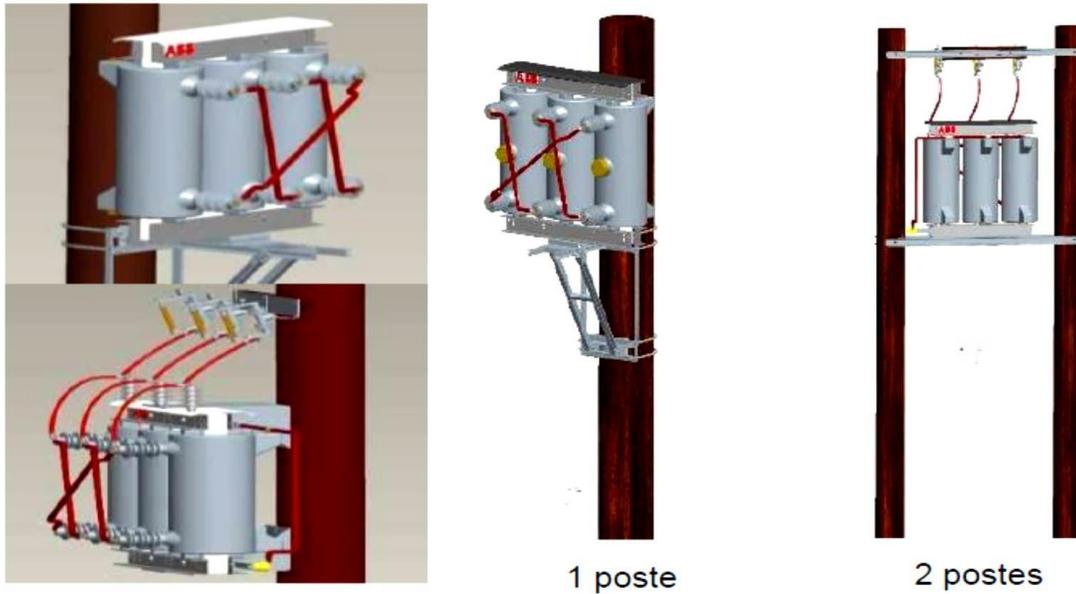


## ANEXO 4: PARTES DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO



1:	Núcleo	2:	Devanados
3:	Cuba o tanque	4:	Aletas de refrigeración
5:	Aceite	6:	Depósito de expansión
7:	Aisladores pasantes	8:	Junta
9:	Conexiones	10:	Nivel de aceite
11:	Termómetro	12:	Termómetro
13:	Grifo de vaciado	14:	Grifo de vaciado y toma de muestras.
15:	Conmutador de tomas	16:	Relé Buchholz
17:	Anillas de elevación	18:	Desecador de aire
19:	Tapón de llenado	20:	Puesta a tierra

## ANEXO 5: TIPOS DE TRANSFORMADORES TIPO POSTE



## ANEXO 6: TIPOS DE TRANSFORMADORES SECOS

### Transformadores secos

Definiciones normas IEC



#### Transformador Encapsulado en resina

- Elevación de temperatura

Clase H – 180 °C  
Clase F – 155 °C

- Desempeño (Seguridad-Ambiental-Climático)

E2 – C2 – F1



#### Transformador tipo abierto

- Elevación de temperatura

Clase H – 180 °C

- Desempeño (Seguridad-Ambiental-Climático)

NO CUMPLE

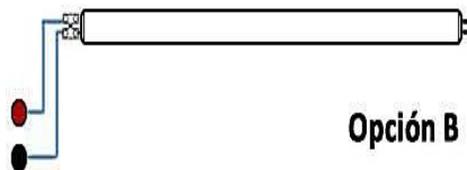
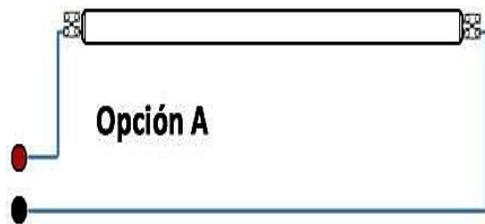


## ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS LED PHILLIPS

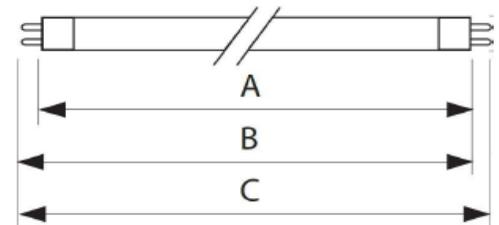
Product description	Wattage	Luminous Flux (lm)	Luminous Efficacy (lm/W)	CRI (Ra)	PF	Lifetime	Beam Angle
Essential LEDtube 1200mm 16W=28W 840 G5 I	16W	1,850	>115	>83	>0.92	>30Khrs	240D
Essential LEDtube 1200mm 16W=28W 865 G5 I	16W	1,850	>115	>83	>0.92	>30Khrs	240D
Essential LEDtube 600mm 8W=14W 840 G5 I	8W	900	>110	>83	>0.92	>30Khrs	240D
Essential LEDtube 600mm 8W=14W 865 G5 I	8W	900	>110	>83	>0.92	>30Khrs	240D

- Voltaje 100-240V
- Conexión directa a Línea
- No necesita balastro
- ON/OFF
- Tempo de vida 30,000 Hrs
- CRI >83
- CCT 4000K y 6500K
- Versiones sustitutas de 14W y 28W en Fluorescencia T5

### ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL TUBO LED



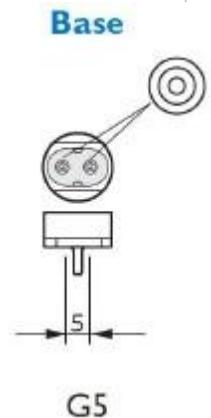
### DIMENSIONES



Potencia	C
8W	600
16W	1200

Potencia	C
8W	600
16W	1200



**ANEXO 8: MEDICIONES DE LAS VARIABLES EN EL HOSPITAL  
ESSALUD CHOCOPE**

MEDICION DE CORRIENTE  
Y TENSION DE LLAGADA



MONITORIZACIÓN DEL CONSUMO  
ENERGÉTICO Y ANÁLISIS DE  
POTENCIAS CONSUMIDAS

## MEDICIÓN DE INTENSIDAD LUMINOSA



## MEDICIÓN DE CAIDAS DE TENSIÓN EN LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

