

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



**Estudio de un Sistema de Utilización en Media Tensión de
13.2 kV Trifásico para el Instituto de Investigación
Tecnológica Agroindustrial de la UNS**

**Tesis para obtener el título profesional de
Ingeniero Mecánico Electricista**

Autor

Ferradas Pérez, Omar Alexander

Asesor – Código ORCID

Alva Julca, Ruber

Código 0000-0002-6206-278X

Chimbote – Perú

2024

INDICE

PALABRAS CLAVE.....	ii
Título.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
I. Introducción.....	1
II. Metodología	8
III. Resultados	12
IV. Análisis y discusión.....	28
V. Conclusiones	37
VI. Recomendaciones.....	38
VII. Agradecimiento.....	39
VIII. Referencias bibliográficas.....	40
IX. Anexos y apéndice	41

LISTA DE TABLAS:

Tabla 1. Variable Dependiente e Independiente	6
Tabla 2. Datos técnicos de cable Unipolar N2XSY	34

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1. Diagrama de carga para el IITA	12
Figura 2. Dimensionamiento de Barras	1766
Figura 3. Vista Frontal – Transformador 350 kVA	21
Figura 4. Sub Estación proyectada UNS	23
Figura 5. Método de Wenner para hallar Resistividad del Terreno	27
Figura 6. Celda de llegada protección y salida	31
Figura 7. Transformador Trifásico seco encapsulado en resina epoxi	18 32

Palabras Claves:

Tema	Sistema de Utilización
Especialidad	Ing. Mecánica Eléctrica

Keywords:

Theme	Utilization System
Speciality	Electrical Mechanical Engineering

OCDE			Líneas de investigación
Área	Sub-área	Disciplina	
Ingeniería, Tecnología	Ingeniería eléctrica, electrónica e informática	Ingeniería eléctrica y electrónica	Sector energía

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Estudio de un Sistema de Utilización en Media Tensión de 13.2 kV Trifásico para el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la UNS**" del (a) estudiante: **FERRADAS PEREZ OMAR ALEXANDER**, identificado(a) con Código N° **1113100395**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **23%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 05 de febrero de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

**Estudio de un Sistema de Utilización en media tensión de
13.2kV trifásico para el Instituto de Investigación
Tecnológico Agroindustrial de la UNS**

Resumen

El ámbito energético se presenta como uno de los sectores clave para potenciar la calidad de los servicios ofrecidos por las entidades gubernamentales en la provincia de Chimbote. Por tanto, resulta imperativo garantizar el abastecimiento de energía en dichas instituciones, contribuyendo así al fomento del bienestar de la población.

Esta tesis busca mejorar el servicio del sistema eléctrico de las instalaciones del Instituto de Investigaciones Tecnológicas Agroindustriales de la UNS con el propósito de asegurar la satisfacción de la creciente demanda de electricidad y simultáneamente mejorar la eficiencia del sistema de distribución.

Por lo tanto, en esta tesis se busca implementar una metodología de carácter tecnológico y además describir los parámetros necesarios para la implementación del estudio del sistema de utilización. De esta manera, se busca cumplir con los requisitos y requerimientos de los estudiantes y profesores pertenecientes a la Facultad de Ingeniería.

Para hacer factible este estudio del Sistema de Utilización, se coordinó con la Universidad Nacional del Santa, de tal manera de visitar las instalaciones de la facultad de ingeniería Agroindustrial con el propósito de hacer un estudio técnico para el diseño del sistema, brindando así confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico, teniendo en cuenta todas las normas vigentes de seguridad y construcción de la red de media tensión ejecutando los cálculos necesarios para seleccionar los componentes del sistema y sus mecanismos de protección.

Mediante un cuadro de cargas de las instalaciones, apreciamos que la potencia instalada con una proyección de crecimiento del 20% es de 500.40 KW y la máxima demanda con una proyección de crecimiento del 20% es de 302.52 KW, que con una caída de tensión permisible del 5% del Voltaje nominal (V_n) y un factor de potencia de 0.8, se selecciona un Transformador de 350KVA y una sección de conductor de 25mm^2 .

Abstract

The energy sector emerges as a pivotal area to enhance the quality of services provided by governmental entities in the province of Chimbote. Therefore, it is imperative to ensure the energy supply in these institutions, thereby contributing to the promotion of the well-being of the population.

This thesis aims to enhance the electrical system service of the facilities of the Institute of Agroindustrial Technological Research at the National University of San Santa (UNS). The goal is to ensure the satisfaction of the growing demand for electricity while simultaneously improving the efficiency of the distribution system.

Hence, this thesis seeks to implement a technological methodology and describe the necessary parameters for studying the utilization system. In this way, the aim is to meet the requirements of students and professors belonging to the Faculty of Engineering.

To make this Utilization System study feasible, coordination was carried out with the National University of San Santa. This involved visiting the facilities of the Agroindustrial Engineering faculty to conduct a technical study for system design, ensuring reliability and continuity of electrical service. All relevant safety and medium-voltage network construction standards were taken into account, executing the necessary calculations to select system components and their protective mechanisms.

Through a load table of the facilities, we observe that the installed power with a growth projection of 20% is 500.40 KW, and the maximum demand with a growth projection of 20% is 302.52 KW. Considering a permissible voltage drop of 5% from

the nominal voltage (V_n) and a power factor of 0.8, a 350KVA transformer and a 25mm² conductor section are selected.

I. INTRODUCCIÓN

Con el fin de desarrollar mi investigación, realicé un estudio bibliográfico, utilizando las bases que describo a continuación:

(Holguin & Gomez Coello, 2010), en la investigación titulada “Análisis de la energía eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana” argumenta su objetivo de proporcionar soluciones para las diferentes variaciones y disturbios en el voltaje. En sus conclusiones nos explica que se trataba de fallas provocadas por el propio sistema de electrificación. Este estudio se enfocó en la orientación del Consejo Nacional de Electricidad - CONELEC, el cual ofrece las soluciones necesarias para mantener un buen sistema eléctrico, evitando perturbaciones en las señales de voltaje que puedan provocar interrupciones, terminando en reducciones y paradas no deseadas de procesos industriales, provocando diferentes daños.

(Romaní Dipas & Saldaña Revilla, 2018), La tesis de diploma se trabaja en la obtención del título profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico con el título “Diseño de Sistema de Aprovechamiento de Media Tensión 10-22.9 kV - 3 Φ para el mejoramiento energético en la Universidad César Vallejo – Escuela de Calidad Médica de Trujillo”, la necesidad de mejorar la calidad de la energía eléctrica suministrada a la Facultad de Medicina de Trujillo UCV mediante sistemas eléctricos de baja tensión con el fin de asegurar el funcionamiento eficiente de los dispositivos eléctricos en el laboratorio utilizando los parámetros establecidos por el Código Eléctrico del Estado, desarrollando tecnologías y apoyo financiero confiable para el proyecto propuesto.

(Pérez & Valera, 2003), En su propuesta describen cómo evaluaron el sistema de distribución de las instalaciones de baja y media tensión en la Universidad Núcleo Aragua de Carabobo (la Morita). Estos autores han realizado una exhaustiva investigación para determinar si los componentes que componen la baja y media tensión incumplen con el Código Electrotécnico Nacional (CEN).

(Machaca Vilca & Coila Delgado, 2017), El libro "Evaluación de la calidad energética de la Institución Universitaria Nacional Plateau" analiza el uso de analizadores de redes con el propósito de examinar la calidad del suministro energético de la universidad y brindar soluciones para mejorar el sistema eléctrico.

(Nicaragua Carballo & Rivera Ramírez, 2017), Ofrecen una nueva tecnología alternativa como guía para analizar y estudiar la calidad de la energía en la industria. Carballo se esfuerza por mejorar la calidad de la energía evaluando el consumo de energía, las características operativas, los cambios de carga durante la operación y su desempeño.

Entonces, con base en razonamientos científicos, podemos afirmar que el sistema eléctrico está compuesto por las fases de generación, transmisión, distribución y consumo. Su tarea principal radica en transportar electricidad desde el lugar de producción hasta el lugar de consumo. y finalmente entregarla a los usuarios con una calidad segura y confiable.

El trabajo de implementar este tipo de planeamientos de electricidad está relacionado principalmente con el hecho de que ciertas organizaciones, empresas o industrias necesitan electricidad para obtener fuentes de media tensión que no estaban disponibles en ese momento. Las redes de distribución primaria trifásicas, están diseñadas para aprovechar este servicio esencial en términos de confiabilidad y continuidad de los servicios eléctricos.

La presencia de la carrera de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Nacional del Santa, es de relevancia significativa debido a la amplia diversidad de recursos agrícolas, pecuarios e hídricos; investigación, desarrollo, innovación y capacidad creativa para aplicar el conocimiento para diseñar e instalar operaciones, mejorar, automatizar y administrar plantas agroindustriales, y ayudar a proteger el medio ambiente y promover el bienestar y desarrollo de las personas.

Para diseñar un sistema de utilización en media tensión debemos precisar algunas consideraciones técnicas necesarias y referenciales como por ejemplo las (DMS) distancia mínima de seguridad, con respecto a conductores del mismo circuito, entre conductores y masa, entre conductores y cualquier superficie de terreno, etc.

Además, debemos tener en claro el diseño para los cálculos eléctricos como las caídas de voltaje, pérdidas debido al efecto joule, cálculos de cables, fusibles, selección de transformadores, cálculo de aisladores, puestas a tierra y poder así tener con claridad las dimensiones del cable, de la estructura, de la protección entre otros teniendo en cuenta los factores de seguridad, de carga descritos en el Código Nacional de Electricidad.

Los fundamentos de cálculo utilizados para el análisis del sistema de utilización en media tensión de 13.2 kV trifásico para el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la UNS fueron los siguientes:

- En la selección de cables, es esencial considerar que la caída máxima de tensión en la conexión desde el primario del último transformador de distribución y el punto de alimentación no supere el 3.5% de la tensión nominal.

- Elegir la zona de alimentación de forma que el efecto Joule no genere calor y cortocircuite errores de rigidez térmica y mecánica.

- Durante el funcionamiento continuo, la densidad de corriente máxima no deberá superar el valor preestablecido de diseño.

- En los cálculos mecánicos de conductores y soportes, se consideran las normas establecidas por el Código Nacional de Electricidad (CNE).

- Se garantiza que los polígonos lineales tengan el menor número de ángulos y el menor tamaño posible.

Dentro de los lineamientos técnicos aplicables se tuvieron en cuenta la ley de Concesiones Eléctricas N° 25844, el Código Nacional de Electricidad – Suministro y Utilización, la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, entre otros.

Actualmente el Instituto Tecnológico Agroindustrial no cuenta con una acometida de alimentación de energía eléctrica para una demanda de 252.1 kVA más una proyección del 20% de su potencia instalada, lo que conlleva a una demanda máxima de 302.52 kVA.

Un acoplamiento a la red eléctrica subterránea que alimenta al antiguo edificio de Ingeniería Agroindustrial, provocaría bajas de tensión y sería perjudicial a los equipos del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial, por lo que, habiéndose realizado una inspección visual de las instalaciones del Instituto, se constató que existe un área de 20.25 m² para la creación de una sub-estación eléctrica, la cual brinda seguridad ante cualquier evento fortuito.

Para satisfacer de forma óptima la demanda de energía eléctrica, es que se realiza este estudio, implementando mejoras al Sistema de Distribución. Estas mejoras son técnicamente suficientes y razonablemente económicas, ya que en las redes de baja tensión no es posible regular la tensión entre tolerancias, ya que los valores

correspondientes están definidos en los códigos de cableado, y los riesgos asociados al control de la red eléctrica deben evitarse en el sistema.

Por el contrario, cuanto mayor sea la tensión utilizada por la línea de alta tensión, menor será la sección requerida, pero al mismo tiempo, el número de accesorios como aisladores, transformadores, disyuntores, etc., aumenta. El equipo de protección también se ha vuelto caro.

A continuación, describiremos algunos conceptos básicos del sistema a estudiar:

Sistema de Utilización:

Los sistemas de utilización de media tensión son combinaciones de componentes eléctricos de media tensión que suministran corriente desde el punto de suministro hasta los terminales de baja tensión del transformador de acuerdo con los requisitos individuales.

Calidad:

La calidad de la prestación del servicio eléctrico es un conjunto de elementos técnicos y comerciales propios del suministro de energía eléctrica, determinados por la tecnología y normativa correspondiente a dichos elementos.

Confiabilidad:

Es la capacidad de garantizar que un componente, equipo o sistema realice su función básica durante un período de tiempo predeterminado en condiciones operativas estándar.

Red Subterránea en Media Tensión:

La red de distribución está formada por cables subterráneos y subestaciones que facilitan el suministro de energía a los consumidores.

Líneas de Media Tensión:

Las líneas de media tensión transportan energía en un rango que va desde 15 kV hasta 30 kV. Su disposición, ya sea aérea o subterránea, depende de la ubicación específica.

Centro de transformación:

Los centros de transformación (CT) se sitúan en los centros de consumo con el propósito de convertir la tensión de la energía recibida a un nivel de salida, ya sea en media tensión o baja tensión, para su suministro al consumidor.

Celdas de Protección:

Son un conjunto de secciones verticales que albergan equipos de conmutación, como disyuntores o interruptores de aislamiento, y equipos de medición, como transformadores de tensión y corriente, donde se requieren equipos de protección y control, todos montados en uno o más cuartos para estructuras metálicas.

Dado que el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la universidad nacional del Santa requiere para sus labores académicas y de investigación la energización de los laboratorios, los cuales son instalaciones indispensables para dicho ejercicio profesional del estudiante de la facultad de ingeniería industrial, la Universidad Nacional del Santa se ve en la necesidad de llevar a cabo un sistema de utilización eléctrico con el objetivo de aprovechar las ventajas que brinda este servicio básico, en cuanto a confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico.

En consecuencia, la interrogante central de esta investigación se enfoca en la implementación de un sistema para la utilización eficiente de la media tensión trifásica de 13.2 kV destinada al Instituto de Investigaciones Agrícolas e Industriales de la UNS.

Después de establecer claramente la problemática, hemos identificado dos variables, una de las cuales está correlacionada con la otra, y la otra es independiente. Estas variables serán conceptualizadas y ejecutadas en el marco de la investigación. Las variables son:

a) Variable Independiente:

- Sistema en media tensión 13.2 kV

b) Variable Dependiente:

- Calidad del servicio eléctrico

Tabla 01:
Variables Dependiente e Independiente

Variabes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Independiente: Sistema de utilización en media tensión 13.2 kV	La energía eléctrica es indispensable para cualquier proyecto. Un sistema de utilización en media tensión es una agrupación de equipos eléctricos que suministra electricidad desde el punto de suministro hasta el lado secundario del transformador, destinado a un determinado usuario.	Energía eléctrica activa de calidad	Confiabilidad	1.Fiabilidad: Probabilidad de cumplir con el funcionamiento para un fin determinado 2.Finalidad: Defina la proyección o el estado futuro que se desea alcanzar 3.Idoneidad: Apropriado para cumplir el objetivo para el que fue diseñado.
Variabes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Dependiente: Calidad del servicio eléctrico	La calidad de servicio es un conjunto de características técnicas y comerciales propias del suministro de energía eléctrica, las cuales vienen determinadas por la tecnología y la normativa para satisfacerlas.	Cálculo de máxima demanda y selección de materiales adecuados para el estudio	Parámetros Eléctricos: - Cálculos electromecánicos	1. Potencia 2. Caída de Tensión 3. Corriente 4. Cortocircuito 5. Resonancia 6. Temperatura

Fuente: Elaboración Propia

Mi hipótesis propone que:

Con el fin de enfrentar la creciente demanda de energía eléctrica en el Instituto de Investigaciones Agroindustriales, se realizará un análisis para instaurar un Sistema de Utilización en media tensión de 13.2 kV Trifásico. Este estudio se realizará considerando las normas actuales de seguridad y construcción de redes en media tensión, junto con los cálculos necesarios para seleccionar cada elemento del sistema y sus correspondientes sistemas de protección. La hipótesis establece la premisa que,

a través de este enfoque planificado y normativo, se podrá satisfacer la nueva demanda de energía de manera efectiva.

El objetivo general de mi tesis es satisfacer la demanda de energía eléctrica requerida por el Instituto Agroindustrial de la Universidad Nacional de Santa.

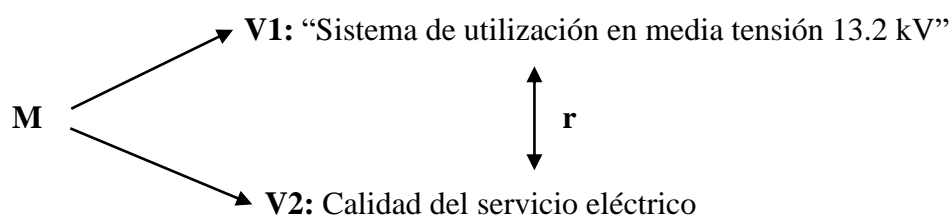
Y como objetivos específicos tenemos los siguientes:

- Visita e inspección de las instalaciones en donde vamos a implementar el sistema de Utilización.
- Realizar un estudio técnico para satisfacer la demanda de energía eléctrica, teniendo en cuenta la proyección de un crecimiento a futuro.
- Realizar los cálculos de equipos y materiales de los cuales se compondrán la red en media tensión.
- Elaborar especificaciones técnicas de materiales que se utilizarán en el sistema de utilización.
- Diseñar los planos para representar los detalles constructivos del sistema, el cual nos dará una visión más clara del resultado final.

II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio es de carácter **Tecnológico** porque busca resolver problemas reales, significa intervenir o transformar la realidad misma, lo que se refleja en el diseño de nuevos productos, nuevos procedimientos y nuevos métodos. Además, será del tipo **Descriptiva** ya que buscamos desarrollar una descripción de los parámetros estudiados a partir de sus características existentes, como lo son la tensión, intensidad de corriente y la misma potencia del sistema.

En este trabajo, se está desarrollando un modelo correlacional-descriptivo, ya que la investigación se centra principalmente en establecer el nivel de relación entre las dos variables estudiadas en las muestras analizadas. El esquema de la investigación se presenta de la siguiente manera:



Donde:

M = Muestra de estudio

V1 = "Sistema de utilización en media tensión 13.2 kV"

V2 = Calidad del Servicio Eléctrico.

r = relación entre variables de estudio.

La población a estudiar es todo el sistema eléctrico dotado para la Facultad de Ingeniería Agroindustrial

La Muestra de estudio es el Instituto de Investigaciones Tecnológicas Agroindustriales de la UNS.

Los instrumentos y las técnicas que utilicé para elaborar mi tesis fueron:

a) Técnicas:

- **Revisión Documentada:** Analizar estudios previos para recopilar información sobre variables de interés.
- **Entrevista:** Mediante la cual obtendremos información básica para el estudio que se realizará.
- **Registros:** Indagaremos en proyectos anteriores para buscar soluciones más prácticas que implementaremos en nuestro estudio con el fin de reducir tiempo y costos.
- **Observación:** Realizaremos un registro visual del área en estudio, con el fin de recolectar datos que nos permitan desarrollar de la mejor manera el estudio.

b) Instrumentos de Investigación:

- **Registro de Datos:** El informe documenta el mantenimiento realizado en la línea, así como información sobre los parámetros operativos del objeto inspeccionado.

Descripción y Características del Sistema a estudiar:

Ubicación Geográfica:

El Instituto Agroindustrial está ubicado en el campus de la Universidad Nacional del Santa, ubicado en la urbanización Bellamar, en el distrito de Nuevo Chimbote, en la provincia de Santa, Ancash.

Temperatura:

La temperatura oscila entre 14 °C y 30 °C, la temperatura promedio es de 22 °C.

Clima:

La zona donde se ubica el Instituto de Tecnología Agropecuaria de la Universidad Nacional de Santa se ubica en una zona costera con temperaturas cálidas y alta humedad. Debido a su proximidad al litoral costero, la salinidad es alta.

Alcances del Sistema:

a) Condiciones técnicas ambientales y de operación

Los alimentadores irán en el sistema eléctrico de la sub estación N°2 de la Universidad Nacional del Santa; que presentan las siguientes características ambientales.

- Temperatura ambiente : 18° a 30°C
- Humedad Relativa : 73%
- Altura máxima : A nivel del mar

Condición de operación del sistema

Las características en las que debe operar el sistema serán:

- Tensión nominal de la red : 13.2 kV.
- Potencia contratada : 250 kW.
- Frecuencia de servicio : 60 Hz.
- Potencia de cortocircuito Pcc : 100 MVA trifásico
- Tiempo de Apertura menor o igual a : 0.2 segundos (asumido)

b) Red de Media Tensión:

En lo que se refiere el proyecto a la Línea de M.T. comprende lo siguiente:

- El Diseño de la red primaria de media tensión 13.2kV subterránea, trifásica.
- El tramo de la Red subterránea principal tendrá 210 ml.
- Para el tendido de la red principal, se usará cable tipo N2XSY de 25 mm² 8.7/15KV.
- La instalación de la red principal de media tensión se hará mediante la realización de los adecuados cálculos eléctricos de caídas de tensión y cálculos mecánicos de elementos de línea, así como la conceptualización de sus especificaciones técnicas importantes.
- Diseño de las puestas a tierra.
- Incorporación de 01 sistema de medición en BT.
- Realización de sistemas de protección localizada en ausencia de fases en *BT*.

Descripción del Sistema:

a) Sistema de Distribución Subterránea línea Primaria:

- Nivel de tensión : 13.2KV
- Sistema : Trifásico
- Longitud de la Red Primaria : 210ml
- Frecuencia : 60Hz
- Conductores de fase : Cobre N2XSY 8.7/15Kv. Cu de 25mm²
- Terminales Unipolares : Cabezas terminales interiores de 25kV para cable N2XSY de 25mm²

b) Subestación de Potencia:

- Tipo: S.E. tipo caseta de 20.25 m2 en el interior del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial.
- Terminales Unipolares: Cabezas terminales interiores con terminales termocontraíbles para cable seco unipolar N2XSY de 25 mm² /70 mm².
- Transformador: Transformador trifásico tipo seco encapsulado en resina epóxica clase "f", 150°C, 350 kVA, 13.2/0.23 kV.

c) Equipos de Protección:

- Celda de remonte y salida y protección: Esta protección se realizará con una celda de ingreso y salida de 24kV, 630A, 20kA, 60hz con seccionador tripolar de potencia y fusibles de protección, con un sistema del tipo system-6 ("arc proof") (resistente al arco Interno) que estará ubicada en la sub estación N°2 de la UNS.
- Celda de llegada y protección: Esta protección se realizará con una celda llegada de 24kv, 630a, 20ka, 60hz con seccionador tripolar de potencia y fusibles de protección, con un sistema del tipo system-6 ("arc proof") (resistente al arco Interno) estará ubicada en la S.E. tipo caseta de 20.25 m2 en el interior del Instituto de Investigaciones Tecnológicas Agroindustriales.

d) Máxima demanda

Para cumplir con la Máxima Demanda del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial se necesita una potencia de 252.10 KW con una proyección del 20%.

Se considera instalar un Transformador trifásico de 350 KVA del tipo seco encapsulado, 13.2/0.23 kV.

III. RESULTADOS

Cálculos Justificativos

Cálculos Electromecánicos en la Sub Estación

Datos Generales:

- Caída de voltaje permisible en la red.....5% (Vn)
- Tensión nominal.....13.2 kV
- Potencia nominal.....500.4kVA
- Máxima demanda 20% proyección.....302.52kVA
- Potencia máxima de diseño de la Subestación (Pd).....350kVA
- Factor de potencia.....0.8
- Tiempo de actuación de la protección.....0.05 seg
- Frecuencia.....60 Hz
- Longitud de la línea.....210 ml

Diagrama de carga:

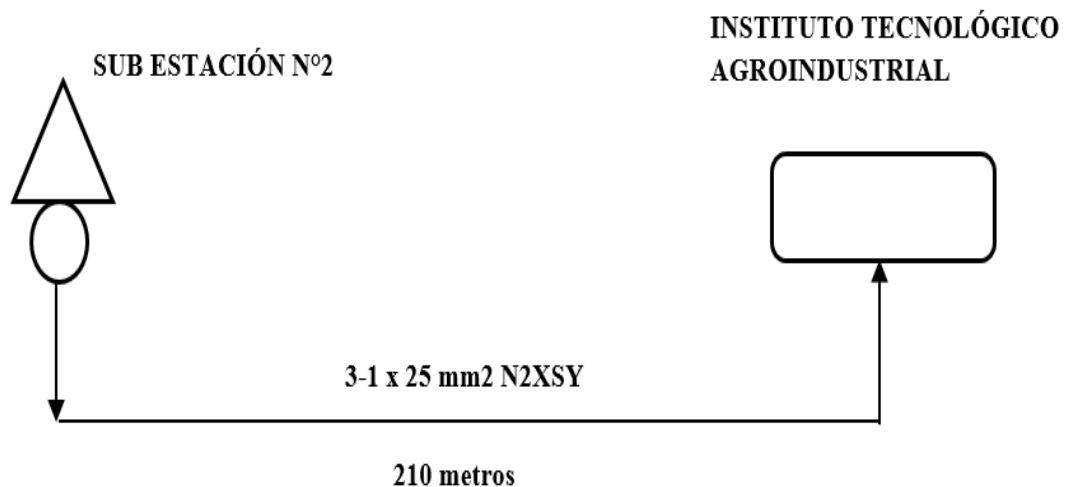


Figura 1 Diagrama de carga para el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial
Fuente: Propia

Cálculo del Alimentador principal N2XSY – unipolar, 12/20 kV de 25mm²

Cálculo de la corriente nominal del Sistema: Para la Sub-Estación se consideró una potencia de diseño de 350 kVA; bajo esta condición realizaremos los cálculos:

$$I = \frac{\text{Potencia de diseño}}{1.732 \times V} (Pn)$$

$$I = \frac{350}{1.732 \times 13.2}$$

$$I = 15.31 A$$

Cálculo basado en la conductividad de la corriente: Para calcular la conductividad de la intensidad de corriente de los cables eléctricos se deben tener en cuenta las condiciones de transferencia de calor, las cuales se ven afectadas por los siguientes factores de corrección:

- a) Factor de corrección para el coeficiente de resistencia térmica del suelo directamente enterrado, resistencia térmica de 150°C-cm/W.....1.00
- b) Coeficiente de corrección a una profundidad de tendido de 210ml0.930
- c) Coeficiente de corrección de la temperatura del suelo a 30° C 0.960
- d) Coeficiente de corrección relativo a la proximidad por otros cables directamente enterrado 0.850
- e) Factor de corrección equivalente:

$$Feq = 1.00 \times 0.93 \times 0.96 \times 0.85$$

$$Feq = 0.759$$

Cálculo de la corriente corregida:

$$\text{Corriente corregida} = \frac{15.31}{0.759} = 20.17 A$$

Este valor es menor que la corriente de diseño del cable y por lo tanto determina la corriente del alimentador de 3-1x25mm², 15kV, enterrado que aguanta una intensidad de diseño de 160A, según fabricante.

Cálculo de caída de tensión del cable N2XSY – unipolar 12/20kV, 25mm²:

Para calcular la caída de tensión se usa la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * I_c}{1000} (r \cos \theta + x \sin \theta) x L$$

Para calcular la caída de voltaje, se considera lo siguiente:

$$L = 210 \text{ m}$$

$$r = 0.4494 \text{ } \Omega/\text{Km} \dots\dots(1) \quad x = 0.2761 \text{ } \Omega/\text{Km} \dots\dots(1)$$

$$I_c = 20.17 \text{ A.}$$

$$\cos \theta = 0.85 \quad \sin \theta = 0.5268$$

Reemplazando valores:

$$\Delta V = 3.87 \text{ V}$$

$$\% \Delta = 0.02932$$

Cálculo de corriente por corto circuito del cable:

Condiciones:

Pcc : Potencia de cortocircuito : 100 MVA

V : Tensión nominal : 13.2 kV

T : Tiempo de actuación : 0.05 s

Icc : Corriente de cortocircuito : kA

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} x V}$$

Reemplazando valores:

$$I_{cc} = 4.37 \text{ kA}$$

Cálculo de intensidad de cortocircuito térmicamente permisible del cable (I_{km}):

Condiciones:

I_{km} - Intensidad de cortocircuito térmicamente permisible del cable en kA

S - Área del conductor :25mm²

t - Tiempo en que actúa la protección :0.05s.

$$I_{km} = \frac{0.143 \times S}{\sqrt{t}}$$

Reemplazando valores:

$$I_{km} = 15.99 \text{ kA}$$

Como I_{cc} = 4.37 kA en el sistema e I_{km} > I_{cc}, la sección del conductor de 25 mm² es correcta.

Cálculo y dimensionamiento de barras y aisladores para 13.2kV:

Condiciones:

Potencia de diseño P = 350 kVA

Tensión nominal V = 13.2 kV

Potencia de cortocircuito P_{cc} = 100 MVA

Factor de potencia cosØ = 0.85

Factor de seguridad F_s = 1.5

Cálculo de corriente nominal:

$$I_n = \frac{P * F_s}{\sqrt{3} * 13.2 \text{ kV}}$$

$$I_n = 16.41 \text{ A}$$

Se elige barras de cobre de 5x50mm en disposición horizontal

Distancia entre apoyos L = 0.50 m.

Separación entre ejes d= 0.30 m.

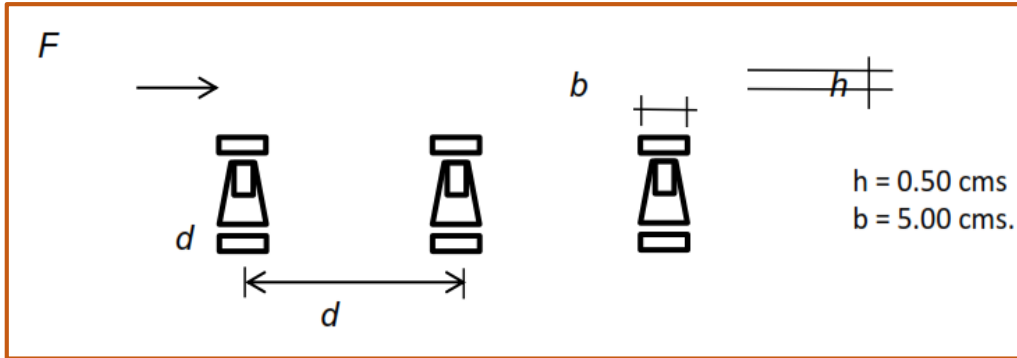


Figura 2 Dimensionamiento de barras
Fuente: Propia

Cálculo de la Potencia de cortocircuito (P_{cc}) de la SE proyectada:

Impedancia del Sistema en ohms (Z_s):

$$Z_s = \frac{V^2}{P_{cc}}$$

$$Z_s = \frac{(13.2kV)^2}{100MVA}$$

$$Z_s = 1.742 \text{ Ohms}$$

- Impedancia del cable : (Z_c)
- Resistencia del cable : $r = 0.44940 \text{ Ohm/Km}$
- Reactancia del cable : $x = 0.2761 \text{ Ohm/Km}$
- Longitud del cable : $L = 120 \text{ m}$

Luego:

$$Z_c = \frac{(r + jx)L}{1000}$$

$$Z_c = 0.110 \text{ Ohms}$$

La impedancia total (Z) hasta las barras de 13.2 kV es:

$$Z = Z_s + Z_c$$

$$Z = 1.852 \text{ Ohms}$$

Luego la potencia de cortocircuito en la SE. es:

$$P_{cc_s} = \frac{V^2}{Z}$$

$$P_{cc_s} = 94.07 \text{ MVA}$$

Cálculo intensidad de Cortocircuito en barra de 13.2kV:

$$I_{cc_b} = \frac{P_{ccs}}{\sqrt{3} * 13.2kV}$$

$$I_{cc_b} = 4.11 \text{ kA}$$

Cálculo de corriente de choque:

$$I_{ch_b} = 1.82 I_{cc_b}$$

$$I_{ch_b} = 10.47 \text{ kA}$$

Cálculo del esfuerzo electrodinámico:

Se tiene:

Esfuerzo de barra $F = Kg$

Distancia entre barras $d = 0.30 \text{ m}$

Longitud entre apoyos $L = 0.50 \text{ m}$

Corriente de choque $I_{ch} = 10.47 \text{ kA}$

$$F = \frac{2.04 * I_{ch}^2 * L}{d}$$

$$F = 3.73 \text{ Kg}$$

Cálculo del momento flexor máximo (M):

$$M = \frac{F * L}{8}$$

$$M = 23.31 \text{ Kg} - \text{cm}$$

Cálculo del módulo resistente de la barra (W_r):

$$W_r = \frac{hb^2}{6}$$

$$W_r = 2.08 \text{ cm}^3$$

El esfuerzo máximo de flexión en la barra será:

$$Mfb = \frac{M}{W_r}$$

$$Mfb = 11.19 \text{ Kg/cm}^2$$

- La barra elegida apropiada es de 1200 Kg/cm².

Cálculo por resonancia:

Frecuencia de oscilación de la barra $f_b = \text{Hz}$

Módulo de elasticidad $E = 1,250,00 \text{ Kg/cm}^2$

Momento de inercia $J = \text{cm}^4$

Peso de la pletina $g = 0.022 \text{ Kg}$

Longitud libre de la barra $l = 50 \text{ cm}$

$$f_b = \frac{112(E * J) / (g * l^4)}{2}$$

Hallando el momento de Inercia:

$$J = hb^3/12 \quad J = 5.21 \text{ cm}^4$$

La frecuencia de resonancia será: $f_b = 765.47 \text{ Hz}$

Se debe cumplir:

$$54 > f_b > 66$$

$$108 > f_b > 132$$

El valor de la frecuencia de resonancia(f_b) se encuentra entre los valores permisibles de frecuencia.

Cálculo por elevación de temperatura:

La elevación de temperatura está dada por:

$$DT = (K/S^2) * I_{cc}^2 * (tr + Dt)$$

Constante térmica del cobre $k = 0.0058$

Sección de la barra de Cu. $S = 250 \text{ mm}^2$

Corriente de cortocircuito en barra $I_{cc_b} = 4.11 \text{ kA}$

Tiempo de apertura del relé $t_r = 0.05 \text{ seg.}$

Temperatura de operación $T_{op} = 35 \text{ °C}$

Incremento del tiempo de protección:

$$Dt = (I_{ch}/I_{cc})^2 * t'$$

$$Dt = 3.89 \text{ seg}$$

t' para el caso de cortocircuito bipolar $t' = 0.60 \text{ seg}$

Luego:

$$DT = 6.19^{\circ}C$$

Temperatura final de la barra (Tfb)

$$Tfb = T_{op} + DT$$

$$Tfb = 41.19^{\circ}C$$

Temperatura admisible en barras de Cu. 200 °C

Cálculo de aisladores portabarras:

Se tiene que:

Esfuerzo en la barra F

Distancia entre barras D = 30.00 cm

Distancia entre apoyos L = 50.00 cm

Corriente de choque Ich = 10.47 kA

Factor de seguridad Fs = 3.00

$$F = 3 * 2.04Ich^2 * \frac{L}{D}$$

$$F = 11.19 Kg$$

El aislador porta barras seleccionado pertenece a la clase A (DIN48100), que soporta 750 Kg de esfuerzo; por lo tanto, satisface los requerimientos electrodinámicos de las barras por efecto de cortocircuito.

Cálculo de ventilación en sala eléctrica:

Datos:

Número de Transformadores	: 1
Potencia del Transformador	: 350 kVA
Potencia de cortocircuito	: 94.07 MVA
Pérdidas en el hierro (Ph)	: 1550 W
Pérdidas en los bobinados (Pa)	: 7500 W
Incremento de temperatura permitida en el aire (Θa)	: 12 °C

Factor de ocupación de la rejilla (k) : 0.3
Diferencia entre alturas de las rejillas (H) : 1.27 m

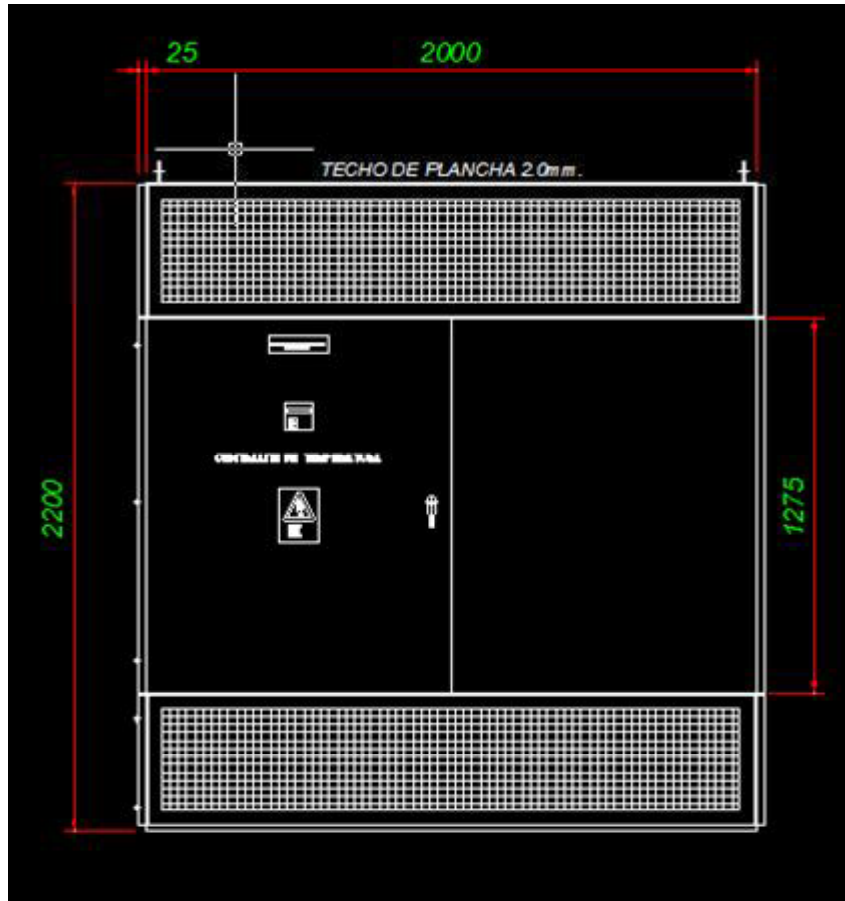


Figura 3 Vista frontal – Transformador 350 kVA
Fuente: EPLI SAC

Pérdidas totales en el transformador en kW (Pt):

$$P_t = P_a + P_h$$

Ph: Son las pérdidas en el hierro

Pa: Son las pérdidas en el bobinado

Por lo tanto:

$$P_t = 9.05 \text{KW}$$

Cálculo del caudal de salida(Qs):

$$Q_s = P_t$$

$$1.16 \times \Theta_a$$

Θ_a : Aumento de temperatura admisible en el aire, menor a 15°C

$$\Theta_a = 12^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 0.65 \text{ m}^3/\text{s}$$

Convirtiendo el Caudal a CFM

$$Q_s = Q \times 35.16 \times 60 \text{ [CFM]}$$

$$Q_s = 1371.54 \text{ CFM}$$

Cálculo de la velocidad en el flujo de salida(Vs):

H= Diferencia entre altura de rejillas de ingreso y salida de aire

$$H = 1.275 \text{ m (Ver fig. 3)}$$

$$V_s = 0.43 \text{ m/s}$$

Área de la rejilla de salida (Sr):

$$S = \frac{Q_s}{V_s}$$

$$S = 1.50 \text{ m}^2$$

Área real de la rejilla de salida (Sr)

$$S_r = \frac{S}{1 - k}$$

Coefficiente de ocupación de la rejilla $k = 0.3$

$$S_r = 2.15 \text{ m}^2$$

Sección de la rejilla de entrada de aire (Se):

$$S_e = 0.92 S_r$$

$$S_e = 1.98 \text{ m}^2$$

Cálculo del Caudal que se necesita para la SE.

- Según normas ASHRAE (USA), se recomienda cambiar el aire 1-5 minutos/turno (sala de transformadores). Digamos que el valor es 3 minutos/cambio.

$$Q_n = \frac{Vol \text{ CFM}}{R}$$

Vol : Volumen del ambiente (pies³)

R : Renovaciones del aire de 3minutos/cambio

Vol = LxAxh (medidas equivalentes de áreas)

Largo = 8.00 m²

Ancho = 6.00 m²

Altura = 3.00 m

Vol = 144.00 m³ = 5,063.04 pies³

Entonces:

$$Q_n = 1,687.68 \text{ CFM}$$

Conclusión:

Como Qn es >, la ventilación será natural.

Cálculo de la protección de la SE. Proyectada en 13.2KV:

Condiciones:

- Potencia a Transmitir : 350 KVA
- Tensión nominal : 13.2KV
- Factor de potencia : 0.85
- Potencia de cortocircuito : 100 MVA
- Duración de actuación de la protección : 0.05 seg.
- Demanda máxima : 268.78 kW

Términos a calcular:

- Icc : Corriente de falla (kA)
- In : Intensidad nominal del transformador (A)
- Iop : Intensidad nominal de operación de la protección
- Pcc2 : Potencia de cortocircuito de la Subestación IITA

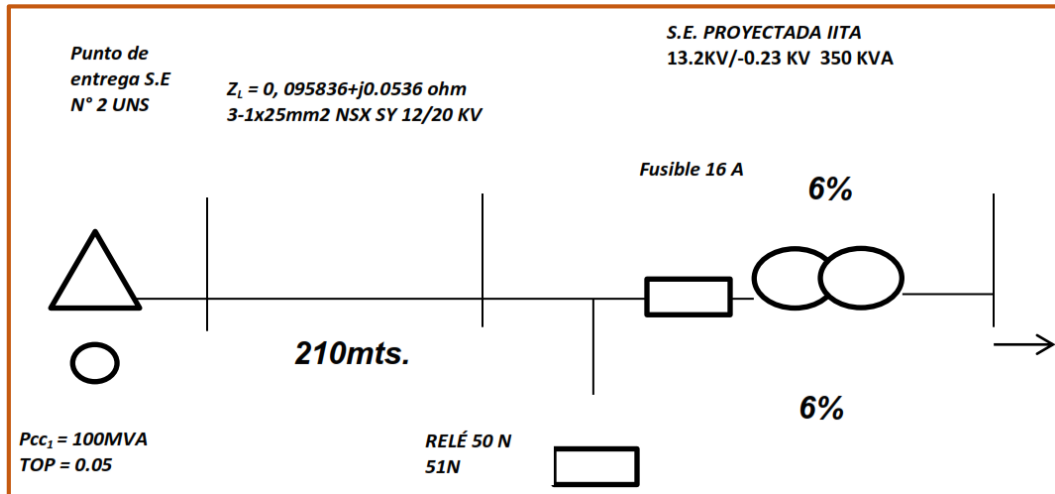


Figura 4 S.E. Proyectada UNS

Fuente: Propia

Cálculo de la Pcc 2 en la SE. Proyectada:

- Pcc 1 del punto de diseño : 100 MVA
- Voltaje nominal : 13.2 kV
- Impedancia de Línea (ZL) : 0.11 ohm
- L = 210 m
- r = 0.4494 Ω/Km
- x = 0.2761 Ω/Km
- $\text{Cos}\phi = 0.85$ $\text{sen}\phi = 0.5268$

$$ZL = 0.095836 + j0.0536 \text{ ohm}$$

$$ZPEnter = \frac{V^2}{Pcc1}$$

$$ZPEnter = 1.7424 \text{ ohm}$$

Entonces:

$$ZT = ZL + ZPEnter$$

$$ZT = 1.8524 \text{ ohm}$$

Por lo tanto:

$$Pcc2 = \frac{V^2}{ZT}$$

$$Pcc2 = 94.07 \text{ MVA}$$

Cálculo de Corriente Nominal del Transformador (In)

$$I_n = \frac{P [kVA]}{\sqrt{3} * V[kV]}$$

$$I_n = 15.33A$$

Relación de fusión a utilizar:

$$Relación\ de\ fusión = \frac{Corriente\ nominal\ de\ los\ fusibles}{Corriente\ nominal\ del\ transformador}$$

Corriente nominal del fusible a seleccionar:

$$I_f = 1.3 * I_n$$

$$I_f = 17.05 A$$

La selección del fusible será de 20 A.

$$Relación\ de\ fusión = \frac{20}{15.33} = 1.305$$

Cálculo de Corriente de cortocircuito en las barras en Sala Eléctrica

Condiciones:

Pcc2 : Potencia de cortocircuito = 94.07 MVA

V : Tensión Nominal = 13.2 kV

Icc : Corriente de cortocircuito = KA

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} * V}$$

$$I_{cc} = 4.11 KA$$

La capacidad de corriente de la celda es de 20 KA, por lo que está bien dimensionada

Selección del cable en baja tensión

La corriente máxima a transportar está dada por la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3} * V}$$

Donde:

In : Corriente nominal

KVA : Potencia instalada (350 KVA)

V : Tensión nominal (0.23 kV)

$$I_n = 878.60 \text{ A.}$$

Para determinar el cable adecuado en función de la capacidad de corriente, se toma en cuenta el pleno rendimiento del devanado a 230V, resultando en una corriente nominal (I_n) de 878.60 amperios.

Y el cable de comunicación entre el tablero de Baja Tensión y el Transformador de Distribución será del tipo NYY triple de 2 ternas de 185 mm², con capacidad de corriente nominal admisible de 470A por terna. Con formación doble de 2-(3-1x185 mm²), lo que hace una capacidad de 940A. También con neutro aterrado doble de 2-1x185 mm².

Esta corriente nominal es para condiciones nominales de diseño del conductor, donde las condiciones base son:

- Profundidad bajo tierra : 0 m
- Temperatura del suelo : 20 °C
- Temperatura del ambiente : 30 °C
- Resistencia específica con el paso de calor
 - Resistividad térmica del suelo : 100 °C*cm/W
 - Temperatura del conductor : 80 °C

El cable será instalado sobre bandejas entre el Bushing del transformador y el Gabinete para Interruptor General en Baja Tensión, por lo que no se utiliza factores de corrección a su capacidad de diseño.

Cálculo de puesta a tierra MT y BT

- Cálculo de la resistividad del suelo por método de Wenner

El cálculo de la resistividad del suelo mediante el método de Wenner implica la medición de la resistividad aparente del terreno natural, utilizando el principio de caída de tensión. Se establecen distancias uniformes entre los cuatro electrodos, compuestos por dos de corriente (C1 y C2) y dos de potencial (P1 y P2). Estos electrodos se disponen en línea recta a una distancia específica (a). La resistencia media de conducción (R) se mide entre los electrodos de potencial (P1 y P2) a lo largo de la longitud (a), oponiéndose a la corriente inyectada (I) entre los extremos (C1 y C2) a lo largo de una longitud de 3a.

$$\rho = 2\pi * R * a$$

Dónde:

R: Representa la resistencia del terreno, medida en ohmios mediante el telurómetro.

a: Indica la longitud de separación entre los electrodos, expresada en metros.

Datos:

a : 1m

R : 42.5 Ohm

ρ_1 : 267.04 Ohm-m

a : 2m

R : 23.4 Ohm

ρ_2 : 294.05 Ohm-m

a : 4m

R : 12.4 Ohm

ρ_3 : 311.65 Ohm-m

ρ prom = 290.91 Ohm-m

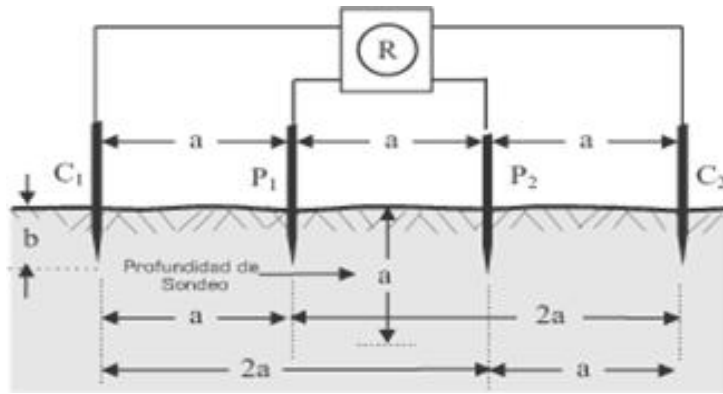


Figura 5 Método de Wenner para hallar Resistividad de terreno

Fuente: Internet

Determinación de la Resistencia de Dispersión de un electrodo vertical tratado con suelo artificial (R_j):

$$R_j = \frac{\rho r \ln D + \rho \ln 4L}{2\pi L d * 12\pi L D}$$

Dónde:

ρ_r : Resistividad del material de relleno (Ohm-m)

ρ : Resistividad del suelo (Ohm-m)

L : Longitud del electrodo (m)

D : Diámetro del pozo a tierra (m)

d : Diámetro de la varilla (m)

Datos:

ρ_r : 20 Ω -m

ρ : 290.91 Ω -m

L : 2.4m

D : 1 m

d : 0.015875m

R_j : 12.77 Ω

Electrodos múltiples:

- Dos electrodos $R_{2j} = 0.6 R_j$
- Tres electrodos $R_{3j} = 0.45 R_j$
- Cuatro electrodos $R_{4j} = 0.35 R_j$

$$R_{2j} = 7.66 \text{ Ohm}$$

$$R_{3j} = 5.75 \text{ Ohm}$$

$$R_{4j} = 4.47 \text{ Ohm}$$

IV. ANALISIS Y DISCUSION

Partiendo de los resultados obtenidos, el estudio se justifica plenamente ya que es de importancia mejorar el servicio del sistema eléctrico del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial.

Como en los trabajos propuestos por mis antecesores, los cálculos y resultados obtenidos en este estudio, aportan conocimientos para la elaboración de futuros proyectos de electrificación como este. Tal es el caso de Pérez y Valera (Pérez & Valera, 2003), que revelan una selección inadecuada de los elementos que constituían una red eléctrica, al no efectuar los cálculos eléctricos precisos para la planificación de la red, lo que ocasionaba una mala calidad del servicio. Así mismo Romaní y Saldaña (Romaní Dipas & Saldaña Revilla, 2018), En el marco de su función en la creación de un sistema de utilización para la Facultad de Ciencias de la Universidad César Vallejo, se enfocaron en mejorar la calidad de la energía eléctrica proporcionada al campus para lograr un rendimiento óptimo de los equipos electrónicos y eléctricos. Para ello, se ideó un Sistema de Utilización de Media Tensión a 13.2 KV, teniendo en cuenta la demanda máxima de 302.52 kVA y cumpliendo con los requisitos técnicos establecidos en el Código Nacional de Electricidad. Además, se elaboraron planos eléctricos y detalles utilizando AutoCAD.

La selección de suministros y materiales se llevó a cabo siguiendo las normativas establecidas en el Código Nacional de Electricidad - Suministros, y se ajustó de acuerdo con los resultados obtenidos de los cálculos, que incluyeron los siguientes:

TERMINALES PARA CABLE SECO

Es imperativo que estos terminales cuenten con la resistencia térmica y electromagnética adecuada para hacer frente a los impactos de la corriente de cortocircuito, así como para gestionar la expansión térmica del conductor.

Se designan para ser utilizados en entornos exteriores y deben ser específicos para cables secos y los calibres necesarios, además de cumplir con las siguientes especificaciones:

a. Terminal de uso exterior para cable seco – 13.2 KV

El dispositivo terminal debe diseñarse para aplicaciones al aire libre y ser compatible con cables que cuenten con aislamiento en seco y una pantalla de cobre. El conducto de control asociado se implementará con el objetivo de mitigar los riesgos derivados del efecto corona. Se requerirán cabezales terminales específicamente diseñados para uso en exteriores, los cuales estarán equipados con terminaciones termocontraíbles y serán adecuados para cables unipolares N2XSY de tamaños comprendidos entre 25 mm² y 70 mm². Estos cabezales terminales deben poseer a continuación lo siguiente:

- El voltaje entre fases debe ser de 10 kV.
- Deben ser elastoméricos.
- El fabricante puede ser Raychem o semejante.
- Debe tener un tubo que controle esfuerzos
- Tubo rojo protector que actuará como aislador sintético.
- Campana unipolar Aislante Sintético Termo-restringente.

Referencia: **Raychem**

CELDA DE PROTECCIÓN:

Celda de llegada y salida y protección:

La celda de llegada y protección será de 24 kV, 630A, 20 kA, 60 Hz, c/Seccionador tripolar aislado en gas Sf6 y fusibles HH DIN.

A) Celdas de Remonte (Ingreso de cables):

01 Celda de Remonte de 24 kV, 630A, 20 KA, que será a prueba de arco interno (arc proof) equipadas con:

- Aisladores capacitivos de 24 KV con indicadores de presencia de tensión.
- 01 Resistencia Calefactora con termostato de control.

B) Celdas de Salida y Protección (Salida a SE.2):

Equipadas con:

- 01 Seccionador fusible tripolar de potencia aislada en gas “SF6” de accionamiento bajo carga de 24 kV, 630A, 20 KA.
- 01 Interruptor termomagnético de control de 2x4A, 220 VAC riel din.
- 01 Transformador toroidal de CT 50/1 Amp. clase 5P10 de protección homopolar.
- 02 Relés de protección según ANSI, IAC o IEC/BS 142:
 - (50G/50N) Sobre corriente a tierra instantánea.
 - (51G/51N) Sobre corriente de tiempo inverso a tierra.
- Aisladores capacitivos de 2 KV con indicadores de presencia de tensión.
- 03 fusibles tipo CEF de 20A HH DIN 25 kA, 24 kV de 442mm.
- Resistencia de calefactor con termostato para control.
- Compartimento auxiliar de baja tensión.
- Bornes de interconexionado para señales de disparo remotas (protección sobre temperatura del Transformador).

C) Celdas de llegada y salida y Protección (Salida a Transformador de 350 KVA):

Equipadas con:

- Un interruptor de corte fusible tripolar con aislamiento en gas "SF6" de 24 kV.
- 630A, 20 kA, con bobina de disparo y contactos auxiliares en 24 VDC.
- 01 Interruptor termomagnético de control de 2x4A, 220 VAC riel din.
- 01 Transformador toroidal en resina dd 50/1 Amp. para protección de falla a tierra, Diam. TR160mm.
- Un relé de protección diseñado para detectar fallas a tierra, denominado RD-7, que incorpora 64 funciones de seguridad.
- Aisladores capacitivos de 24 kV equipados con indicadores luminosos de presencia de tensión, destinados a las fases R, S y T.
- 03 Fusibles tubulares de porcelana tipo CEF de 16A, 442mm.
- Un dispositivo de calefacción con una resistencia integrada y un termostato para su regulación.
- Un espacio adicional destinado a baja tensión en el sistema eléctrico.

- Bornes de interconexión para señales de disparo remotas (protección sobre temperatura del Transformador).



Figura 6 Celda de llegada, protección y salida.
Fuente: Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO:

Dicho transformador será de 350 KVA del tipo seco encapsulado en resina epóxica, $13.2 \pm 2 \times 2.5 \% / 0.23 \text{ kV}$, con configuración Dyn5, 60 Hz, con altura de trabajo de hasta 1000 msnm, con gabinete de protección de grado IP21.

Características técnicas del Transformador:

La estructura central se construirá utilizando láminas de acero al silicio, específicamente diseñadas con orientación de grano láser, alta eficiencia tipo “H1” laminado en frío, con cortes de 45° tipo “step lap”, y sus bobinados de AT y BT serán conductores de cobre de alta conductividad y pureza. Sus bobinas de media tensión son encapsuladas en resina al vacío



Figura 7 Transformador Trifásico seco encapsula en resina epoxi
Fuente: EPLI SAC

CABLE DE ENERGÍA N2XSY:

El cable está fabricado con cobre electrolítico recocido y tiene una disposición compacta de los conductores. Utiliza Polietileno Reticulado (XLPE) como material aislante, con un compuesto semiconductor extruido sobre el conducto y una cinta fabricada con material electrolítico colocada sobre el conductor aislado, teniendo una cubierta externa de PVC de color rojo.

Características:

Para asegurar un funcionamiento adecuado del conductor, se debe garantizar que su temperatura no supere los 90°C en condiciones normales, alcanzando hasta los 130°C en casos de sobrecargas de emergencia y hasta 250°C en situaciones de corto circuito. Este material exhibe notables propiedades de resistencia al envejecimiento

debido al calor y demuestra una alta resistencia a impactos y abrasiones. Además, muestra una robusta resistencia a la humedad, luz solar, ácidos, álcalis, ozono, condiciones climáticas adversas y ciertas sustancias químicas a temperaturas habituales de operación. Asimismo, cumple con estándares retardantes de llama. Su tensión nominal de trabajo es de 13.2 kV, y su máximo voltaje de diseño es de 15.8 kV, la tensión nominal del cable es de 12/20 kV. El conductor tendrá un área de 25mm². Su capacidad de corriente nominal es de 250A. Su resistencia a temperaturas de operación es de 0.494Ω/km y su reactancia inductiva es de 0.2761 Ω/km.

Usos:

En distribución y sub transmisión subterránea de energía eléctrica, también se utiliza para alimentación de transformadores en sub-estaciones. El cable a utilizar en este proyecto será de tipo N2XSY – 12/20 kV, 25mm².

Condiciones Ambientales:

La zona donde se instalará el conductor, presenta las siguientes condiciones:

- Altura sobre el nivel del mar :0 – 300 m
- Humedad relativa :70 – 80 %
- Temperatura ambiente :5°C y 50°C

Tabla 02:

Datos técnicos de cable Unipolar N2XSY

TABLA DE DATOS TECNICOS				
CABLE DE ENERGIA UNIPOLAR N2XSY (25 mm ² 12/20 kV)				
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO	OFERTADO
1	CARACTERÍSTICAS GENERALES			
	Fabricante			
	Pais de fabricación			
	Norma de Fabricación y pruebas		NTP 370.050	
2	DESIGNACIÓN N2XSY			
	Tensión Nominal E/Eo	KV	12/20	
	Temperatura máxima a condiciones normales	°C	90	
	Temperatura máxima en cortocircuito (5 s. Máximo)	°C	250	
3	CONDUCTOR DE FASE			
	Norma		NTP 370.050	
	Material		Cobre recocido sin recubrimiento	
	Pureza	%	99.9	
	Sección Nominal	mm ²	25	
	Clase		2	
	Numero de Alambres		19	
	Densidad a 20°C	gr/cm ³	8.89	
	Resist. a T° de operación (Ohm/Km)	Ωmm ² /m	0.494	
	Reactancia inductiva (Ohm/Km)	Ohm/km	0.2761	
	Aislamiento			
	Material		XLPE	
	Color		Natural	
	Espesor nominal promedio	mm	4.5	
	Pantalla			
	Cinta semiconductora o compuesto semiconductor , extruido sobre el conductor		SI	
	Sobre el aislante			
	Cinta semiconductora o compuesto, semiconductor extruido SI		SI	
	Cintas o malla trenzada de cobre con, resistencia menor a 3 ohm/Km a 20°C		SI	
	Cubierta			
	Material		PVC - Tipo CT5	
	Color		Rojo	
	Espesor	mm	2	
	Pruebas			
	Tensión de ensayo de continuidad de aislamiento	KV	22	

ZANJA PARA INSTALACIÓN DE CABLE N2XSY 12/20 KV:

Estas zanjas son las cavidades en las cuales se enterrará el conductor alimentador, sus dimensiones serán de 60cm de ancho x 120cm de profundidad máxima.

El cable se instalará dentro de un conducto de PVC-P resistente, posicionado sobre una capa de tierra compactada y tamizada de 10 cm de espesor. Posteriormente, se cubrirá con una capa adicional de tierra tamizada de 20 cm, sobre la cual se colocará una hilera de ladrillos.

Esta se llenará con tierra propia compactada sin pedrones de 20cm, sobre la cual se tendrá la cinta señalizadora color rojo, luego nuevamente se rellena con material propio sin pedrones a una altura de 65cm.

MANHOLES:

Los manholes son las cajas de derivación fabricados con concreto armado de $f^{\circ}=210 \text{ Kg/cm}^2$ donde sus dimensiones serán de 0.8x0.8x1.2m con tapa de concreto y marco de 0.9x0.9m. Estos serán sellados con una mezcla de yeso y cemento para evitar riesgos de electrocución.

TUBERÍA DE PVC:

Estos ductos serán de PVC-P y PVC-SEL, dentro de los que se instalarán los conductores, estos elementos, como los ladrillos, estarán diseñados para resistir la humedad, bajas temperaturas, presiones por aplastamiento, ambientes químicos, impactos mecánicos y deformaciones causadas por el calor en condiciones habituales de funcionamiento. Además, cumplirán con propiedades retardantes de la llama.

Para la conexión de ductos se debe utilizar uniones de presión con el mismo diámetro.

- A) Tubería PVC-SEL** (Standard Europeo Liviano); Estas se usarán en toda instalación interna, ya sea empotrada o adosada en pared, techo o piso.
- B) Tubería PVC-SAP** (Estándar Americano Pesado), Estas tuberías serán utilizadas en toda instalación donde se necesite una mayor protección.

PUESTA A TIERRA:

Permitirá el desfogue a tierra de las fugas de corrientes debido a cortocircuitos o sobrecargas internas o de origen atmosférico, directamente al terreno por medio de cables y accesorios que componen el sistema de puesta a tierra.

Normas aplicables:

Los accesorios deben cumplir con las siguientes normas:

NTP 370.042 CONDUCTORES DE COBRE RECODIDO PARA USO ELECTRICO. (INDECOPI, 1999).

Descripción de Accesorios:

- **Conductor:** Este componente, que conecta las partes no sometidas a tensión de los equipos y estructuras de las subestaciones a la tierra, estará compuesto por cobre recocido desnudo y aislado, con las siguientes características:
 - Sección nominal : 25mm²
 - N° de alambres : 7
 - Diámetro exterior del conductor : 9.6mm
 - Masa del conductor : 390 Kg/Km
- **Electrodo de cobre:** Será varilla de cobre electrolítico de 16mm de diámetro por 2.40m de longitud.
- **Borne para Varilla de cobre:** Estará fabricado en bronce y garantizará la conexión precisa entre la varilla y el conductor de puesta a tierra. La cantidad utilizada para el tratamiento químico con óxidos metálicos se ajustará conforme a las recomendaciones proporcionadas por el fabricante.
- **Bóvedas de polipropileno para registro de puesta a tierra:** Estas bóvedas presentan ventajas técnicas y económicas superiores en comparación con las cajas de registro de concreto. Se destacan por ser económicamente accesibles y exhibir propiedades físicas y químicas que sobresalen frente a otros materiales utilizados en la protección externa contra daños mecánicos y agentes químicos. Además, sus propiedades eléctricas y térmicas aseguran un eficiente aislamiento contra sobrecorrientes y descargas eléctricas.

V. CONCLUSIONES

- ❖ El estudio del Sistema de Utilización en Media Tensión se realizó aplicando todos los parámetros de diseño y seguridad que establecen y recomiendan nuestras leyes.
- ❖ Se determinó una nueva demanda en base a las exigencias de calidad para un buen funcionamiento.
 - Para una potencia instalada (P_i) de 500kW y un factor de servicio (F_s) de 0.65, considerando un futuro crecimiento de la carga del 20%, se resuelve que la máxima demanda (M_d) es de 302.5 KW. Por tanto, se selecciona un Transformador de 350 KVA.
- ❖ Se realizó el diseño de la Red y montajes electromecánicos en el programa AutoCAD en base a los datos calculados:
 - Potencia del Transformador : 350 kVA
 - Longitud de línea : 210 m
 - Sección de Conductor : 25 mm²
 - Voltaje nominal : 13.2 kV
 - Caída de Tensión ΔV : 3.87 V
 - % ΔV : 0.02932
 - I_{cc} : 4.37 kA
- ❖ Finalmente, los alumnos se beneficiarán gracias a que el proyecto brindará un servicio de calidad y confiabilidad para el Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Se hace la recomendación de elaborar un plan de mantenimiento preventivo a fin de evitar condiciones y fallas que perjudiquen al óptimo funcionamiento del sistema eléctrico y sus instalaciones.
- ❖ Estos trabajos de mantenimiento se deberán realizar en coordinación con la concesionaria para programar el corte de energía requerido para realizar el trabajo.
- ❖ Se recomienda tener en cuenta el impacto ambiental que pueden causar este tipo de proyectos y elaborar planes de contingencia con el fin de no perjudicar el proceso constructivo del proyecto.

VII. AGRADECIMIENTO

- ❖ En primer lugar, agradezco a DIOS por darme vida y salud para poder lograr mis metas; en segundo lugar, agradezco a mis PADRES, Juan Ferradas Fernández y Sabina Pérez Poémape, por demostrarme su confianza y darme su total apoyo en cada paso que doy, a mis hermanos por ser parte de esa fuerza que me motivó a no rendirme nunca.

¡Gracias a todos!

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Centelsa. (s.f.). *Centelsa.com/productos*. Obtenido de https://centelsa.com/productos_centelsa/productos_peru/CABLES_MEDIA_TENSION/CABLES_MEDIA_TENSION_CABLES_UNIPOLARES_N2XSY.pdf
- Holguin, M., & Gomez Coello, D. (Marzo de 2010). *DSpace*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2110/13/UPS-GT000145.pdf>
- INDECOPI, C. d. (13 de Diciembre de 1999). *prevencionlaboralrimac.com*. Obtenido de https://prevencionlaboralrimac.com/Cms_Data/Contents/RimacDataBase/Media/legislaciones/LEG-8588686580999157842.pdf
- Machaca Vilca, J. C., & Coila Delgado, A. A. (Marzo de 2017). *Repositorio.unap.edu.pe*. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/Machaca_Vilca_Julio_Carlos_Coila_Delgado_Abell_Alexis.pdf
- Nicaragua Carballo, R. J., & Rivera Ramírez, F. A. (Abril de 2017). *ribuni.uni.edu.ni*. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1527/1/91216.pdf>
- Pérez, D., & Valera, E. (Julio de 2003). *Academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/10329297/UNIVERSIDAD_DE_CARABOBO_FACULTAD_DE_INGENIER%3%8DA_ESCUELA_DE_INGENIER%3%8DA_EL%3%89CTRICA_DEPARTAMENTO_POTENCIA_AN%3%81LISIS_DE_P%3%89RDIDAS_T%3%89CINAS_Y_NO_T%3%89CNICAS_A_NIVELDE_13_8_KV_240_120_V_EN_EL_CIRCUITO
- Romaní Dipas, B., & Saldaña Revilla, A. (15 de Diciembre de 2018). *Repositorio.ucv.edu.pe*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34847/romani_db.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rudas Alonso, C. U. (Septiembre de 2020). *repositorio.uncp.edu.pe*. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6059/T010_44063647_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- sac, E. (s.f.). *epli.com.pe*. Obtenido de <https://sigelec.com.pe/zona-formativa/articulos-tecnicos/celdas-media-tension-conceptos-generales>
- (RAYCHEM, 2023)

IX. ANEXOS Y APENDICE

Anexo 01: Se presenta el cuadro de cargas del Instituto de Investigaciones Tecnológicas Agroindustriales de la UNS.

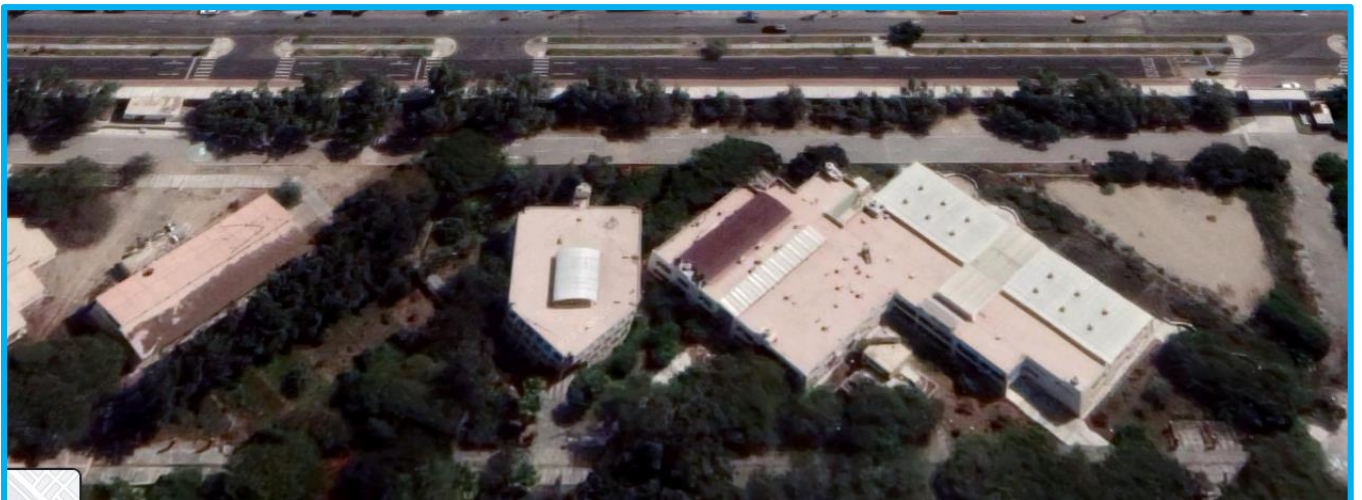
ITEM	LABORATORIOS	P.INST. Kw	F.D	MAX.DEM. Kw
1	DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	30	0.5	15
2	CONTROL DE CALIDAD	36	0.5	18
3	POST COSECHA	119	0.7	83.3
4	OPERACIONES UNITARIAS Y AUTOMATIZACIÓN	112	0.5	56
5	BIO PROCESOS	21	0.5	10.5
6	NUTRICIÓN Y TOXICOLOGÍA	95	0.7	66.5
7	TOMACORRIENTE E ILUMINACIÓN	4	0.7	2.8
	SUB TOTAL	417		252.1
	PROYECCIÓN 20%	83.4		50.42
	TOTAL	500.4		302.52

Anexo 02:

Se presenta un cuadro con los equipos que se encuentran dentro de las instalaciones del Instituto de Investigaciones Tecnológicas Agroindustriales de la UNS.

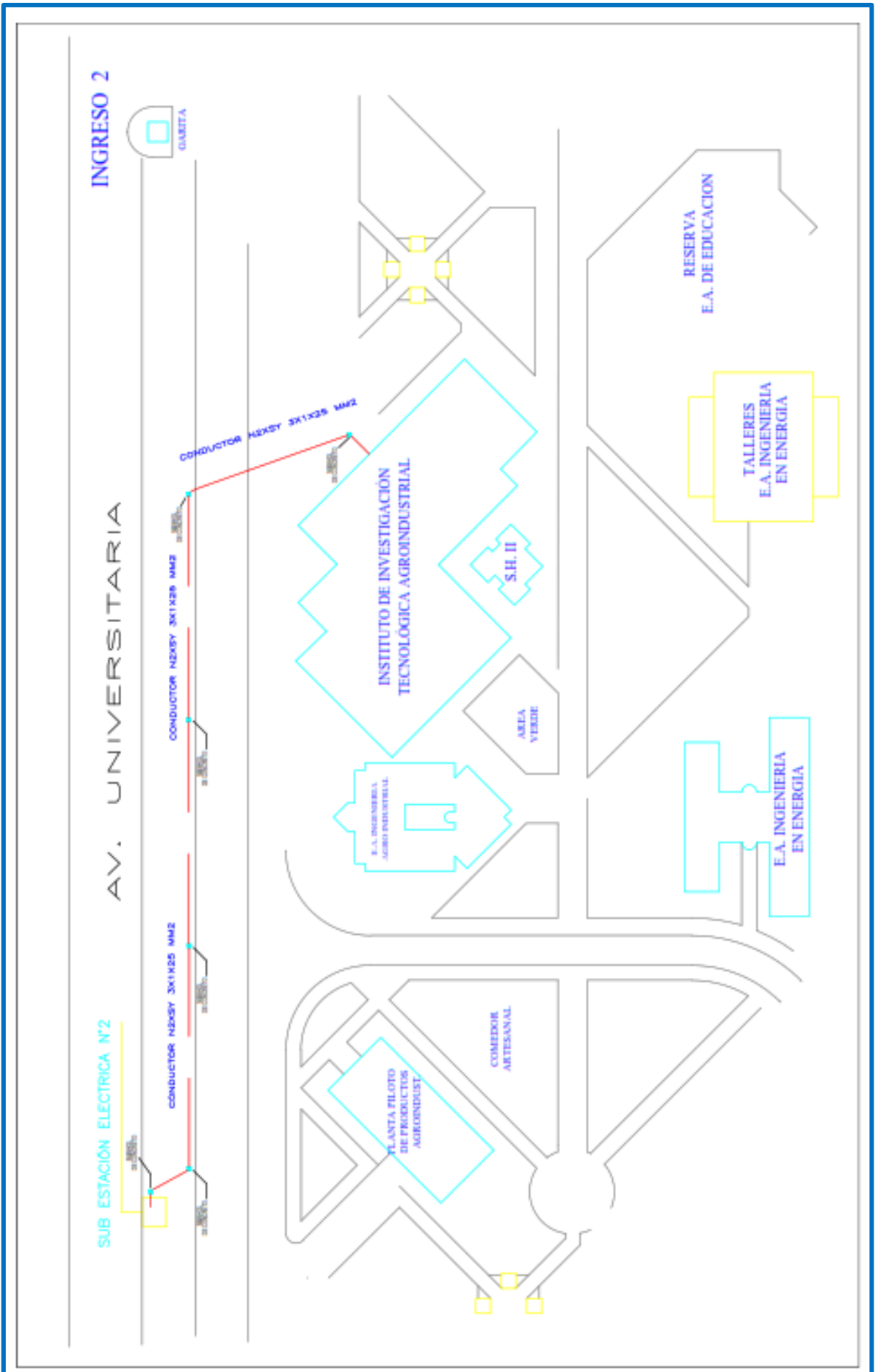
EQUIPOS DE LABORATORIO	POTENCIA INSTALADA EN W
Secador de bandejas	15000
Expeller	1500
Extrusor Doble Tornillo	1500
Equipo de Pérdidas, se carga en tuberías	3000
Equipo para Estudio de Bomba Centrífuga	5000
Planta Polivalente de Trituración y Cocción	5000
Cámara Climática	8500
Rodajadora Circular	3000
Centrífuga	400
Autoclave de Esterilización	5000
Refinadora	1200
Homogenizador	5000
Pasteurizador Tubular	8000
Dosificador	750
Taponadora	7200
Línea de Producción de Yogurt	15000
Línea de Producción de Cerveza	15500
Máquina para Elaboración de Pastas	3400
Extrusor Monotornillo	8200
Tamizador	750
Pulverizador	750
Molino	3100
Prensadora en Frio	3100
Selladora al Vacío	4500
Equipo Germinador	5000
Mantequera	750
Descremadora	750
Pasteurizador de Placas	4200
Coagulador Pasteurizador	4000
Centrífuga Gerbert	750
Liofilizador	3000
Estufa de secado	5000
Purificador de Agua	1200
Cromatógrafo Líquido Ultra Performance con Detector Espectómetro de Masas	9000
Cromatógrafo de Gases acoplado a un Espectómetro de Masas	10500
Determinador Elemental de Proteínas por Combustión Dumas	9000
Espectofotómetro de Absorción Atómica	8500
Equipo Baño de limpieza por Ultrasonido	4500
Multiparámetro	1200
Rotavapor	3000
Lector Multimodal	350
Bioreactor	1200
RANCIMAT	2500

Anexo 03:
**se presenta la vista aérea del Instituto de Investigaciones
Tecnológicas Agroindustriales, la Sub estación IITA y la Sub
estación eléctrica N°02 de la UNS.**

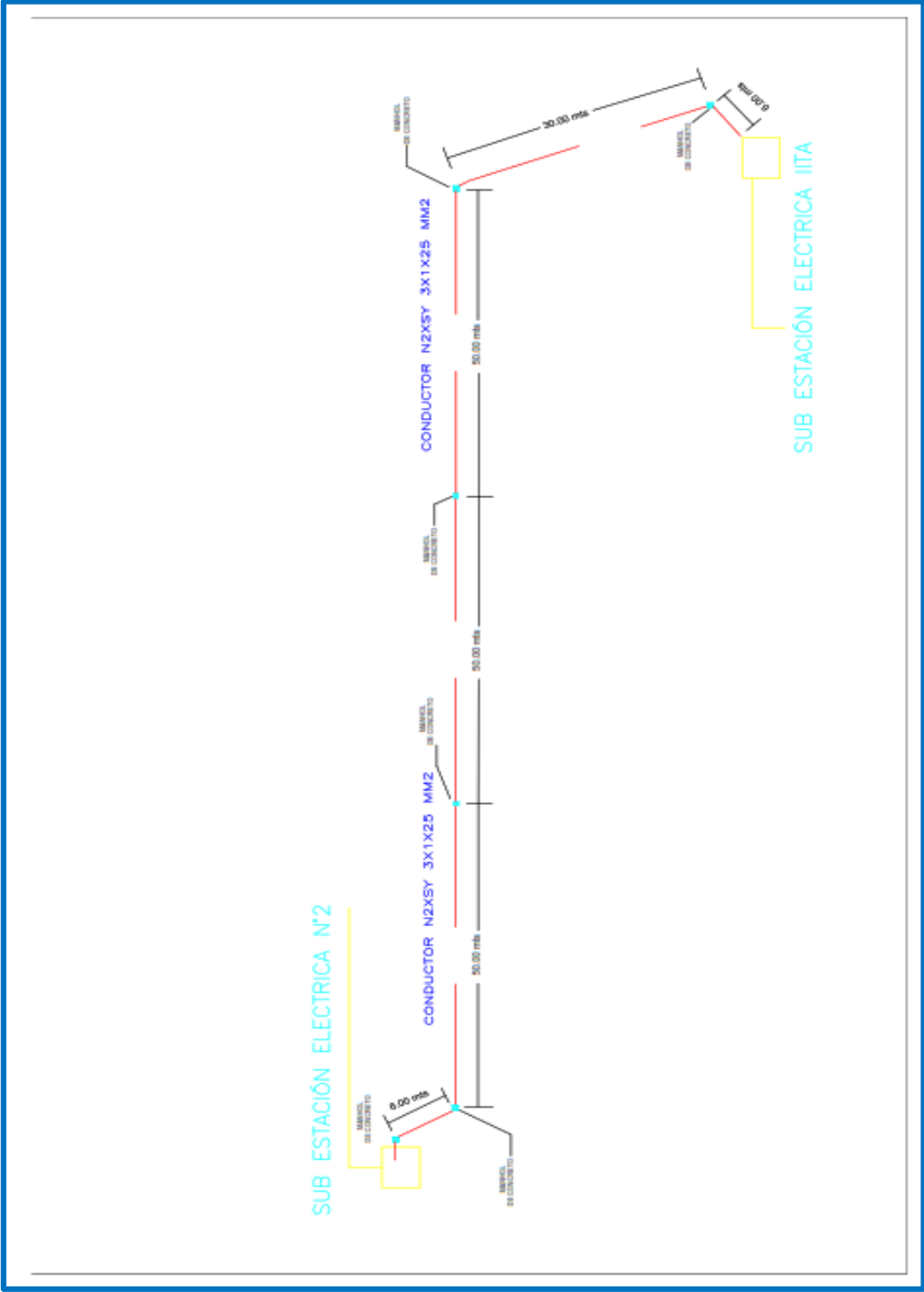


Anexo 04:

Se presenta una vista del recorrido que seguiría el alimentador principal desde la Sub Estación N°02 de la UNS hacia la Sub estación IITA del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial.



Anexo 05:
ESQUEMA MONTANTE DEL CONDUCTOR PRINCIPAL

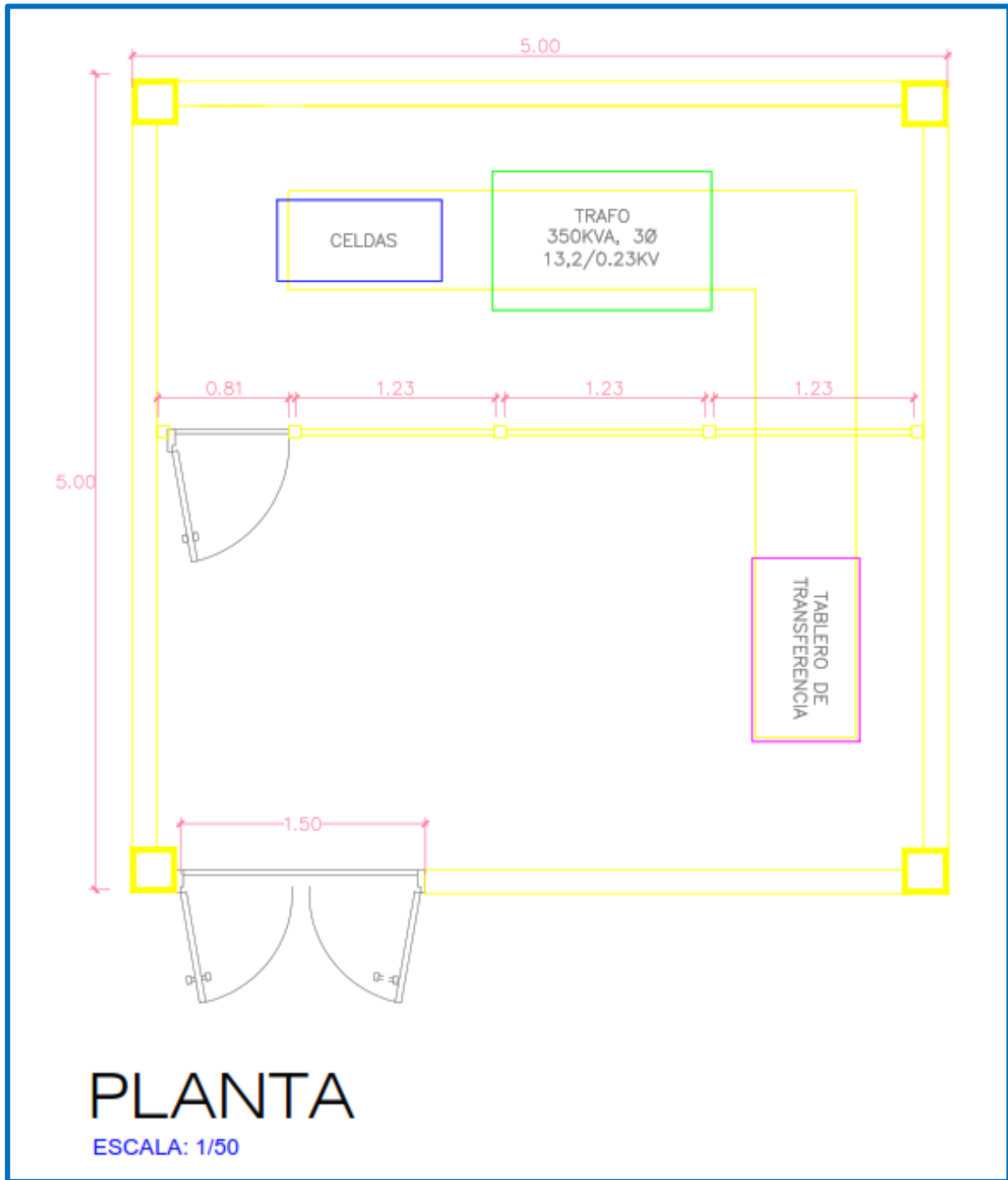


Anexo 06:

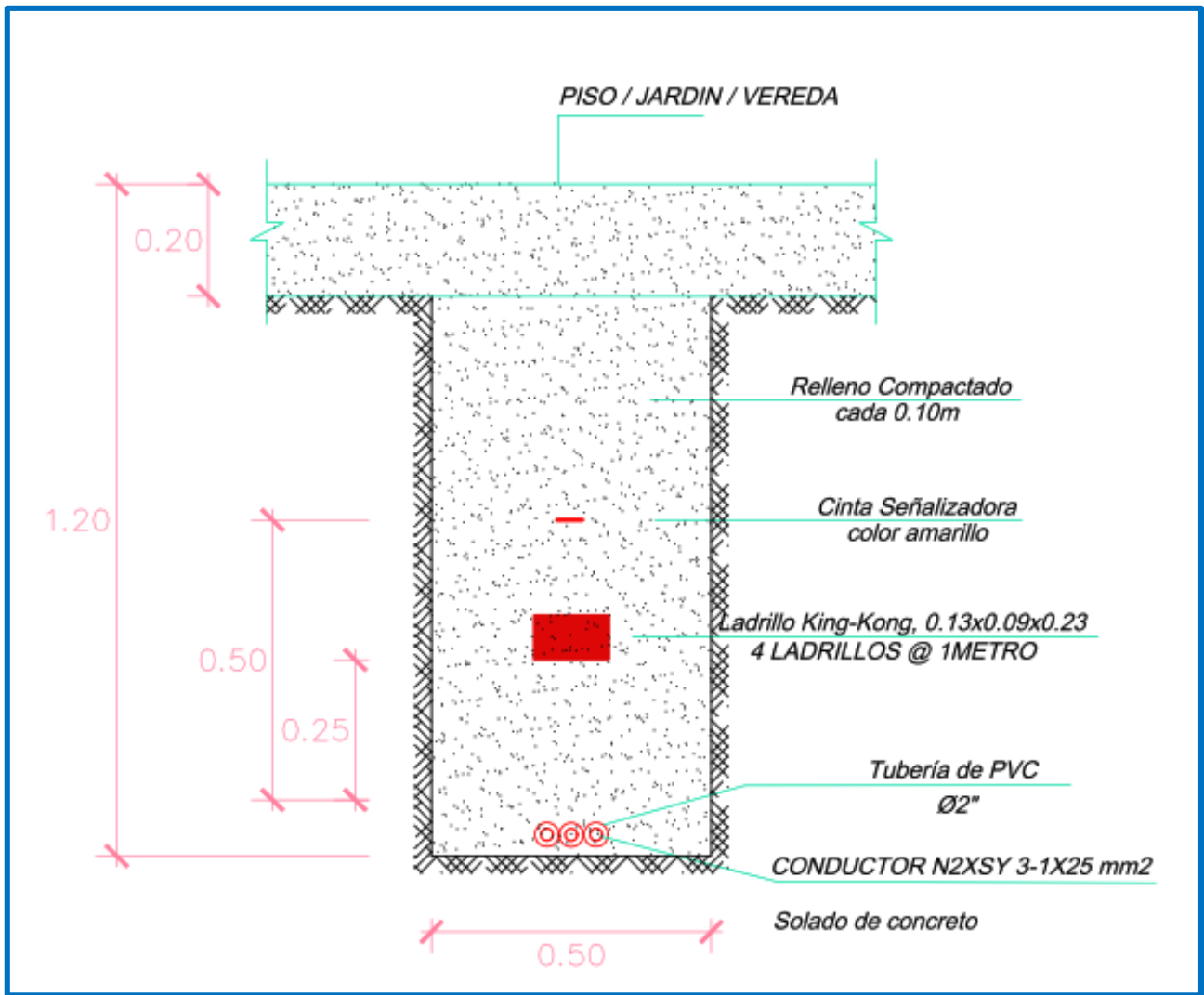
**VISTA DE FRONTAL DE LA SUB ESTACIÓN IITA CON
SUS DIMENSIONES Y PROYECCIONES DE LAS
UBICACIONES DEL TRANSFORMADOR, FLUJO DE
AIRE DE REFRIGERACIÓN DE LA SALA.**

Anexo 07:

**VISTA DE PLANTA DE LA SUB ESTACIÓN IITA CON
SUS DIMENSIONES Y PROYECCIONES DE LAS
UBICACIONES DEL TRANSFORMADOR, CELDAS DE
LLEGADA Y PROTECCIÓN.**



Anexo 08:
**DISEÑO DE LAS ZANJAS PARA EL PASE DEL
CONDUCTOR**



REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor				
Ferradas Pérez Omar Alexander		47847627	omar.ferradas.perez@gmail.com	
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico	
2. Tipo de Documento de Investigación				
<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis	<input type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹				
<input type="checkbox"/>	Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/>	Título Profesional	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/>
			Maestría	<input type="checkbox"/>
			Doctorado	<input type="checkbox"/>
4. Título del Documento de Investigación				
Estudio de un sistema de utilización en media tensión de 13.2kV Trifásico para el Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa				
5. Programa Académico				
Ingeniería Mecánica Eléctrica				
6. Tipo de Acceso al Documento				
<input checked="" type="checkbox"/>	Abierto o Público ² (Info: au-repositorio/tematicas/openAccess)		<input type="checkbox"/>	
			Acceso restringido ³ (Info: au-repositorio/tematicas/restrictedAccess/1*)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo				

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁴

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, el cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.⁵

Lugar	Dis	Mes	Año
Chimbote	04	04	24




Firma

Importante

- Según artículo 19 de la Ley N° 27302 Ley que aprueba el Reglamento de Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 19 inciso 6.2.
- Ley N° 30025 Ley que regula el Repositorio Institucional Digital de Datos, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 008-2018-MC.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto a público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer en línea de forma libre y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Reportando siempre los Datos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo con el Modelo de la Ley 602.
- En caso de que el autor se le requiera otorgar una licencia de publicación de datos de autor, resumen de la obra, de acuerdo a la directiva I-004-2018-COCON/TEC-2002 (numerales 6.2 y 6.3) que rige el funcionamiento del Repositorio Institucional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que promueve y disponibiliza de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan el uso de contenidos, recursos e iniciativas, obras e iniciativas, entre otros. Estas licencias demuestran que el autor otorga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12 del artículo 19 de Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales (RNT) Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluye los trabajos realizados en sus repositorios institucionales de acceso abierto o restringido, los cuales se darán preferentemente, visibilización por el Repositorio Digital (RDI) a través del Repositorio Institucional.

Note: En caso de la huella digital, en caso de no poderla de acceder a ley Ley 27302 art. 19 inciso 6.2 B)

Estudio de un Sistema de Utilización en Media Tensión de 13.2 kV Trifásico para el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la UNS

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	www.feban.net Fuente de Internet	2%
5	dokumen.tips Fuente de Internet	1%
6	biblioteca.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.seal.com.pe Fuente de Internet	1%

9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
11	www.perulicitaciones.com Fuente de Internet	1 %
12	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
13	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
19	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad de Málaga - Tii	

<1 %

21

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

23

e-huacho.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

24

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

25

prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

26

www.osinergmin.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

27

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

periodicos.ufam.edu.br

Fuente de Internet

<1 %

29

futur.upc.edu

Fuente de Internet

<1 %

30

solucionesgeofisicas.com

Fuente de Internet

<1 %

31

de.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

32	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
33	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %
34	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
37	ww1.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
38	www.mag.go.cr Fuente de Internet	<1 %
39	www.przetargi.info Fuente de Internet	<1 %
40	www.puntoloslagos.cl Fuente de Internet	<1 %
41	civinedu.org Fuente de Internet	<1 %
42	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
43	fdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %

44	iberianlawyer.com Fuente de Internet	<1 %
45	pof.eslack.org Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	archive.org Fuente de Internet	<1 %
48	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
49	idm-instrumentos.es Fuente de Internet	<1 %
50	informe.presidencia.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
51	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
52	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
54	tzibalnaah.unah.edu.hn Fuente de Internet	<1 %
55	www.noticiasdebariloche.com.ar Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo