

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS**

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN  
MEDIA TENSIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
DEL CALLAO CONSIDERANDO EL CAMBIO DE  
TENSIÓN DE 10 A 20 KV”**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

**AUTORES:**

**BACH. ARIAS HUAMANI MICHAEL ANTONIO**

**BACH. BENDEZU LAPA CARLOS ALONSO**

**BACH. LESCANO ASMAT PERCY ANDRE**

**ASESOR: Hugo Florencio LLACZA ROBLES**

**CALLAO – 2018**

**PERU**



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO CONSIDERANDO EL CAMBIO  
DE TENSIÓN DE 10 A 20 KV”**

**INTEGRANTES:**

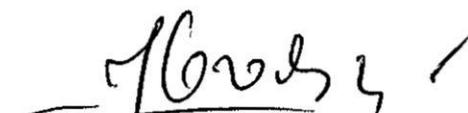
**BACH. ARIAS HUAMANI MICHAEL ANTONIO  
BACH. BENDEZU LAPA CARLOS ALONSO  
BACH. LESCOANO ASMAT PERCY ANDRE**

**ASESOR:**

**Mg. HUGO FLORENCIO LLACZA ROBLES**

**CALIFICACIÓN:**

**16 (Dieciséis)**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Ing. Juan Herber Grados Gamarra**  
Presidente de Jurado

  
\_\_\_\_\_  
**Mg. Ing. Ernesto Ramos Torres**  
Secretario de Jurado

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Pedro Antonio Sanchez Huapaya**  
Vocal de Jurado

**CALLAO – PERÚ  
2018**

## DEDICATORIA

Dedicamos la presente tesis, a nuestros padres, familiares y a todas aquellas personas que estuvieron pendientes de nosotros en todo el transcurso de esta corta pero importante etapa de nuestras vidas, la universidad; por su esfuerzo y sacrificio, por darnos lo mas importante en nuestras vidas, una carrera universitaria para nuestro futuro y por creer en nuestra capacidad a pesar de los momentos difíciles y las adversidades encontradas en el camino, siempre nos brindaron su apoyo, comprensión, amor y cariño.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a nuestros padres principalmente y demás familiares por todo el apoyo recibido en el transcurso de nuestra carrera, por confiar en nosotros cuando los necesitábamos, gracias a Dios por darnos salud y a la familia para que nada nos falte, a todas aquellas personas que contribuyeron en nuestra formación, puede que actualmente estas personas ya no estén en nuestras vidas pero su contribución y apoyo siempre quedará en nuestra memoria enseñanzas y vivencias que son parte importante de todo este proyecto de vida en la universidad. A nuestra alma mater la Universidad Nacional del Callao, sus instalaciones quedaran siempre en nuestros recuerdos por las vivencias en las aulas y es promesa de nosotros dejar en alto su nombre siendo excelentes profesionales, a nuestros maestros no solo por los conocimientos impartidos en clases sino además de los consejos que se aplican para la vida, a todos ellos gracias.

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO CONSIDERANDO EL  
CAMBIO DE TENSIÓN DE 10 A 20 KV**

**ÍNDICE**

<b>CARATULA .....</b>	<b>1</b>
<b>HOJA DE REFERENCIA DE APROBACIÓN DEL JURADO.....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>6</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1 Problema general. ....	16
1.2.2 Problemas específicos. ....	16
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos. ....	16
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4.1 Justificación legal. ....	17
1.4.2 Justificación teórica. ....	18
1.4.3 Justificación tecnológica. ....	18
1.4.4 Justificación económica.....	19
1.4.5 Justificación social.....	19
1.4.6 Justificación práctica. ....	20

<b>II</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
2.1	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO. ....	20
2.2	MARCO TEÓRICO. ....	21
2.2.1	El sistema eléctrico. ....	21
2.3	DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS. ....	31
<b>III</b>	<b>VARIABLES E HIPÓTESIS .....</b>	<b>33</b>
3.1	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES. ....	33
3.2	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. ....	33
3.3	HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICAS. ....	34
3.3.1	Hipótesis general. ....	34
3.3.2	Hipótesis específicas. ....	34
<b>IV</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>34</b>
4.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....	34
4.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN. ....	34
4.3	POBLACIÓN Y MUESTRA. ....	35
4.3.1	Características. ....	35
4.3.2	Delimitación. ....	37
4.3.3	Ubicación y espacio. ....	38
4.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	39
4.5	PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	39
4.6	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS. ....	45
4.6.1	Escenario1 – Modelado y análisis de las subestaciones N°1 y N°2 en su estado actual 10kV. ....	45
4.6.2	Escenario2 – Modelado y análisis de las subestaciones N°1 y N°2 debido al cambio en 20kV.....	49
4.6.3	Cálculos justificativos de las nuevas subestaciones propuestas y cable de enlace. ....	51

4.6.4	Cuadro comparativo de equipamiento requerido para las nuevas subestaciones y cable de enlace. ....	86
4.6.5	Cuadro comparativo de configuraciones propuestas para las nuevas subestaciones. ....	103
<b>V</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>111</b>
5.1	EQUIPAMIENTO PARA LAS NUEVAS SUBESTACIONES.....	111
5.2	MODELADO Y ANALISIS DE LAS NUEVAS SUBESTACIONES. ....	112
<b>VI</b>	<b>DISCUSION DE RESULTADOS</b> .....	<b>121</b>
6.1	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS. ....	121
6.2	CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.....	125
<b>VII</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>126</b>
<b>VIII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>128</b>
<b>IX</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>130</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>133</b>
A.	Reporte de Flujo de Carga para subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC en 10 KV	
B.	Comparativas de celdas por función y proveedor en formato A3	
C.	Comparativas de celdas por función y proveedor en formato A3.	
D.	Reporte de Flujo de Carga para las subestaciones N°1 y N°2 en 20 KV con nuevo equipamiento.	

- E. Reporte de estudio de Cortocircuito para las subestaciones N°1 y N°2 en 20 KV con nuevo equipamiento.
- F. Reporte de Flujo de Carga para las subestaciones N°1 y N°2 en 10 KV con nuevo equipamiento.
- G. Reporte de estudio de Cortocircuito para las subestaciones N°1 y N°2 en 10 KV con nuevo equipamiento
- H. Catálogo de cables Indeco.
- I. Catálogo de cables Ceper Cables.
- J. Catálogo de cables General Cables.
- K. Matriz de consistencia.
- L. Planos

## TABLA DE CONTENIDO

### FIGURAS:

- Figura. 1** Ejemplos de clasificación según IEC62271-200.
- Figura. 2** Tipos de pruebas climáticas.
- Figura. 3** Tipos de pruebas ambientales.
- Figura. 4** Tipos de Clasificación del comportamiento del fuego
- Figura. 5** Seccionador de Potencia en mal estado.
- Figura 6.** Transformador en Aceite 500KVA, en mal estado.
- Figura 7.** Seccionador de Potencia en mal estado.
- Figura 8.** Transformador en Aceite 500KVA, en mal estado
- Figura 9.** Transformador en Aceite 320KVA, en estado descuidado.
- Figura 10.** Modelado de subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC 10 KV dado por ETAP 16.0
- Figura 11.** Flujo de carga de subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC 10 KV dado por ETAP 16.0
- Figura 12.** Modelado de las subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC debido al cambio de 20 KV dado por ETAP 16.0.
- Figura 13.** Flujo de carga para las subestaciones N°1 y N°2 actuales de la UNAC debido al cambio de tensión para 20 KV dado por ETAP 16.0.
- Figura. 14** Disposición de instalación, encima de zanja.
- Figura. 15** Disposición de instalación, vista de planta.
- Figura. 16** Disposición de ductos de ventilación del transformador.
- Figura. 17** Disposición de instalación de transformador.
- Figura. 18** Configuración estándar de celdas de Media Tensión en subestaciones.
- Figura. 19** Diagrama unifilar de las subestaciones N°01 y N°02
- Figura. 20** Diagrama unifilar de las subestaciones N°01 y N°02
- Figura. 21** Diagrama unifilar de las subestaciones N°01 y N°02
- Figura. 22** Diagrama unifilar de las subestaciones N°01 y N°02

**Figura. 23** Diagrama unifilar de la subestación N°01 y la subestación N°02 dado por ETAP 16.0.

**Figura. 24** Flujo de Carga para las subestaciones N°1 y N°2 en 20 KV con el nuevo equipamiento dado por ETAP 16.0.

**Figura. 25** Estudio de Corto Circuito para el sistema de 20 KV dado por para las subestaciones N°1 y N°2 con el nuevo equipamiento dado por ETAP 16.0.

**Figura 26.** Modelado para las subestaciones N°1 y N°2 nuevo equipamiento para la tensión de 10 KV dado por ETAP 16.0.

**Figura. 27** Flujo de Carga en 10 KVA con el nuevo equipamiento para las subestaciones N°1 y N°2 dado por ETAP 16.0.

**Figura. 28** Estudio de cortocircuito en 10 KVA con el nuevo equipamiento para las subestaciones N°1 y N°2 dado por ETAP 16.0.

**Figura. 29** Esquema de área protegida durante eventual arco interno.

## **TABLAS**

**Tabla 1.** *Tabla de valores nominales de celdas de MT acorde a IEC.*

**Tabla 2.** *Cuadro de operacionalización de variables.*

**Tabla 3.** *Cuadro de cargas de las facultades de la UNAC.*

**Tabla 4.** *Demanda actual y demanda proyectada.*

**Tabla 5.** *Tabla comparativa de proveedores para el cable de enlace.*

**Tabla 6.** *Tabla de parámetros físicos para cable N2XSY 12/20 kV de proveedor INDECO.*

**Tabla 7.** *Tabla de parámetros electricos para cable N2XSY 12/20 kV de proveedor INDECO.*

**Tabla 8.** *Resistividad Térmica del Suelo (UNE 20435).*

**Tabla 9.** *Resistividad Térmica del Suelo (UNE 20435).*

**Tabla 10.** *Resistividad Térmica del Suelo (UNE 20435).*

**Tabla 11.** *Resistividad Térmica del Suelo (UNE 20435).*

- Tabla 12.** Cuadro resumen de resultados para alimentador de 35mm<sup>2</sup>.
- Tabla 13.** Cuadro resumen de resultados para alimentador de 50mm<sup>2</sup>.
- Tabla 14.** Tabla de Datos Técnicos - Celda de Remonte.
- Tabla 15.** Tabla de Datos Técnicos - Celda de protección con Relé y Medidor.
- Tabla 16.** Tabla de Datos Técnicos - Celda de protección con Seccionador Fusible.
- Tabla 17.** Tabla de Datos Técnicos - Celda de Seccionamiento.
- Tabla 18.** Tabla de Datos Técnicos - Celda de protección con Relé.
- Tabla 19.** Tabla de Datos Técnicos - Transformador Seco 630 KVA.
- Tabla 20.** Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para transformador.
- Tabla 21.** Tabla de costos de cable de media tensión de proveedor INDECO.
- Tabla 22.** Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para celdas de MT.
- Tabla 23.** Tabla de precios referenciales de celdas de MT.
- Tabla 24.** Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para celdas de MT.
- Tabla 25.** Tabla de precios referenciales de celdas de MT.
- Tabla 26.** Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para celdas de MT.
- Tabla 27.** Tabla de precios referenciales de celdas de MT.
- Tabla 28.** Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para celdas de MT.
- Tabla 29.** Tabla de precios referenciales de celdas de MT.
- Tabla 30.**  
Tabla de precios de suministro de equipamiento y cable de enlace seleccionado.
- Tabla 31.** Tabla de frecuencia de mantenimiento acorde a fabricante (Schneider Electric).

## RESUMEN

La siguiente tesis tiene como principal problemática es que debido al cambio de tensión de 10 KV a 20 KV dado por la empresa distribuidora Enel para el sistema eléctrico de la Universidad Nacional del Callao. Se hace el análisis de las subestaciones eléctricas de la UNAC y se demuestra mediante estudios que estas mismas no están preparadas para el cambio por lo que es trabajo de los tesisistas, proponer soluciones basados en un análisis técnico – económico, determinando necesario nuevos equipamientos para las subestaciones; transformadores, cables alimentadores y equipos de protección. La solución a esta problemática además de los cálculos para su determinación estarán simulados apoyándonos en el software de ingeniería para análisis de sistemas de potencia ETAP 16.0. Mediante el cálculo de flujo de carga y estudio de cortocircuito.

Finalmente se optimiza una de las soluciones basado en un presupuesto que cumpla los estándares técnicos dados por el C.N.E.

## **ABSTRACT**

The next thesis has as main problem is that due to the voltage change from 10 KV to 20 KV given by the distribution company Enel for the electrical system of the Universidad Nacional del Callao. The analysis of the electrical substations of the UNAC is made and it is demonstrated by studies that these are not prepared for the change for what is the work of the thesis students, to propose solutions based on a technical - economic analysis, determining necessary new equipments for the substations; transformers, feeder cables and protective equipment. The solution to this problem in addition to the calculations for its determination will be simulated based on the engineering software for analysis of power systems ETAP 16.0.

By calculating load flow and short circuit study. Finally one of the solutions is optimized based on a budget that meets the technical standards given by the C.N.E.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

Actualmente en la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, han venido ocurriendo problemas de continuidad del servicio eléctrico durante el desarrollo de actividades propias de cada trabajo y restricciones por el uso de las instalaciones básicas accionadas por el sistema eléctrico con redes eléctricas alimentadas desde las Subestaciones N° 1 y 2 de la UNAC, los cuales por el tiempo transcurrido, la operación propia en condiciones normales y con perturbaciones pierden aislamiento, el deterioro propio del sistema eléctrico, la salida de operación de las Subestaciones por fallas no controladas, originan una reducción de la confiabilidad del sistema eléctrico en media tensión.

Sin el servicio de la energía eléctrica, no es posible la ejecución de actividades en condición de clases de laboratorio, dictado de clases teóricas, trabajos administrativos, desplazamiento peatonal y otras actividades, por lo que es necesario garantizar el suministro de la energía eléctrica de la UNAC en condición de confiable, selectivo en la totalidad del área de actuación del fluido eléctrico,

Al interior de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, se realiza la distribución de la energía eléctrica en baja tensión en 220v y entre las subestaciones es en Media Tensión en 10 KV, con una operación DISCONTINUA, debiendo realizarse cálculos eléctricos justificativos y selección de equipos con tecnología de punta enmarcados en normas nacionales e internacionales en el área de electricidad, considerando que el Concesionario Local (ENEL) migrará a futuro a una nueva tensión de operación en 20 KV, debido al aumento de carga proyectado a futuro por lo que la concesionaria solicita que todos los equipos estén preparados para una migración de 10 a 20 kV.

Por lo indicado anteriormente es necesario optimizar el sistema eléctrico en media tensión de la Universidad Nacional del Callao considerando el

cambio de tensión de 10 a 20 KV a futuro, el cual será desarrollado por los bachilleres: **ARIAS HUAMANI MICHAEL ANTONIO, BENDEZU LAPA CARLOS ALONSO, LESCANO ASMAT PERCY ANDRE**

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema General. -**

¿El actual sistema eléctrico en media tensión de la Universidad Nacional del Callao está preparado para un funcionamiento en 20 KV?

### **1.2.2 Problema Específico. -**

#### **1.2.2.1 Problema específico N°01**

¿En qué medida el cambio de equipos en las subestaciones optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la Universidad Nacional del Callao considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV?

#### **1.2.2.2 Problema específico N°02**

¿En qué medida el cambio del cable de enlace optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la Universidad Nacional del Callao considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.3.1 Objetivo General. -**

Optimizar el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV.

### **1.3.2 Objetivo Específico. -**

#### **1.3.2.1 Objetivo específico N°01**

Optimizar el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV mediante la selección de celdas y transformador con tecnología de punta.

### **1.3.2.2 Objetivo específico N°02**

Optimizar el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV mediante la selección del cable de enlace adecuado.

## **1.4 JUSTIFICACION**

### **1.4.1 Justificación Legal**

La operación del Sistema Eléctrico en Media Tensión de las Instalaciones de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, así como los componentes de la Subestaciones, cumplirán con las normas establecidas en:

- Código Nacional de Electricidad,
- Ley de Concesiones Eléctricas,
- Decreto Ley No. 25844, del 92-11-19 y su reglamento aprobado con D.S. No. 0093-EM del 93-02-25,
- Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo de las actividades eléctricas
- Norma de Procedimientos para la elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de Utilización en Media Tensión en zonas de Concesión de Distribución R.D. N° 018-2002-EM/DGE

La empresa concesionaria local es ENEL, la cual distribuye y comercializa la energía eléctrica, en este caso en 10 KV para la operación actual, y con exigencia en 20KV, como sistema eléctrico futuro en función a Normas y reglamentos propios de la empresa suministradora.

### **Normas aplicables**

Para el desarrollo, seguimiento y dirección de la tesis se consideró la aplicación de las prescripciones vigentes de la siguiente regulación principal:

- Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844 y su Reglamento.

- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
- Código Nacional de Electricidad Suministro 2011
- Código Nacional de Electricidad Utilización
- Norma R.D. N° 018-2002-EM/DGE.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### **1.4.2 Justificación Teórica**

Las Subestaciones de la UNAC operan a una tensión en 10KV, con una instalación de 50 años para la Subestación N° 1 y 21 años para la Subestación N° 2, con una degradación del aislamiento de los equipos, debido a la operación continua sin mantenimiento y reemplazo de equipos, perturbaciones incumpliendo las NTCSE.

Las mejoras al sistema eléctrico obligan a conocer teóricamente el Tipo de Sistema, que para este caso es un sistema aislado,

Para cuando se instaló las Subestaciones no se tenía previsto una demanda de potencia de acuerdo a la realidad actual, crecimiento vertical de la infraestructura con equipos para las diferentes facultades.

#### **1.4.3 Justificación Tecnológica**

El nivel de tensión utilizados en la UNAC es de 10 KV en la Media Tensión y 220 Voltios en la Baja Tensión, entendiéndose que la tensión requerida por la Concesionaria Local ENEL es la de 20KV para ser implementada a futuro, para instalaciones nuevas y el cambio de 10KV en instalaciones existentes a una tensión de 20 KV, motivado por el aumento de la Demanda Eléctrica y el cumplimiento de las recomendaciones y exigencias técnicas de la concesionaria local. La tecnología en 20 KV requiere de la instalación de nuevos equipos al interior de las Subestaciones, con equipos de transformación y protección a ser definidos en la presente tesis.

#### **1.4.4 Justificación Económica**

Las Subestaciones de la UNAC al tener el reemplazo de equipos de transformación, protección, maniobra, celdas, con nueva tecnología, tendrán una duración mayor, con mantenimiento reducido, aceptación de los estudiantes de las distintas facultades por contar con equipos selectivos, con una menor inversión inicial y duración durante la operación en Media Tensión.

#### **1.4.5 Justificación Social**

La mejora del sistema eléctrico con equipos de Tecnología Reciente garantiza el funcionamiento continuo de las Facultades y otras áreas propias de la gestión universitaria, las cuales son:

- Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.
- Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Facultad de Ingeniería Química.
- Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos.
- Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas.
- Facultad de Ciencias Administrativas.
- Facultad de Ciencias Contables.
- Facultad de Ciencias Económicas.
- Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas.
- Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.
- Facultad de Ciencias de la Salud.
- Escuela de Posgrado.
- Otros (detallados en el informe de tesis final).

#### **1.4.6 Justificación Práctica.**

El uso de la energía eléctrica en cualquier momento, para los diferentes equipos de Laboratorio, salones de clase, áreas administrativas, Auditorios, es posible debido a la optimización que dará confiabilidad y selectividad, y a la vez garantizará la operación de las Subestaciones con equipos de última generación para Media Tensión.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

La empresa Electrolima instaló al interior de la Ciudad Universitaria, contiguo al Laboratorio de la Facultad Mecánica y Energía, Centro Experimental Tecnológico, una caseta tipo superficie, para entrega de energía en Media Tensión con un nivel de 10 KV, así como los equipos de medición de consumo de energía eléctrica. Las Subestaciones 1 y 2 cuentan con una operación continua de 50 y 21 años respectivamente, entregando energía eléctrica la S.E. N° 1 a los Pabellones de la Facultad de Mecánica y Energía, Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Centro Experimental Tecnológico,

La S.E. N° 2 entrega energía a las Facultades de Ciencias Físicas y Matemáticas, Ing. Ambiental, Ciencias Contables, Administrativas, Económicas, Centro de Telemática, Biblioteca Central, Ciencias de la Salud.

Para una Demanda Máxima de 600 KW en la S.E.N° 1 y para la S.E.N° 2 una Demanda Eléctrica de 700 KW en 10 KV, el cual tiene como punto de entrega de energía el Puesto de Medición en Caseta al interior de la UNAC, actualmente en operación en Media Tensión 10 KV, este punto de referencia se encuentra existente a 65 mts. de la S.E. N° 2

Estas Subestaciones se encuentran en operación a pesar de las fallas presentadas y el número de años en servicio, debiendo superarse estas

interrupciones, buscando optimizar el sistema eléctrico en media tensión de la Universidad Nacional del Callao.

## **2.2 MARCO TEORICO**

### **2.2.1 El sistema Eléctrico**

Las Subestaciones conformantes del actual sistema eléctrico al interior de la UNAC, pertenecen a un sistema eléctrico en 10 KV, con espacios y distancias bajo normalización del momento en que fueron diseñados e instalados. Es decir, no cuenta con tecnología para una operación confiable a la tensión en 20 KV.

#### **2.2.1.1 Celdas Modulares para Distribución en Media Tensión**

Las siguientes especificaciones se aplican a celdas de distribución modular, tipo interior, incluyendo el conjunto de equipos de maniobra y/o protección en celdas compartimentadas.

El equipo suministrado consistió de celdas alineadas que cumplen los siguientes criterios:

- Diseño evolutivo
- Fácil de instalar
- Seguro y fácil de operar
- Diseño compacto
- Bajo mantenimiento

El proveedor está en capacidad de demostrar que posee amplia experiencia en el campo de equipos en Media Tensión y que ha suministrado equipo que se encuentra en operación al menos hace tres años.

### **Normas de fabricación**

Los equipos cumplieron con las últimas revisiones de las siguientes recomendaciones IEC:

- IEC 62271-200 (Antigua IEC 298) celdas compartimentadas AC, con equipo para voltajes nominales de 1 - 52 KV, inclusive.
- IEC 60265-1 seccionadores bajo carga de alta tensión.
- IEC 62271-102 Seccionadores y cuchillas de puesta a tierra para Alta Tensión en corriente alterna.
- IEC 60694 cláusulas comunes para equipos de alto voltaje.
- IEC 62271-105 Combinaciones seccionador fusible equipos HV en corriente alterna.
- IEC 62271-100 Interruptores HV en corriente alterna.
- IEC 60282-1 Fusible de Media Tensión.
- IEC 60185 Transformadores de corriente.
- IEC 60186 Transformadores de voltaje.
- IEC 801 Compatibilidad electromagnética para equipos de medida y control de procesos industriales.
- IEC 60529 Grados de protección provista por las envolventes (Código IP).
- IEC 60255 Relés de protección eléctricos.

### **Nivel de aislamiento**

El nivel de aislamiento de los equipos Mv cumplió con las recomendaciones IEC y los valores indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 1.**

*Tabla de valores nominales de celdas de MT acorde a IEC.*

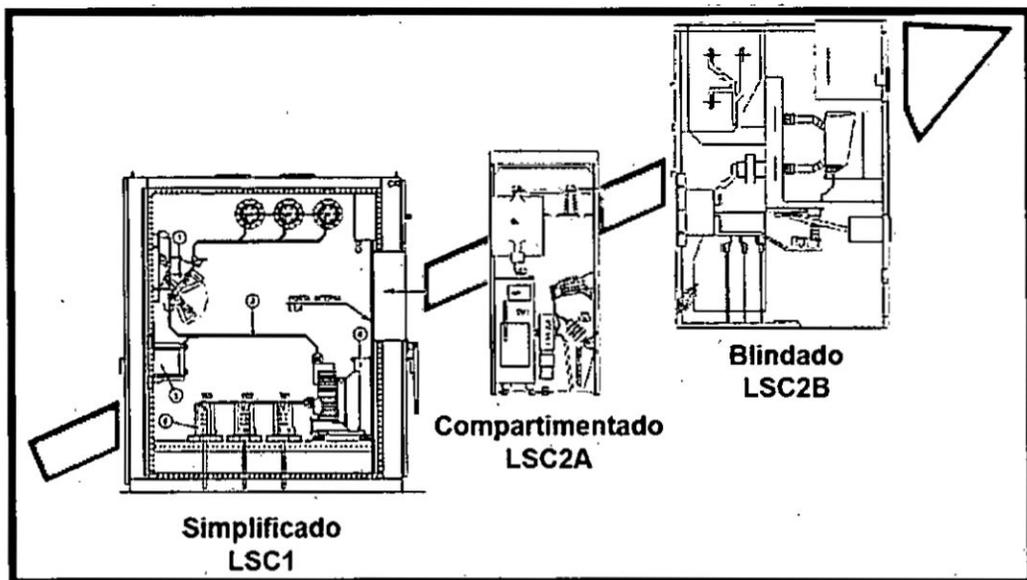
Nivel de Aislamiento		Voltaje Nominal (KV)			
		7.2	12	17.5	24
60Hz/1min. (Kv rms)	Aislamiento	20	28	38	50
	Seccionamiento	23	32	45	60
1.2/50us (Kv peak)	Aislamiento	60	75	95	125
	Seccionamiento	70	85	110	145

Las celdas garantizarán el nivel de aislamiento adecuado de acuerdo a la norma IEC, teniendo en cuenta que la instalación se realizará a una altura menor de 1.000 msnm.

Los tableros de media tensión deberán cumplir como mínimo con la siguiente clasificación según la última actualización de la norma IEC 62271-200:

**LSC2A – PI – IAC – AFL**

**Figura. 1** Ejemplos de clasificación según IEC62271-200



*Fuente: Catalogo técnico de Schneider Electric*

Las celdas con tecnología de aislamiento tipo GIS o AIS, serán utilizadas en las necesidades de las redes de distribución de la UNAC aprovechando sus reducidas dimensiones y múltiples funciones de protección.

#### **2.2.1.2 Transformador de Media Tensión / Baja Tensión**

Los transformadores elegidos son del tipo seco encapsulados en resina epoxy (aislación clase F).

El transformador se diseñó para operar en forma continúa suministrando la potencia nominal en kVA a las condiciones de temperatura ambiente y elevación especificadas, sin que los arrollamientos excedan la temperatura promedio establecida en las hojas de datos.

En el caso de un transformador cuya carga sea un convertidor, la potencia nominal kVA del transformador se determina en base a la frecuencia fundamental de la carga incluyendo el convertidor.

La impedancia nominal del transformador deberá ser la impedancia entre cada par de arrollamientos del transformador con el conmutador en vacío en el tap de tensión nominal y el conmutador bajo carga en la posición de tensión al neutro. Para cada transformador equipado con un conmutador bajo carga, el vendedor indicará en su propuesta el rango extremo de variación de la impedancia esperada con respecto a la impedancia en el tap de la tensión nominal, cuando esta se mide con la corriente y tensión nominal del secundario.

A menos que se indique otra cosa en las hojas de datos, el transformador será trifásico, del tipo seco, apropiados para montaje interior sobre una base de concreto.

### **Normas de fabricación**

El transformador se diseña, fabrica y prueba de acuerdo con las especificaciones de las últimas normas aplicables de las siguientes organizaciones:

- IEC 60076-11
- IEC 76-1 a 76-5
- IEC 60076-16

### **Circuito magnético**

Se realiza en chapa de acero al silicio de grano orientado, aislada por óxidos minerales y protegida contra la corrosión mediante una capa de esmalte.

### **Arrollamientos de baja tensión**

El bobinado de baja tensión se realizará en banda de aluminio.

La banda estará separada por una película aislante de clase F preimpregnada en resina epoxy.

Los extremos del bobinado estarán protegidos y aislados con un aislante de clase F, cubierto de resina epoxy.

El proveedor deberá garantizar:

Gran resistencia a las agresiones de la atmósfera industrial.

Excelente resistencia dieléctrica.

Buena resistencia a los esfuerzos radiales del cortocircuito franco.

La salida de cada bobinado BT se compondrá de terminales de conexión de aluminio estañado o de cobre, permitiendo realizar cualquier conexión sin tener que recurrir a una interface de contacto (grasa, bimetálico).

El montaje se realiza según las buenas prácticas, concretamente utilizando arandelas elásticas de presión bajo la cabeza del tornillo y la tuerca.

### **Arrollamiento en media tensión**

El bobinado de media tensión se realizará en hilo de aluminio aislado para intensidades elevadas.

El bobinado será encapsulado y moldeado bajo vacío en una resina de clase F cargada e ignífuga.

Gracias a estas técnicas de bobinado y encapsulado en vacío, se consigue reforzar las características dieléctricas.

El montaje se realiza según las buenas prácticas, concretamente utilizando arandelas elásticas de presión bajo la cabeza del tornillo y tuerca.

### **Accesorios**

Cada transformador debe incluir los siguientes accesorios básicos:

- 4 ruedas planas bi-orientables.
- Cáncamos de elevación.
- Agujeros de arrastre en el chasis.
- Agujeros de arrastre.
- 1 placa de características
- 1 señal de advertencia " peligro eléctrico".
- 1 manual de recomendaciones para la instalación, puesta en servicio y mantenimiento.
- Protocolo de ensayos individuales.

### **Protección térmica**

Estos transformadores están equipados con un dispositivo de protección térmica compuesto de:

Conjuntos de tres (3) sondas PT100 para el control y medición de la temperatura con su correspondiente Central de protección con

salidas para falla ventilación. Alarma y descomexión. Los sensores se alojarán en la parte superior de los arrollamientos puntos accesibles presumiblemente más caliente.

#### **Clase de aislamiento**

Los transformadores son del tipo seco encapsulados en resina epoxy (aislación clase F, 140°C). La performance requerida está basada sobre la sobret temperatura de los 100°C, más una temperatura ambiente máxima de 40 °C.

El aislamiento es de resina epóxica libre de halógenos no higroscópico impregnado a presión en vacío, retardante a la llama y no combustibles según lo indicado por CENELEC EN 60726 del año 2003 y la IEC 60076-11 del año 2004.

#### **Clasificación: climática y del medio ambiente**

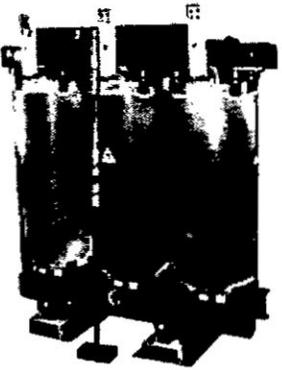
Los transformadores son de clase: climática C2 y medioambiental E2 como mínimo, como se definen en el nuevo documento IEC 60076-11 del 2004. Las clases figuran en la placa de características. El fabricante acredita mediante una copia de los ensayos realizados por un laboratorio oficial en un transformador de la misma concepción al solicitado.

Figura. 2 Tipos de pruebas climáticas

**Prueba climática C3\*** (\*) Prueba de shock térmico C2 realizada a -50 °C  
 Norma IEC 60076-11

**Clima** +++

<b>C1</b>	Temperaturas ambiente más bajas: •Servicio -5 °C •Almacenamiento/Transporte -25 °C
<b>C2</b>	Temperaturas ambiente más bajas: •Servicio -25 °C •Almacenamiento/Transporte -25 °C
<b>C3*</b>	Temperaturas ambiente más bajas: •Servicio -50 °C •Almacenamiento/Transporte -50 °C



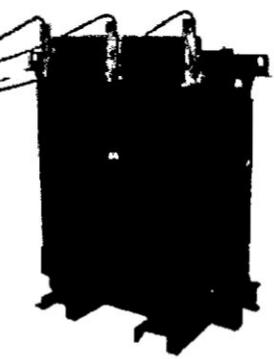
Fuente: Catalogo técnico de Schneider Electric

Figura. 3 Tipos de pruebas ambientales

**Prueba ambiental E3**  
 Normas IEC 60076-11 e IEC 60076-16

**Entorno** +++

<b>E0</b>	Instalación normal en interiores •Sin condensación •Sin contaminación importante
<b>E1</b>	•Condensación ocasional •Contaminación limitada
<b>E2</b>	•Condensación frecuente •Contaminación importante o combinación de ambas •Humedad relativa hasta el 93%
<b>E3</b>	Condensación casi total, contaminación importante o combinación de ambas •Nivel de humedad anómalo hasta el 95% •Conforme a la norma IEC 60076-16



Fuente: Catalogo técnico de Schneider Electric

### Clasificación del comportamiento del fuego

Los transformadores son de clase: F1 como se define en el del CENELEC EN 60726 (2003). La clase F1 figura en la placa de características.

El fabricante acredita mediante una copia de los ensayos realizados por un laboratorio oficial en un transformador de la misma concepción al solicitado y sobre el mismo transformador que inicialmente se hayan realizado los ensayos climáticos y medioambientales.

Figura. 4 Tipos de Clasificación del comportamiento del fuego

Resistencia a incendios  
Norma IEC 60076-11

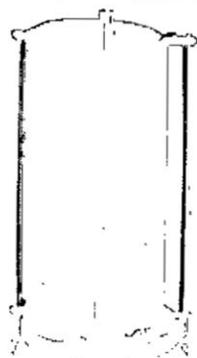
Incendios

**F0**

- No hay riesgo de incendio especial que considerar
- A excepción de las características inherentes al diseño del transformador no se ha tomado ninguna medida especial para reducir la inflamabilidad

**F1**

Este tipo de transformador está diseñado para resistir un incendio durante un tiempo limitado. El transformador debe ser capaz de funcionar durante un tiempo limitado en un incendio. El transformador debe ser capaz de funcionar durante un tiempo limitado en un incendio. El transformador debe ser capaz de funcionar durante un tiempo limitado en un incendio.



Fuente: Catalogo técnico de Schneider Electric

### Celda de transformación (cubierta metálica)

Para uso al interior en base con láminas de acero carbono y las tapas y particiones con láminas de acero carbono.

Las planchas de acero son tratadas, donde todas las superficies son sometidas a tratamiento anticorrosivo siguiente:

- Desengrase y doble decapado por fosfatizado.

La cubierta metálica es diseñada para facilitar el ingreso de cables en media y baja tensión por la parte inferior.

El grado de hermeticidad es de IP21 como mínimo según lo indicado en la hoja de datos técnicos.

### **2.2.1.3 Cable de enlace de Media Tensión**

A continuación, se enumeran algunas de las pruebas previsibles que debe realizar un fabricante de cables de media tensión:

#### **Pruebas rutinarias no destructivas:**

- Resistividad del conductor.
- Prueba de chispas en el revestimiento exterior.
- Pruebas de tensión en el revestimiento.
- Prueba de tensión de CC en el revestimiento exterior.

#### **Pruebas de muestras potencialmente destructivas:**

- Reconocimiento del conductor y las dimensiones.
- Ensayo de deformación en caliente para el aislamiento de XLPE.
- Aislamiento y grosor del revestimiento exterior.
- Prueba de tensión de cuatro horas.

**Pruebas de tipo:** Estas pruebas destructivas se suelen llevar a cabo, aparte de las pruebas anteriores, al comenzar a suministrar un cable en particular con el objetivo de validar su diseño.

- Pruebas de tipo eléctrico, como flexión y ciclo de calor.
- Pruebas de tipo no eléctrico, como propiedades mecánicas después del envejecimiento y pruebas en condiciones de

incendio de deformación en caliente para el aislamiento de XLPE.

- Aislamiento y grosor del revestimiento exterior.
- Prueba de tensión de cuatro horas.

## **2.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **UNAC**

Universidad Nacional del Callao.

### **C.N.E. Utilización**

Código Nacional de Electricidad – tomo de Utilización.

### **NTCSE**

Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

### **SUBESTACIONES ELÉCTRICAS**

Una subestación eléctrica es una instalación destinada a establecer los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

### **OPTIMIZACIÓN**

Acción y efecto de buscar la mejor manera de realizar una actividad; para la presente tesis será mejorar el funcionamiento actual del sistema de media tensión desde el punto de vista técnico-económico.

### **CONFIABILIDAD**

Según el Estándar ISO/DIS 14224 – 2004 las definiciones de Confiabilidad es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

## **CENELEC**

Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.

## **ENEL**

Concesionario local actual que brinda el suministro de energía eléctrica al predio de la Universidad Nacional del Callao.

## **IEC**

La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), más conocida por sus siglas en inglés: IEC (International Electrotechnical Commission), es una organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionada.

## **TECNOLOGIA DE PUNTA**

La tecnología de punta hace referencia a toda tecnología que fue desarrollada muy recientemente y que es de avanzada (es decir, que supone un adelanto o algo innovador respecto a los productos ya existentes).

## **ETAP ELECTRICAL POWER SYSTEM ANALYSIS**

Es un software de ingeniería analítica de espectro completo que se especializa en el análisis, simulación, monitoreo, control, optimización y automatización de sistemas de energía eléctrica. El software ETAP ofrece el mejor y más completo conjunto de soluciones integradas para sistemas de energía que abarca desde el modelado hasta la operación.

### III.- VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

Para la elaboración de variables e hipótesis que definen el modelo de la presente investigación se han conformado los siguientes términos:

##### **Variable Independiente**

X = Cambio de tensión de 10 A 20 KV.

##### **Variable Dependiente**

Y = Optimización del sistema eléctrico en media tensión de la universidad nacional del Callao.

#### 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 2.**

*Cuadro de operacionalización de variables.*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
X = Cambio de tensión de 10 A 20 KV.	- Nivel de tensión del sistema eléctrico de la UNAC.	- Tensión expresada en KV.
Y = Optimización del sistema eléctrico en media tensión de la universidad nacional del Callao.	- Instalaciones de la UNAC sin servicio eléctrico. - Equipamiento eléctrico en media tensión de la UNAC. - Potencia del sistema eléctrico de la UNAC. - Nivel de cortocircuito del sistema eléctrico de la UNAC.	- Número de horas. - Valores eléctricos nominales. - Potencia expresada en KVA. - Corriente de cortocircuito expresada en KA.

### **3.3 HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

#### **3.3.1 Hipótesis General. -**

El sistema de media tensión de la UNAC se optimizará mediante la selección de equipos con tecnología de punta en 20KV.

#### **3.3.2 Hipótesis Especifica. -**

##### **3.3.2.1 Hipótesis específica N°01**

El cambio de celdas y transformadores con tecnología de punta optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de 10 a 20KV.

##### **3.3.2.2 Hipótesis específica N°02**

El cambio del cable de enlace con tecnología de punta optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de 10 a 20KV.

## **IV- METODOLOGÍA**

### **4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El estudio que se realizó corresponde al tipo de investigación: Tecnológico – Aplicativo, en la cual se realizará la aplicación de tecnología ultima en cuanto a Sistemas Eléctricos, iniciándose el mes de Enero del año 2018 y cuyo término será en Diciembre del año en curso.

### **4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Se realizo por etapas o pasos, tomándose en cuenta la tensión en uso actual en 10 KV y la tensión recomendada por ENEL en 20 KV como tensión de operación futura.

**Paso 1:** Se recopiló la información del estado actual de las subestaciones de la UNAC.

**Paso 2:** Se modeló el estado actual de las subestaciones eléctricas mediante Software ETAP Electrical Power System Analysis.

**Paso 3:** Se procesó y analizó los resultados.

**Paso 4:** Se realizaron los cálculos justificativos acorde a normas vigentes de nueva propuesta para sistema eléctrico en 20 KV.

**Paso 5:** Se seleccionó el nuevo equipamiento de media tensión.

**Paso 6:** Se modeló la nueva propuesta de las subestaciones eléctricas.

**Paso 7:** Conclusiones y resultados.

### **4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **4.3.1 Características. -**

#### **CABLE DE ENLACE DE MEDIA TENSIÓN**

La red de Media Tensión, es del tipo subterráneo, a la tensión nominal de 10 kV, operación actual, sistema trifásico de 3 hilos, 60 Hz. se interconecta entre las Subestaciones N° 1 y 2 como lo vienen haciendo actualmente mediante cables N2XSY 3-1x50mm<sup>2</sup>, 8.7/15kV, para una tensión de operación en 10 KV, los cuales se encuentran deteriorados por el uso propio y el tiempo de instalación.

#### **EQUIPOS DE LA SUBESTACION N° 1**

Equipamiento Electromecánico de la Subestación N° 1 con 50 años de operación:

- **Celda de llegada**

  - Metálico de 2,80m de altura, 1,50 de fondo y 1.20 de frente

  - Seccionador de Potencia para 12 KV, tipo NALF

  - Terminales Unipolares

  - Frecuencia: 60 hz

Fusible: Wickmann-Werke, NEBB, TYPE CEF ABB (diferentes)  
Actualmente está Celda se encuentra en mal estado sin protección

- **Celda de Transformación**

Metálico de 2,80m de altura, 1,50 de fondo y 2.40 de frente

Fusibles para Transformador

Transformador en aceite marca Eléctrica Optimización S.A., 500 KVA, 10/0.22 KV, 60 Hz, Dyn5, 1000 msnm,

Actualmente está Celda se encuentra en mal estado y sin protección ante fallas a tierra.

- **Celda de Salida en 10 KV**

Equipado con pletinas de Cu, alimenta a S.E. N° 2

Actualmente está Celda se encuentra en mal estado sin protección y maniobra.

- **Sistema de Puesta a Tierra**

En condición de abandono no ofrece protección al sistema eléctrico

- **Barras de Cobre**

- **Aisladores Portabarras**

## **EQUIPOS DE LA SUBESTACION N° 2**

Equipamiento Electromecánico de la Subestación N° 2 con 21 años de operación:

- **Celda de Llegada**

Metálico de 2,80m de altura, 1,50 de fondo y 1.20 de frente

Seccionador de Potencia para 12 KV, tipo NALF

Terminales Unipolares Termocontraibles

Terminales Unipolares de metal, sobre base con aisladores en M.T.

Frecuencia: 60 hz

Fusible: Wickmann-Werke,

Actualmente esta Celda se encuentra en mal estado sin protección

- **Celda de Transformación 320 KVA**

Metálico de 2,80m de altura, 1,50 de fondo y 2.40 de frente

Fusibles para Transformador

Transformador en aceite marca ABB., 320 KVA, 10/0.22 KV, 60 Hz, Dyn5, 4000 msnm.

El transformador se encuentra en mal estado con temperatura elevada en condición de falla permanente.

- **Celda de Transformación 200 KVA**

Metálico de 2,80m de altura, 1,50 de fondo y 2.40 de frente

Fusibles para Transformador

Transformador en aceite marca ABB., 320 KVA, 10/0.22 KV, 60 Hz, Dyn5, 1000 msnm,

El transformador se encuentra en mal estado con temperatura elevada en condición de falla permanente.

Las Celdas se encuentran con equipos eléctricos totalmente agotados por el tiempo y por las fallas permanentes perdiendo aislamiento, llegando al deterioro total.

#### **4.3.2 Delimitación. -**

Se consideró para el análisis de estudio la delimitación de las instalaciones de las Subestaciones:

- Subestación N° 1, contiguo a los edificios de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía.
- Subestación N° 2, entre los edificios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y la Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
- Enlace en Media Tensión entre las Subestaciones N° 1 y 2

### **4.3.3 Ubicación y espacio. -**

La ubicación y espacio está definida por áreas de influencia directa e indirecta, los cuales se detallan:

El Área de Influencia tendría dos niveles: el primero que corresponde a la zona donde se podrían producir los impactos directos producto de las actividades de desmontaje y retiro de los equipos a ser reemplazados con la aplicación de tecnología reciente y un segundo nivel donde se producen los eventos de impacto indirecto, generado por actividades sinérgicas o conjuntas en el momento de desmontaje y/o retiro de las instalaciones.

El área de influencia está integrada por:

- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (AII)

Esta subdivisión permite tener una mayor comprensión y facilidad de análisis de la situación del área de estudio

#### **4.3.3.1 Área de Influencia Directa (AID)**

El Área de Influencia Directa corresponde a las instalaciones de la Subestación N° 1, debido a que en esta se encuentra el Seccionador de Potencia Principal, a ser reemplazado por un Interruptor de Potencia, donde la actuación de este equipo saca fuera de servicio el 100% de las instalaciones eléctricas de la UNAC.

#### **4.3.3.2 Área de Influencia Indirecta (AII)**

El Área de Influencia Indirecta (AII) es el espacio físico en el que se manifiestan las derivaciones o punto de conexión a líneas eléctricas existentes.

#### 4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Durante el proceso se utilizarán:

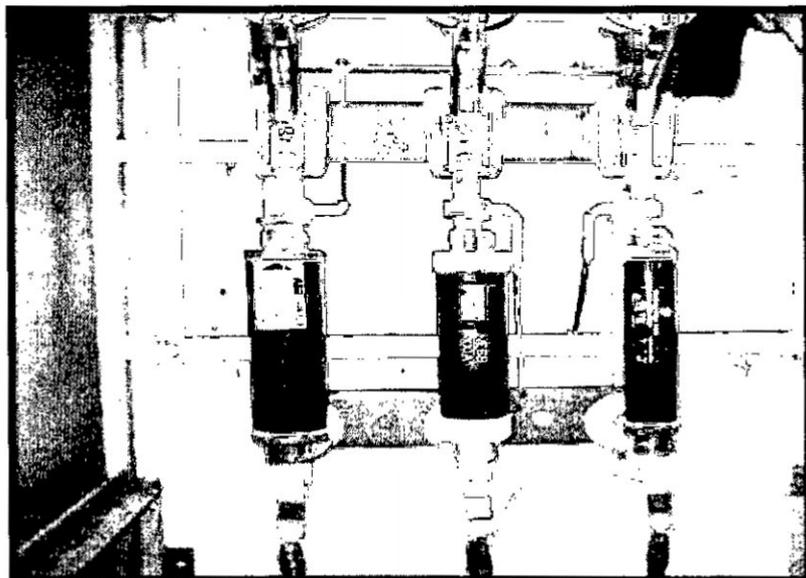
- Megometro para medición del aislamiento de equipos eléctricos existentes de las subestaciones eléctrica al interior de la Subestación.
- ETAP Electrical Power System Analysis para modelamiento del actual sistema eléctrico de la UNAC.

#### 4.5 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Se realizaron visitas a campo (Subestación N°1 y Subestación N°2 de la UNAC) en donde se verificó y constato el estado actual de las subestaciones, quedando registrado en las siguientes fotos:

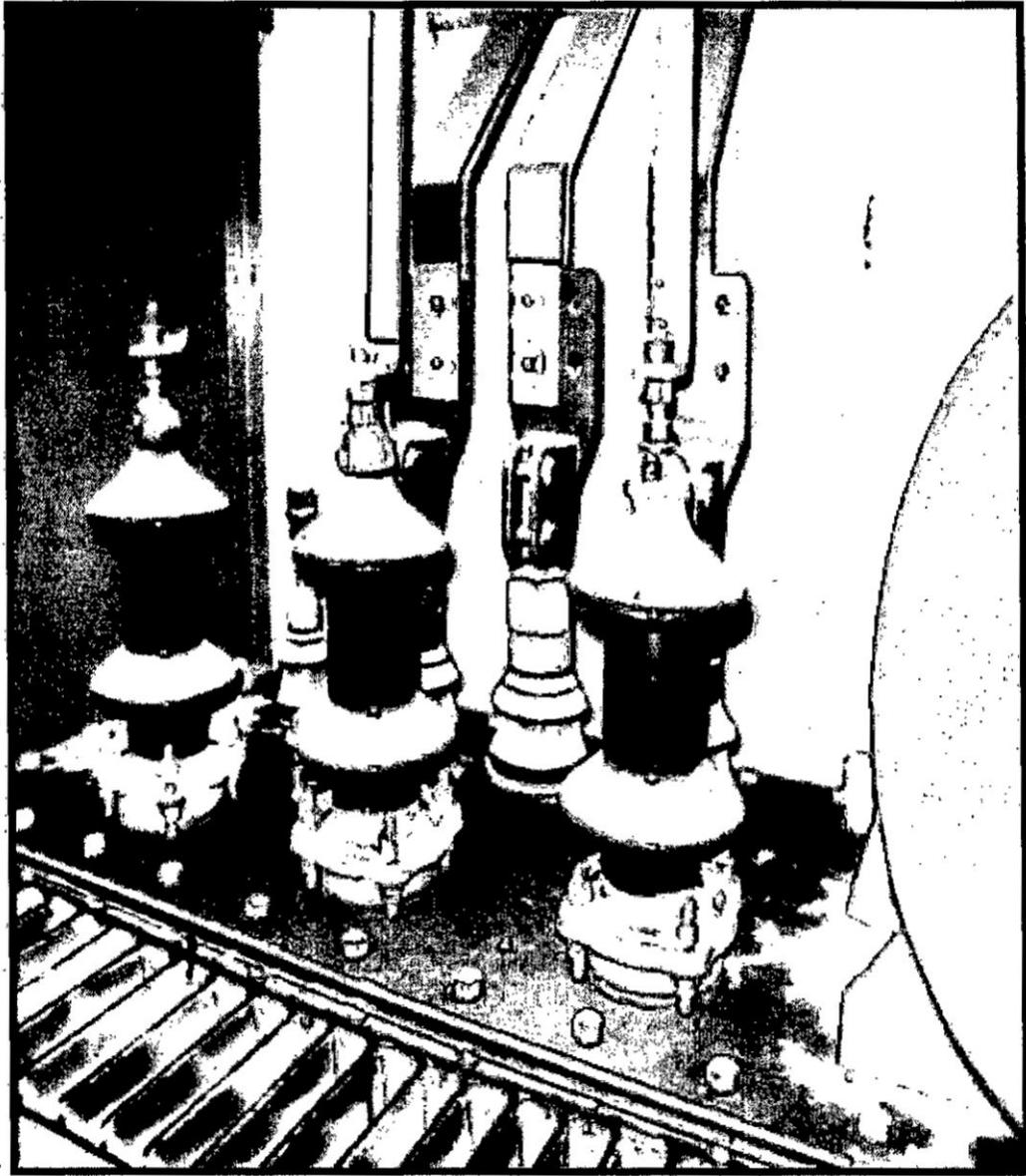
##### ESTADO SITUACIONAL DE EQUIPOS S.E. N° 1

Figura. 5 Seccionador de Potencia en mal estado.



*Fuente: Propia*

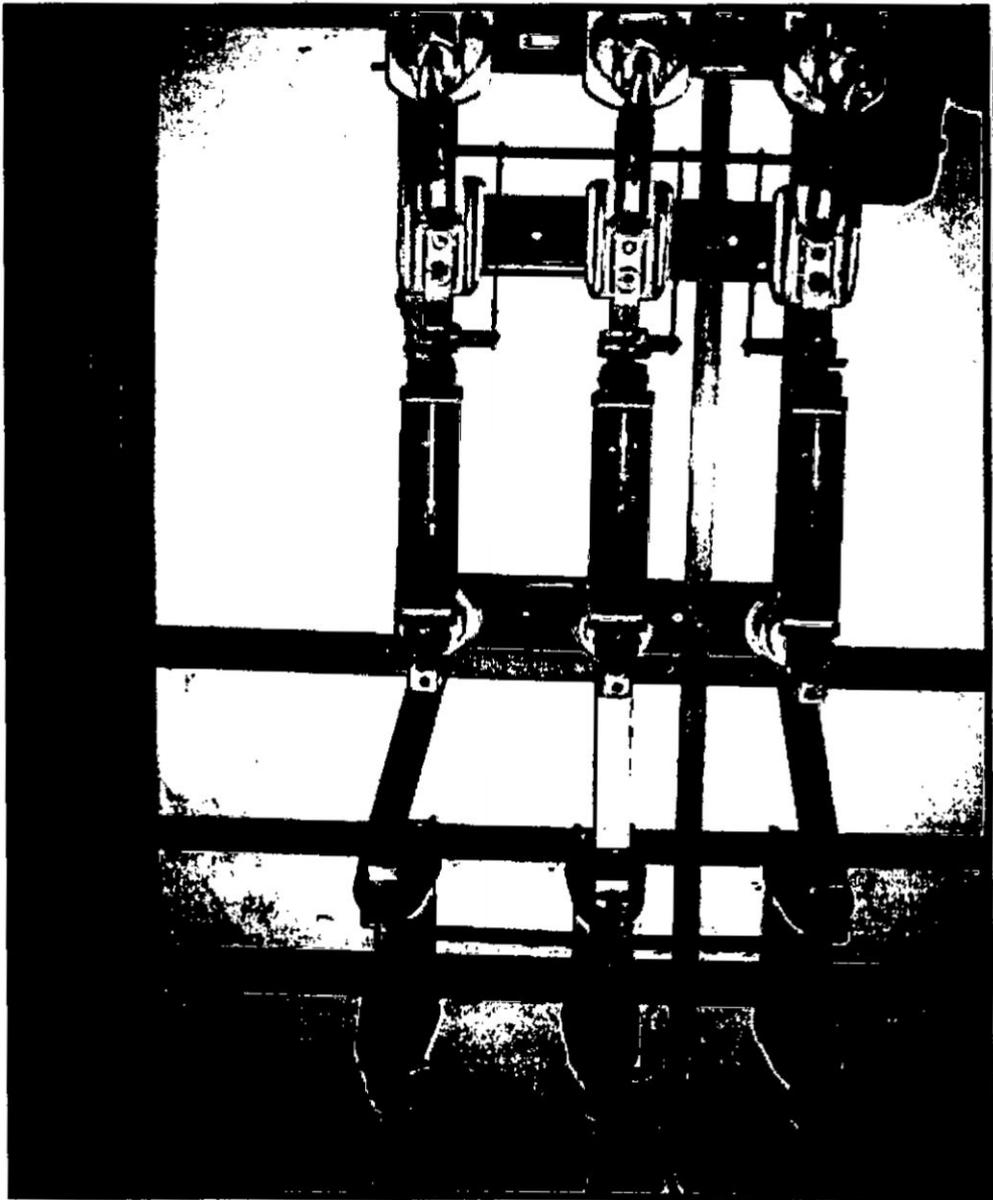
Figura 6. Transformador en Aceite 500KVA, en mal estado.



*Fuente: Propia*

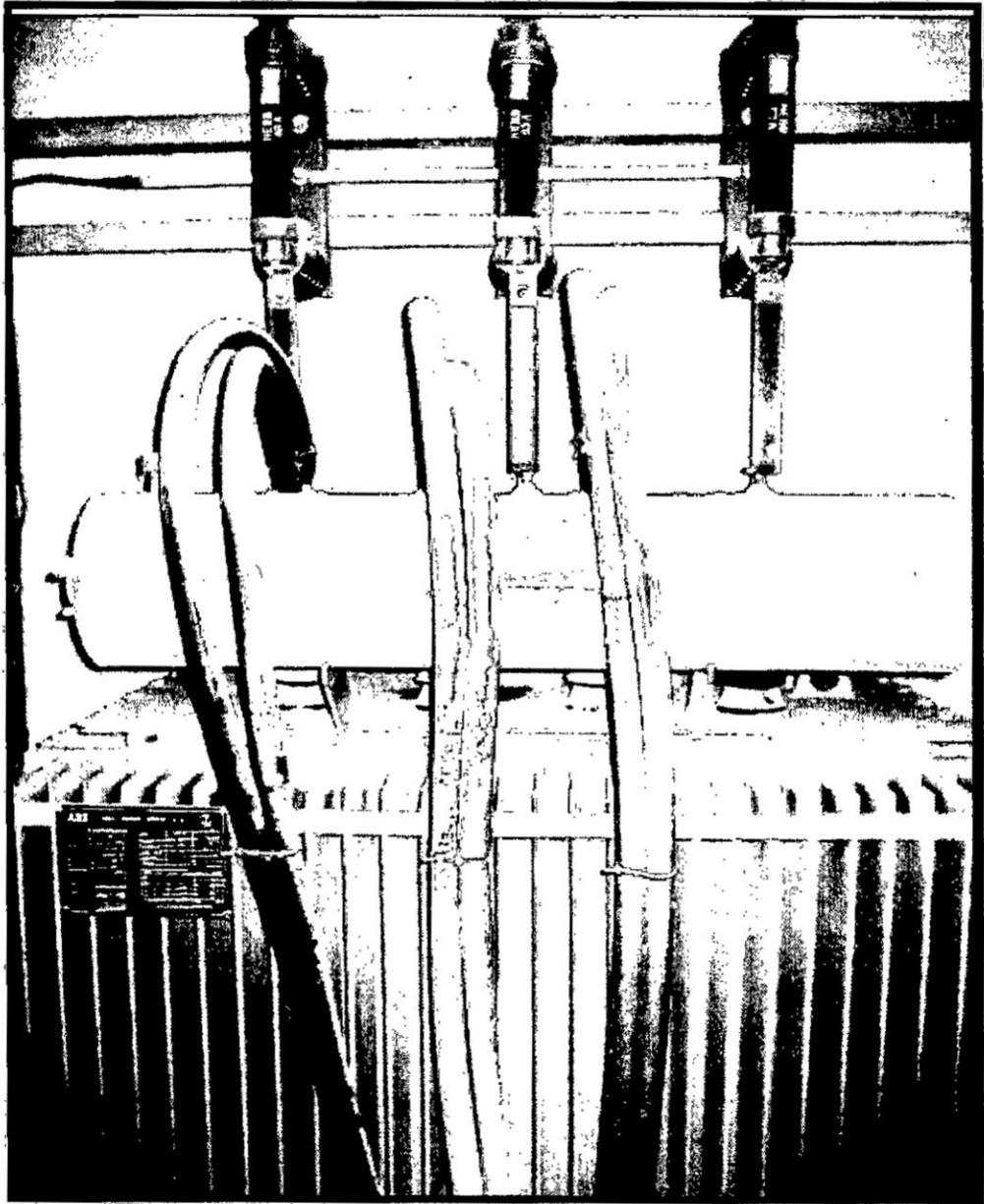
**ESTADO SITUACIONAL DE EQUIPOS S.E. N° 2**

**Figura 7. Seccionador de Potencia en mal estado.**



*Fuente: Propia*

Figura 8. Transformador en Aceite 500KVA, en mal estado



*Fuente: Propia*

**Figura 9.** Transformador en Aceite 320KVA, en estado descuidado.



*Fuente: Propia*

Se realizó el cuadro de cargas respectivo estimado de las instalaciones de la Universidad Nacional del Callao obteniendo como resultado:

**Tabla 3.**  
*Cuadro de cargas de las facultades de la UNAC.*

DESCRIPCIÓN	Potencia Instalada (W)	F.D.	Máxima Demanda (W)
FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS	80,000	0,5	40,000
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES	80,000	0,5	40,000
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS	80,000	0,5	40,000
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICAS	80,000	0,5	40,000
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD	100,000	0,5	50,000
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES	100,000	0,5	50,000
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	80,000	0,5	40,000
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS	100,000	0,5	50,000
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA	100,000	0,5	50,000
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS	80,000	0,5	40,000
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA	100,000	0,5	50,000
LABORATORIO Y TALLERES	250,000	0,5	125,000
CENTRO DE TELEMATICA	60,000	0,50	40,000
LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	100,000	0,50	50,000
LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS	40,000	0,50	20,000
LABORATORIO DE PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIAS	80,000	0,50	40,000
LABORATORIO DE QUIMICA	50,000	0,50	25,000
CENTRO DE IDIOMAS	20,000	0,50	10,000
BIBLIOTECA CENTRAL	20,000	0,50	10,000
CENTRO EXPERIMENTAL TECNOLOGICO	60,000	0,50	30,000
OFICINA DE ARCHIVO GENERAL Y REGISTROS ACADEMICOS	40,000	0,25	10,000
LOSAS DEPORTIVAS	20,000	0,5	10,000
OFICINA DE BIENESTAR UNIVERSITARIA	10,000	0,5	5,000

CENTRO DE PROMOCION DOCENTE	10,000	0,5	5,000
CALDERAS	60,000	0,5	30,000
CISTERNAS	80,000	0,5	40,000
CONTROL DE PERSONAL	10,000	0,5	5,000
FUTURO	355,000	1	355,000
TOTAL			1,300,000

Cada transformador en la actualidad se encuentra asumiendo la carga de las facultades antes mencionadas.

**Tabla 4.**  
*Demanda actual y demanda proyectada.*

	Máxima demanda actual (KW)	Máxima demanda proyectada (KW)
Transformador 1	490	500
Transformador 2.1	300	450
Transformador 2.2	155	350

Se le da una potencia reserva menor al Transformador 1, por ya estar al límite de carga, mientras que el transformador 2 y el transformador 3 asumen mayor de reserva para el futuro

#### 4.6 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

Se analizaron dos escenarios la primera analiza la subestación en su estado actual con una tensión de 10 KV y la segunda analiza el cambio de la misma subestación debido a una tensión de 20 KV.

##### 4.6.1 Escenario 1 - Modelado y análisis de las subestaciones N°1 y N°2 en su estado actual 10 KV.

Con los datos obtenidos de campo de la subestación N°1 y la subestación N°2, se procedió a realizar el modelamiento del sistema de media tensión de la UNAC, para observar y analizar el comportamiento eléctrico actual, por lo cual se realizaron los siguientes pasos:

Vservicio en media tensión	=	10 KV
Ptransformador 1	=	500 KVA
Ptransformador 2.1	=	320 KVA
Ptransformador 2.2	=	200 KVA
Pcc para 10 KV	=	90 MVA
Pcc para 20 KV	=	225 MVA
Vservicio en baja tensión	=	220 V
Cables	=	3-1x35mm <sup>2</sup> N2XSY
Carga 1	=	490 KW
Carga 2	=	300 KW
Carga 3	=	150 KW

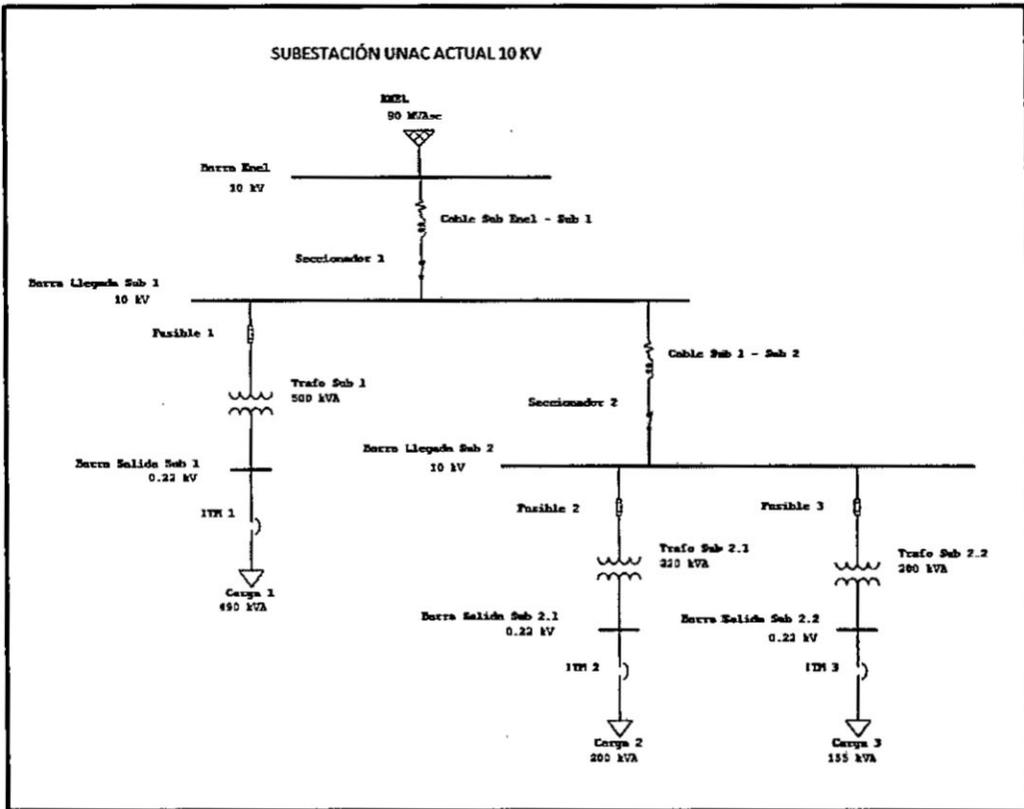
Donde:

Vservicio en media tensión	=	Tensión de servicio en barras de media tensión (KV).
Ptransformador 1	=	Potencia en transformador 1 (KVA).
Ptransformador 2.1	=	Potencia en transformador 2.1 (KVA).
Ptransformador 2.2	=	Potencia en transformador 2.2 (KVA).
Pcc para 10 KV	=	Potencia de cortocircuito trifásico para 10 KV (MVA).
Pcc para 20 KV	=	Potencia de cortocircuito trifásico para 20 KV (MVA).
Vservicio en baja tensión	=	Tensión de servicio en barras de baja tensión (V).
Cables	=	Cables de enlace entre subestaciones.
Carga 1	=	Tomado de la máxima demanda actual 490 KW
Carga 2	=	Tomado de la máxima demanda actual 300 KW
Carga 3	=	Tomado de la máxima demanda actual 150 KW

### **Modelado en ETAP de las subestaciones N°1 y N°2 en estado actual 10 KV**

Con los parámetros antes indicados se realizó el modelado de la subestación actual en 10 KV

**Figura 10. Modelado de subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC 10 KV  
 dado por ETAP 16.0**

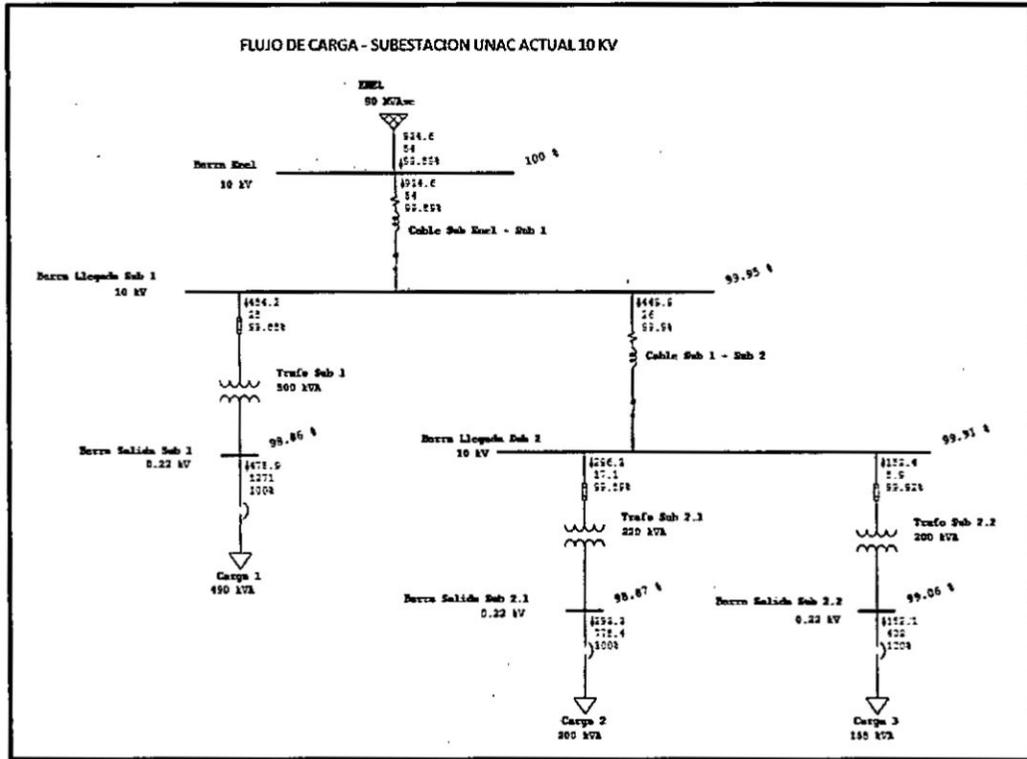


*Fuente: Propia*

**Flujo de carga en ETAP para las subestaciones N°1 y N°2 en estado actual 10 KV**

Se hizo el estudio de Flujo de carga al estado actual, para verificar los parámetros de operación, los cuales actúan los transformadores con la carga actual.

**Figura 11. Flujo de carga de subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC 10 KV dado por ETAP 16.0**



*Fuente: Propia*

## REPORTE ETAP

Ver ANEXO A Reporte de flujo de carga para subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC en 10 KV

## ANÁLISIS

- Notamos que en operación actual el transformador 1 de la subestación 1 se encuentra trabajando al 95.8%, casi al tope de su capacidad, ETAP nos indica en el reporte un estado marginal para el transformador, también de manera gráfica en color magenta, el transformador de 500 KVA está al límite de su capacidad.

#### 4.6.2 Escenario 2 - Modelado y análisis de las subestaciones N°1 y N°2 debido al cambio en 20 KV

Para el siguiente análisis se tomaron los mismos datos de entrada del equipamiento, pero se cambia la tensión de entrada para 20 KV y la potencia de cortocircuito en el punto de entrega para 20 KV, 225 MVA.

Vservicio en media tensión	=	20 KV
Ptransformador 1	=	500 KVA
Ptransformador 2.1	=	320 KVA
Ptransformador 2.2	=	200 KVA
Pcc para 10 KV	=	90 MVA
Pcc para 20 KV	=	225 MVA
Vservicio en baja tensión	=	220 V
Cables	=	3-1x35mm <sup>2</sup> N2XSY
Carga 1	=	490 KW
Carga 2	=	300 KW
Carga 3	=	150 KW

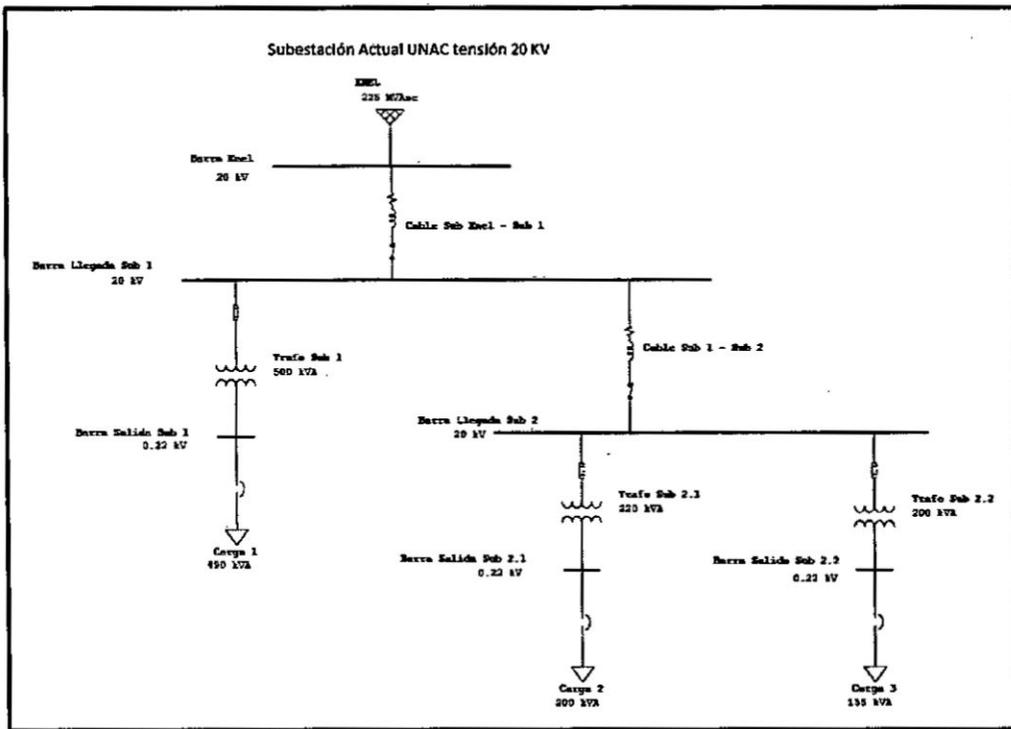
Donde:

Vservicio en media tensión	=	Tensión de servicio en barras de media tensión (KV).
Ptransformador 1	=	Potencia en transformador 1 (KVA).
Ptransformador 2.1	=	Potencia en transformador 2.1 (KVA).
Ptransformador 2.2	=	Potencia en transformador 2.2 (KVA).
Pcc para 10 KV	=	Potencia de cortocircuito trifásico para 10 KV (MVA).
Pcc para 20 KV	=	Potencia de cortocircuito trifásico para 20 KV (MVA).
Vservicio en baja tensión	=	Tensión de servicio en barras de baja tensión (V).
Cables	=	Cables de enlace entre subestaciones.
Carga 1	=	Tomado de la máxima demanda actual 490 KW
Carga 2	=	Tomado de la máxima demanda actual 300 KW
Carga 3	=	Tomado de la máxima demanda actual 150 KW

**Modelado en ETAP de las subestaciones N°1 y N°2 en estado actual debido al cambio de 20 KV**

Con los datos de la subestación actual, se realizó el modelado cambiando la Potencia de cortocircuito para 20 KV y las tensiones en barras de media tensión.

**Figura 12. Modelado de las subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC debido al cambio de 20 KV dado por ETAP 16.0**

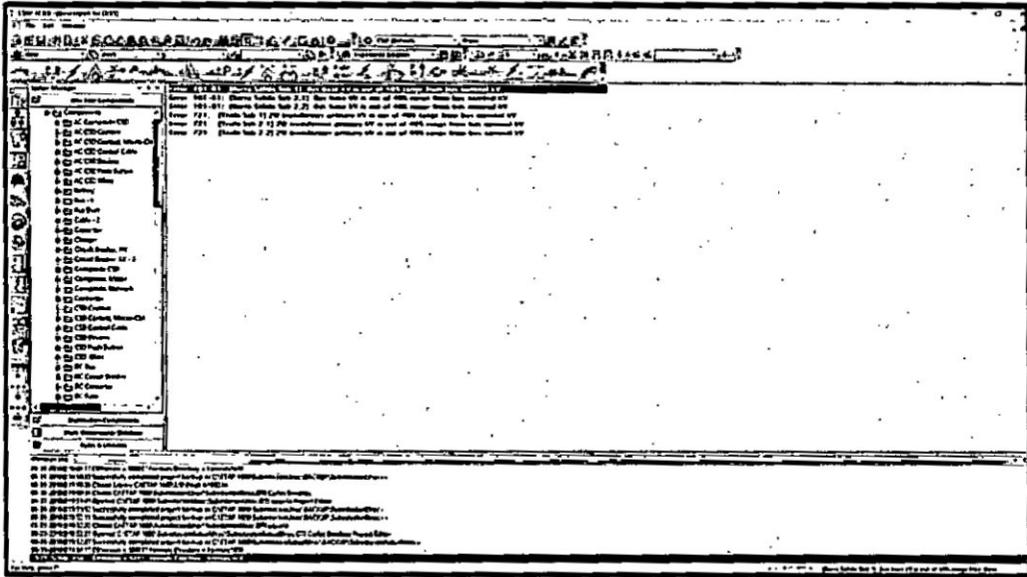


*Fuente: Propia*

**Flujo de carga en ETAP para las subestaciones N°1 y N°2 en estado actual con la tensión de 20 KV**

Se realizó el flujo de carga para las subestaciones N°1 y N°2 actuales de la UNAC debido al cambio de la tensión de 20 KV.

**Figura 13.** Flujo de carga para las subestaciones N°1 y N°2 actuales de la UNAC debido al cambio de tensión para 20 KV dado por ETAP 16.0



*Fuente: Propia*

## ANÁLISIS

En este segundo escenario el ETAP te arroja un error de simulación, al tener los transformadores diseñados solo para 10 KV, las tensiones en barra son mayores a un 40%. Siendo en barra el máximo un +-5% permisibles.

### 4.6.3 Cálculos justificativos de las nuevas subestaciones propuestas y cable de enlace.

#### CALCULOS JUSTIFICATIVOS DE SUBESTACIONES

Procedemos con el cálculo eléctrico mínimo requerido para dimensionar y seleccionar las celdas modulares de Media Tensión, para esto requerimos conocer los siguientes parámetros:

- **Tensión de servicio** – Nivel de tensión de operación actual (10KV) y a futuro (20KV).

- **Corriente de servicio** – Nivel de corriente de operación para seleccionar la capacidad de corriente nominal del barraje principal y derivados de las celdas modulares acorde a los estándares IEC (630 A, 1250 A, 2000 A, etc.).
- **Nivel de cortocircuito trifásico en el punto de conexión de las celdas modulares** - Para nuestro caso será suficiente asumir el mismo valor de cortocircuito trifásico que en el punto de suministro de ENEL y seleccionaremos el valor comercial del mercado (por encima de 16 KA/1seg por no ser comercial este valor).
- **Capacidad de resistencia de arco interno en las celdas modulares (IAC AFL)** – En nuestro caso tomaremos de referencia como mínimo valor requerido el valor de cortocircuito trifásico y seleccionaremos el valor comercial del mercado (12.5 KA/1seg, 16 KA/1seg, 20 KA/1seg, etc.).
- **Temperatura ambiente máxima.**
- **Temperatura ambiente mínima.**
- **Humedad relativa en un lapso de 24 horas.**
- **Altura de instalación a nivel del mar.**

Para estos cálculos haremos uso de las siguientes formulas:

$$I_{servicio} = \frac{P_{total}}{\sqrt{3} \times V_{servicio} \times FP}$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V_{servicio}}$$

A continuación los resultados:

	Condiciones de servicio		Valores mínimos nominales de celdas de MT
Vservicio	=	10 KV      20 KV	<b>24 KV</b>
Ptotal	=	1300 KW      1300 KW	--
Pcc	=	90 MVA      225 MVA	--
FP	=	0.85      0.85	--
Iservicio	=	88.4 A      44.2 A	<b>630 A</b>
Icc	=	5.2 KA      6.5 KA	<b>20 KA</b>
IAC AFL	=	5.2 KA      6.5 KA	<b>12.5 KA</b>
Tamb max	=	27 °C	<b>40 °C</b>
Tamb min	=	15 °C	<b>-5 °C</b>
Humedad Rel (24 h)	=	91 %	<b>95 %</b>
H instalación (m.s.n.m.)	=	<1000	<b>1000</b>

Donde:

Vservicio	=	Tensión de servicio.
Ptotal	=	Potencia total.
Pcc	=	Potencia de cortocircuito trifásico.
FP	=	Factor de potencia.
Iservicio	=	Corriente de operación.
Icc	=	Corriente de cortocircuito trifásico.
IAC AFL	=	Resistencia contra arco interno (Frontal y lados laterales).
Tamb max	=	Temperatura máxima ambiente.
Tamb min	=	Temperatura mínima ambiente.
Humedad Rel (24 h)	=	Humedad relativa en un periodo de 24 horas.
H instalación (m.s.n.m.)	=	Altura de instalación a nivel del mar.

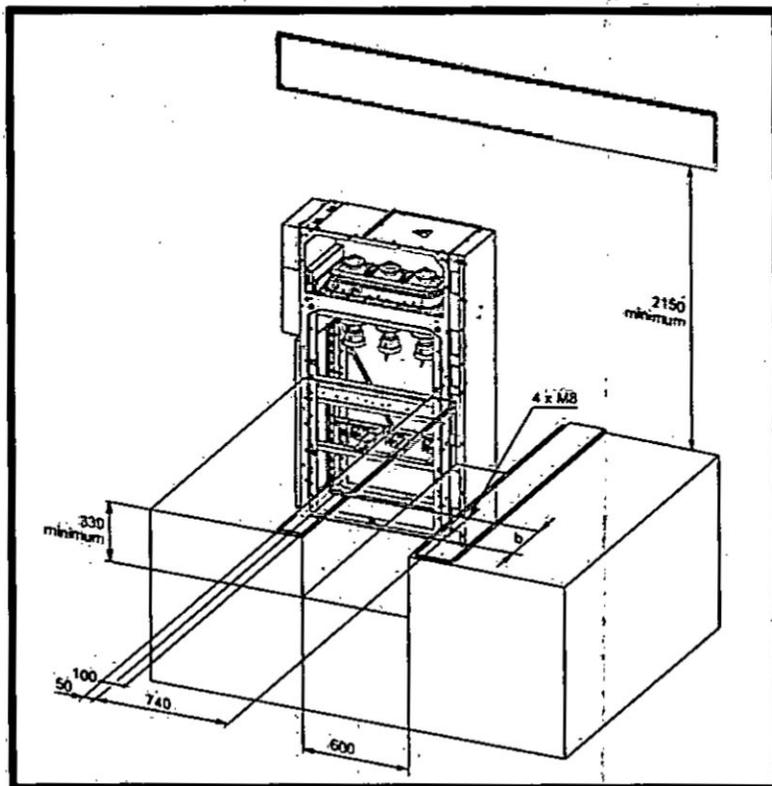
Se puede apreciar que los resultados nos permiten seleccionar una celda con valores nominales mínimos:

**Valores mínimos nominales de celdas de MT**

Vservicio	=	24 KV
Iservicio	=	630 A
Icc	=	20 KA
IAC AFL	=	12.5 KA
Tamb max	=	40 °C
Tamb min	=	-5 °C
Humedad Rel (24 h)	=	95 %
H instalación (m.s.n.m.)	=	1000

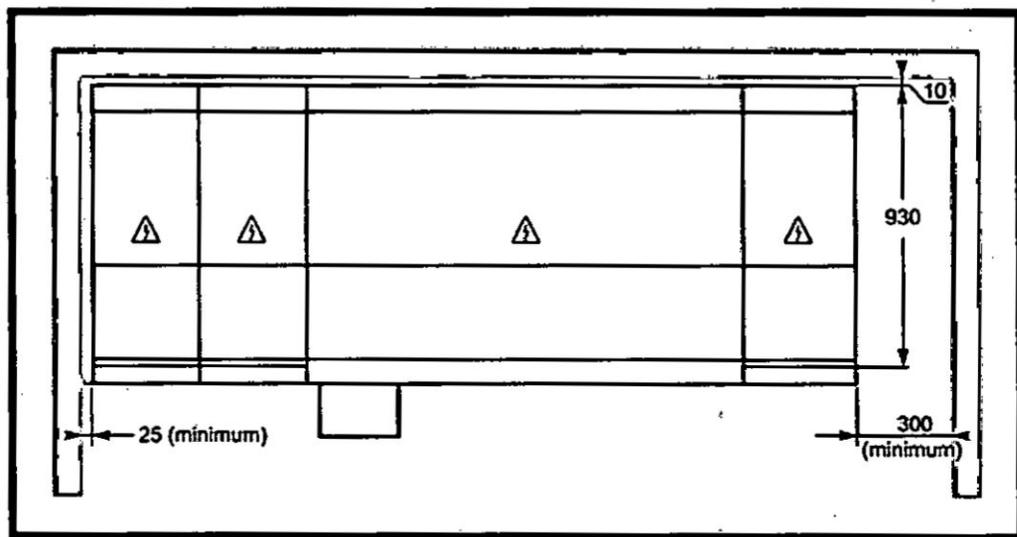
Por recomendación de fabricante se propuso la instalación adecuada para las celdas de MT modulares:

**Figura. 14** Disposición de instalación, encima de zanja.



Fuente: *Catálogo de celdas SM6 de Schneider Electric.*

**Figura. 15** Disposición de instalación, vista de planta.



*Fuente: Catalogo de celdas SM6 de Schneider Electric.*

### **CALCULOS JUSTIFICATIVOS DE TRANSFORMADORES**

Para seleccionar los parámetros mínimos eléctricos debemos contar con la siguiente información:

Vaislamiento (MT)	=	24 KV
Vaislamiento (BT)	=	1.1 KV
Ptrafo	=	630 KV
Pvacio	=	1800 W
P120°	=	6800 W
Tamb max	=	40 °C
Tamb min	=	-25 °C
Humedad Rel (24 h)	=	95 %
H instalación (m.s.n.m.)	=	<1000

Donde:

Vaislamiento (MT)	=	Tensión de aislamiento en el lado de media tensión.
Vaislamiento (BT)	=	Tensión de aislamiento en el lado de baja tensión.
Ptrafo	=	Potencia del transformador.
Pvacio	=	Perdía en vacío.

P <sub>120°</sub>	= Pérdida con carga a 120°C.
Tamb max	= Temperatura máxima ambiente.
Tamb min	= Temperatura mínima ambiente.
Humedad Rel (24 h)	= Humedad relativa en un periodo de 24 horas.
H instalación (m.s.n.m.)	= Altura de instalación a nivel del mar.

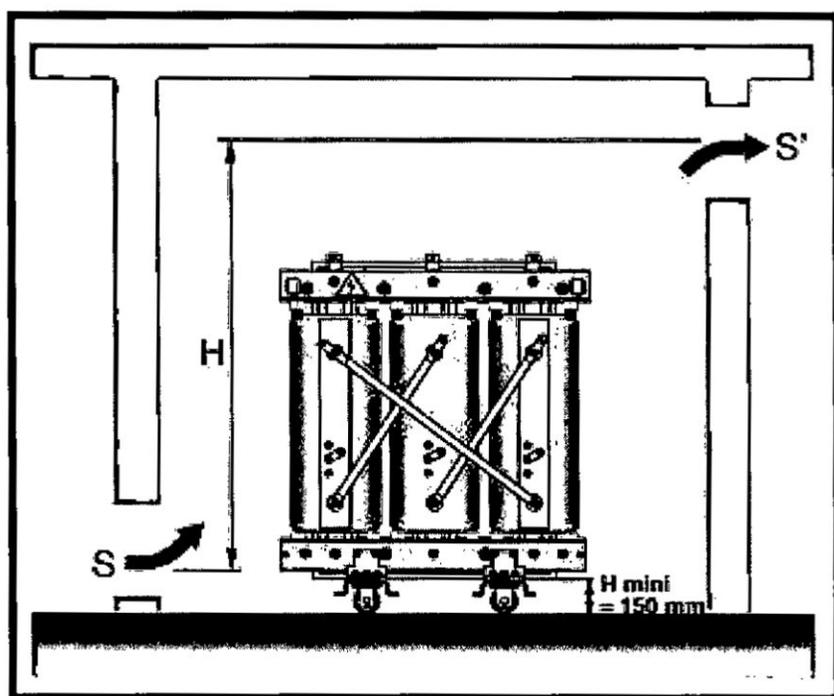
Para calcular el área mínima que debe tener el ducto de ventilación acorde a proveedor se seguirá la siguiente formula:

$$P = P_{vacío} + P_{120°}$$

$$S = \frac{0.18xP}{\sqrt{H}}$$

$$S' = 1.10xS$$

Figura. 16 Disposición de ductos de ventilación del transformador.



Fuente: Manual de instalación de transformador TRIHAL de Schneider Electric.

Para nuestro caso:

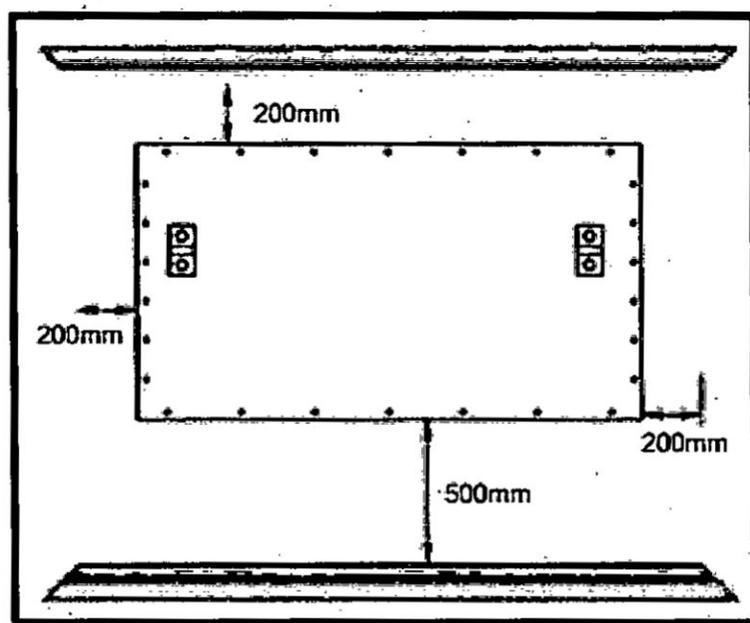
$$\begin{aligned} S &= 0.8937 \text{ m}^2 \\ S' &= 0.98 \text{ m}^2 \\ H &= 3 \text{ m} \\ P &= 8.6 \text{ KW} \end{aligned}$$

Donde:

- S = Superficie del orificio de llegada de aire (deduciendo una posible rejilla).
- S' = Superficie del orificio de salida de aire (deduciendo una posible rejilla).
- H = Altura entre los dos orificios expresada en metros.
- P = Suma de las pérdidas  $P_{\text{vacio}}$ ,  $P_{120^\circ}$  así como las pérdidas emitidas por todos los equipos presentes en el local.

Por recomendación de fabricante se tuvo en cuenta las distancias mínimas de instalación del transformador:

Figura. 17 Disposición de instalación de transformador.



Fuente: Manual de instalación de transformador TRIHAL de Schneider Electric.

## **CALCULOS JUSTIFICATIVOS PARA SELECCIÓN DE CABLES DE ENLACE**

Para la operación óptima y adecuada de cualquier lugar o recinto alimentado por energía eléctrica, depende de la correcta selección e instalación de los conductores eléctricos. Para la correcta selección, existen algunos criterios bien definidos según la normatividad actual, que se deben tener en cuenta para lograr un estudio exitoso. Asimismo, es imprescindible elegirlos de acuerdo con los materiales de fabricación, resistencias a ciertas condiciones ambientales, entre otros.

Actualmente para el sistema de media tensión de 10 kV de la UNAC, la Subestación N°1 se encuentra alimentada desde la Subestación de Enel, con un alimentador de 50mm<sup>2</sup> y un recorrido de 85 metros aproximadamente; y la Subestación N°2 se encuentra alimentada de la Subestación N°1 con un alimentador de 50mm<sup>2</sup> y un recorrido de 165 metros aproximadamente.

Para el cambio de sistema de 10 a 20 kV, se consideró el mismo recorrido, y se procedió a analizar el calibre del alimentador a elegir según la nueva tensión del sistema.

Primero se analizó las marcas de los proveedores en el mercado, teniendo en cuenta las mejores características eléctricas para la operación y mantenimiento del cable de enlace en su nueva operación en 20 kV.

Para lo cual se establecieron 3 proveedores (INDECO, CEPER CABLES y GENERAL CABLES).

**Tabla 5.***Tabla comparativa de proveedores para el cable de enlace.*

CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR A ELEGIR DEL TIPO N2XSY 12/20kV (24kV)	INDECO	GENERAL CABLE	CEPER CABLES
AISLAMIENTO DE POLIETILENO RETICULADO (XLPE)	Cumple.	Cumple.	Cumple.
CUBIERTA EXTERNA DE PVC.	Cumple.	Cumple.	Cumple.
TEMPERATURA DEL CONDUCTOR PARA OPERACIÓN NORMAL	90°C	90°C	90°C
TEMPERATURA DEL CONDUCTOR PARA OPERACIÓN DE SOBRE CARGA DE EMERGENCIA.	130°C	130°C	130°C
TEMPERATURA DEL CONDUCTOR PARA OPERACIÓN DE CORTO CIRCUITO.	250°C	No indica.	250°C
PROPIEDADES	Excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor. Resistencia al impacto y a la abrasión. Resistente a la luz solar, intemperie, humedad, ozono, ácidos, álcalis y otras sustancias químicas a temperaturas normales.	Posee aislamiento de polietileno reticulado TR, permite reducir las arborescencias, encapsulando cualquier ramificación que pudiera perjudicar al mismo, y cuenta con excelentes propiedades mecánicas.	Adecuados para instalaciones tanto horizontales como verticales, sujetas o no a vibraciones, en ambientes secos o húmedos, para tendidos subterráneos
RETARDANTE A LA LLAMA	Cumple.	Cumple.	Cumple.
NORMA DE FABRICACION	NTP-IEC 60502-2	NTP-IEC 60502-2	NTP-IEC 60502-2
TENSION DE SERVICIO	12/20kV (24kV)	18/30kV (35kV)	12/20kV (24kV)
AÑOS EN EL MERCADO	65 AÑOS EN EL PERU	MAS 170 AÑOS EN EL MUNDO	21 AÑOS EN EL PERU

Del análisis se decidió trabajar con INDECO por:

- Por ser una marca nacional, no tendrá problemas de importación del material.
- Ofrecer una garantía de más de 65 años en el mercado nacional
- Cumplir al igual que las otras marcas con las características técnicas necesarias para el estudio realizado.

Una vez habiendo elegido como nuestro proveedor a INDECO, procedimos a la selección del cable de enlace utilizando sus tablas de conductores para los cálculos justificativos del mismo.

**Tabla 6.**

*Tabla de parámetros físicos para cable N2XSY 12/20 kV de proveedor INDECO.*

SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR	PESO
			AISLAM.	CUBIERTA		
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km
35	7	6.92	5.5	1.2	23.8	749
50	19	8.15	5.5	1.2	25.0	933
70	19	9.78	5.5	1.2	26.7	1178
95	19	11.55	5.5	1.3	28.6	1483
120	37	13	5.5	1.4	30.3	1769
185	37	16.16	5.5	1.5	33.6	2456
240	37	18.51	5.5	1.6	36.3	3078
300	37	20.73	5.5	1.6	39.5	3706
400	61	23.51	5.5	1.6	41.3	4563

**Tabla 7.**

Tabla de parámetros eléctricos para cable N2XSY 12/20 kV de proveedor INDECO.

SECCIÓN NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (20°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
		Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)
35	0.524	0.668	0.668	0.2865	0.1689	215	190	235	200
50	0.367	0.484	0.484	0.272	0.1572	250	225	270	240
70	0.268	0.342	0.342	0.2598	0.1492	305	275	350	300
95	0.193	0.247	0.247	0.2489	0.1416	365	325	420	360
120	0.153	0.196	0.196	0.240	0.1353	410	370	465	415
165	0.0991	0.127	0.128	0.2264	0.1274	500	465	615	535
240	0.0754	0.099	0.099	0.2174	0.1217	570	535	720	630
300	0.0601	0.078	0.08	0.2108	0.1185	635	605	815	715
400	0.047	0.062	0.064	0.2034	0.1143	690	675	905	820

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.

(B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

Para poder seleccionar el conductor adecuado que cumpla con las exigencias técnicas se procedió a realizar el análisis con 2 calibres de conductores:

- Conductor de 50mm<sup>2</sup>.
- Conductor de 35mm<sup>2</sup>.

A continuación, el análisis:

## **CALCULO PARA UN CONDUCTOR DE 50MM2.**

### **CONDUCTOR ALIMENTADOR DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA N°01 UNAC-20 KV**

Consiste en el cálculo del alimentador que va desde la Subestación Particular de entrega de energía de ENEL, hasta la Celda de Llegada de la Subestación N° 1 de la UNAC.

#### **a. Verificación de cable por capacidad de corriente**

Según lo expresado en el cuadro de cargas proyectado a futuro, se verifico la sección de cable de la Subestación N°1 para una Potencia de 1300 KW. (FP=0.85)

Cálculo de la Corriente Nominal:

$$I_n = \frac{1300 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times (0.85) \times (20 \text{ KV})} = 40.20 \text{ A}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal

Según tablas del fabricante la capacidad máxima del cable N2XSY (12/20) KV, 1x50mm2 en ducto es de 250 Amperios separados en paralelo a una distancia de 7 mm y 225 Amperios agrupados en triangulo en contacto.

Esta capacidad del cable es afectada por el factor de corrección, el cual para seleccionar debemos contar con la siguiente información:

$$F_c = F_{c1} \times F_{c2}$$

$$\begin{aligned} F_{c1} &= 0.75 \\ F_{c2} &= 1.00 \end{aligned}$$

Dónde:

- F<sub>c</sub> = Factor de corrección.
- F<sub>c1</sub> = Factor de corrección según la proximidad de otros cables tendidos en ductos.
- F<sub>c2</sub> = Factor de corrección el cual tiene en cuenta la resistividad Térmica del suelo, Profundidad de tendido y temperatura del Suelo a la profundidad del tendido.

Estos factores de reducción tienen los siguientes valores, según los parámetros establecidos:

Por Resistividad térmica del suelo	27 °C.cm. /W	1.00
Por Profundidad del tendido	1.00 metro	1.00
Por Temperatura del suelo a la profundidad del tendido	25 °C	1.00

NOTA. - En tablas la resistividad térmica del suelo se expresa en °K.m/W. Para el proyecto tomamos el caso más desfavorable (terreno seco 1°K.m/W <>27°C.cm/W, que corresponde un factor de corrección de 1.00). Para terrenos húmedos la resistividad térmica disminuye y el factor de corrección es mayor que 1.00).

**Tabla 8.**  
**Resistividad Térmica del Suelo (UNE 20435).**

Resistividad Térmica del Suelo (Rt): °K.m/W						
Tipo de terreno	Muy húmedo	Regular húmedo	Poco húmedo	Seco	Muy seco	Arcilloso seco
Rt	0.8	0.85	0.9	1	1.1	1.2
Factor de corrección	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93

Luego:  $F_c = 0.75 \times 1 = 0.75$

De donde se tiene:

$I_{\text{cable, corregida}} = 225 \times F_c = 225 \times 0.75 = 168.75$  Amperios

**$I_{\text{cable, corregida}} = 168.75$  Amperios > Inominal (40.20 Amperios)**

En este caso, verificando por capacidad de corriente, el cable seleccionado puede transportar toda la carga nominal de la Subestación N° 1.

**b. Verificación de cable por corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ )**

En el punto de Diseño (Punto de entrega de energía de ENEL). Se tiene en cuenta la Potencia de cortocircuito  $P_{cc} = 225$  MVA

La corriente de cortocircuito viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V} \text{ (KA)}$$

En el punto de Alimentación se tiene:

Pcc	=	<b>225 MVA</b>
V	=	<b>20 KV</b>
t	=	<b>0.02 Seg</b>
S	=	<b>50 mm2</b>

Dónde:

Pcc	=	Potencia de cortocircuito del sistema
V	=	Tensión nominal de servicio
t	=	Duración del cortocircuito
S	=	Sección del conductor
Icc	=	Corriente de cortocircuito permanente

Luego:

$$I_{cc} = 6.4951 \text{ KA}$$

Bajo condiciones de cortocircuito, se incrementa con rapidez la temperatura de los elementos metálicos de los cables de energía (conductor y pantalla o cubierta metálica).

Quando se trata de analizar el comportamiento en condiciones de cortocircuito con parámetros perfectamente definidos, la fórmula para calcular la sección mínima del cable que pueda soportar la corriente de cortocircuito en un tiempo determinado es:

$$S_{\min} = \frac{I_{cc} \times \sqrt{t}}{143} \times 1000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

t	=	<b>0.02 Seg</b>
S <sub>min</sub>	=	<b>50 mm2</b>

Dónde:

t = tiempo de apertura del sistema de protección  
S<sub>min</sub> = Sección transversal mínima del cable en mm<sup>2</sup>  
I<sub>cc</sub> = Corriente de cortocircuito que soportará el cable en KA.

$$I_{cc} = \frac{0.143 \times 50 \text{ mm}^2}{\sqrt{0.02 \text{ seg}}} = 50.56 \text{ KA}$$

Según este resultado el cable puede soportar hasta 50.56 KA y como la corriente de cortocircuito es de 6.4951 KA; se concluye que el cable de 3-1 x 50 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV, podrá soportar la corriente de cortocircuito.

### c. Verificación de cable por caída de tensión

El cable instalado es del tipo N2XSY (12/20) KV y de sección 50 mm<sup>2</sup>, para trabajo a tensión nominal de Operación de 20 KV.

La longitud del cable entre la Subestación Particular del punto de entrega de energía de ENEL y la Subestación N°1 de la UNAC. es de aproximadamente 85 metros.

Según el fabricante, los parámetros eléctricos del cable son los siguientes:

Resistencia en AC = 0.494 Ω/Km.  
Reactancia = 0.1572 Ω/Km.

El cálculo de caída de tensión se efectuará para la condición de plena carga:

$$\Delta V = \sqrt{3} L \times I (R \cos \phi + X \sin \phi) / 1000 \text{ Voltios}$$

L = 85 metros  
I = 40.20 Amperios

Dónde:

L = Longitud del cable en metros  
I = Corriente máxima de la carga instalada en amperios

Remplazando valores se tiene:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 85 \times 40.20 (0.494 \times 0.85 + 0.1572 \times 0.5267)}{1000} \text{ Voltios}$$

$$\Delta V = 2.98 \text{ Voltios} \rightarrow \Delta V (\%) = \left( \frac{2.98}{20000} \right) \times 100$$
$$= 0.0149 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$$

Caída de tensión = 2.98 Voltios que equivale a:  $\Delta V \text{ cable} = 0.0149 \% < 3.5\% \text{ de } 20 \text{ kV}$

**En este caso, verificando por caída de tensión; el cable seleccionado también cumple con las exigencias de las Normas.**

**En Conclusión:**

El cable seleccionado: 3-1x50 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV, está capacitado para atender la Carga Solicitada por cumplir las condiciones de:

- ✓ Capacidad de corriente:  $I_{\text{cable}} = 168.75 \text{ Amp} > I_n = 40.20 \text{ Amp}$ .
- ✓ Cortocircuito:  $I_{\text{cc, cable}} = 50.56 \text{ KA} > I_{\text{cc, red}} = 6.4951 \text{ KA}$ .
- ✓ Caída de tensión:  $\Delta V \text{ cable} = 0.0149 \% < 3.5 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$

## CONDUCTOR ALIMENTADOR DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA N°02 UNAC-20 KV

Consiste en el cálculo del alimentador que va desde la Celda de salida de la subestación N°1 de la UNAC, 20 KV a la celda de llegada de la subestación N° 2 de la UNAC, 20 KV.

### a. Verificación de cable por capacidad de corriente

Cálculo de la Corriente Nominal de la Subestación N°2, según el cuadro de cargas proyectado a futuro, para una Potencia de 800 KW. (FP=0.85)

$$I_n = \frac{800 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times (0.85) \times (20 \text{ KV})} = 27.17 \text{ A}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal

Según tablas del fabricante la capacidad máxima del cable N2XSY (12/20) KV, 1x50mm<sup>2</sup> en ducto es de 250 Amperios separados en paralelo a una distancia de 7 mm y 225 Amperios agrupados en triangulo en contacto.

Esta capacidad del cable es afectada por el factor de corrección, el cual para seleccionar debemos contar con la siguiente información:

$$F_c = F_{c1} \times F_{c2}$$

$$F_{c1} = 0.75$$

$$F_{c2} = 1.00$$

Dónde:

- Fc = Factor de corrección.  
Fc1 = Factor de corrección según la proximidad de otros cables tendidos en ductos.  
Fc2 = Factor de corrección el cual tiene en cuenta la resistividad Térmica del suelo, Profundidad de tendido y temperatura del Suelo a la profundidad del tendido.

Estos factores de reducción tienen los siguientes valores, según los parámetros establecidos:

Por Resistividad térmica del suelo	27 °C.cm. /W	1.00
Por Profundidad del tendido	1.00 metro	1.00
Por Temperatura del suelo a la profundidad del tendido	25 °C	1.00

NOTA. - En tablas la resistividad térmica del suelo se expresa en °K.m/W. Para el proyecto tomamos el caso más desfavorable (terreno seco 1°K.m/W <>27°C.cm/W, que corresponde un factor de corrección de 1.00). Para terrenos húmedos la resistividad térmica disminuye y el factor de corrección es mayor que 1.00).

**Tabla 9.**  
*Resistividad Térmica del Suelo (UNE 20435).*

Resistividad Térmica del Suelo (Rt): °K.m/W						
Tipo de terreno	Muy húmedo	Regular húmedo	Poco húmedo	Seco	Muy seco	Arcilloso seco
Rt	0.8	0.85	0.9	1	1.1	1.2
Factor de corrección	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93

Luego:  $Fc = 0.75 \times 1 = 0.75$

De donde se tiene:

$$I_{\text{cable, corregida}} = 225 \times F_c = 225 \times 0.75 = 168.75 \text{ Amperios}$$

**$I_{\text{cable, corregida}} = 168.75 \text{ Amperios} > \text{Inominal (27.17 Amperios)}$**

**En este caso, verificando por capacidad de corriente, el cable seleccionado puede transportar toda la carga nominal de la Subestación N° 2.**

**b. Verificación de cable por corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ )**

La corriente de cortocircuito viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V} (KA)$$

En el punto de Alimentación se tiene:

<b>P<sub>cc</sub></b>	<b>=</b>	<b>225 MVA</b>
<b>V</b>	<b>=</b>	<b>20 KV</b>
<b>t</b>	<b>=</b>	<b>0.02 Seg</b>
<b>S</b>	<b>=</b>	<b>50 mm<sup>2</sup></b>

Dónde:

<b>P<sub>cc</sub></b>	<b>=</b>	<b>Potencia de cortocircuito del sistema</b>
<b>V</b>	<b>=</b>	<b>Tensión nominal de servicio</b>
<b>t</b>	<b>=</b>	<b>Duración del cortocircuito</b>
<b>S</b>	<b>=</b>	<b>Sección del conductor</b>
<b>I<sub>cc</sub></b>	<b>=</b>	<b>Corriente de cortocircuito permanente</b>

Luego:

$$I_{cc} = 6.4951 \text{ KA}$$

Bajo condiciones de cortocircuito, se incrementa con rapidez la temperatura de los elementos metálicos de los cables de energía (conductor y pantalla o cubierta metálica).

Cuando se trata de analizar el comportamiento en condiciones de cortocircuito con parámetros perfectamente definidos, la fórmula para calcular la sección mínima del cable que pueda soportar la corriente de cortocircuito en un tiempo determinado es:

$$S_{\min} = \frac{I_{cc} \times \sqrt{t}}{143} \times 1000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} t &= 0.02 \text{ Seg} \\ S_{\min} &= 50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} t &= \text{ tiempo de apertura del sistema de protección} \\ S_{\min} &= \text{ Sección transversal mínima del cable en mm}^2 \\ I_{cc} &= \text{ Corriente de cortocircuito que soportará el cable en KA.} \end{aligned}$$

$$I_{cc} = \frac{0.143 \times 50 \text{ mm}^2}{\sqrt{0.02 \text{ seg}}} = 50.56 \text{ KA}$$

Según este resultado el cable puede soportar hasta 50.56 KA y como la corriente de cortocircuito es de 6.4951 KA; se concluye que el cable de 3-1 x 50 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV, podrá soportar la corriente de cortocircuito.

**c. Verificación de cable por caída de tensión**

El cable instalado es del tipo N2XSY (12/20) KV y de sección 50 mm<sup>2</sup>, para trabajo a tensión nominal de Operación de 20 KV.

La longitud del cable entre la Subestación Particular del punto de entrega de energía de ENEL y la Subestación N°1 de la UNAC. es de aproximadamente 165 metros.

Según el fabricante, los parámetros eléctricos del cable son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Resistencia en AC} &= \mathbf{0.494 \Omega/Km.} \\ \text{Reactancia} &= \mathbf{0.1572 \Omega/Km.} \end{aligned}$$

El cálculo de caída de tensión se efectuará para la condición de plena carga:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} L x I (R \cos \phi + X \sin \phi)}{1000} \text{ Voltios}$$

$$\begin{aligned} L &= \mathbf{165 \text{ metros}} \\ I &= \mathbf{27.17 \text{ Amperios}} \end{aligned}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} L &= \text{Longitud del cable en metros} \\ I &= \text{Corriente máxima de la carga instalada en amperios} \end{aligned}$$

Remplazando valores se tiene:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} x 165 x 27.17 (0.494 x 0.85 + 0.1572 x 0.5267)}{1000} \text{ Voltios}$$

$$\Delta V = 3.90 \text{ Voltios} \rightarrow \Delta V (\%) = \left( \frac{3.90}{20000} \right) \times 100$$

$$= 0.0195 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$$

Caída de tensión = 3.90 Voltios que equivale a:  $\Delta V \text{ cable} = 0.0195\%$   
 $< 3.5\%$  de 20 KV.

**En este caso, verificando por caída de tensión; el cable seleccionado también cumple con las exigencias de las Normas.**

**En Conclusión:**

El cable seleccionado: 3-1x50 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV, está capacitado para atender la Carga Solicitada por cumplir las condiciones de:

- ✓ Capacidad de corriente:  $I_{\text{cable}} = 168.75 \text{ Amp} > I_n = 27.17 \text{ Amp.}$
- ✓ Cortocircuito:  $I_{cc, \text{ cable}} = 50.56 \text{ KA} > I_{cc, \text{ red}} = 6.4951 \text{ KA.}$
- ✓ Caída de tensión:  $\Delta V \text{ cable} = 0.0195 \% < 3.5 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$

**CALCULO PARA UN CONDUCTOR DE 35mm<sup>2</sup>.**

**CONDUCTOR ALIMENTADOR DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA N° 1 UNAC-20 KV**

Consiste en el cálculo del alimentador que va desde la Subestación Particular de entrega de energía de ENEL, hasta la Celda de Llegada de la Subestación N°01 de la UNAC.

**a. Verificación de cable por capacidad de corriente**

Según lo expresado en el cuadro de cargas proyectado a futuro, se verifico la sección de cable de la Subestación N°01 para una Potencia de 1300 KW. (FP=0.85)

Cálculo de la Corriente Nominal:

$$I_n = \frac{1300 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times (0.85) \times (20 \text{ KV})} = 40.20 \text{ A}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal

Según tablas del fabricante la capacidad máxima del cable N2XSY (12/20) KV, 1x35 mm<sup>2</sup> en ducto es de 215 Amperios separados en paralelo a una distancia de 7 mm y 190 Amperios agrupados en triangulo en contacto.

Esta capacidad del cable es afectada por el factor de corrección, el cual para seleccionar debemos contar con la siguiente información:

$$F_c = F_{c1} \times F_{c2}$$

$$F_{c1} = 0.75$$

$$F_{c2} = 1.00$$

Dónde:

- Fc = Factor de corrección.  
Fc1 = Factor de corrección según la proximidad de otros cables tendidos en ductos.  
Fc2 = Factor de corrección el cual tiene en cuenta la resistividad Térmica del suelo, Profundidad de tendido y temperatura del Suelo a la profundidad del tendido.

Estos factores de reducción tienen los siguientes valores, según los parámetros establecidos:

Por Resistividad térmica del suelo	27 °C.cm. /W	1.00
Por Profundidad del tendido	1.00 metro	1.00
Por Temperatura del suelo a la profundidad del tendido	25 °C	1.00

NOTA. - En tablas la resistividad térmica del suelo se expresa en °K.m/W. Para el proyecto tomamos el caso más desfavorable (terreno seco 1°K.m/W <>27°C.cm/W, que corresponde un factor de corrección de 1.00). Para terrenos húmedos la resistividad térmica disminuye y el factor de corrección es mayor que 1.00).

**Tabla 10.**  
*Resistividad Térmica del Suelo (UNE 20435).*

Resistividad Térmica del Suelo (Rt): °K.m/W						
Tipo de terreno	Muy húmedo	Regular húmedo	Poco húmedo	Seco	Muy seco	Arcilloso seco
Rt	0.8	0.85	0.9	1	1.1	1.2
Factor de corrección	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93

Luego:  $Fc = 0.75 \times 1 = 0.75$

De donde se tiene:

$$I_{\text{cable, corregida}} = 190 \times F_c = 190 \times 0.75 = 142.5 \text{ Amperios}$$

$$I_{\text{cable, corregida}} = 142.5 \text{ Amperios} > I_{\text{nominal}} (40.20 \text{ Amperios})$$

En este caso, verificando por capacidad de corriente, el cable seleccionado puede transportar toda la carga nominal de la Subestación N° 1.

**b. Verificación de cable por corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ )**

En el punto de Diseño (Punto de entrega de energía de ENEL. Se tiene en cuenta la Potencia de cortocircuito  $P_{cc} = 225 \text{ MVA}$ .

La corriente de cortocircuito viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V} (KA)$$

En el punto de Alimentación se tiene:

$P_{cc}$	=	<b>225 MVA</b>
$V$	=	<b>20 KV</b>
$t$	=	<b>0.02 Seg</b>
$S$	=	<b>35 mm<sup>2</sup></b>

Dónde:

$P_{cc}$	=	Potencia de cortocircuito del sistema
$V$	=	Tensión nominal de servicio
$t$	=	Duración del cortocircuito
$S$	=	Sección del conductor
$I_{cc}$	=	Corriente de cortocircuito permanente

Luego:

$$I_{cc} = 6.4951 \text{ KA}$$

Bajo condiciones de cortocircuito, se incrementa con rapidez la temperatura de los elementos metálicos de los cables de energía (conductor y pantalla o cubierta metálica).

Cuando se trata de analizar el comportamiento en condiciones de cortocircuito con parámetros perfectamente definidos, la fórmula para calcular la sección mínima del cable que pueda soportar la corriente de cortocircuito en un tiempo determinado es:

$$S_{\min} = \frac{I_{cc} \times \sqrt{t}}{143} \times 1000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} t &= 0.02 \text{ Seg} \\ S_{\min} &= 35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} t &= \text{ tiempo de apertura del sistema de protección} \\ S_{\min} &= \text{ Sección transversal mínima del cable en mm}^2 \\ I_{cc} &= \text{ Corriente de cortocircuito que soportará el cable en KA.} \end{aligned}$$

$$I_{cc} = \frac{0.143 \times 35 \text{ mm}^2}{\sqrt{0.02 \text{ seg}}} = 35.39 \text{ KA}$$

Según este resultado el cable puede soportar hasta 35.39 KA y como la corriente de cortocircuito es de 6.4951 KA; se concluye que el cable de 3-1 x 35 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV, podrá soportar la corriente de cortocircuito.

**c. Verificación de cable por caída de tensión**

El cable instalado es del tipo N2XSY (12/20) KV y de sección 35 mm<sup>2</sup>, para trabajo a tensión nominal de Operación de 20 KV.

La longitud del cable entre la Subestación Particular del punto de entrega de energía de ENEL y la Subestación N°1 de la UNAC. es de aproximadamente 85 metros.

Según el fabricante, los parámetros eléctricos del cable son los siguientes:

Resistencia en AC           =    **0.668 Ω/Km.**  
Reactancia                   =    **0.1689 Ω/Km.**

El cálculo de caída de tensión se efectuará para la condición de plena carga:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} L x I (R \cos \phi + X \sin \phi)}{1000} \text{ Voltios}$$

L                   =    **85 metros**  
I                   =    **40.20 Amperios**

Dónde:

L                   =    Longitud del cable en metros  
I                   =    Corriente máxima de la carga instalada en amperios

Remplazando valores se tiene:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} x 85 x 40.20 (0.668 x 0.85 + 0.1689 x 0.5267)}{1000} \text{ Voltios}$$

$$\Delta V = 3.58 \text{ Voltios} \rightarrow \Delta V (\%) = \left( \frac{3.58}{20000} \right) \times 100$$

$$= 0.0179 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$$

Caída de tensión = 3.58 Voltios que equivale a:  $\Delta V \text{ cable} = 0.0179 \% < 3.5\% \text{ de } 20 \text{ kV}$

**En este caso, verificando por caída de tensión; el cable seleccionado también cumple con las exigencias de las Normas.**

**En Conclusión:**

El cable seleccionado: 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV, está capacitado para atender la Carga Solicitada por cumplir las condiciones de:

- ✓ Capacidad de corriente:  $I_{\text{cable}} = 142.5 \text{ Amp} > I_n = 40.20 \text{ Amp}$ .
- ✓ Cortocircuito:  $I_{\text{cc, cable}} = 35.39 \text{ KA} > I_{\text{cc, red}} = 6.4951 \text{ KA}$ .
- ✓ Caída de tensión:  $\Delta V \text{ cable} = 0.0179 \% < 3.5 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$

### **CONDUCTOR ALIMENTADOR DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA N° 02 UNAC-20 KV**

Consiste en el cálculo del alimentador que va desde la Celda de salida de la subestación N°01 de la UNAC, 20 KV a la celda de llegada de la subestación N°02 de la UNAC, 20 KV.

**a. Verificación de cable por capacidad de corriente**

Cálculo de la Corriente Nominal de la Subestación N°2, según el cuadro de cargas proyectado a futuro, para una Potencia de 800 KW. (FP=0.85)

$$I_n = \frac{800 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times (0.85) \times (20 \text{ KV})} = 27.17 \text{ A}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal

Según tablas del fabricante la capacidad máxima del cable N2XSY (12/20) KV, 1x35 mm<sup>2</sup> en ducto es de 215 Amperios separados en paralelo a una distancia de 7 mm y 190 Amperios agrupados en triangulo en contacto.

Esta capacidad del cable es afectada por el factor de corrección, el cual para seleccionar debemos contar con la siguiente información:

$$F_c = F_{c1} \times F_{c2}$$

$F_{c1}$  = **0.75**

$F_{c2}$  = **1.00**

Dónde:

$F_c$  = Factor de corrección.

$F_{c1}$  = Factor de corrección según la proximidad de otros cables tendidos en ductos.

$F_{c2}$  = Factor de corrección el cual tiene en cuenta la resistividad Térmica del suelo, Profundidad de tendido y temperatura del Suelo a la profundidad del tendido.

Estos factores de reducción tienen los siguientes valores, según los parámetros establecidos:

Por Resistividad térmica del suelo	27 °C.cm. /W	1.00
Por Profundidad del tendido	1.00 metro	1.00
Por Temperatura del suelo a la profundidad del tendido	25 °C	1.00

NOTA. - En tablas la resistividad térmica del suelo se expresa en °K.m/W. Para el proyecto tomamos el caso más desfavorable (terreno seco 1°K.m/W <>27°C.cm/W, que corresponde un factor de corrección de 1.00). Para terrenos húmedos la resistividad térmica disminuye y el factor de corrección es mayor que 1.00).

**Tabla 11.**  
*Resistividad Térmica del Suelo (UNE 20435).*

Resistividad Térmica del Suelo (Rt): °K.m/W						
Tipo de terreno	Muy húmedo	Regular húmedo	Poco húmedo	Seco	Muy seco	Arcilloso seco
Rt	0.8	0.85	0.9	1	1.1	1.2
Factor de corrección	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93

Luego:  $F_c = 0.75 \times 1 = 0.75$

De donde se tiene:

$I_{cable, corregida} = 190 \times F_c = 190 \times 0.75 = 142.5$  Amperios

**$I_{cable, corregida} = 142.5$  Amperios > Inominal (27.17 Amperios)**

En este caso, verificando por capacidad de corriente, el cable seleccionado puede transportar toda la carga nominal de la Subestación N° 2.

**b. Verificación de cable por corriente de cortocircuito (I<sub>cc</sub>)**

La corriente de cortocircuito viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V} (KA)$$

En el punto de Alimentación se tiene:

P <sub>cc</sub>	=	<b>225 MVA</b>
V	=	<b>20 KV</b>
t	=	<b>0.02 Seg</b>
S	=	<b>35 mm<sup>2</sup></b>

Dónde:

P <sub>cc</sub>	=	Potencia de cortocircuito del sistema
V	=	Tensión nominal de servicio
t	=	Duración del cortocircuito
S	=	Sección del conductor
I <sub>cc</sub>	=	Corriente de cortocircuito permanente

Luego:

$$I_{cc} = 6.4951 KA$$

Bajo condiciones de cortocircuito, se incrementa con rapidez la temperatura de los elementos metálicos de los cables de energía (conductor y pantalla o cubierta metálica).

Cuando se trata de analizar el comportamiento en condiciones de cortocircuito con parámetros perfectamente definidos, la fórmula para calcular la sección mínima del cable que pueda soportar la corriente de cortocircuito en un tiempo determinado es:

$$S_{\min} = \frac{I_{cc} \times \sqrt{t}}{143} \times 1000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

t = **0.02 Seg**  
 Smin = **35 mm2**

Dónde:

- t = tiempo de apertura del sistema de protección  
 Smin = Sección transversal mínima del cable en mm2  
 Icc = Corriente de cortocircuito que soportará el cable en KA.

$$I_{cc} = \frac{0.143 \times 35 \text{ mm}^2}{\sqrt{0.02 \text{ seg}}} = 35.39 \text{ KA}$$

Según este resultado el cable puede soportar hasta 35.39 KA y como la corriente de cortocircuito es de 6.4951 KA; se concluye que el cable de 3-1 x 35 mm2 N2XSY (12/20) KV, podrá soportar la corriente de cortocircuito.

### c. Verificación de cable por caída de tensión

El cable instalado es del tipo N2XSY (12/20) KV y de sección 35 mm2, para trabajo a tensión nominal de Operación de 20 KV.

La longitud del cable entre la Subestación N° 1 y la Subestación N°2 de la UNAC. es de aproximadamente 165 metros.

Según el fabricante, los parámetros eléctricos del cable son los siguientes:

Resistencia en AC = 0.668  $\Omega$ /Km.

Reactancia = 0.1689  $\Omega$ /Km.

El cálculo de caída de tensión se efectuará para la condición de plena carga:

$$\Delta V = \sqrt{3} L x I (R \cos \phi + X \sin \phi) / 1000 \text{ Voltios}$$

L = 165 metros

I = 27.17 Amperios

Dónde:

L = Longitud del cable en metros

I = Corriente máxima de la carga instalada en amperios

Remplazando valores se tiene:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} x 165 x 27.17 (0.668 x 0.85 + 0.1689 x 0.5267)}{1000} \text{ Voltios}$$

$$\Delta V = 5.10 \text{ Voltios} \rightarrow \Delta V (\%) = \left( \frac{5.10}{20000} \right) x 100$$
$$= 0.0255 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$$

Caída de tensión = 5.10 Voltios que equivale a:  $\Delta V$  cable = 0.0255% < 3.5% de 20 KV.

En este caso, verificando por caída de tensión; el cable seleccionado también cumple con las exigencias de las Normas.

**En Conclusión:**

El cable seleccionado: 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV, está capacitado para atender la Carga Solicitada por cumplir las condiciones de:

- ✓ Capacidad de corriente:  $I_{\text{cable}} = 142.5 \text{ Amp} > I_n = 27.17 \text{ Amp}$ .
- ✓ Cortocircuito:  $I_{\text{cc, cable}} = 35.39 \text{ KA} > I_{\text{cc, red}} = 6.4951 \text{ KA}$ .
- ✓ Caída de tensión:  $\Delta V_{\text{cable}} = 0.0255 \% < 3.5 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$

**Resumen:**

Se aprecia en los resultados:

**Tabla 12.**

*Cuadro resumen de resultados para alimentador de 35mm<sup>2</sup>.*

<b>Cable de enlace de subestación de ENEL hasta subestación N°01 UNAC</b>	
Capacidad de corriente	$I_{\text{cable}} = 142.5 \text{ Amp} > I_n = 40.20 \text{ Amp}$ .
Cortocircuito	$I_{\text{cc, cable}} = 35.39 \text{ KA} > I_{\text{cc, red}} = 6.4951 \text{ KA}$ .
Caída de tensión	$\Delta V_{\text{cable}} = 0.0179 \% < 3.5 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$
<b>Cable de enlace de subestación N°01 hasta subestación N°02 UNAC</b>	
Capacidad de corriente	$I_{\text{cable}} = 142.5 \text{ Amp} > I_n = 27.17 \text{ Amp}$ .
Cortocircuito	$I_{\text{cc, cable}} = 35.39 \text{ KA} > I_{\text{cc, red}} = 6.4951 \text{ KA}$ .
Caída de tensión	$\Delta V_{\text{cable}} = 0.0255 \% < 3.5 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$

**Tabla 13.**

*Cuadro resumen de resultados para alimentador de 50mm<sup>2</sup>.*

<b>Cable de enlace de subestación de ENEL hasta subestación N°01 UNAC</b>	
Capacidad de corriente	$I_{\text{cable}} = 168.75 \text{ Amp} > I_n = 40.20 \text{ Amp}$ .
Cortocircuito	$I_{\text{cc, cable}} = 50.56 \text{ KA} > I_{\text{cc, red}} = 6.4951 \text{ KA}$ .
Caída de tensión	$\Delta V_{\text{cable}} = 0.0149 \% < 3.5 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$
<b>Cable de enlace de subestación N°01 hasta subestación N°02 UNAC</b>	
Capacidad de corriente	$I_{\text{cable}} = 168.75 \text{ Amp} > I_n = 27.17 \text{ Amp}$ .
Cortocircuito	$I_{\text{cc, cable}} = 50.56 \text{ KA} > I_{\text{cc, red}} = 6.4951 \text{ KA}$ .
Caída de tensión	$\Delta V_{\text{cable}} = 0.0195 \% < 3.5 \% \text{ de } 20 \text{ KV}$

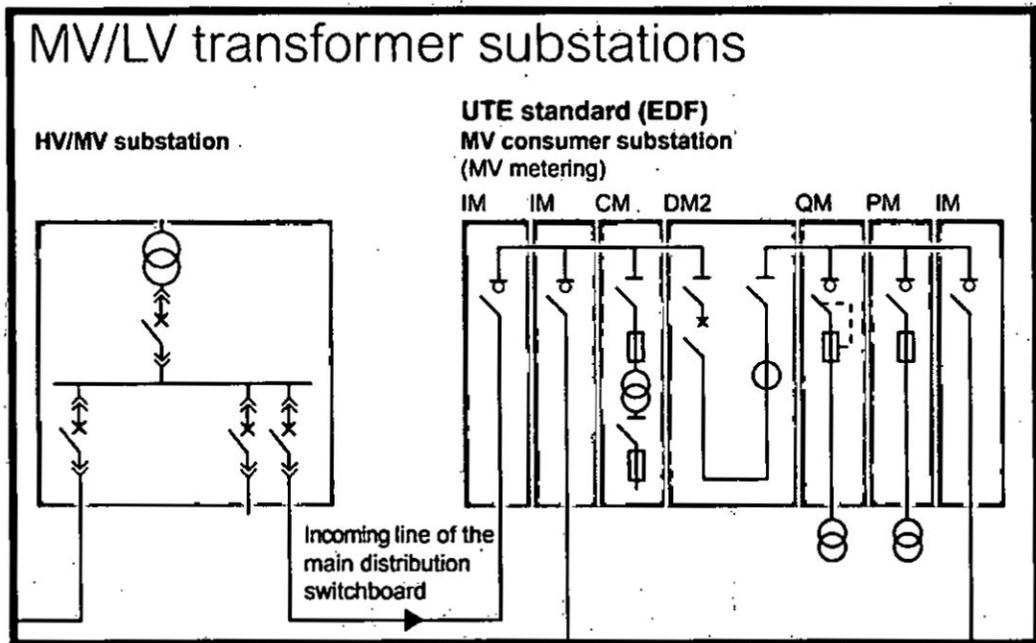
#### 4.6.4 Cuadro comparativo de equipamiento requerido para las nuevas subestaciones y cable de enlace.

### COMPARATIVA TECNICO ECONOMICO DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN POR FUNCIÓN

La tecnología de punta permite configurar un tren de celdas a partir de una selección individual de las diferentes funciones disponibles en el mercado dependiendo del proveedor (diferentes tecnologías), esto significa que las celdas son de tipo "Modular" y proporciona flexibilidad al ingeniero de diseño en el momento de configurar la solución, esto dependerá de los criterios que el ingeniero a cargo proponga.

Ejemplo de configuración:

Figura. 18 Configuración estándar de celdas de Media Tensión en subestaciones.



Fuente: Catalogo de celdas SM6 de Schneider Electric.

Para la subestación UTE mostrada en la imagen contamos con 7 celdas modulares las cuales forman la solución (tren de celdas) sin embargo de las cuales 5 de las 7 celdas son de diferentes modelos:

1. **Modelo IM:** Celda de seccionamiento con seccionador bajo carga.
2. **Modelo CM:** Celda de medida de tensión con sistema de aterramiento.
3. **Modelo DM2:** Celda de seccionamiento doble de barra principal.
4. **Modelo QM:** Celda de protección con fusible para transformador de potencia con aterramiento del porta fusibles.
5. **Modelo PM:** Celda de protección con fusible para transformador de potencia.

Este ejemplo nos ilustra el modelo a seguir para realizar el análisis técnico – económico, el cual sería por función/proveedor y luego por conjunto o solución (tren de celdas)/proveedor para nuestro estudio.

En esta etapa del estudio se realizó un análisis de las diferentes funciones modulares en el mercado y se seleccionaron 5 funciones para ser analizadas individualmente por precio y tecnología de cada proveedor, a continuación, las 5 funciones seleccionadas:

1. **Celda de Remonte.**
2. **Celda de protección con Relé y Medidor.**
3. **Celda de protección con Seccionador Fusible.**
4. **Celda de Seccionamiento.**
5. **Celda de protección con Relé.**

A continuación, la tabla de datos de las siguientes celdas propuestas para el análisis solicitadas a los proveedores:

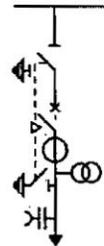
**Tabla 14.**  
*Tabla de Datos Técnicos - Celda de Remonte.*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	SOLICITADO
<b>1.00</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SE</b>		
1.01	Función		Celda de Remonte
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10 / 20
1.04	Altura de instalación	msnm	<1000
1.05	Frecuencia nominal		60 HZ
<b>2.00</b>	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Norma de construcción y ensayo		IEC 62271-200
2.02	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS / GIS
2.03	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271- 200)		LSC2A
2.04	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM / PI
2.05	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200)		IAC - AFL
	- Capacidad	kA/1seg	12.5
2.06	Instalación		Interior
2.07	Acceso		Frontal
2.08	Construcción modular		Si / Extensible por ambos lados
2.09	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	
<b>3.00</b>	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	24
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10 / 20

3.03	Frecuencia de la red	Hz	60
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	630
3.05	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	20
3.06	Duración del cortocircuito	seg.	1
3.07	Grado de protección mecánica		IP 3X
3.08	Tensiones de prueba		
	- De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.)	kVp	125
	- A frecuencia industrial (1 min.)	kVef	50
3.09	Barras principales		
	- Material		Cu
3.10	Dimensiones del conjunto		
	- Ancho (máximo)	mm	Por proveedor
	- Profundidad (máxima)	mm	Por proveedor
	- Altura (máxima)	mm	Por proveedor
3.11	Señalización de presencia de tensión		Si

**Tabla 15.**

*Tabla de Datos Técnicos - Celda de protección con Relé y Medidor.*

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICITADO
<b>1.00</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE</b>		
1.01	Función		Celda de protección con Relé y Medidor
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10 / 20
1.04	Altura de instalación	msnm	<1000
1.05	Frecuencia nominal		60 HZ
<b>2.00</b>	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Nombre de la gama		Por proveedor
2.02	Modelo (designación de fábrica)		Por proveedor
2.03	Norma de construcción y ensayo		IEC 62271-200
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS / GIS
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271-200)		LSC2A
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM / PI
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200)		IAC - AFL
	- Capacidad	kA/1seg	12.5
2.08	Instalación		Interior
2.09	Acceso		Frontal
2.10	Construcción modular		Si / Extensible por ambos lados
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	30
<b>3.00</b>	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	24
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10 / 20
3.03	Frecuencia de la red	Hz	60
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	630
3.05	Corriente nominal de barras de derivación inferior	A	630
3.06	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	20
3.07	Duración del cortocircuito	seg.	1

3.08	Grado de protección mecánica		IP 3X
3.09	Tensión auxiliar de motorización	Vcc	24
3.10	Tensiones de prueba		
	- De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.)	kVp	125
	- A frecuencia industrial (1 min.)	kVef	50
3.11	Barras principales		
	- Material		Cu
3.12	Sistema de puesta a tierra		
	- Material		Cu
3.13	Dimensiones del conjunto		
	- Ancho (máximo)	mm	Por proveedor
	- Profundidad (máxima)	mm	Por proveedor
	- Altura (máxima)	mm	Por proveedor
3.14	Señalización de presencia de tensión		Si
<b>4.00</b>	<b>INTERRUPTOR DE POTENCIA</b>		
4.01	Norma a la que responde el aparato ofrecido		IEC 62271-100
4.02	Medio de extinción		SF6 / Vacío
4.03	Tipo de uso		Interior
4.04	Tipo de ejecución		Fijo
4.05	Tipo de operación		Tripolar
4.06	Medio de acumulación de la energía de operación		Resorte
4.07	Tensión nominal	kV	24
4.08	Corriente nominal	A	630
4.09	Frecuencia nominal	Hz	60
4.10	Corriente de corta duración admisible (Icc)	kA/1seg	20
4.11	Tensión a frecuencia industrial (60 Hz - 1 min.)	kV	50
4.12	Tensión resistida al impulso	kV	125
4.13	Tensión de alimentación del motor	Vcc	24
4.14	Contador de maniobras		Si
4.15	Endurancia		
	- Mínimo número de operaciones mecánicas		Mín. 10 000
<b>5.00</b>	<b>SECCIONADOR</b>		
5.01	Tipo de uso		Interior
5.02	Tipo de operación		Tripolar
5.03	Tensión nominal	kV	24
5.04	Corriente nominal	A	630
5.05	Frecuencia nominal	Hz	60
5.06	Endurancia		
	- Mínimo número de operaciones mecánicas		Mín. 1 000
5.07	Visor de corte plenamente visible		Si / No
<b>6.00</b>	<b>TRANSFORMADORES DE CORRIENTE</b>		

6.01	Instalación		Interior
6.02	Frecuencia de la red	Hz	60
6.03	Cantidad de núcleos		2
6.04	Núcleo de medición		
	Corriente en el primario	A	XXX
	Corriente en el secundario	A	1
	Prestación	VA	10
	Clase de exactitud		CI 0.2
6.05	Núcleo de protección		
	Corriente en el primario	A	XXX
	Corriente en el secundario	A	1
	Prestación	VA	10
	Clase de exactitud		5P20
<b>7.00</b>	<b>TRANSFORMADORES DE TENSIÓN</b>		
7.01	Instalación		Interior
7.02	Frecuencia de la red	Hz	60
7.03	Ubicación		
7.04	Cantidad de secundarios		2
7.05	Relación de transformación		
	Tensión primaria	kV	XX/√3
	Tensión secundaria	V	110/√3 : 110/√3
7.06	Medición		
	Prestación	VA	10
	Clase de exactitud		CI 0.2
4.13	Secundario de protección		
	Prestación	VA	10
<b>8.00</b>	<b>TRANSFORMADOR HOMOPOLAR</b>		Si
8.01	Diámetro	mm	200
<b>9.00</b>	<b>RELE MULTIFUNCIÓN</b>		Por proveedor
9.01	Sistema de alimentación	Vcc	24
9.02	Funciones de protección:		ANSI / IEEE / IEC
	- 50/51		Si
	- 50N/51N		Si
	- 46		Si
	- 27		Si
	- 59		Si
	- 59N		Si
	- 81H		Si
	- 81L		Si
9.03	Protocolo de comunicación		Especificar
<b>10.00</b>	<b>MEDIDOR MULTIFUNCIÓN</b>		Por proveedor

**Tabla 16.**

*Tabla de Datos Técnicos - Celda de protección con Seccionador Fusible.*

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICITADO
<b>1.00</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE</b>		
1.01	Función		Celda de protección con Seccionador Fusible
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10 / 20
1.04	Altura de instalación	msnm	<1000
1.05	Frecuencia nominal		60 HZ
<b>2.00</b>	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Nombre de la gama		Por proveedor
2.02	Modelo (designación de fábrica)		Por proveedor
2.03	Norma de construcción y ensayo		IEC 62271-200
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS / GIS
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271-200)		LSC2A
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM / PI
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200)		IAC - AFL
	- Capacidad	kA/1seg	12.5
2.08	Instalación		Interior
2.09	Acceso		Frontal
2.10	Construcción modular		Si / Extensible por ambos lados
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	30
<b>3.00</b>	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	24
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10 / 20
3.03	Frecuencia de la red	Hz	60
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	630
3.05	Corriente nominal de barras de derivación inferior lateral	A	630
3.06	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	20

3.07	Duración del cortocircuito	seg.	1
3.08	Grado de protección mecánica		IP 3X
3.09	Tensiones de prueba		
	- De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.)	kVp	125
	- A frecuencia industrial (1 min.)	kVef	50
3.10	Barras principales		
	- Material		Cu
3.11	Sistema. de puesta a tierra		
	- Material		Cu
3.12	Dimensiones del conjunto		
	- Ancho (máximo)	mm	Por proveedor
	- Profundidad (máxima)	mm	Por proveedor
	- Altura (máxima)	mm	Por proveedor
3.13	Señalización de presencia de tensión		Si
<b>4.00</b>	<b>SECCIONADOR BAJO CARGA</b>		
4.01	Medio de extinción		SF6
4.02	Tipo de uso		Interior
4.03	Tipo de operación		Tripolar
4.04	Tensión nominal	kV	24
4.05	Corriente nominal	A	630
4.06	Frecuencia nominal	Hz	60
4.07	Corriente de corta duración admisible (Icc)	kA/1seg	20
4.08	Tensión a frecuencia industrial (60 Hz - 1 min.)	kV	50
4.09	Tensión resistida al impulso	kV	125
4.10	Bobina de apertura	Vcc	24
4.11	Contactos auxiliares		2NA+2NC
4.12	Capacidad de fusibles	A	Según unifilar
4.13	Endurancia		
	- Mínimo número de operaciones mecánicas		Mínimo 1 000
<b>5.00</b>	<b>TRANSFORMADOR HOMOPOLAR</b>		
			Si
5.01	Diámetro	mm	120/200
<b>7.00</b>	<b>RELE MULTIFUNCIÓN</b>		
			Por proveedor
7.01	Sistema de alimentación	Vcc	24
7.02	Funciones de protección		ANSI / IEEE / IEC
	- 49		Si
	- Restricción del 2° armónico		Si
	- Falla sensitiva direccional a tierra (SEF)		Si

**Tabla 17.**

*Tabla de Datos Técnicos - Celda de Seccionamiento.*

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICITADO
<b>1.00</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE</b>		
1.01	Función		Celda de Seccionamiento
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10 / 20
1.04	Altura de instalación	msnm	<1000
1.05	Frecuencia nominal		60 HZ
<b>2.00</b>	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Nombre de la gama		Por proveedor
2.02	Modelo (designación de fábrica)		Por proveedor
2.03	Norma de construcción y ensayo		IEC 62271-200
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS / GIS
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271-200)		LSC2A
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM / PI
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200)		IAC - AFL
	- Capacidad	kA/1seg	12.5
2.08	Instalación		Interior
2.09	Acceso		Frontal
2.10	Construcción modular		Si / Extensible por ambos lados
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	30
<b>3.00</b>	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	24
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10 / 20
3.03	Frecuencia de la red	Hz	60
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	630
3.05	Corriente nominal de barras de derivación inferior lateral	A	630
3.06	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	20
3.07	Duración del cortocircuito	seg.	1
3.08	Grado de protección mecánica		IP 3X
3.09	Tensiones de prueba		

	- De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.)	kVp	125
	- A frecuencia industrial (1 min.)	kVef	50
3.10	Barras principales		
	- Material		Cu
3.11	Sistema. de puesta a tierra		
	- Material		Cu
3.12	Dimensiones del conjunto		
	- Ancho (máximo)	mm	Por proveedor
	- Profundidad (máxima)	mm	Por proveedor
	- Altura (máxima)	mm	Por proveedor
3.13	Señalización de presencia de tensión		Si
<b>4.00</b>	<b>SECCIONADOR BAJO CARGA</b>		
4.01	Medio de extinción		SF6
4.02	Tipo de uso		Interior
4.03	Tipo de operación		Tripolar
4.04	Tensión nominal	kV	24
4.05	Corriente nominal	A	630
4.06	Frecuencia nominal	Hz	60
4.07	Corriente de corta duración admisible (Icc)	kA/1se	20
4.08	Tensión a frecuencia industrial (60 Hz - 1 min.)	g	50
4.09	Tensión resistida al impulso	kV	125
4.10	Endurancia		
	- Mínimo número de operaciones mecánicas		Mínimo 1 000

**Tabla 18.**

*Tabla de Datos Técnicos - Celda de protección con Relé.*

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICITADO
<b>1.00</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE</b>		
1.01	Función		Celda de protección con Relé
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10 / 20
1.04	Altura de instalación	msnm	<1000
1.05	Frecuencia nominal		60 HZ
<b>2.00</b>	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Nombre de la gama		Por proveedor
2.02	Modelo (designación de fábrica)		Por proveedor
2.03	Norma de construcción y ensayo		IEC 62271-200
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS / GIS
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271- 200)		LSC2A
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM / PI
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200)		IAC - AFL
	- Capacidad	kA/1seg	12.5
2.08	Instalación		Interior
2.09	Acceso		Frontal
2.10	Construcción modular		Si / Extensible por ambos lados
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	30
<b>3.00</b>	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	24
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10 / 20
3.03	Frecuencia de la red	Hz	60
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	630
3.05	Corriente nominal de barras de derivación inferior lateral	A	630
3.06	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	20
3.07	Duración del cortocircuito	seg.	1
3.08	Grado de protección mecánica		IP 3X

3.09	Tensión auxiliar de motorización	Vcc	24
3.10	Tensiones de prueba		
	- De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.)	kVp	125
	- A frecuencia industrial (1 min.)	kVef	50
3.11	Barras principales		
	- Material		Cu
3.12	Sistema. de puesta a tierra		
	- Material		Cu
3.13	Dimensiones del conjunto		
	- Ancho (máximo)	mm	Por proveedor
	- Profundidad (máxima)	mm	Por proveedor
	- Altura (máxima)	mm	Por proveedor
3.14	Señalización de presencia de tensión		Si
<b>4.00</b>	<b>INTERRUPTOR DE POTENCIA</b>		
4.01	Norma a la que responde el aparato ofrecido		IEC 62271-100
4.02	Medio de extinción		SF6 / Vacío
4.03	Tipo de uso		Interior
4.04	Tipo de ejecución		Fijo
4.05	Tipo de operación		Tripolar
4.06	Medio de acumulación de la energía de operación		Resorte
4.07	Tensión nominal	kV	24
4.08	Corriente nominal	A	630
4.09	Frecuencia nominal	Hz	60
4.10	Corriente de corta duración admisible (Icc)	kA/1seg	20
4.11	Tensión a frecuencia industrial (60 Hz - 1 min.)	kV	50
4.12	Tensión resistida al impulso	kV	125
4.13	Tensión de alimentación del motor	Vcc	24
4.14	Contador de maniobras		Si
4.15	Endurancia		
	- Mínimo número de operaciones mecánicas		Mínimo 10 000
<b>5.00</b>	<b>SECCIONADOR</b>		
5.01	Tipo de uso		Interior
5.02	Tipo de operación		Tripolar
5.03	Tensión nominal	kV	24
5.04	Corriente nominal	A	630
5.05	Frecuencia nominal	Hz	60
5.06	Endurancia		
	- Mínimo número de operaciones mecánicas		Mínimo 1 000
5.07	Visor de corte plenamente visible		Si / No
<b>6.00</b>	<b>SENSORES DE CORRIENTE</b>		
			Por proveedor

6.01	Instalación		Interior
6.02	Frecuencia de la red	Hz	60
6.03	Núcleo de protección Clase de exactitud		5P Por proveedor
<b>7.00</b>	<b>RELE MULTIFUNCIÓN</b>		
7.01	Sistema de alimentación	Vcc	24
7.02	Funciones de protección:		ANSI / IEEE / IEC
	- 50/51		Si
	- 50N/51N		Si
	- 49		Si
7.03	Protocolo de comunicación		Especificar

**Nota:**

- Los valores solicitados en las hojas de datos presentadas son los valores técnicos estándar para esta nueva tecnología del mercado la cual fue contrastada con los diferentes proveedores (Schneider Electric, ABB, EPLI, PROMELSA).

**Ver ANEXO B** Comparativas de características técnicas y económicas de las celdas de media tensión por función y proveedor.

**COMPARATIVA TECNICO ECONOMICO DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE MEDIA TENSION**

Para poder realizar la comparativa técnica económica se debe proponer a los proveedores los parámetros mínimos para obtener sus propuestas y realizar la comparativa, a continuación, las hojas de datos de la del proyecto que se propone:

**Tabla 19.**

*Tabla de Datos Técnicos - Transformador Seco 630 KVA.*

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICITADO
<b>1.00</b>	<b>GENERAL</b>		
1.01	Modelo		Por proveedor
1.02	Norma de Aplicación		IEC 60076-11
1.03	Condiciones de servicio		-
1.04	Color de cubierta metálica preferiblemente		Por proveedor
1.05	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	20
<b>2.00</b>	<b>TRANSFORMADOR TIPO Y CONEXIONES</b>		
2.01	Tipo		Seco, Autoextensible
2.02	Refrigeración		AN (Aire Natural)
2.03	PERDIDAS		
	En vacío	W	1800
	Con carga 120° C	W	6800
2.04	Temperatura de clasificación de aislamiento	°C	155
	Temperatura de Bobina (rise)	°C	100
	Máxima temperatura de ambiente	°C	40
	Temperatura Hot Spot	°C	30
2.05	Potencia Nominal	kVA	630
2.06	Altura sobre el nivel del mar	m	≤ 1000
2.07	Ucc	%	6
2.08	Material del arrollamiento		Aluminio
2.09	Grupo de Conexión		Dyn5
2.1	ARROLLAMIENTO MEDIA TENSION		
	Tensión	KV	20 - 10
	Frecuencia	Hz	60
	Conexión del arrollamiento Media Tensión		Delta
	Nivel de aislamiento	KV	24
2.11	ARROLLAMIENTO EN BAJA TENSION		
	Tensión en vacío	V	230
	Frecuencia	Hz	60

	Conexionado de Bobina		Estrella
<b>3.00</b>	<b>VALORES DE TEMPERATURA</b>		
3.01	Temperatura de arrollamiento max. @100% carga, 3% caída de tensión	°C	155
3.02	Temperatura ambiente donde se sitúa el transformador	°C	30
<b>4.00</b>	<b>CONMUTADOR DE TAPS</b>		
4.01	Taps por encima del voltaje		2.x2.5%
4.02	Taps por debajo del voltaje		2x2.5%
<b>5.00</b>	<b>ENCAPSULADO IGNIFUGO</b>		
5.01	Fabricante		Por proveedor
5.02	Material		Resina Epoxy con carga activa de sílice y alúmina trihidratada
5.03	Moldeado		Al Vacío
5.04	Comportamiento frente al Fuego		Clase F1
5.05	Comportamiento climático		C2
5.06	Comportamiento medioambiental		E2
<b>6.00</b>	<b>CUBIERTA METALICA</b>		
6.01	Grado de Hermeticidad		Por proveedor
6.02	Material		Chapa metálica
6.03	Color		
6.04	Cáncamos de izaje		SI, con el conjunto del transformador y envolvente
<b>7.00</b>	<b>CONECTORES MEDIA TENSION</b>		
7.01	Material		Especificar
<b>8.00</b>	<b>CONECTORES BAJA TENSION</b>		
8.01	Material		Especificar
<b>9.00</b>	<b>PROTECCION TERMICA CON CONTROLADOR DIGITAL DE PROTECCION.</b>		01 Sonda PT100 por bobina cableado a borneras y Controlador Digital de temperatura con puerto RS485
<b>10.00</b>	<b>PRESENCIA DE ARMONICOS</b>	K	1
<b>11.00</b>	<b>DIMENSIONES MAXIMAS ( CON CUBIERTA METALICA)</b>		
	Ancho (No mayor a)	mm	Por proveedor
	Alto (No mayor a)	mm	Por proveedor
	Profundidad (No mayor a)	mm	Por proveedor
<b>12.00</b>	<b>NIVEL DE RUIDO</b>		
	Potencia acústica	dB(A)	Por proveedor
	Presión acústica a 1 m	dB(A)	Por proveedor

Ver ANEXO C Comparativas de características técnicas y económicas de los transformadores de MT/BT por proveedor.

Se tomará como requisito mínimo los siguientes criterios:

1. Optimo comportamiento climático C2.
2. Buen comportamiento medioambiental E2.
3. Grado de protección IP21.

**Tabla 20.**

*Tabla de cumplimiento de requisitos minimos para transformador.*

N° Requisito mínimo	SCHNEIDER ELECTRIC	EPLI	PROMELSA
1	Cumple	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple	No cumple

### **COMPARATIVA TECNICO ECONOMICO DEL CABLE DE ENLACE**

Después de haber realizado los cálculos justificativos de los cables de enlace para el presente estudio, se obtuvo como resultado que los cables de enlace, tanto el de 3-1 x 35 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV como el de 3-1 x 50 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV están en la capacidad técnica de ser instalados por lo cual se procedió al análisis económico.

**Tabla 21.**

*Tabla de costos de cable de media tensión de proveedor INDECO.*

PROVEEDOR	CALIBRE CABLE DE ENLACE	PU (ml)	METROS	TOTAL
INDECO	35 mm <sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV	S/. 35.60	750	S/. 26,700.00
INDECO	50 mm <sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV	S/. 40.50	750	S/. 30,375.00

Como se observo en el cuadro anterior el precio entre el cable de 35mm<sup>2</sup> y el de 50mm<sup>2</sup> que se utilizara varia en S/. 3 675.00 soles, siendo este monto no muy significativo, motivo por el cual se eligió colocar el cable de 50mm<sup>2</sup>, debido a que este nos ofrece una mayor capacidad de amperaje, una mayor capacidad de cortocircuito, una menor caída de tensión y menos perdidas por tener una menor resistencia que el cable de 35mm<sup>2</sup>.

#### **4.6.5 Cuadro comparativo de configuraciones propuestas para las nuevas subestaciones.**

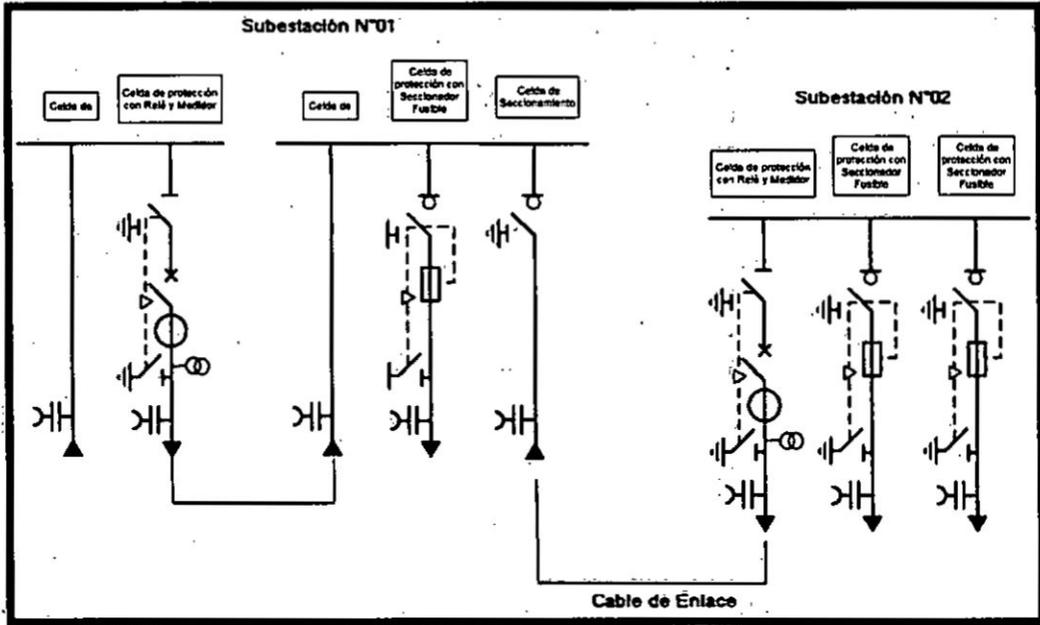
#### **COMPARATIVA TECNICO ECONOMICO DE CONFIGURACIÓN DE DIFERENTES SOLUCIONES (TREN DE CELDAS)**

Se realizó diferentes propuestas de configuraciones con las funciones previamente evaluadas en el presente estudio, legando a filtrar 4 configuraciones propuestas las cuales serán analizadas en esta etapa estableciendo 8 requisitos mínimos:

1. Disponibilidad para realizar corte de energía desde subestación N°01 sin necesidad de solicitar permiso a ENEL para realizar mantenimiento en las subestaciones.
2. Medición y protección robusta para los Incoming de cada subestación (N°01 y N°02).
3. Clase de medición mínima de 0.5.
4. Protección básica para transformadores (cortocircuito, falla sensitiva a tierra y protección térmica).
5. Capacidad de comunicación para interconexión a futuro.
6. Dimensiones adecuadas para instalación dentro del área destinada a cada subestación (considerando dimensiones del transformador).
7. Funciones modulares para reemplazo a futuro.
8. Protección contra arco interno al personal de operación.

Propuesta N°01

Figura. 19 Diagrama unifilar de las subestaciones N°01 y N°02



Fuente: Propia.

Tabla 22.

Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para celdas de MT.

N° Requisito mínimo	SUBESTACIÓN N°01	SUBESTACIÓN N°02
1	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple
4	Cumple	Cumple
5	Cumple	Cumple
6	Cumple	Cumple
7	Cumple	Cumple
8	Cumple	Cumple

Precios referenciales obtenidos por proveedores:

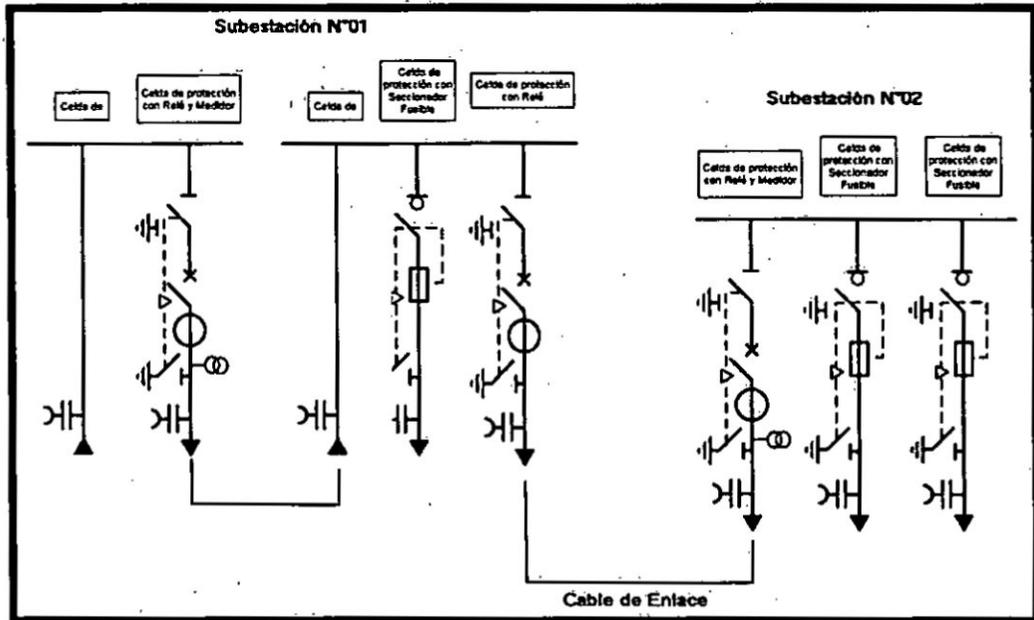
**Tabla 23.**

*Tabla de precios referenciales de celdas de MT.*

PROPUESTA N°01				
PROVEEDOR	MODELO	PRECIO TOTAL (USD)		
		SUBESTACIÓN N°01	SUBESTACIÓN N°02	TOTAL
SCHNEIDER ELECTRIC	SM6	\$ 40,500.00	\$ 38,600.00	\$ 79,100.00
EPLI	SYStem6	\$ 41,300.00	\$ 39,400.00	\$ 80,700.00
ABB	UniSec	\$ 40,200.00	\$ 38,100.00	\$ 78,300.00
ABB	SafePlus	\$ 42,100.00	\$ 40,300.00	\$ 82,400.00
PROMELSA	ICET	\$ 41,050.00	\$ 38,800.00	\$ 79,850.00

**Propuesta N°02**

**Figura. 20** Diagrama unifilar de las subestaciones N°01 y N°02



Fuente: Propia.

**Tabla 24.***Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para celdas de MT.*

N° Requisito mínimo	SUBESTACIÓN N°01	SUBESTACIÓN N°02
1	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple
4	Cumple	Cumple
5	Cumple	Cumple
6	Cumple	Cumple
7	Cumple	Cumple
8	Cumple	Cumple

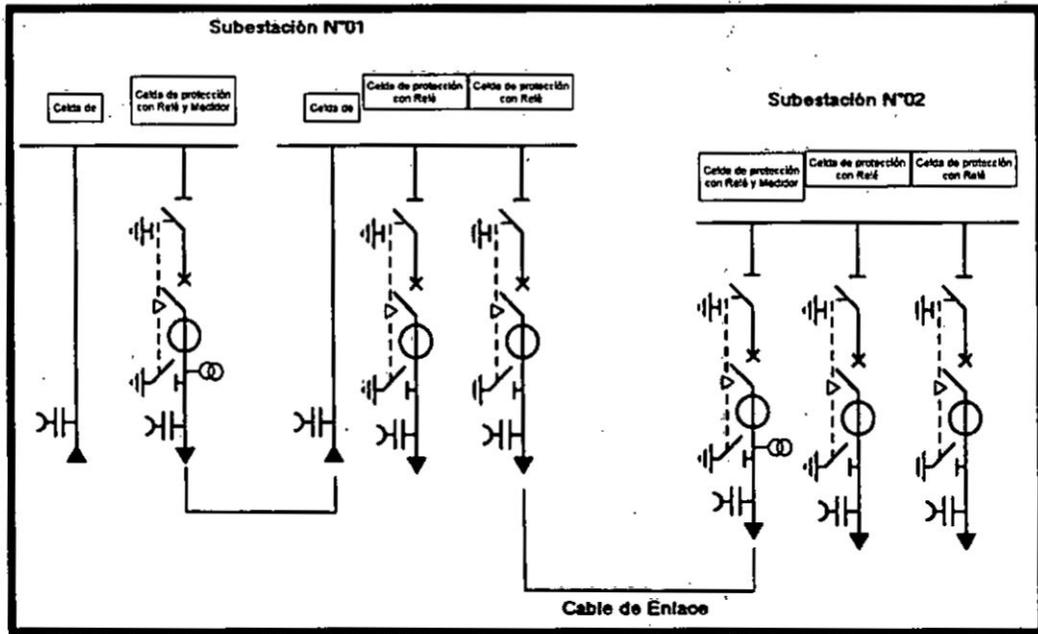
Precios referenciales obtenidos por proveedores:

**Tabla 25.***Tabla de precios referenciales de celdas de MT.*

PROPUESTA N°02				
PROVEEDOR	MODELO	PRECIO TOTAL (USD)		TOTAL
		SUBESTACIÓN N°01	SUBESTACIÓN N°02	
SCHNEIDER ELECTRIC	SM6	\$ 54,200.00	\$ 38,600.00	\$ 92,800.00
EPLI	SYStem6	\$ 55,200.00	\$ 39,400.00	\$ 94,600.00
ABB	UniSec	\$ 54,400.00	\$ 38,100.00	\$ 92,500.00
ABB	SafePlus	\$ 56,600.00	\$ 40,300.00	\$ 96,900.00
PROMELSA	ICET	\$ 54,850.00	\$ 38,800.00	\$ 93,650.00

Propuesta N°03

Figura. 21 Diagrama unifilar de las subestaciones N°01 y N°02



Fuente: Propia.

Tabla 26.

Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para celdas de MT.

N° Requisito mínimo	SUBESTACIÓN N°01	SUBESTACIÓN N°02
1	Cumple	Cumple
2	Cumple	Cumple
3	Cumple	Cumple
4	Cumple	Cumple
5	Cumple	Cumple
6	Solo cumplen las SafePlus (ABB)	Cumple
7	Cumple	Cumple
8	Cumple	Cumple

Precios referenciales obtenidos por proveedores:

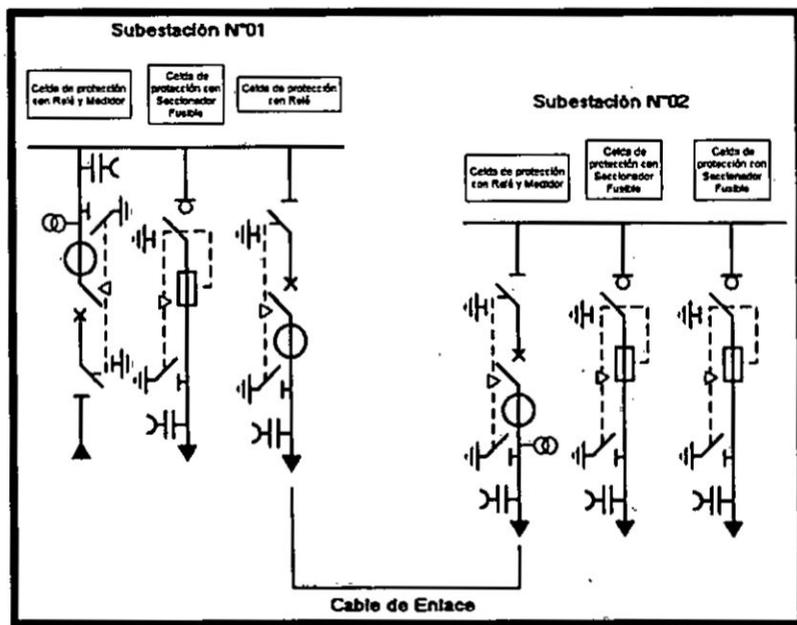
**Tabla 27.**

*Tabla de precios referenciales de celdas de MT.*

PROPUESTA N°03				
PROVEEDOR	MODELO	PRECIO TOTAL (USD)		
		SUBESTACIÓN N°01	SUBESTACIÓN N°02	TOTAL
SCHNEIDER ELECTRIC	SM6	\$ 64,200.00	\$ 58,600.00	\$ 122,800.00
EPLI	SYStem6	\$ 65,200.00	\$ 57,400.00	\$ 122,600.00
ABB	UniSec	\$ 65,000.00	\$ 59,300.00	\$ 124,300.00
ABB	SafePlus	\$ 67,100.00	\$ 61,300.00	\$ 128,400.00
PROMELSA	ICET	\$ 65,600.00	\$ 60,300.00	\$ 125,900.00

Propuesta N°04

Figura. 22 Diagrama unifilar de las subestaciones N°01 y N°02



Fuente: Propia.

Tabla 28.

Tabla de cumplimiento de requisitos mínimos para celdas de MT.

N° Requisito mínimo	SUBESTACIÓN N°01	SUBESTACIÓN N°02
1	Solo cumplen las SYStem6 (EPLI)	Cumple
2	Solo cumplen las SYStem6 (EPLI)	Cumple
3	Cumple	Cumple
4	Cumple	Cumple
5	Solo cumplen las SYStem6 (EPLI)	Cumple
6	Solo cumplen las SYStem6 (EPLI)	Cumple
7	Cumplé	Cumple
8	Cumple	Cumple

Precios referenciales obtenidos por proveedores:

**Tabla 29.**

*Tabla de precios referenciales de celdas de MT.*

PROPUESTA N°04				
PROVEEDOR	MODELO	PRECIO TOTAL (USD)		
		SUBESTACIÓN N°01	SUBESTACIÓN N°02	TOTAL
SCHNEIDER ELECTRIC	SM6	NA	\$ 38,600.00	NA
EPLI	SYStem6	\$ 50,700.00	\$ 39,400.00	\$ 90,100.00
ABB	UniSec	NA	\$ 38,100.00	NA
ABB	SafePlus	NA	\$ 40,300.00	NA
PROMELSA	ICET	NA	\$ 38,300.00	NA

## **V. RESULTADOS**

### **5.1 EQUIPAMIENTO PARA LAS NUEVAS SUBESTACIONES.**

- De las dimensiones apreciadas en las respuestas de los proveedores se aprecia que la tecnología en gas SF6 (GIS) para celdas de media tensión permite tener una solución más compacta que la tecnología en aire (AIS).
- La solución de celdas de media tensión de PROMELSA con el modelo ICET cuenta con una alta resistencia contra arco interno 21kA/1seg.
- El único proveedor que presentó una solución con interruptor con corte en SF6 (mejor comportamiento eléctrico que el corte en vacío) fue la solución de Schneider Electric con el modelo SM6.
- Del análisis previo de las propuestas para las configuraciones de las subestaciones eléctricas (celdas de Media Tensión) se aprecia que las que cumplen con los requisitos mínimos serían las propuestas N°02 y N°01 para las subestaciones N°01 y N°02.
- La propuesta más económica de las 4 presentadas que cumplan con los criterios mínimos sería la propuesta N°01.
- Para la propuesta de ABB con su solución en GIS (modelo SafePlus) proponen colocar sensores de corriente y tensión en lugar de transformadores de corriente y tensión para la celda principal (Celda de protección con Relé y Medidor) al parecer esto provoca una clase de precisión en la medida de 0.5.
- La mejor propuesta económica presentada para la configuración de la propuesta N°01 fue la oferta de ABB con el modelo UniSec seguido por Schneider Electric con el modelo SM6, sin embargo se debe tener en cuenta que en la celda principal de la subestación N°01 y N°02 ABB propone un relé (REF 615-F) el cual sirve como relé y medidor y Schneider Electric cumple con lo solicitado presentando un equipo netamente para protección (relé SEPAM

S20) y un equipo dedicado exclusivamente para medición (medidor PM5560).

- Entre los proveedores que se presentaron para la solicitud de cotización del transformador, se aprecia que PROMELSA tiene por estándar un grado de protección IP20 el cual no cumple con los criterios mínimos solicitados en el estudio.
- Tanto los transformadores de Schneider Electric como EPLI fueron los que cuentan con las menores pérdidas (en vacío y con carga a 120° C).
- De los proveedores, Schneider Electric cuenta con una alta certificación en Comportamiento climático (C3) y medioambiental (E3).
- Se considera que el nivel de ruido que generan los transformadores no representa un problema para las instalaciones debido a que están alejadas de un predio habitado o muy poblado.
- El cable de la marca INDECO es de marca nacional y tiene las siguientes características:
  - o Excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor
  - o Resistencia al impacto y a la abrasión.
  - o Resistente a la luz solar, intemperie, humedad, ozono, ácidos, álcalis y otras sustancias químicas a temperaturas normales.
  - o Retardante a la llama.
- El cable de enlace de 50mm<sup>2</sup> y 35mm<sup>2</sup> cumplen con las características eléctricas solicitadas por el proyecto, tales como la capacidad de amperaje, la capacidad de cortocircuito y caída de tensión.

## 5.2 MODELADO Y ANALISIS DE LAS NUEVA SUBESTACIONES PROPUESTAS.

Después de haber realizado la configuración de los nuevos equipos: Celdas de Media Tensión, cable de enlace y transformadores se realizó la simulación del sistema en ETAP, para eso se utilizaron los siguientes valores como Input para la simulación:

Se plantean dos escenarios: Escenario 1 para una tensión de 20 KV y el escenario 2 para una tensión nominal de 10 KV manteniendo el mismo equipamiento.

### ESCENARIO 1 – DATOS PARA LA TENSIÓN 20 KV SUBESTACIONES N°1 y N°2

Vservicio en media tensión	=	20 KV
Ptransformador 1	=	630 KVA
Ptransformador 2.1	=	630 KVA
Ptransformador 2.2	=	630 KVA
Pcc para 10 KV	=	90 MVA
Pcc para 20 KV	=	225 MVA
Vservicio en baja tensión	=	220 V
Cables	=	3-1x50mm <sup>2</sup> N2XSY
Carga 1	=	500 KW
Carga 2	=	450 KW
Carga 3	=	350 KW

Donde:

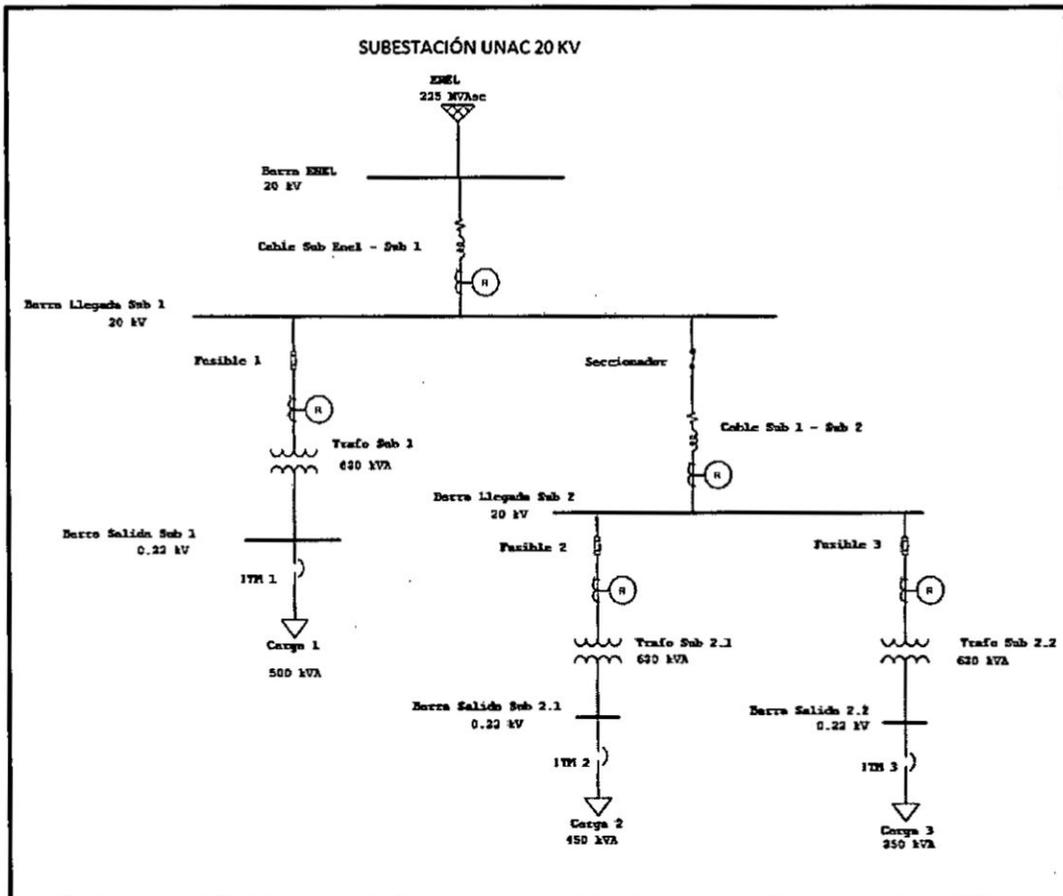
Vservicio en media tensión	=	Tensión de servicio en barras de media tensión (KV).
Ptransformador 1	=	Potencia en transformador 1 (KVA).
Ptransformador 2.1	=	Potencia en transformador 2.1 (KVA).
Ptransformador 2.2	=	Potencia en transformador 2.2 (KVA).
Pcc para 10 KV	=	Potencia de cortocircuito trifásico para 10 KV (MVA).
Pcc para 20 KV	=	Potencia de cortocircuito trifásico para 20 KV (MVA).
Vservicio en baja tensión	=	Tensión de servicio en barras de baja tensión (V).

- Cables = Cables de enlace entre subestaciones.
- Carga 1 = Tomado de la máxima demanda actual 500 KW
- Carga 2 = Tomado de la máxima demanda actual 450 KW
- Carga 3 = Tomado de la máxima demanda actual 350 KW

**MODELADO DE LAS SUBESTACIONES N°1 y N°2 EN 20 KV NUEVO EQUIPAMIENTO**

Con el nuevo equipamiento elegido simulamos para la tensión de 20 KV

**Figura. 23** Diagrama unifilar de la subestación N°01 y la subestación N°02 dado por ETAP 16.0.

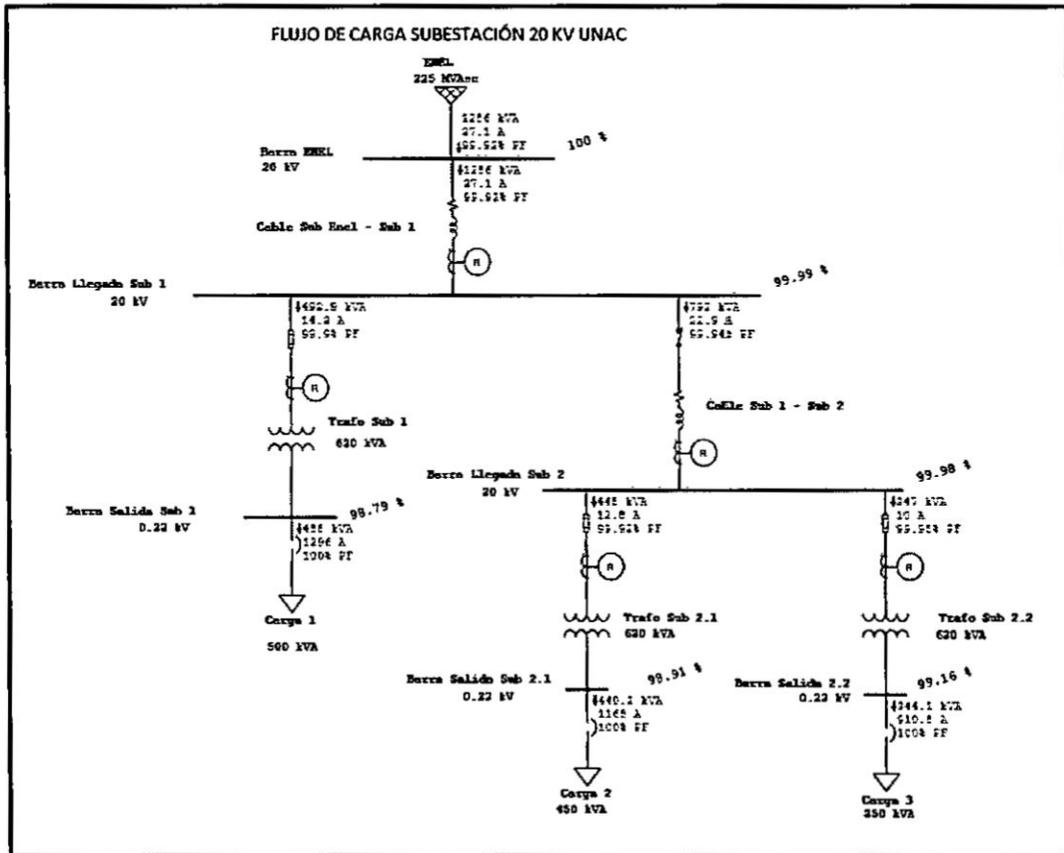


Fuente: Propia.

## FLUJO DE CARGA DE LAS SUBESTACIONES N°1 y N°2 PARA LA TENSIÓN DE 20 KV CON NUEVO EQUIPAMIENTO

Con el nuevo equipamiento simulamos el flujo de carga para ambas subestaciones.

**Figura. 24** Flujo de Carga para las subestaciones N°1 y N°2 en 20 KV con el nuevo equipamiento dado por ETAP 16.0.



Fuente: Propia.

### REPORTE ETAP

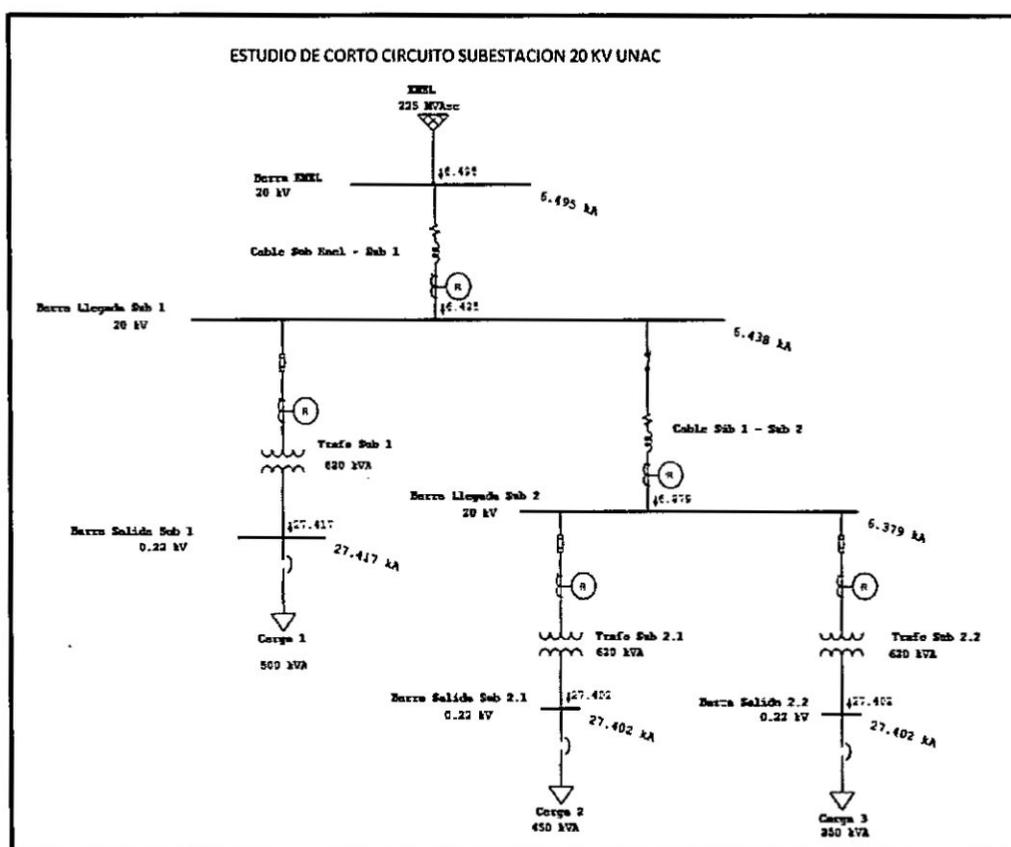
Ver ANEXO D Reporte de flujo de Carga para las subestaciones N°1 y N°2 en 20 KV con nuevo equipamiento.

## ANÁLISIS

En esta nueva configuración, se levantan las observaciones y el sistema está en condiciones óptimas de operación con la correcta selección de las protecciones.

## ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO PARA LAS SUBESTACIONES N°1 y N°2 DE 20 KV NUEVO EQUIPAMIENTO

Figura. 25 Estudio de Corto Circuito para el sistema de 20 KV dado por para las subestaciones N°1 y N°2 con el nuevo equipamiento dado por ETAP 16.0.



Fuente: Propia.

## REPORTE ETAP

Ver Anexo E Reporte de estudio de cortocircuito para las subestaciones N°1 y N°2 en 20 KV con nuevo equipamiento.

## ANÁLISIS

El estudio de cortocircuito nos sirve para verificar las protecciones a colocar en nuestro sistema, saber bajo qué condiciones van a actuar (tiempos, y corrientes de cortocircuito), garantizando así su confiabilidad en operación.

## ESCENARIO 2 – DATOS TENSIÓN 10 KV PARA LAS SUBESTACIONES PARA LAS SUBESTACIONES N°1 y N°2

Vservicio en media tensión	=	10 KV
Ptransformador 1	=	630 KVA
Ptransformador 2.1	=	630 KVA
Ptransformador 2.2	=	630 KVA
Pcc para 10 KV	=	90 MVA
Pcc para 20 KV	=	225 MVA
Vservicio en baja tensión	=	220 V
Cables	=	3-1x50mm <sup>2</sup> N2XSY
Carga 1	=	500 KW
Carga 2	=	450 KW
Carga 3	=	350 KW

Donde:

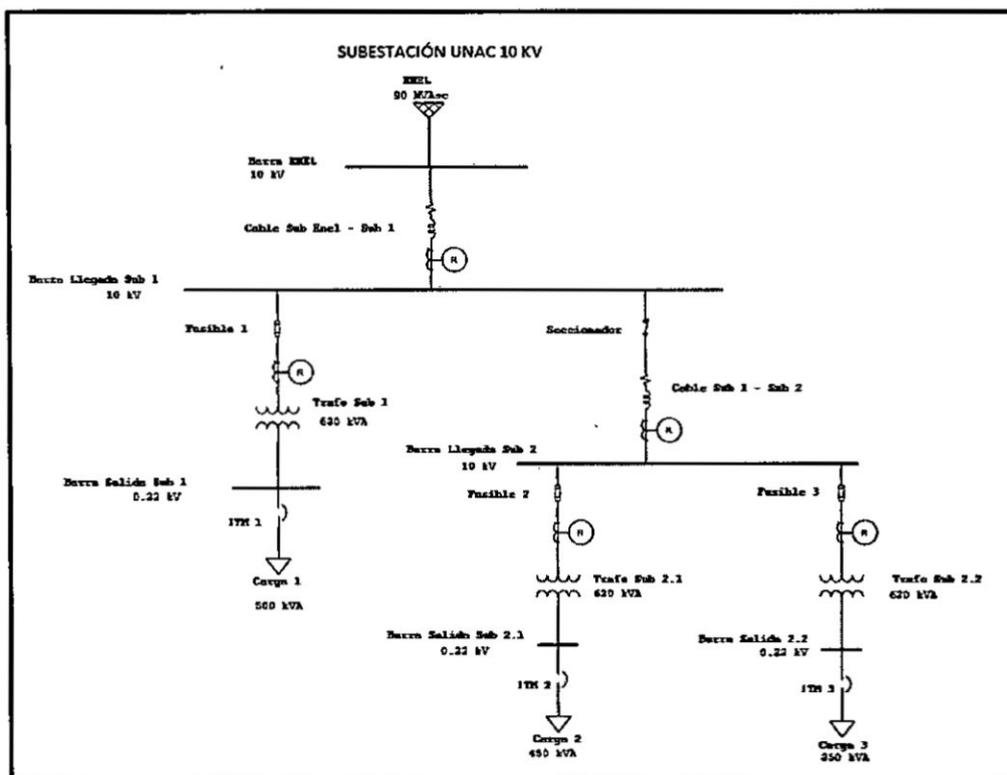
Vservicio en media tensión	=	Tensión de servicio en barras de media tensión (KV).
Ptransformador 1	=	Potencia en transformador 1 (KVA).
Ptransformador 2.1	=	Potencia en transformador 2.1 (KVA).
Ptransformador 2.2	=	Potencia en transformador 2.2 (KVA).
Pcc para 10 KV	=	Potencia de cortocircuito trifásico para 10 KV (MVA).
Pcc para 20 KV	=	Potencia de cortocircuito trifásico para 20 KV (MVA).
Vservicio en baja tensión	=	Tensión de servicio en barras de baja tensión (V).
Cables	=	Cables de enlace entre subestaciones.

- Carga 1 = Tomado de la máxima demanda actual 500 KW
- Carga 2 = Tomado de la máxima demanda actual 450 KW
- Carga 3 = Tomado de la máxima demanda actual 350 KW

**MODELADO DE LAS SUBESTACIONES N°1 y N°2 EN 10 KV NUEVO EQUIPAMIENTO**

Con el nuevo equipamiento elegido simulamos para la tensión de 10 KV.

**Figura 26.** Modelado para las subestaciones N°1 y N°2 nuevo equipamiento para la tensión de 10 KV dado por ETAP 16.0.

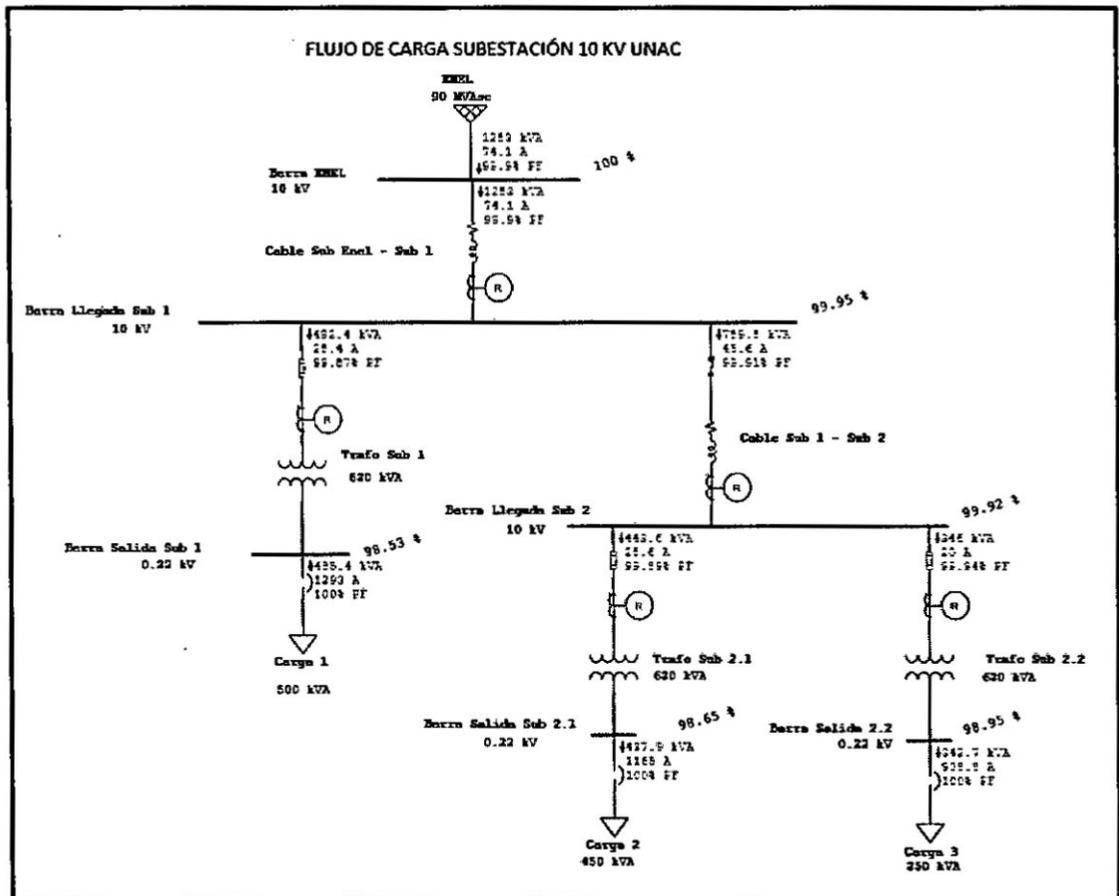


Fuente: Propia.

## FLUJO DE CARGA DE LAS SUBESTACIONES N°1 y N°2 PARA 10 KV NUEVO EQUIPAMIENTO

Con el nuevo equipamiento simulamos el flujo de carga para ambas subestaciones N°1 y N°2 con la tensión de 10 KV.

**Figura. 27** Flujo de Carga en 10 KVA con el nuevo equipamiento para las subestaciones N°1 y N°2 dado por ETAP 16.0.



*Fuente: Propia.*

### REPORTE ETAP

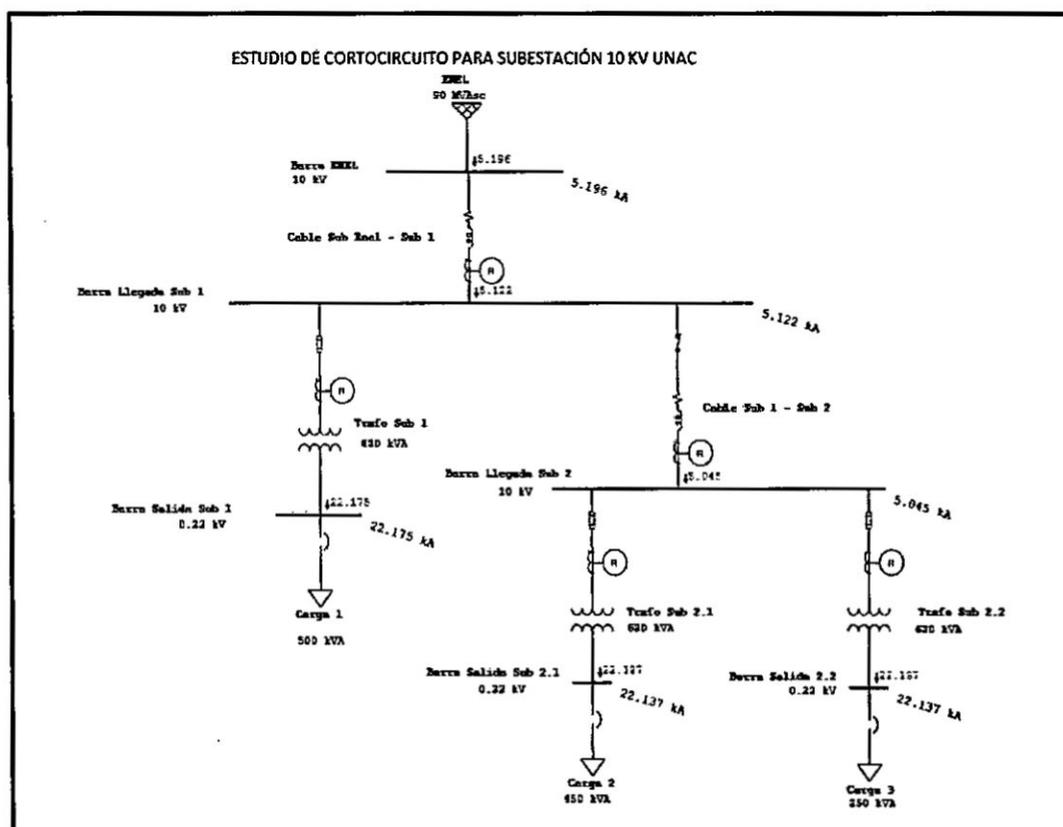
Ver ANEXO F Reporte de Flujo de carga para las subestaciones N°1 y N°2 en 10 KV con nuevo equipamiento

## ANÁLISIS

En esta nueva configuración, se levantan las observaciones y el sistema está en condiciones óptimas de operación sin embargo hay que tomar en cuenta que los fusibles son de distinta selección para una tensión de 10 KV o una de 20 KV. En el caso de 10 KV la corriente será mayor y tendremos que seleccionar fusibles con mayor protección de corriente nominal.

## ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO PARA LAS SUBESTACIONES N°1 y N°2 DE 10 KV NUEVO EQUIPAMIENTO

Figura. 28 Estudio de cortocircuito en 10 KVA con el nuevo equipamiento para las subestaciones N°1 y N°2 dado por ETAP 16.0.



Fuente: Propia.

## **REPORTE ETAP**

Ver **ANEXO G** Reporte de estudio de Cortocircuito para las subestaciones N°1 y N°2 en 10 KV con nuevo equipamiento

## **ANÁLISIS**

El estudio de cortocircuito nos sirve para verificar las protecciones a colocar en nuestro sistema, saber bajo qué condiciones van a actuar (tiempos, y corrientes de cortocircuito), garantizando así su confiabilidad en operación, serán distintas a las de 20 KV por lo tanto se deben considerar nuevos fusibles tanto para 10 KV como para 20 KV.

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1 CONTRASTACION DE HIPOTESIS CON LOS RESULTADOS.**

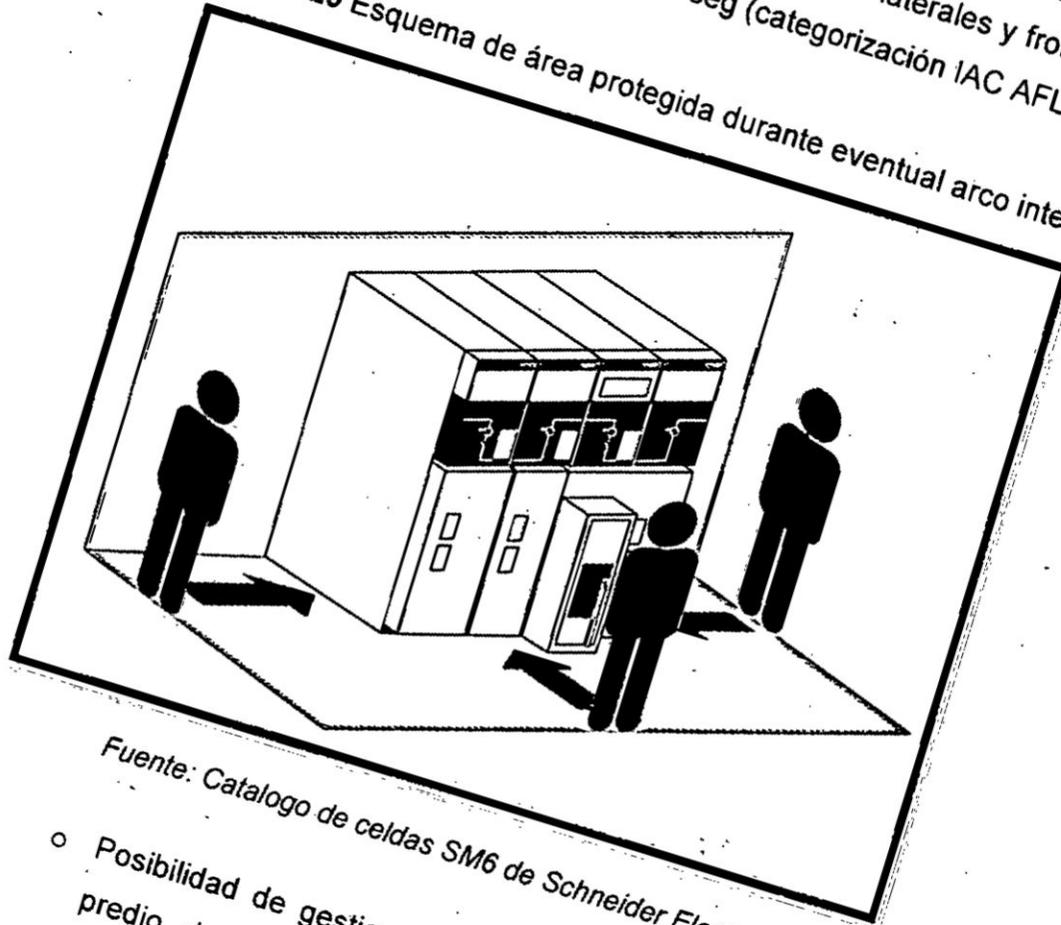
#### **Hipótesis Especifica N°01**

¿En qué medida el cambio de equipos en las subestaciones optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV?

- Las nuevas celdas modulares de media tensión tendrán una disponibilidad de funcionamiento mínima de 30 años a futuro con la posibilidad de soportar el cambio a futuro de tensión a 20 kV (actual 10 kV), la tecnología que poseen permite:
  - o Ser de bajo mantenimiento.
  - o Fácil operación y con enclavamientos mecánicos específicos que impiden maniobras riesgosas al operario.
  - o La configuración permite a la universidad realizar las paradas para mantenimiento necesarias sin necesidad de solicitar permiso a ENEL entregándonos cierta autonomía en este punto.

- Protección al personal de mantenimiento en caso existiera un evento de arco interno por los lados laterales y frontal hasta un máximo de 12.5kA/1seg (categorización IAC AFL).

Figura. 29 Esquema de área protegida durante eventual arco interno.



Fuente: Catalogo de celdas SM6 de Schneider Electric.

- Posibilidad de gestionar la energía consumida en todo el predio de la universidad por subestación gracias a la implementación de medidor en las celdas principales con clase de precisión de 0.2 e identificar irregularidades tales como: problemas de armónicos, pérdidas de energía, entre otros.
- Reemplazar alguna de las funciones modulares a futuro en caso sea necesario.
- Los sistemas de protección son robustos los cuales permiten tener una mayor disponibilidad de energía a diferencia de la actual.

- Reducir el espacio disponible en la subestación debido a sus dimensiones compactas.
- Los transformadores secos tendrán una disponibilidad de funcionamiento mínima de 20 años a futuro con la posibilidad de soportar el cambio a futuro de tensión a 20 kV (actual 10 kV), la tecnología que poseen permite:
  - Supervisar el sobrecalentamiento del bobinado del transformador en caso de sobrecarga, debido al relé que poseen y a los sensores de temperatura que posee.
  - Reducir el espacio disponible en la subestación debido a sus dimensiones compactas.
  - Revisar visualmente el estado del transformador sin riesgo de proximidad del personal debido a su envoltorio con grado de protección IP21.
  - Las pruebas garantizadas por proveedor de contar con mínimo de categoría F1, C2 y E2 (Explicado en Figura N°02, 03 y 04).
  - Bajo mantenimiento debido a la ausencia de aceite.

### **Hipótesis Específica N°02**

¿En qué medida el cambio del cable de enlace optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV?

- Se seleccionó el nuevo cable de enlace de media tensión 3-1x50 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV porque dentro de sus características principales esta la propiedad contra el envejecimiento por el calor, resistencia al impacto y a la abrasión, es resistente a la luz solar, intemperie, humedad, ozono, ácidos y otras sustancias químicas a

temperaturas normales. Entre otras características podemos encontrar las siguientes:

- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).
- Cubierta externa de PVC.
- Temperatura del conductor en operación normal: 90°C
- Temperatura del conductor en operación de sobre carga de emergencia: 130°C
- Temperatura del conductor en operación de corto circuito: 250°C
- Retardante a la llama.

Todas estas características, más su capacidad de corriente, su capacidad de cortocircuito, su poco porcentaje de caída de tensión, sus pocas pérdidas, hacen que el cable de enlace 3-1x50 mm<sup>2</sup> N2XSY (12/20) KV, sea un alimentador óptimo para el sistema de media tensión de 20kV de la UNAC.

- El nuevo cable de enlace (3-1x50 mm<sup>2</sup> N2XSY - 12/20KV), se diseñó para operar a 20kV y soportar toda la carga actual más una proyección a futuro (carga de reserva según se muestra en el cuadro de cargas), garantizando el buen funcionamiento de la distribución del flujo de carga en las subestaciones y la continuidad del servicio.

## **6.2 CONTRASTACION DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.**

Contrastaremos con el proyecto: "COMPAÑÍA PERUANA DE VIDRIO SAC".

- La normativa vigente de la IEC nos permite ahorrarnos mucho tiempo y cálculo al momento de dimensionar las celdas de media tensión modulares de fábrica, de lo contrario tendríamos que calcular:
    - o Dimensiones del área del barraje principal y derivados por esfuerzos eléctricos, térmicos y dinámicos.
    - o Calcular los aisladores de soporte para el barraje.
    - o Distancias de seguridad entre equipos internos de las celdas.
- Aun así, habiendo calculado todos estos parámetros y habiéndolo solicitado a los proveedores en las hojas de datos, estaríamos complicando la selección de los equipos al proveedor debido a que ellos seleccionan en base a lo mínimo comercial aprobado por la IEC.
- La forma, el procedimiento y las fórmulas para el cálculo del cable de enlace de la subestación en el proyecto "COMPAÑÍA PERUANA DE VIDRIO SAC" son las mismas para la presente tesis.

## VII. CONCLUSIONES

- Por lo mencionado anteriormente se escoge la Propuesta N°01 en configuración y se escoge al proveedor Schneider Electric con el modelo de celdas SM6 para las celdas modulares de media tensión como referencia, por cumplir con las especificaciones técnicas y tener un precio relativamente accesible frente a la competencia con soluciones similares.
- Por lo mencionado anteriormente se escoge para los transformadores al proveedor Schneider Electric con el modelo TRIHAL como referencia, por cumplir con las especificaciones técnicas y tener un precio relativamente accesible frente a la competencia.
- Por lo mencionado anteriormente el proveedor seleccionado es INDECO debido a que nos ofrece un conductor eléctrico con óptimas características eléctricas, siendo una empresa nacional, teniendo en stock los materiales necesarios.
- El cable de enlace (3-1x50 mm<sup>2</sup> N2XSY - 12/20KV) fue elegido por su características físicas y eléctricas, y a su vez por cumplir con la capacidad de corriente y capacidad de corto circuito necesarias para el proyecto, por su baja caída de tensión y por su baja resistencia para reducir las pérdidas.
- Como pudimos observar y analizar en los reportes de estudios de flujo de potencia, era necesario el cambio de transformadores, por requerimiento de nueva demanda proyectada, sobrecargando los transformadores de 320KVA y 200KVA, así mismo el transformador de 500 KVA estaba al límite de operación por lo que ponerle una reserva mayor incluía subir en su capacidad a 630 KVA. Es de esta manera que se optimiza y esta el sistema preparado para el cambio de tensión de 20 KV y la nueva carga a ingresar.

- De acuerdo a todo lo mencionado anteriormente y a los equipos y cables de enlace seleccionados, llegamos a la conclusión que para la optimización del sistema en media tensión de la UNAC considerando el cambio de 10 a 20 KV, debemos contar con el suministro de los siguientes equipamientos, según se muestra en la siguiente tabla con sus respectivos precios unitarios.

**Tabla 30.**

*Tabla de precios de suministro de equipamiento y cable de enlace seleccionado.*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU. (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
<b>1.00</b>	<b>CELDAS DE MT DE SUBESTACIÓN N°01 - PROPUESTA N°01</b>				
1.01	Celda de Remonte - MODELO SM6	UND.	2	\$ 1,800.00	\$ 3,600.00
1.02	Celda de protección con Relé y Medidor - MODELO SM6	UND.	1	\$ 21,600.00	\$ 21,600.00
1.03	Celda de protección con Seccionador Fusible - MODELO SM6	UND.	1	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00
1.04	Celda de protección con Relé - MODELO SM6	UND.	1	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00
1.05	Tapas laterales para cierre de celdas - MODELO SM6	UND.	2	\$ 2,000.00	\$ 4,000.00
<b>2.00</b>	<b>CELDAS DE MT DE SUBESTACIÓN N°01 - PROPUESTA N°01</b>				
2.01	Celda de protección con Relé y Medidor - MODELO SM6	UND.	1	\$ 21,600.00	\$ 21,600.00
2.02	Celda de protección con Seccionador Fusible - MODELO SM6	UND.	2	\$ 7,500.00	\$ 15,000.00
2.03	Tapas laterales para cierre de celdas - MODELO SM6	UND.	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
<b>3.00</b>	<b>TRANSFORMADOR DE MT/BT DE SUBESTACIÓN N°01</b>				
3.01	Transformador Seco 630KVA 20-10/0.23KV Dyn5, IP31, 2x+-2.5%, Ucc=6%, arrollamiento en aluminio. - MODELO TRIHAL	UND.	1	\$ 22,674.00	\$ 22,674.00

4.00	<b>TRANSFORMADOR DE MT/BT DE SUBESTACIÓN N°02</b>				
4.01	Transformador Seco 630KVA 20-10/0.23KV Dyn5, IP31, 2x+2.5%, Ucc=6%, arrollamiento en aluminio. - MODELO TRIHAL	UND.	2	\$ 22,674.00	\$ 45,348.00
5.00	<b>CABLE DE ENLACE</b>				
5.01	Cable de enlace de Subestación Enel hasta Subestación N° 1 UNAC (3-1x50 mm2 N2XSY - 12/20KV)	ML.	165	\$ 12.27	\$ 2,024.55
5.02	Cable de enlace de Subestación N° 1UNAC hasta Subestación N° 2 UNAC (3-1x50 mm2 N2XSY - 12/20KV)	ML.	85	\$ 12.27	\$ 1,042.95
<b>TOTAL (USD)</b>					<b>\$ 150,189.50</b>

## VIII. RECOMENDACIONES

- Para las celdas de media tensión se sugiere un mantenimiento de:

**Tabla 31.**

*Tabla de frecuencia de mantenimiento acorde a fabricante (Schneider Electric).*

Mantenimiento	Frecuencia de mantenimiento (1)	¿Quien?		
		fabricante	Partner certificado	usuario final
Exclusivo	4 años	X		
Avanzado	2 años	X	X	
Ligero	1 años	X	X	X

(1) Recomendado bajo condiciones de operación normal.

- Con fines de ajustar más la propuesta económica se recomienda que el proveedor de las celdas de media tensión y los transformadores sean de la misma marca.
- Se recomienda antes de instalar el cable, se debe verificar físicamente el estado del cable y tener cuidado durante el jalado del mismo, evitar roces en los bordes que pueden deteriorar el cable,

ya sea haciendo uso de guiado por mano de hombre o a través de poleas evitando curvas o bordes agudos. Nunca tirar directamente alrededor de curvas cortas en ángulo recto. Después de haber concluido con el jalado del cable, se debe sellar con cinta los extremos expuestos para evitar ingreso de humedad al cable.

- Se recomienda mantenimiento preventivo para el cable de enlace, debido a que las instalaciones eléctricas están sometidas a cargas cíclicas, lo que ocasiona que el cable este también sometido a ciclos térmicos que conjuntamente con posibles errores de instalación o manipuleo (radios de doblado menores a los permitidos, cargas superiores a las máximas, etc.) provocan una degradación progresiva del material aislante, por lo que se recomienda efectuar mediciones periódicas para verificar la integridad del aislamiento y prever su posible deterioro en el tiempo. Para esto se consideran algunos parámetros básicos de control tales como la medida de resistencia de aislamiento y la continuidad de la pantalla metálica.
- Se recomienda el uso de ETAP en análisis de subestaciones de media tensión por ser amigable al usuario en cuanto a la facilidad de usar y entender los diversos escenarios de flujo de potencia, cortocircuito, arco eléctrico, estudio de coordinación de protecciones entre otros, nos ofrece un reporte detallado del sistema. ETAP permite a las empresas minimizar los costos y disminuir las interrupciones del proceso asociadas con la demanda y consumo de energía optimizando la infraestructura de su sistema eléctrico ofreciéndonos confiabilidad, seguridad y eficiencia energética.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] CENTRO DE FORMACIÓN SCHNEIDER; “Centros de Transformación MT/BT”, 2000.
- [2] ENRRIQUEZ HARPER, Gilberto, “Diseño de Sistemas Eléctricos”. Primera edición, México: Limusa, 2004.
- [3] ENRRIQUEZ HARPER, Gilberto, “Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas”. Segunda edición, México: Limusa, 2002.
- [4] ENRRIQUEZ HARPER, Gilberto, “Manual Técnico en Subestaciones Eléctricas Industriales y Comerciales”. Primera edición, México: Limusa, 2008.
- [5] MANUAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA. TOMOS I Y II. México D.F. Editorial McGraw Hill – 2012.
- [6] MARTIN, José R., “Diseño de subestaciones eléctricas”, Mc Graw Hill, Primera edición, México, 1990.
- [7] SAMPIERI Roberto Hernández – Carlos FERNÁNDEZ COLLADO – PILAR BAPTISTA Lucio; “Metodología de la investigación”, sexta edición – 2016.
- [8] LEY DE CONCESIONES ELECTRICAS Y SU REGLAMENTO D.S. N° 009-93-EM. “Ley N° 25844”.
- [9] DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD DEL PERU., “Código Nacional de Electricidad – Suministro”, 2011.
- [10] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Seccionadores y cuchillas de puesta a tierra para Alta Tensión en corriente alterna. IEC 62271-102 Std. 2018.
- [11] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Combinaciones seccionador fusible equipos HV en corriente alterna. IEC 62271-105 Std 2012.

- [12] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Interruptores HV en corriente alterna. IEC 62271-100 Std 2006.
- [13] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Fusible de Media Tensión. IEC 60282-1 Std 2009.
- [14] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Antigua IEC 60185 transformadores de corriente. IEC 61869-2 Std 2012.
- [15] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Antigua IEC 60186 Transformadores de voltaje. IEC 61869-5 Std 2011.
- [16] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Grados de protección provista por las envolventes (Código IP). IEC 60529 Std 2013.
- [17] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Relés de protección eléctricos. IEC 60255 Std 2009.
- [18] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Transformador de potencia – Transformadores tipo seco. IEC 60076-11 Std 2004.
- [19] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Transformador de potencia – General. IEC 60076-1 Std 2000.
- [20] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Transformador de potencia – Aumento de temperatura para transformadores sumergidos en líquido. IEC 60076-2 Std 2011.
- [21] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Transformador de potencia – Niveles de aislamiento, pruebas dieléctricas y holguras externas en aire. IEC 60076-3 Std 2013.
- [22] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Transformador de potencia – Transformadores de potencia y reactores. IEC 60076-4 Std 2006.

- [23] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Transformador de potencia – Capacidad de resistir cortocircuitos. IEC 60076-5 Std 2006.
- [24] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Transformadores para aplicaciones de aerogeneradores. IEC 60076-16 Std 2011.
- [25] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Celdas compartimentadas AC, con equipo para voltajes nominales de 1 - 52 KV. IEC 62271-200 Std. 2011.
- [26] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. INTERRUPTORES. Antigua IEC 60265-1 seccionador bajo carga de alta tensión. IEC 62271-103 Std 2011.

## **ANEXOS:**

- A- Reporte de flujo de carga para subestaciones N°1 y N°2 actuales UNAC en 10 KV.
- B- Comparativas de características técnicas y económicas de las celdas de media tensión por función y proveedor.
- C- Comparativas de características técnicas y económicas de los transformadores de MT/BT por proveedor.
- D- Reporte de Flujo de Carga para las subestaciones N°1 y N°2 en 20 KV con nuevo equipamiento.
- E- Reporte de estudio de Cortocircuito para las subestaciones N°1 y N°2 en 20 KV con nuevo equipamiento.
- F- Reporte de Flujo de carga para las subestaciones N°1 y N°2 en 10 KV con nuevo equipamiento.
- G- Reporte de estudio de Cortocircuito para las subestaciones N°1 y N°2 en 10 KV con nuevo equipamiento
- H- Catálogo de cables Indeco.
- I- Catálogo de cables Ceper Cables.
- J- Catálogo de cables General Cables.
- K- Matriz de consistencia.
- L- Planos.
- M- Comparativa de transformador seco vs transformador en aceite.

# ANEXO A

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	1
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-26-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionActualUnac	Caso de Estudio:	LF Sub Unac
		Config.:	Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Programa Analizador de Transitorios Eléctricos**

**Análisis Flujo de Carga**

Categoría de Carga (1): Design  
 Categoría de Generación (1): Design  
 Factor de Diversidad de Carga: Ninguno

	<u>Barra Infinita</u>	<u>V-Control</u>	<u>Carga</u>	<u>Total</u>
Número de Barras:	1	0	5	6

	<u>XFMR2</u>	<u>XFMR3</u>	<u>Reactor</u>	<u>Línea/Cable</u>	<u>Z</u>	<u>DP-Enlace</u>	<u>Total</u>
Número de Ramales:	3	0	0	2	0	0	5

Método de Solución:	Método Newton-Raphson Adaptativo
No. de Iteración Máximo:	99
Precisión de Solución:	0.0001000
Frecuencia del Sistema:	60.00 Hz
Sistema de Unidades:	English
Nombre de Fichero de Proyecto:	SubestacionActualUnac
Nombre Fichero de Salida:	C:\ETAP 1600\SubestacionActualUnac\LF SUB UNAC ACTUAL.lfr

Proyecto:	ETAP	Página:	2
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-26-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionActualUnac	Config.:	Normal
	Caso de Estudio: LF Sub Unac		

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Ajustes**

<u>Tolerancia</u>	<u>Aplicar Ajustes</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Porcentaje</u>
Z Transformador:	Si	Individual	
Z de Reactor:	Si	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

<u>Corrección de Temperatura</u>	<u>Aplicar Ajustes</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Grados C</u>
Resistencia de Línea de Transmisión:	Si	Individual	
Resistencia de Cable:	Si	Individual	

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionActualUnac

**ETAP**  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: LF Sub Unac

Página: 3  
 Fecha: 08-26-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Datos de Entrada de Barra**

Barra			Tensión Inicial		Carga							
					kVA Constante		Z Constante		I Constante		Genérico	
ID	kV	Sub-sist	% Mag.	Áng.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
Barra Enel	10.000	1	100.0	0.0								
Barra Llegada Sub 1	10.000	1	100.0	0.0								
Barra Llegada Sub 2	10.000	1	100.0	0.0								
Barra Salida Sub 1	0.220	1	100.0	0.0			0.490	0.000				
Barra Salida Sub 2.1	0.220	1	100.0	0.0			0.300	0.000				
Barra Salida Sub 2.2	0.220	1	100.0	0.0			0.155	0.000				
Número total de Barras: 6					0.000	0.000	0.945	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Barra de Generación				Tensión		Generación			Límites Mvar	
ID	kV	Tipo	Sub-sist	% Mag.	Ángulo	MW	Mvar	% FP	Máx	Min
Barra Enel	10.000	Barra Infinita	1	100.0	0.0					
							0.000	0.000		

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	4
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-26-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionActualUnac	Caso de Estudio:	LF Sub Unac
		Config.:	Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Datos de Entrada Línea/Cable**

ohmios o siemens/1000 pies por Conductor (Cable) o por Fase (Línea)

Línea/Cable	ID	Librería	Tamaño	Longitud		#Fase	T (°C)	R	X	Y
				Adj. (pies)	% Tol.					
Cable Sub 1 - Sub 2		10NCUS3	35	492.1	0.0	1	75	0.194195	0.040843	
Cable Sub Enel - Sub 1		10NCUS3	35	262.5	0.0	1	75	0.194195	0.040843	

Las resistencias de línea/cable se muestran a las temperaturas especificadas.

Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: SubestacionActualUnac

**ETAP**  
16.0.0C  
Caso de Estudio: LF Sub Unac

Página: 5  
Fecha: 08-26-2018  
SN: 4359168  
Revisión: Base  
Config.: Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Datos de Entrada de Transformador de 2 Devanados**

Transformador		Clase					Z variación			% Ajuste Toma		Ajustado	Desfase	
ID	Fase	MVA	kV Prim.	kV Sec.	% Z1	X1/R1	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Tipo	Ángulo
Trafo Sub-1	Trifásico	0.500	10.000	0.220	5.20	5.10	0	0	0	0	0	5.2000	Dyn	0.000
Trafo Sub 2.1	Trifásico	0.320	10.000	0.220	5.20	5.10	0	0	0	0	0	5.2000	Dyn	0.000
Trafo Sub 2.2	Trifásico	0.200	10.000	0.220	5.20	5.10	0	0	0	0	0	5.2000	Dyn	0.000

Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: SubestacionActualUnac

ETAP  
16.0.0C  
Caso de Estudio: LF Sub Unac

Página: 6  
Fecha: 08-26-2018  
SN: 4359168  
Revisión: Base  
Config.: Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Conexiones de Ramal**

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Z Sec. Pos., Base 100 MVA			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
Trafo Sub 1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 1	Barra Salida Sub 1	200.11	1020.57	1040.00	
Trafo Sub 2.1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida Sub 2.1	312.67	1594.64	1625.00	
Trafo Sub 2.2	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida Sub 2.2	500.28	2551.42	2600.00	
Cable Sub 1 - Sub 2	Cable	Barra Llegada Sub 1	Barra Llegada Sub 2	9.56	2.01	9.77	
Cable Sub Enel - Sub 1	Cable	Barra Enel	Barra Llegada Sub 1	5.10	1.07	5.21	

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	7
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-26-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionActualUnac	Caso de Estudio:	LF Sub Unac
		Config.:	Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Informe de Flujo de Carga**

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga				XFMR	
ID	kV	%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%FP	%Toma
* Barra Enel	10.000	100.000	0.0	0.934	0.044	0	0	Barra Llegada Sub 1	0.934	0.044	54.0	99.9	
Barra Llegada Sub 1	10.000	99.952	0.0	0	0	0	0	Barra Llegada Sub 2	0.449	0.020	26.0	99.9	
								Barra Enel	-0.933	-0.044	54.0	99.9	
								Barra Salida Sub 1	0.484	0.024	28.0	99.9	
Barra Llegada Sub 2	10.000	99.909	0.0	0	0	0	0	Barra Llegada Sub 1	-0.449	-0.020	26.0	99.9	
								Barra Salida Sub 2.1	0.296	0.014	17.1	99.9	
								Barra Salida Sub 2.2	0.153	0.006	8.9	99.9	
Barra Salida Sub 1	0.220	98.860	-2.8	0	0	0.479	0.000	Barra Llegada Sub 1	-0.479	0.000	1271.3	100.0	
Barra Salida Sub 2.1	0.220	98.869	-2.7	0	0	0.293	0.000	Barra Llegada Sub 2	-0.293	0.000	778.4	100.0	
Barra Salida Sub 2.2	0.220	99.064	-2.3	0	0	0.152	0.000	Barra Llegada Sub 2	-0.152	0.000	403.0	100.0	

\* Indica barra con regulación de tensión ( con máquina tipo swang o controlada por tensión conectada

# Indica una barra con un error de convergencia de carga mayor a 0.1 MVA

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	8
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-26-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionActualUnac	Caso de Estudio:	LF Sub Unac
		Config.:	Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Informe Resumen de Carga en Barras**

Barra			Carga Conectada Directamente								Carga Total en Barra			
			kVA Constante		Z Constante		I Constante		Genérico		MVA	% FP	Amp	Porcentaje Carga
ID	KV	Amp Nominal	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Barra Enel	10.000										0.935	99.9	54.0	
Barra Llegada Sub 1	10.000										0.934	99.9	54.0	
Barra Llegada Sub 2	10.000										0.450	99.9	26.0	
Barra Salida Sub 1	0.220										0.479	100.0	1271.3	
Barra Salida Sub 2.1	0.220										0.293	100.0	778.4	
Barra Salida Sub 2.2	0.220										0.152	100.0	403.0	

\* Indica que la carga en operación conectada a la barra excede el límite crítico de la barra ( 100.0 en % de la corriente nominal).

# Indica que la carga en operación conectada a la barra excede el límite marginal de la barra ( 95.0 en % de la corriente nominal).

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionActualUnac

ETAP  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: LF Sub Unac

Página: 9  
 Fecha: 08-26-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Informe Resumen de Carga en Ramales**

Circuito / Rama		Cable y Reactor			Transformador				
ID	Tipo	Ampacidad (Amp)	Carga		Capacidad (MVA)	Carga (entrada)		Carga (salida)	
			Amp	%		MVA	%	MVA	%
Cable Sub 1 - Sub 2	Cable	131.03	25.99	19.84					
Cable Sub Enel - Sub 1	Cable	131.02	53.96	41.18					
Trafo Sub 1	Transformer				0.500	0.484	96.8	0.479	95.8
Trafo Sub 2.1	Transformer				0.320	0.296	92.6	0.293	91.6
Trafo Sub 2.2	Transformer				0.200	0.153	76.7	0.152	76.1

\* Indica ramal cuya carga excede su capacidad de carga

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionActualUnac

ETAP  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: LF Sub Unac

Página: 10  
 Fecha: 08-26-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Informe Resumen de Pérdidas en Ramales**

ID Ramal	Flujo Origen-Destino		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		% Tensión Barra		Vd % Caída en Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	Origen	Destino	
Cable Sub Enel - Sub 1	0.934	0.044	-0.933	-0.044	0.4	0.1	100.0	100.0	0.05
Cable Sub 1 - Sub 2	0.449	0.020	-0.449	-0.020	0.2	0.0	100.0	99.9	0.04
Trafo Sub 1	0.484	0.024	-0.479	0.000	4.7	23.9	100.0	98.9	1.09
Trafo Sub 2.1	0.296	0.014	-0.293	0.000	2.8	14.0	99.9	98.9	1.04
Trafo Sub 2.2	0.153	0.006	-0.152	0.000	1.2	6.0	99.9	99.1	0.85
					9.3	44.1			

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionActualUnac

ETAP  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: LF Sub Unac

Página: 11  
 Fecha: 08-26-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Informe Resumido de Alertas**

	% Ajustes de Alerta	
	<u>Crítico</u>	<u>Marginal</u>
<b><u>Carga</u></b>		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
<b><u>Tensión de Barra</u></b>		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
<b><u>Excitación del Generador</u></b>		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

**Informe Marginal**

<u>ID de Dispositivo</u>	<u>Tipo</u>	<u>Condición</u>	<u>Clase/Limite</u>	<u>Unidad</u>	<u>Operativa</u>	<u>% Operativo</u>	<u>Tipo de Fase</u>
Trafo Sub 1	Transformer	Overload	0.500	MVA	0.479	95.8	3-Phase

Proyecto:	ETAP	Página:	12
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-26-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionActualUnac	Config.:	Normal
	Caso de Estudio: LF Sub Unac		

LF SUBESTACION UNAC ACTUAL

**Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda**

	<u>MW</u>	<u>Mvar</u>	<u>MVA</u>	<u>% FP</u>
Fuente (Barras tipo Swing):	0.934	0.044	0.935	99.89 Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	0.000	0.000	0.000	
Demanda Total:	0.934	0.044	0.935	99.89 Lagging
Total Carga Motor:	0.000	0.000	0.000	
Total Carga Estática:	0.924	0.000	0.924	100.00 Lagging
Total Cargas I Constante:	0.000	0.000	0.000	
Total Carga Genérica:	0.000	0.000	0.000	
Pérdidas Aparentes:	0.009	0.044		
Divergencia del Sistema:	0.000	0.000		

Número de Iteraciones: 3

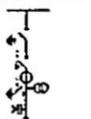
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	
<b>1.00</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE</b>		
1.01	Función		
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	
1.04	Altura de instalación	msnm	
1.05	Frecuencia nominal		
<b>2.00</b>	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Nombre de la gama		
2.02	Modelo (designación de fábrica)		
2.03	Norma de construcción y ensayo		
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271- 200)		
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200) - Capacidad	kA/1seg	
2.08	Instalación		
2.09	Acceso		
2.10	Construcción modular		Si
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	
<b>3.00</b>	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	
3.03	Frecuencia de la red	Hz	
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	
3.05	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	
3.06	Duración del cortocircuito	seg.	
3.07	Grado de protección mecánica		
3.08	Tensiones de prueba - De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.) - A frecuencia industrial (1 min.)	kVp kVef	
3.09	Barras principales - Material		
3.10	Dimensiones del conjunto - Ancho (máximo) - Profundidad (máxima) - Altura (máxima)	mm mm mm	
3.11	Señalización de presencia de tensión		

Fuente: Propia

**Nota:**

Los precios son referenciales y no incluyen IGV.

Tabla de Datos Técnicos - Celda de protección con Relé y Medidor

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICITADO	SCHNEIDER ELECTRIC	EPLI	ABB	PROMELSA	
1.00	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE							
1.01	Función		Celda de protección con Relé y Medidor	Celda de protección con Relé y Medidor	Celda de protección con Relé y Medidor	Celda de protección con Relé y Medidor	Celda de protección con Relé y Medidor	
1.02	Unifilar							
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10 / 20	10 / 20	10 / 20	10 / 20	10 / 20	
1.04	Altura de instalación	msnm	<1000	<1000	<1000	<1000	10 / 20	
1.05	Frecuencia nominal		60 HZ	60 HZ	60 HZ	60 HZ	<1000	
2.00	DATOS GENERALES DEL EQUIPO							
2.01	Nombre de la gama		Por proveedor	SM8	SYSTEM6	SYSTEM6	UnSec	SafePlus
2.02	Modelo (designación de fábrica)		Por proveedor	DM1A	IT1	IT1	SBC	BC
2.03	Norma de construcción y ensayo		IEC 62271-200	IEC 62271-200	IEC 62271-200	IEC 62271-200	IEC 62271-200	IEC 62271-200
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS / GIS	AIS	AIS	AIS	AIS	GIS
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271-200)		LSC2A	LSC2A	LSC2A	LSC2A	LSC2A	LSC2A
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM / PI	PI	PI	PI	PM	PM
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200)		IAC - AFL	IAC - AFL	IAC - AFL	IAC - AFL	IAC - AFL	IAC - AFL
2.08	- Capacidad	kA/1seg	12.5	12.5	16	16	12.5	16
2.08	Instalación		Interior	Interior	Interior	Interior	Interior	Interior
2.09	Acceso		Frontal	Frontal	Frontal	Frontal	Frontal	Frontal
2.10	Construcción modular		Si / Extensible por ambos lados	Si / Extensible por ambos lados	Si / Extensible por ambos lados	Si / Extensible por ambos lados	Si / Extensible por ambos lados	Si / Extensible por ambos lados
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	30	30	30	30	30	30
3.00	DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS							
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	24	24	24	24	24	24
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10 / 20	10 / 20	10 / 20	10 / 20	10 / 20	10 / 20
3.03	Frecuencia de la red	Hz	60	60	60	60	60	60
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	630	630	630	630	630	630
3.05	Corriente nominal de barras de derivación inferior	A	630	630	630	630	630	630
3.06	Corriente de cortocircuito (icc)	kA	20	20	20	20	21	20
3.07	Duración del cortocircuito	seg.	1	1	1	1	1	1
3.08	Grado de protección mecánica		IP 3X	IP 3X	IP 3X	IP 3X	IP 3X	IP 3X
3.09	Tensión auxiliar de motorización	Vcc	24	24	24	24	24	24
3.10	Tensiones de prueba							
	- De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.)	kVp	125	125	125	125	125	125
	- A frecuencia industrial (1 min.)	kVef	50	50	50	50	50	50
3.11	Barres principales							
	- Material		Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
3.12	Sistema de puesta a tierra							
	- Material		Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
3.13	Dimensiones del conjunto							
	- Ancho (máximo)	mm	Por proveedor	750	750	750	696	750
	- Profundidad (máxima)	mm	Por proveedor	1300	1100	1100	800	1050
	- Altura (máxima)	mm	Por proveedor	2200	2000	2000	1336	1850
3.14	Señalización de presencia de tensión		SI	SI	SI	SI	SI	SI

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICI
1.00	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE</b>		Celda de prou Seccionade
1.01	Función		
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10 /
1.04	Altura de instalación	msnm	<10
1.05	Frecuencia nominal		60 l
2.00	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Nombre de la gama		Por pro
2.02	Modelo (designación de fábrica)		Por pro
2.03	Norma de construcción y ensayo		IEC 622
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS /
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271- 200)		LSC
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200)		IAC -
	- Capacidad	kA/1seg	12
2.08	Instalación		Inte
2.09	Acceso		Fro
2.10	Construcción modular		Si / Extensible p lados
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	3
3.00	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERISTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	2
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10 .
3.03	Frecuencia de la red	Hz	6
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	6:
3.05	Corriente nominal de barras de derivación inferior lateral	A	6:
3.06	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	2
3.07	Duración del cortocircuito	seg.	.
3.08	Grado de protección mecánica		IP
3.09	Tensiones de prueba		
	- De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.)	kVp	1:
	- A frecuencia industrial (1 min.)	kVef	E
3.10	Barras principales		
	- Material		C
3.11	Sistema de puesta a tierra		
	- Material		C
3.12	Dimensiones del conjunto		
	- Ancho (máximo)	mm	Por pro
	- Profundidad (máxima)	mm	Por pro
	- Altura (máxima)	mm	Por pro
3.13	Señalización de presencia de tensión		:
4.00	<b>SECCIONADOR BAJO CARGA</b>		
4.01	Medio de extinción		S
4.02	Tipo de uso		Inte
4.03	Tipo de operación		Triq
4.04	Tensión nominal	kV	2
4.05	Corriente nominal	A	6
4.06	Frecuencia nominal	Hz	6
4.07	Corriente de corta duración admisible (Icc)	kA/1seg	2
4.08	Tensión a frecuencia industrial (60 Hz - 1 min.)	kV	6
4.09	Tensión resistida al impulso	kV	1
4.10	Bobina de apertura	Vcc	:
4.11	Contactos auxiliares		2NA
4.12	Capacidad de fusibles	A	Segúr
4.13	Endurancia		
	- Mínimo número de operaciones mecánicas		Minim
5.00	<b>TRANSFORMADOR HOMOPOLAR</b>		
5.01	Diámetro	mm	120
7.00	<b>RELE MULTIFUNCIÓN</b>		
7.01	Sistema de alimentación	Vcc	Por pr
7.02	Funciones de protección		:
	- 49		ANSI / II
	- Restricción del 2º armónico		
	- Falla sensitiva direccional a tierra (SEF)		

Fuente: Propia

Precio: 7,250.00

**Nota:**

Los precios son referenciales y no incluyen IGV.

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLIC
1.00	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE</b>		
1.01	Función		Celda de Seniento
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10
1.04	Altura de instalación	msnm	<10
1.05	Frecuencia nominal		60
2.00	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Nombre de la gama		Por pr
2.02	Modelo (designación de fábrica)		Por pr
2.03	Norma de construcción y ensayo		IEC 62)
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271- 200)		LSI
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200)		IAC
	- Capacidad	kA/1seg	1;
2.08	Instalación		Int
2.09	Acceso		Fr
2.10	Construcción modular		Si / Extensio
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	mbos
3.00	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10
3.03	Frecuencia de la red	Hz	
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	6
3.05	Corriente nominal de barras de derivación inferior lateral	A	6
3.06	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	
3.07	Duración del cortocircuito	seg.	
3.08	Grado de protección mecánica		IP
3.09	Tensiones de prueba		
	- De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.)	kVp	1
	- A frecuencia industrial (1 min.)	kVef	
3.10	Barras principales		
	- Material		
3.11	Sistema. de puesta a tierra		
	- Material		
3.12	Dimensiones del conjunto		
	- Ancho (máximo)	mm	Por pr
	- Profundidad (máxima)	mm	Por pr
	- Altura (máxima)	mm	Por pr
3.13	Señalización de presencia de tensión		
4.00	<b>SECCIONADOR BAJO CARGA</b>		
4.01	Medio de extinción		
4.02	Tipo de uso		Int
4.03	Tipo de operación		Tri
4.04	Tensión nominal	kV	
4.05	Corriente nominal	A	
4.06	Frecuencia nominal	Hz	
4.07	Corriente de corta duración admisible (Icc)	kA/1seg	
4.08	Tensión a frecuencia industrial (60 Hz - 1 min.)	kV	
4.09	Tensión resistida al impulso	kV	
4.10	Endurancia		
	- Mínimo número de operaciones mecánicas		Mínim

Fuente: Propia

Precio: 200.00

**Nota:**

Los precios son referenciales y no incluyen IGV.

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICITADO
1.00	<b>CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SE</b>		
1.01	Función		Celda de protección con Relé
1.02	Unifilar		
1.03	Tensión Nominal de operación	kV	10 / 20
1.04	Altura de instalación	m snm	<1000
1.05	Frecuencia nominal		60 HZ
2.00	<b>DATOS GENERALES DEL EQUIPO</b>		
2.01	Nombre de la gama		Por proveedor
2.02	Modelo (designación de fábrica)		Por proveedor
2.03	Norma de construcción y ensayo		IEC 62271-200
2.04	Tipo de tecnología de aislamiento		AIS / GIS
2.05	Categoría de Continuidad de Servicio (según IEC 62271-200)		LSC2A
2.06	Clasificación de Partición (según IEC 62271-200)		PM / PI
2.07	Clasificación Arco interno (según IEC 62271-200) - Capacidad	kA/1seg	IAC - AFL 12.5
2.08	Instalación		Interior
2.09	Acceso		Frontal
2.10	Construcción modular		Si / Extensible por ambos lados
2.11	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	30
3.00	<b>DATOS NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS</b>		
3.01	Tensión nominal del equipo	kV	24
3.02	Tensión de servicio del equipo	kV	10 / 20
3.03	Frecuencia de la red	Hz	60
3.04	Corriente nominal de barras principales	A	630
3.05	Corriente nominal de barras de derivación interior lateral	A	630
3.06	Corriente de cortocircuito (Icc)	kA	20
3.07	Duración del cortocircuito	seg.	1
3.08	Grado de protección mecánica		IP 3X
3.09	Tensión auxiliar de motorización	Vcc	24
3.10	Tensiones de prueba - De impulso BIL (onda 1,2/50 mseg.) - A frecuencia industrial (1 min.)	kVp kVef	125 50
3.11	Barras principales - Material		Cu
3.12	Sistema de puesta a tierra - Material		Cu
3.13	Dimensiones del conjunto - Ancho (máximo) - Profundidad (máxima) - Altura (máxima)	mm mm mm	Por proveedor Por proveedor Por proveedor
3.14	Señalización de presencia de tensión		Si
4.00	<b>INTERRUPTOR DE POTENCIA</b>		
4.01	Norma a la que responde el aparato ofrecido		IEC 62271-100
4.02	Medio de extinción		SF6 / Vacío
4.03	Tipo de uso		Interior
4.04	Tipo de ejecución		Fijo
4.05	Tipo de operación		Tripolar
4.06	Medio de acumulación de la energía de operación		Resorte
4.07	Tensión nominal	kV	24
4.08	Corriente nominal	A	630
4.09	Frecuencia nominal	Hz	60
4.10	Corriente de corta duración admisible (Icc)	kA/1seg	20
4.11	Tensión a frecuencia industrial (60 Hz - 1 min.)	kV	50
4.12	Tensión resistida al impulso	kV	125
4.13	Tensión de alimentación del motor	Vcc	24
4.14	Contador de maniobras		Si
4.15	Endurancia - Mínimo número de operaciones mecánicas		Mínimo 10 000
5.00	<b>SECCIONADOR</b>		
5.01	Tipo de uso		Interior
5.02	Tipo de operación		Tripolar
5.03	Tensión nominal	kV	24
5.04	Corriente nominal	A	630
5.05	Frecuencia nominal	Hz	60
5.06	Endurancia - Mínimo número de operaciones mecánicas		Mínimo 1 000
5.07	Visor de corte plenamente visible		Si / No
6.00	<b>SENSORES DE CORRIENTE</b>		Por proveedor
6.01	Instalación		Interior
6.02	Frecuencia de la red	Hz	60
6.03	Núcleo de protección Clase de exactitud		5P
7.00	<b>RELE MULTIFUNCIÓN</b>		Por proveedor
7.01	Sistema de alimentación	Vcc	24
7.02	Funciones de protección: - 50/51 - 50N/51N - 49		ANSI / IEEE / IEC Si Si Si
7.03	Protocolo de comunicación		Especificar

Fuente: Propia

Precios USD (\*)

**Nota:**

Los precios son referenciales y no incluyen IGV.

# ANEXO C

Tabla de Datos Técnicos - Transformador Seco 630 KVA

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	SOLICITADO	SCHNEIDER ELECTRIC	EPLI	PROMELSA
1.00	<b>GENERAL</b>					
1.01	Modelo		Por proveedor	TRIHAL	EPLI	PROMELSA
1.02	Norma de Aplicación		IEC 60076-11	IEC 60076-11	IEC 60076-11	IEC 60076 NTP 370.002
1.03	Condiciones de servicio		-	-	-	-
1.04	Color de cubierta metálica preferiblemente		Por proveedor	RAL 9002	RAL 7035	RAL 7032
1.05	Vida útil de funcionamiento esperada	Años	20	20	No especificado	No especificado
2.00	<b>TRANSFORMADOR TIPO Y CONEXIONES</b>					
2.01	Tipo		Seco, Autoextinguible	Seco, Autoextinguible	Seco, Autoextinguible	Seco, Autoextinguible
2.02	Refrigeración		AN (Aire Natural)	AN (Aire Natural)	AN (Aire Natural)	AN (Aire Natural)
2.03	Perdidas					
	En vacío	W	Por proveedor	1800	1800	1815
	Con carga 120° C	W	Por proveedor	6800	6800	6609
2.04	Temperatura de clasificación de aislamiento	°C	155	155	155	155
	Temperatura de Bobina (rise)	°C	100	100	100	100
	Máxima temperatura de ambiente	°C	40	40	40	40
	Temperatura Hot Spot	°C	30	30	30	30
2.05	Potencia Nominal	kVA	630	630	630	630
2.06	Altura sobre el nivel del mar	m	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000
2.07	Ucc	%	6	6	6	6
2.08	Material del arrollamiento		Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio
2.09	Grupo de Conexión		Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5
2.1	<b>ARROLLAMIENTO MEDIA TENSION</b>					
	Tensión	KV	20 - 10	20 - 10	20 - 10	20 - 10
	Frecuencia	Hz	60	60	60	60
	Conexión del arrollamiento Media Tensión		Delta	Delta	Delta	Delta
	Nivel de aislamiento	KV	24	24	24	24
2.11	<b>ARROLLAMIENTO EN BAJA TENSION</b>					
	Tensión en vacío	V	230	230	230	230
	Frecuencia	Hz	60	60	60	60
	Conexión de Bobina		Estrella	Estrella	Estrella	Estrella

# ANEXO D

Proyecto:	ETAP	Página:	1
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: Nueva Subes	Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

**Programa Analizador de Transitorios Eléctricos**

**Análisis Flujo de Carga**

Categoría de Carga (1): Design  
Categoría de Generación (1): Design  
Factor de Diversidad de Carga: Ninguno

	<u>Barra Infinita</u>	<u>V-Control</u>	<u>Carga</u>	<u>Total</u>
Número de Barras:	1	0	5	6

	<u>XFMR2</u>	<u>XFMR3</u>	<u>Reactor</u>	<u>Línea/Cable</u>	<u>Z</u>	<u>DP-Enlace</u>	<u>Total</u>
Número de Ramales:	3	0	0	2	0	0	5

Método de Solución:	Método Newton-Raphson Adaptativo
No. de Iteración Máximo:	99
Precisión de Solución:	0.0001000
Frecuencia del Sistema:	60.00 Hz
Sistema de Unidades:	English
Nombre de Fichero de Proyecto:	SubestacionUnac
Nombre Fichero de Salida:	C:\ETAP 1600\SubestacionUnac\Nueva Subestacion.Ifr

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	2
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	Nueva Subes
		Config.:	Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

**Ajustes**

<u>Tolerancia</u>	<u>Aplicar Ajustes</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Porcentaje</u>
Z Transformador:	Si	Individual	
Z de Reactor:	Si	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

<u>Corrección de Temperatura</u>	<u>Aplicar Ajustes</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Grados C</u>
Resistencia de Línea de Transmisión:	Si	Individual	
Resistencia de Cable:	Si	Individual	

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionUnac

ETAP  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: Nueva Subes

Página: 3  
 Fecha: 08-25-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

**Datos de Entrada de Barra**

Barra			Tensión Inicial		Carga							
					kVA Constante		Z Constante		I Constante		Genérico	
ID	kV	Sub-sist	% Mag.	Áng.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
Barra ENEL	20.000	1	100.0	0.0								
Barra Llegada Sub 1	20.000	1	100.0	0.0								
Barra Llegada Sub 2	20.000	1	100.0	0.0								
Barra Salida 2 2	0.220	1	99.0	-2.1			0.350	0.000				
Barra Salida Sub 1	0.220	1	98.6	-2.9			0.500	0.000				
Barra Salida Sub 2 1	0.220	1	98.7	-2.6			0.450	0.000				
Número total de Barras: 6					0.000	0.000	1.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Barra de Generación				Tensión		Generación			Límites Mvar	
ID	kV	Tipo	Sub-sist	% Mag.	Ángulo	MW	Mvar	% FP	Máx	Min
Barra ENEL	20.000	Barra Infinita	1	100.0	0.0					
						0.000	0.000			

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	4
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal
	Caso de Estudio: Nueva Subes		

Nueva Subestación UNAC 20-KV

**Datos de Entrada Línea/Cable**

ohmios o siemens/1000 pies por Conductor (Cable) o por Fase (Línea)

Línea/Cable	ID	Librería	Tamaño	Longitud		#Fase	T (°C)	R	X	Y
				Adj. (pies)	% Tol.					
Cable Sub 1 - Sub 2		20NCUS3	50	262.5	0.0	1	75	0.143611	0.044806	
Cable Sub Enel - Sub 1		20NCUS3	50	262.5	0.0	1	75	0.143611	0.044806	

Las resistencias de línea/cable se muestran a las temperaturas especificadas.

Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: SubestacionUnac

ETAP  
16.0.0C  
Caso de Estudio: Nueva Subes

Página: 5  
Fecha: 08-25-2018  
SN: 4359168  
Revisión: Base  
Config.: Normal

Nueva Subestación UNAC 20-KV

**Datos de Entrada de Transformador de 2 Devanados**

Transformador		Clase					Z variación			% Ajuste Toma		Ajustado	Desfase	
ID	Fase	MVA	kV Prim.	kV Sec.	% Z1	X1/R1	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Tipo	Ángulo
Trafo Sub 1	Trifásico	0.630	20.000	0.220	6.75	3.96	0	0	0	0	0	6.7500	Dyn	0.000
Trafo Sub 2.1	Trifásico	0.630	20.000	0.220	6.75	3.96	0	0	0	0	0	6.7500	Dyn	0.000
Trafo Sub 2.2	Trifásico	0.630	20.000	0.220	6.75	3.96	0	0	0	0	0	6.7500	Dyn	0.000

Proyecto:	ETAP	Página:	6
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: Nueva Subes	Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

**Conexiones de Ramal**

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Z Sec., Base 100 MVA			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
Trafo Sub 1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 1	Barra Salida Sub 1	262.33	1038.82	1071.43	
Trafo Sub 2.1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida Sub 2.1	262.33	1038.82	1071.43	
Trafo Sub 2.2	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida 2.2	262.33	1038.82	1071.43	
Cable Sub 1 - Sub 2	Cable	Barra Llegada Sub 1	Barra Llegada Sub 2	0.94	0.29	0.99	
Cable Sub Enel - Sub 1	Cable	Barra ENEL	Barra Llegada Sub 1	0.94	0.29	0.99	

Proyecto:	ETAP	Página:	7
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: Nueva Subes	Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

### Informe de Flujo de Carga

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga					XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%FP	%Toma	
Barra ENEL	20.000	100.000	0.0	1.282	0.058	0	0	Barra Llegada Sub 1	1.282	0.058	37.1	99.9		
Barra Llegada Sub 1	20.000	99.988	0.0	0	0	0	0	Barra Llegada Sub 2	0.790	0.033	22.8	99.9		
								Barra ENEL	-1.282	-0.058	37.1	99.9		
								Barra Salida Sub 1	0.492	0.025	14.2	99.9		
Barra Llegada Sub 2	20.000	99.980	0.0	0	0	0	0	Barra Llegada Sub 1	-0.790	-0.033	22.8	99.9		
								Barra Salida Sub 2.1	0.444	0.020	12.8	99.9		
								Barra Salida 2.2	0.346	0.012	10.0	99.9		
Barra Salida 2.2	0.220	99.006	-2.1	0	0	0.343	0.000	Barra Llegada Sub 2	-0.343	0.000	909.4	100.0		
Barra Salida Sub 1	0.220	98.564	-2.9	0	0	0.486	0.000	Barra Llegada Sub 1	-0.486	0.000	1293.3	100.0		
Barra Salida Sub 2.1	0.220	98.708	-2.6	0	0	0.438	0.000	Barra Llegada Sub 2	-0.438	0.000	1165.7	100.0		

\* Indica barra con regulación de tensión ( con máquina tipo swing o controlada por tensión conectada a la barra)

# Indica una barra con un error de convergencia de carga mayor a 0.1 MVA

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	8
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	Nueva Subes
		Config.:	Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

**Informe Resumen de Carga en Barras**

Barra			Carga Conectada Directamente								Carga Total en Barra			
			kVA Constante		Z Constante		I Constante		Genérico		MVA	% FP	Amp.	Porcentaje Carga
ID	kV	Amp Nominal	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MVA	% FP	Amp.	Carga
Barra ENEL	20.000										1.284	99.9	37.1	
Barra Llegada Sub 1	20.000										1.283	99.9	37.1	
Barra Llegada Sub 2	20.000										0.791	99.9	22.8	
Barra Salida 2.2	0.220										0.343	100.0	909.4	
Barra Salida Sub 1	0.220										0.486	100.0	1293.3	
Barra Salida Sub 2.1	0.220										0.438	100.0	1165.7	

\* Indica que la carga en operación conectada a la barra excede el límite crítico de la barra ( 100.0 en % de la corriente nominal).

# Indica que la carga en operación conectada a la barra excede el límite marginal de la barra ( 95.0 en % de la corriente nominal).

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionUnac

**ETAP**  
 16.00C  
 Caso de Estudio: Nueva Subes

Página: 9  
 Fecha: 08-25-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

**Informe Resumen de Carga en Ramales**

Círculo / Rama		Cable y Reactor			Transformador				
ID	Tipo	Ampacidad (Amp)	Carga Amp	%	Capacidad (MVA)	Carga (entrada)		Carga (salida)	
						MVA	%	MVA	%
Cable Sub 1 - Sub 2	Cable	165.47	22.83	13.79					
Cable Sub Enei - Sub 1	Cable	165.47	37.05	22.39					
Trafo Sub 1	Transformer				0.630	0.493	78.2	0.486	77.1
Trafo Sub 2.1	Transformer				0.630	0.444	70.5	0.438	69.6
Trafo Sub 2.2	Transformer				0.630	0.346	55.0	0.343	54.5

\* Indica rama que su carga excede su capacidad de carga

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionUnac

**ETAP**  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: Nueva Subes

Página: 10  
 Fecha: 08-25-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

**Informe Resumen de Pérdidas en Ramales**

ID Ramal	Flujo Origen-Destino		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		% Tensión Barra		Vd
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	Origen	Destino	% Caída en Vmag
Cable Sub Enel - Sub 1	1.282	0.058	-1.282	-0.058	0.2	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable Sub 1 - Sub 2	0.790	0.033	-0.790	-0.033	0.1	0.0	100.0	100.0	0.01
Trafo Sub 1	0.492	0.025	-0.486	0.000	6.4	25.2	100.0	98.6	1.42
Trafo Sub 2.1	0.444	0.020	-0.438	0.000	5.2	20.5	100.0	98.7	1.27
Trafo Sub 2.2	0.346	0.012	-0.343	0.000	3.1	12.9	100.0	99.0	0.97
					14.9	58.3			

Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: SubestacionUnac

ETAP  
16.0.0C

Caso de Estudio: Nueva Subes

Página: 11  
Fecha: 08-25-2018  
SN: 4359168  
Revisión: Base  
Config.: Normal

---

Nueva Subestación UNAC 20 KV

---

**Informe Resumido de Alertas**

	% Ajustes de Alerta	
	<u>Critico</u>	<u>Marginal</u>
<b><u>Carga</u></b>		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
<b><u>Tensión de Barra</u></b>		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
<b><u>Excitación del Generador</u></b>		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	12
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	Nueva Subes
		Config.:	Normal

Nueva Subestación UNAC 20 KV

**Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda**

	<u>MW</u>	<u>Mvar</u>	<u>MVA</u>	<u>% FP</u>
Fuente (Barras tipo Swing):	1.282	0.058	1.284	99.90 Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	0.000	0.000	0.000	
Demanda Total:	1.282	0.058	1.284	99.90 Lagging
Total Carga Motor:	0.000	0.000	0.000	29.22 Lagging
Total Carga Estática:	1.267	0.000	1.267	100.00 Lagging
Total Cargas I Constante:	0.000	0.000	0.000	
Total Carga Genérica:	0.000	0.000	0.000	
Pérdidas Aparentes:	0.015	0.058		
Divergencia del Sistema:	0.000	0.000		

Número de Iteraciones: 2

# ANEXO E

Proyecto:	ETAP	Página:	1
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal
	Caso de Estudio: SC		

SC Nueva Subestacion 20 KV

**Programa Analizador de Transitorios Eléctricos**

**Análisis del Cortocircuito**

**Estándar ANSI**

**Corrientes de Falta Trifásica**

	Barra Infinita	V-Control	Carga	Total
Número de Barras:	1	0	5	6

	XFMR2	XFMR3	Reactor	Línea/Cable	Z	DP-Enlace	Total
Número de Ramales:	3	0	0	2	0	0	5

	Generador Sincrono	Potencia Red	Motor Sincrono	Máquinas Inducción	Carga Concentrada	Total
Número de Máquinas:	0	1	0	0	0	1

Frecuencia del Sistema: 60.00  
Sistema de Unidades: English  
Nombre de Fichero de Proyecto: SubestacionUnac  
Nombre Fichero de Salida: C:\ETAP 1600\SubestacionUnac\SC Nueva Subestacion 20KV.SA1S

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	2
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo: SubestacionUnac	Caso de Estudio: SC	Config.:	Normal

---

SC Nueva Subestacion 20 KV

---

**Ajustes**

Tolerancia	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Porcentaje
Z Transformador:	Si	Individual	
Z de Reactor:	Si	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		
Corrección de Temperatura	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Grados C
Resistencia de Línea de Transmisión:	Si	Individual	
Resistencia de Cable:	Si	Individual	

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	3
Ubicación:	16.00C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	SC
		Config.:	Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

**Datos de Entrada de Barra**

ID	Tipo	Barra			Tensión Inicial	
		kV Nom.	kV base	Sub-sist	%Mag.	Áng.
Barra ENEL	SWNG	20.000	20.000	1	100.00	0.00
Barra Llegada Sub 1	Load	20.000	20.000	1	99.99	0.00
Barra Llegada Sub 2	Load	20.000	20.000	1	99.98	0.00
Barra Salida 2.2	Load	0.220	0.220	1	99.01	-2.07
Barra Salida Sub 1	Load	0.220	0.220	1	98.56	-2.94
Barra Salida Sub 2.1	Load	0.220	0.220	1	98.71	-2.65

6 Total Barras

Todas las tensiones en reporte de ETAP expresadas en % de kV Nominal de barra.  
Valores kV base de las barras son calculados y utilizados internamente por ETAP.

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	4
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	SC
		Config.:	Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

**Datos de Entrada Línea/Cable**

ohmios o siemens/1000 pies por Conductor (Cable) o por Fase (Línea)

Línea/Cable	ID	Librería	Tamaño	Longitud		#/Fase	T (°C)	R	X	Y
				Adj. (pies)	% Tol.					
Cable Sub 1 - Sub 2		20NCUS3	50	262.5	0	1	75	0.14361	0.04481	0.0000000
Cable Sub Enel - Sub 1		20NCUS3	50	262.5	0	1	75	0.14361	0.04481	0.0000000

Las resistencias de línea/cable se muestran a las temperaturas especificadas.

Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: SubestacionUnac

ETAP  
16.0.0C  
Caso de Estudio: SC

Página: 5  
Fecha: 08-25-2018  
SN: 4359168  
Revisión: Base  
Config.: Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

**Datos de Entrada de Transformador de 2 Devanados**

Transformador	Clase					Z variación			% Ajuste Toma		Ajustado	
	ID	MVA	kV Prim.	kV Sec.	% Z	X/R	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z
Trafo Sub 1		0.630	20.000	0.220	6.75	3.96	0	0	0	0	0	6.7500
Trafo Sub 2.1		0.630	20.000	0.220	6.75	3.96	0	0	0	0	0	6.7500
Trafo Sub 2.2		0.630	20.000	0.220	6.75	3.96	0	0	0	0	0	6.7500

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	6
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

**Conexiones de Ramal**

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Z Sec. Pos., 100 MVAb			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
Trafo Sub 1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 1	Barra Salida Sub 1	262.33	1038.82	1071.43	
Trafo Sub 2.1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida Sub 2.1	262.33	1038.82	1071.43	
Trafo Sub 2.2	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida 2.2	262.33	1038.82	1071.43	
Cable Sub 1 - Sub 2	Cable	Barra Llegada Sub 1	Barra Llegada Sub 2	0.94	0.29	0.99	
Cable Sub Enel - Sub 1	Cable	Barra ENEL	Barra Llegada Sub 1	0.94	0.29	0.99	

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	7
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	SC
		Config.:	Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

**Datos de Entrada de Red de Potencia Externo**

Red de Pot.	Barra Conectada	Clase	% Z Base 100 MVA				
			MVASC	kV	X/R	R	X
ENEL	Barra ENEL		225.000	20.000	10.00	4.42239	44.22387

Total Máquinas Redes (= 1 ): 225.000 MVA

Proyecto:	ETAP	Página:	8
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

### REPORTE DE CORTOCIRCUITO

Falta trifásica en barra: **Barra ENEL**

Tensión pre-falta = 20.000 kV = 100.00 % de kV nominal de barra (20.000 kV)  
= 100.00 % de base (20.000 kV)

Contribución		1/2 Ciclo					1.5 a 4 ciclos				
Barra Origen	Barra Destino	% V	kA	kA	Imag.	kA Sim.	% V	kA	kA	Imag.	kA Sim.
ID	ID	Barra Origen	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud	Barra Origen	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud
Barra ENEL	Total	0.00	0.646	-6.463	10.0	6.495	0.00	0.646	-6.463	10.0	6.495
Barra Llegada Sub 1	Barra ENEL	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
ENEL	Barra ENEL	100.00	0.646	-6.463	10.0	6.495	100.00	0.646	-6.463	10.0	6.495

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	9
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	SC
		Config.:	Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

Falta trifásica en barra: **Barra Llegada Sub 1**

Tensión pre-falta = 20.000 kV  
= 100.00 % de kV nominal de barra (20.000 kV)  
= 100.00 % de base (20.000 kV)

Contribución		1/2 Ciclo					1.5 a 4 ciclos				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
Barra Llegada Sub 1	Total	0.00	0.770	-6.392	8.3	6.438	0.00	0.770	-6.392	8.3	6.438
Barra Llegada Sub 2	Barra Llegada Sub 1	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Barra ENEL	Barra Llegada Sub 1	2.20	0.770	-6.392	8.3	6.438	2.20	0.770	-6.392	8.3	6.438
Barra Salida Sub 1	Barra Llegada Sub 1	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.  
\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Tipo:  
 Nombre de Archivo: SubestacionUnac

**ETAP**  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: SC

Página: 10  
 Fecha: 08-25-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

IC Nueva Subestacion 20 KV

Falta trifásica en barra: **Barra Llegada Sub 2**

Tensión pre-falta = 20.000 kV

= 100.00 % de kV nominal de barra (20.000 kV)

= 100.00 % de base (20.000 kV)

Contribución		1/2 Ciclo					1.5 a 4 ciclos				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
Barra Llegada Sub 2	Total	0.00	0.889	-6.317	7.1	6.379	0.00	0.889	-6.317	7.1	6.379
Barra Llegada Sub 1	Barra Llegada Sub 2	2.18	0.889	-6.317	7.1	6.379	2.18	0.889	-6.317	7.1	6.379
Barra Salida Sub 2.1	Barra Llegada Sub 2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Barra Salida 2.2	Barra Llegada Sub 2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:  
Ubicación:  
Contrato:  
Ingeniero:  
Nombre de Archivo: SubestacionUnac

**ETAP**  
16.0.0C  
Caso de Estudio: SC

Página: 11  
Fecha: 08-25-2018  
SN: 4359168  
Revisión: Base  
Config.: Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

Falta trifásica en barra: **Barra Salida 2.2**

Tensión pre-falta = 0.220 kV

= 100.00 % de kV nominal de barra (0.220 kV)

= 100.00 % de base (0.220 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen	Barra Destino	% V	kA	kA	Imag	kA Sim.
ID	ID	Barra Orige	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud
Barra Salida 2.2	Total	0.00	5.656	-22.816	4.0	23.506
Barra Llegada Sub 2	Barra Salida 2.2	95.97	5.656	-22.816	4.0	23.506

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionUnac

ETAP  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: SC

Página: 12  
 Fecha: 08-25-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Base  
 Config.: Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

Falta trifásica en barra: **Barra Salida Sub 1**

Tensión pre-falta = 0.220 kV

= 100.00 % de kV nominal de barra (0.220 kV)  
 = 100.00 % de base (0.220 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen	Barra Destino	% V	kA	kA	Imag	kA Sim.
ID	ID	Barra Orige	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud
Barra Salida Sub 1	Total	0.00	5.641	-22.830	4.0	23.517
Barra Llegada Sub 1	Barra Salida Sub 1	96.01	5.641	-22.830	4.0	23.517

Relación NACD= 1.00

- # Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.
- \* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	13
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

Falta trifásica en barra: **Barra Salida Sub 2.1**

Tensión pre-falta = 0.220 kV = 100.00 % de kV nominal de barra (0.220 kV)  
= 100.00 % de base (0.220 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen	Barra Destino	% V	kA	kA	Imag.	kA Sim.
ID	ID	Barra Origen	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud
Barra Salida Sub 2.1	Total	0.00	5.656	-22.816	4.0	23.506
Barra Llegada Sub 2	Barra Salida Sub 2.1	95.97	5.656	-22.816	4.0	23.506

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Objeto:	ETAP	Página:	14
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Tratamiento:		SN:	4359168
Numero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

Nueva Subestacion 20 KV

### Informe Resumen de Capacidad de Corte Momentánea

Condiciones de Falta Trifásica: (Tensión pre-falta = 100 % de Tensión Nominal de Barra)

Barra		Dispositivo		Momentary Duty			Device Capability				
ID	kV	ID	Tipo	Sim. kA rms	X/R Cociete	F.M.	Asim. kA rms	Asim. kA Pico	Sim. kA rms	Asim. kA rms	Asim. kA Pico
1 ENEL	20.000	Barra ENEL	Bus	6.495	10.0	1.438	9.338	15.895			
1 Llegada Sub 1	20.000	Barra Llegada Sub 1	Bus	6.438	8.3	1.392	8.962	15.340			
1 Llegada Sub 2	20.000	Barra Llegada Sub 2	Bus	6.379	7.1	1.351	8.620	14.819			
1 Salida 2.2	0.220	Barra Salida 2.2	Bus	23.506	4.0	1.192	28.024	48.500			
1 Salida Sub 1	0.220	Barra Salida Sub 1	Bus	23.517	4.0	1.193	28.057	48.561			
1 Salida Sub 2.1	0.220	Barra Salida Sub 2.1	Bus	23.506	4.0	1.192	28.024	48.500			

Nota: IEEE - X/R es calculada de redes R & X separadas.

Capacidad de dispositivo protección de Generador es calculada basada en corriente de falta pasante máxima. La capacidad de otros dispositivos de protección es calculada en base a la corriente de falta total.

Factores de multiplicación para interruptores de alta tensión y capacidad momentánea de barras de alta tensión (valores cresta y asimétrico) son calculados en la base a la relación X/R del sistema.

Indica un dispositivo con capacidad momentánea excedida.

Proyecto:	ETAP	Página:	15
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-25-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	SC
		Config.:	Normal

SC Nueva Subestacion 20 KV

### Informe Resumen de Capacidades de Corte

Corrientes de Falta Trifásica: (Tensión pre-falta = 100 % de Tensión Nominal de Barra)

Barra		Dispositivo		Capacidad de Corte				Cap. del Dispositivo				
ID	kV	ID	Tipo	CPT (Ciclos)	Sim. kA rms	X/R Cociente	F.M.	Adj. Sim. kA rms	kV	Prueba FP	Nominal Int.	Ajustado Int.
Barra ENEU	20.000				6.495	10.0						
Barra Llegada Sub 1	20.000				6.438	8.3						
Barra Llegada Sub 2	20.000				6.379	7.1						
Barra Salida 2.2	0.220				23.506	4.0						
Barra Salida Sub 1	0.220				23.517	4.0						
Barra Salida Sub 2.1	0.220				23.506	4.0						

- Método: IEEE - X/R es calculada de redes R & X separadas.

- Capacidad de interrupción de CB de AT esta ajustada basada en la tensión nominal de barra.

- Factor de multiplicación de cortocircuito para Interruptores de BT de caja Moldeada y Aislados es calculado en base a la corriente asimétrica.

- Capacidad de dispositivo protección de Generador es calculada basada en corriente de falta pasante máxima. La capacidad de otros dispositivos de protección es calculada en base a la corriente de falta total.

\* Indica dispositivo con capacidad de interrupción que excede la capacidad del dispositivo

\*\* Indica que interruptor ha sido marcado como interruptor de generador. Sin embargo, ETAP no pudo detectar una ruta, sin transformador, al generador especificado.

Por lo tanto, este interruptor es tratado como un interruptor normal en los cálculos de cortocircuito.

+ Tensión pre-falta excede límite kV nominal máximo del interruptor - kA de interrupción nominales deben ser reducidos.

# ANEXO F

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	1
Ubicación:	16.00C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Subestacion UNAC 10 KV
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	LF
		Config.:	Normal

---

**Programa Analizador de Transitorios Eléctricos**

**Análisis Flujo de Carga**

Categoría de Carga (1): Design  
 Categoría de Generación (1): Design  
 Factor de Diversidad de Carga: Ninguno

	<u>Barra Infinita</u>	<u>V-Control</u>	<u>Carga</u>	<u>Total</u>
Número de Barras:	1	0	5	6

	<u>XFMR2</u>	<u>XFMR3</u>	<u>Reactor</u>	<u>Línea/Cable</u>	<u>Z</u>	<u>DP-Enlace</u>	<u>Total</u>
Número de Ramales:	3	0	0	2	0	0	5

Método de Solución:	Método Newton-Raphson Adaptativo
No. de Iteración Máximo:	99
Precisión de Solución:	0.0001000
Frecuencia del Sistema:	60.00 Hz
Sistema de Unidades:	English
Nombre de Fichero de Proyecto:	SubestacionUnac
Nombre Fichero de Salida:	C:\ETAP 1600\SubestacionUnac\Nueva Subestacion.lfr

ETAP  
16.0.0C

Página: 2  
Fecha: 08-31-2018  
SN: 4359168  
Revisión: Subestacion UNAC 10 KV  
Config.: Normal

Archivo: SubestacionUnac

Caso de Estudio: LF

Ajustes

<u>Tolerancia</u>	<u>Aplicar Ajustes</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Porcentaje</u>
Z Transformador:	Si	Individual	
Z de Reactor:	Si	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

<u>Corrección de Temperatura</u>	<u>Aplicar Ajustes</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Grados C</u>
Resistencia de Línea de Transmisión:	Si	Individual	
Resistencia de Cable:	Si	Individual	

ecto:  
 acción:  
 rato:  
 iero:  
 bre de Archivo: SubestacionUnac

**ETAP**  
**16.00C**  
 Caso de Estudio: LF

Página: 3  
 Fecha: 08-31-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Subestacion UNAC 10 KV  
 Config.: Normal

**Datos de Entrada de Barra**

Barra					Carga							
					Tensión Inicial		kVA Constante		Z Constante		I Constante	
ID	kV	Sub-sist	% Mag	Áng	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
NEL	10.000	1	100.0	0.0								
Jegada Sub 1	10.000	1	100.0	0.0								
Jegada Sub 2	10.000	1	100.0	0.0								
alida 2.2	0.220	1	100.0	0.0			0.350	0.000				
alida Sub 1	0.220	1	100.0	0.0			0.500	0.000				
alida Sub 2.1	0.220	1	100.0	0.0			0.450	0.000				
Total de Barras: 6					0.000	0.000	1.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Barra de Generación				Tensión		Generación			Límites Mvar	
ID	kV	Tipo	Sub-sist	% Mag	Ángulo	MW	Mvar	% F <sup>2</sup>	Máx	Min
NEL	10.000	Barra Infinita	1	100.0	0.0					
						0.000	0.000			

Proyecto:	ETAP	Página:	4
Edición:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Tratamiento:		SN:	4359168
Número:	Caso de Estudio: LF	Revisión:	Subestacion UNAC 10:KV
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

**Datos de Entrada Línea/Cable**

**ohmios o siemens/1000 pies por Conductor (Cable) o por Fase (Línea)**

Línea/Cable	ID	Librería	Tamaño	Longitud		#/Fase	T (°C)	R	X	Y
				Adj. (pies)	% Tol.					
Cable Sub 1 - Sub 2		20NCUS3	50	262.5	0.0	1	75	0.143611	0.044806	
Cable Sub Enel - Sub 1		20NCUS3	50	262.5	0.0	1	75	0.143611	0.044806	

Las resistencias de línea/cable se muestran a las temperaturas especificadas.

oyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	5
ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
contrato:		SN:	4359168
genero:	Caso de Estudio: LF	Revisión:	Subestacion UNAC 10 KV
nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

**Datos de Entrada de Transformador de 2 Devanados**

Transformador		Clase					Z variación			% Ajuste Toma		Ajustado	Desfase	
ID	Fase	MVA	kV Prim.	kV Sec.	% Z1	X1/R1	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Tipo	Ángulo
Sub 1	Trifásico	0.630	10.000	0.220	5.75	3.96	0	0	0	■	0	5.7500	Dyn	0.000
Sub 2.1	Trifásico	0.630	10.000	0.220	5.75	3.96	0	0	0	■	0	5.7500	Dyn	0.000
Sub 2.2	Trifásico	0.630	10.000	0.220	5.75	3.96	0	0	0	■	0	5.7500	Dyn	0.000

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	6
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: LF	Revisión:	Subestacion UNAC 10 KV
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

---

**Conexiones de Ramal**

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Z Sec. Pos., Base 100 MVA			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
Trafo Sub 1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 1	Barra Salida Sub 1	223.46	884.92	912.70	
Trafo Sub 2.1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida Sub 2.1	223.46	884.92	912.70	
Trafo Sub 2.2	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida 2.2	223.46	884.92	912.70	
Cable Sub 1 - Sub 2	Cable	Barra Llegada Sub 1	Barra Llegada Sub 2	3.77	1.18	3.95	
Cable Sub Ene1 - Sub 1	Cable	Barra ENEL	Barra Llegada Sub 1	3.77	1.18	3.95	

to:	<b>ETAP</b>	Página:	7
ión:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
to:		SN:	4359168
ero:		Revisión:	Subestacion UNAC 10 KV
re de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	LF
		Config.:	Normal

**Informe de Flujo de Carga**

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga				XFMR	
ID	kV	% Mag	Áng.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%FP	%Toma
ENEL	10.000	100.000	0.0	1.284	0.050	0	0	Barra Llegada Sub 1	1.284	0.050	74.2	99.9	
Llegada Sub 1	10.000	99.951	0.0	0	0	0	0	Barra Llegada Sub 2	0.791	0.028	45.7	99.9	
								Barra ENEL	-1.284	-0.050	74.2	99.9	
								Barra Salida Sub 1	0.493	0.022	28.5	99.9	
Llegada Sub 2	10.000	99.921	0.0	0	0	0	0	Barra Llegada Sub 1	-0.791	-0.028	45.7	99.9	
								Barra Salida Sub 2.1	0.444	0.018	25.7	99.9	
								Barra Salida 2.2	0.346	0.011	20.0	100.0	
Salida 2.2	0.220	99.099	-1.8	0	0	0.344	0.000	Barra Llegada Sub 2	-0.344	0.000	910.2	100.0	
Salida Sub 1	0.220	98.752	-2.5	0	0	0.488	0.000	Barra Llegada Sub 1	-0.488	0.000	1295.8	100.0	
Salida Sub 2.1	0.220	98.849	-2.3	0	0	0.440	0.000	Barra Llegada Sub 2	-0.440	0.000	1167.4	100.0	

Barra con regulación de tensión ( con máquina tipo swing o controlada por tensión conectada  
 Una barra con un error de convergencia de carga mayor a 0.1 MVA

yecto:	<b>ETAP</b>	Página:	8
cción:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
rato:		SN:	4359168
uero:		Revisión:	Subestacion UNAC 10 KV
bre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	LF
		Config.:	Normal

**Informe Resumen de Carga en Barras**

Barra		Carga Conectada Directamente								Carga Total en Barra				
		kVA Constante		Z Constante		I Constante		Ger.érico		MVA	% FP	Amp	Porcentaje Carga	
ID	kV	Amp Nominal	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MVA	% FP	Amp	Carga
EL	10.000										1.285	99.9	74.2	
gada Sub 1	10.000										1.285	99.9	74.2	
gada Sub 2	10.000										0.791	99.9	45.7	
ida 2 2	0.220										0.344	100.0	910.2	
ida Sub 1	0.220										0.488	100.0	1295.8	
ida Sub 2 1	0.220										0.440	100.0	1167.4	

que la carga en operación conectada a la barra excede el límite crítico de la barra ( 100.0 en % de la corriente nominal).  
que la carga en operación conectada a la barra excede el límite marginal de la barra ( 95.0 en % de la corriente nominal).

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	9
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Subestacion UNAC 10 KV
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	Caso de Estudio:	LF
		Config.:	Normal

**Informe Resumen de Carga en Ramales**

Circuito / Rama		Cable y Reactor			Transformador				
					Capacidad (MVA)	Carga (entrada)		Carga (salida)	
ID	Tipo	Ampacidad (Amp)	Carga Amp	%		MVA	%	MVA	%
Cable Sub 1 - Sub 2	Cable	165.47	45.71	27.62					
Cable Sub Enel - Sub 1	Cable	165.47	74.21	44.85					
Trafo Sub 1	Transformer				0.630	0.494	78.3	0.488	77.4
Trafo Sub 2.1	Transformer				0.630	0.444	70.6	0.440	69.8
Trafo Sub 2.2	Transformer				0.630	0.347	55.0	0.344	54.6

\* Indica ramal cuya carga excede su capacidad de carga

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionUnac

**ETAP**  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: LF

Página: 10  
 Fecha: 08-31-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Subestacion UNAC 10KV  
 Config.: Normal

**Informe Resumen de Pérdidas en Ramales**

ID Ramal	Flujo Origen-Destino		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		% Tensión Barra		Vd % Caída en Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	Origen	Destino	
Cable Sub Enel - Sub 1	1.284	0.050	-1.284	-0.050	0.6	0.2	100.0	100.0	0.05
Cable Sub 1 - Sub 2	0.791	0.028	-0.791	-0.028	0.2	0.1	100.0	99.9	0.03
Trafo Sub i	0.493	0.022	-0.488	0.000	5.4	21.6	100.0	98.8	1.20
Trafo Sub 2.1	0.444	0.018	-0.440	0.000	4.4	17.5	99.9	98.8	1.07
Trafo Sub 2.2	0.346	0.011	-0.344	0.000	2.7	10.6	99.9	99.1	0.82
					13.4	50.0			

Proyecto: **ETAP**  
 Ubicación: **16.0.0C**  
 Tratamiento:  
 Número:  
 Nombre de Archivo: **SubestacionUnac**  
 Caso de Estudio: **LF**

Página: **11**  
 Fecha: **08-31-2018**  
 SN: **4359168**  
 Revisión: **Subestacion UNAC 10 KV**  
 Config.: **Normal**

**Informe Resumido de Alertas**

	% Ajustes de Alerta	
	<u>Crítico</u>	<u>Marginal</u>
<b><u>Carga</u></b>		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
<b><u>Tensión de Barra</u></b>		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
<b><u>Excitación del Generador</u></b>		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

**Informe Crítico**

<u>ID de Dispositivo</u>	<u>Tipo</u>	<u>Condición</u>	<u>Clase/Límite</u>	<u>Unidad</u>	<u>Operativa</u>	<u>% Operativo</u>	<u>Tipo de Fase</u>
Fusible 1	Fuse	Overload	17.000	Amp	28.507	167.7	3-Phase
Fusible 2	Fuse	Overload	16.000	Amp	25.68	160.5	3-Phase
Fusible 3	Fuse	Overload	13.000	Amp	20.03	154.0	3-Phase

	ETAP	Página:	12
	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
		SN:	4359168
	Caso de Estudio: LF	Revisión:	Subestacion UNAC 10 KV
le Archivo:	SubestacionUnac	Config.:	Normal

---

**Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda**

	<u>MW</u>	<u>Mvar</u>	<u>MVA</u>	<u>% FP</u>
Fuente (Barras tipo Swing):	1.284	0.050	1.285	99.92 Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	0.000	0.000	0.000	
Demanda Total:	1.284	0.050	1.285	99.92 Lagging
Total Carga Motor:	0.000	0.000	0.000	
Total Carga Estática:	1.271	0.000	1.271	100.00 Lagging
Total Cargas I Constante:	0.000	0.000	0.000	
Total Carga Genérica:	0.000	0.000	0.000	
Pérdidas Aparentes:	0.013	0.050		
Divergencia del Sistema:	0.000	0.000		

Número de Iteraciones: 3

# ANEXO G

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	1
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Tratamiento:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal
	Caso de Estudio: SC		

1 Nueva Subestación 10KV

**Programa Analizador de Transitorios Eléctricos**

**Análisis del Cortocircuito**

Estándar ANSI

Corrientes de Falta Trifásica

	<u>Barra Infinita</u>	<u>V-Control</u>	<u>Carga</u>	<u>Total</u>			
Número de Barras:	1	0	5	6			
	<u>XFMR2</u>	<u>XFMR3</u>	<u>Reactor</u>	<u>Línea/Cable</u>	<u>Z</u>	<u>DP-Enlace</u>	<u>Total</u>
Número de Ramales:	3	0	0	2	0	0	5
	<u>Generador Sincrono</u>	<u>Potencia Red</u>	<u>Motor Sincrono</u>	<u>Máquinas Inducción</u>	<u>Carga Concentrada</u>	<u>Total</u>	
Número de Máquinas:	0	1	0	0	0	1	

Frecuencia del Sistema:	60.00
Sistema de Unidades:	English
Nombre de Fichero de Proyecto:	SubestacionUnac
Nombre Fichero de Salida:	CAETAP 1600\SubestacionUnac\SC Nueva Subestacion 20KV.SA1S

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	2
Descripción:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Tratamiento:		SN:	4359168
Identificador:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal

---

Nueva Subestación 10KV

---

Ajustes

<u>Tolerancia</u>	<u>Aplicar Ajustes</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Porcentaje</u>
Z. Transformador:	Si	Individual	
Z. de Reactor:	Si	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		
<u>Corrección de Temperatura</u>	<u>Aplicar Ajustes</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Grados C</u>
Resistencia de Línea de Transmisión:	Si	Individual	
Resistencia de Cable:	Si	Individual	

Objeto:	ETAP	Página:	3
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Genero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal

C Nueva Subestación 10KV

**Datos de Entrada de Barra**

Barra					Tensión Inicial	
ID	Tipo	kV Nom.	kV base	Sub-sist	%Mag.	Áng.
Barra ENEL	SWNG	10.000	10.000	1	100.00	0.00
Barra Llegada Sub 1	Load	10.000	10.000	1	100.00	0.00
Barra Llegada Sub 2	Load	10.000	10.000	1	100.00	0.00
Barra Salida 2.2	Load	0.220	0.220	1	100.00	0.00
Barra Salida Sub 1	Load	0.220	0.220	1	100.00	0.00
Barra Salida Sub 2.1	Load	0.220	0.220	1	100.00	0.00

6 Total Barras

Todas las tensiones en reporte de ETAP expresadas en % de kV Nominal de barra.  
Valores kV base de las barras son calculados y utilizados internamente por ETAP.

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	4
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal

SC Nueva Subestación 10KV

**Datos de Entrada Línea/Cable**

ohmios o siemens/1000 pies por Conductor (Cable) o por Fase (Línea)

Línea/Cable	Librería	Tamaño	Longitud		#/Fase	T (°C)	R	X	Y
			Adj. (pies)	% Tol.					
Cable Sub 1 - Sub 2	20NCUS3	50	262.5	0	1	75	0.14361	0.04481	0.000000
Cable Sub Enel - Sub 1	20NCUS3	50	262.5	0	1	75	0.14361	0.04481	0.000000

Las resistencias de línea/cable se muestran a las temperaturas especificadas.

le Archivo: SubestacionUnac

**ETAP**  
16.0.0C  
Caso de Estudio: SC

Página: 5  
Fecha: 08-31-2018  
SN: 4359168  
Revisión: Subestacion UNAC 10  
KV Config.: Normal

va Subestación 10KV

**Datos de Entrada de Transformador de 2 Devanados**

Transformador	Clase					Z variación			% Ajuste Toma		Ajustado	
	ID	MVA	kV Prim.	kV Sec.	% Z	X/R	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z
Trafo Sub 1		0.630	10.000	0.220	5.75	3.96	0	0	0	0	0	5.7500
Trafo Sub 2.1		0.630	10.000	0.220	5.75	3.96	0	0	0	0	0	5.7500
Trafo Sub 2.2		0.630	10.000	0.220	5.75	3.96	0	0	0	0	0	5.7500

Proyecto:	ETAP	Página:	6
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal

SC Nueva Subestación 10KV

**Conexiones de Ramal**

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Z Sec. Pos., 100 MVAb			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
Trafo Sub 1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 1	Barra Salida Sub 1	223.46	884.92	912.70	
Trafo Sub 2.1	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida Sub 2.1	223.46	884.92	912.70	
Trafo Sub 2.2	2W XFMR	Barra Llegada Sub 2	Barra Salida 2.2	223.46	884.92	912.70	
Cable Sub 1 - Sub 2	Cable	Barra Llegada Sub 1	Barra Llegada Sub 2	3.77	1.18	3.95	
Cable Sub Enel - Sub 1	Cable	Barra ENEL	Barra Llegada Sub 1	3.77	1.18	3.95	

to:	<b>ETAP</b>	Página:	7
ión:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
to:		SN:	4359168
ro:		Revisión:	Subestacion-UNAC 10
e de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal
	Caso de Estudio: SC		

---

ueva Subestación 10KV

---

**Datos de Entrada de Red de Potencia Externo**

Red de Pot.	Barra Conectada	Clase		% Z Base 100 MVA		
		MVASC	kV	X/R	R	X
ENEL	Barra ENEL	90.000	10.000	10.00	11.05597	110.55970

Total Máquinas Redes (= 1 ): 90.000 MVA.

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	8
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal
	Caso de Estudio: SC		

SC Nueva Subestación 10KV

**REPORTE DE CORTOCIRCUITO**

Falta trifásica en barra: **Barra ENEL**

Tensión pre-falta = 10.000 kV

= 100.00 % de kV nominal de barra (10.000 kV)

= 100.00 % de base (10.000 kV)

Contribución		1/2 Cielo					1.5 a 4 ciclos				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud	% V Barra Origen	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
Barra ENEL	Total	0.00	0.517	-5.170	10.0	5.196	0.00	0.517	-5.170	10.0	5.196
Barra Llegada Sub 1 ENEL	Barra ENEL	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
ENEL	Barra ENEL	100.00	0.517	-5.170	10.0	5.196	100.00	0.517	-5.170	10.0	5.196

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:	<b>ETAP</b>	Página:	9
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:		Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal
	Caso de Estudio: SC		

SC Nueva Subestación 10KV

Falta trifásica en barra: **Barra Llegada Sub 1**

Tensión pre-falta = 10.000 kV

= 100.00 % de kV nominal de barra (10.000 kV)

= 100.00 % de base (10.000 kV)

Contribución		1/2 Cielo					1.5 a 4 ciclos				
Barra Origen	Barra Destino	% V	kA	kA	Imag.	kA Sim.	% V	kA	kA	Imag.	kA Sim.
ID	ID	Barra Origen	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud	Barra Origen	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud
Barra Llegada Sub 1	Total	0.00	0.674	-5.078	7.5	5.122	0.00	0.674	-5.078	7.5	5.122
Barra Llegada Sub 2	Barra Llegada Sub 1	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Barra ENEL	Barra Llegada Sub 1	3.50	0.674	-5.078	7.5	5.122	3.50	0.674	-5.078	7.5	5.122
Barra Salida Sub 1	Barra Llegada Sub 1	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Subestación 10KV

Configuración trifásica en barra: **Barra Llegada Sub 2**

Configuración pre-falta = 10.000 kV = 100.00 % de kV nominal de barra (10.000 kV)  
= 100.00 % de base (10.000 kV)

Contribución		1/2 Ciclo					1.5 a 4 ciclos				
Barra Origen	Barra Destino	% V	kA	kA	Imag.	kA Sim.	% V	kA	kA	Imag.	kA Sim.
ID	ID	Barra Origen	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud	Barra Origen	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud
Barra Llegada Sub 2	Total	0.00	0.820	-4.978	6.1	5.045	0.00	0.820	-4.978	6.1	5.045
Barra Llegada Sub 1	Barra Llegada Sub 2	3.45	0.820	-4.978	6.1	5.045	3.45	0.820	-4.978	6.1	5.045
Barra Salida Sub 2.1	Barra Llegada Sub 2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Barra Salida 2.2	Barra Llegada Sub 2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000

Factor de contribución NACD = 1.00

Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si una barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:	ETAP	Página:	11
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingeniero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo: SubestacionUnac		KV Config.:	Normal

SC Nueva Subestación 10KV

Falta trifásica en barra: **Barra Salida 2.2**

Tensión pre-falta = 0.220 kV

= 100.00 % de kV nominal de barra (0.220 kV)

= 100.00 % de base (0.220 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen	Barra Destino	% V	kA	kA	Imag.	kA Sim.
ID	ID	Barra Origen	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud
Barra Salida 2.2	Total	0.00	6.025	-24.839	4.1	25.559
Barra Llegada Sub 2	Barra Salida 2.2	88.89	6.025	-24.839	4.1	25.559

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Contrato:  
 Ingeniero:  
 Nombre de Archivo: SubestacionUnac

**ETAP**  
 16.0.0C  
 Caso de Estudio: SC

Página: 12  
 Fecha: 08-31-2018  
 SN: 4359168  
 Revisión: Subestacion UNAC 10  
 KV Config.: Normal

SC Nueva Subestación 10KV

Falta trifásica en barra: **Barra Salida Sub 1**

Tensión pre-falta = 0.220 kV

= 100.00 % de kV nominal de barra (0.220 kV)  
 = 100.00 % de base (0.220 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA Activa	kA Imaginario	Imag. /Real	kA Sim. Magnitud
Barra Salida Sub 1	Total	0.00	5.955	-24.907	4.2	25.609
Barra Llegada Sub 1	Barra Salida Sub 1	89.07	5.955	-24.907	4.2	25.609

Relación NACD = 1.00

- # Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.
- \* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

yecto:	ETAP	Página:	13
cación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
trato:		SN:	4359168
entiero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Subestacion UNAC 10
mbre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal

Nueva Subestación 10KV

Falta trifásica en barra: **Barra Salida Sub 2.1**

Tensión pre-falta = 0.220 kV

= 100.00 % de kV nominal de barra (0.220 kV)

= 100.00 % de base (0.220 kV)

Contribución		1/2 Ciclo				
Barra Origen	Barra Destino	% V	kA	kA	Imag	kA Sim.
ID	ID	Barra Orige	Activa	Imaginario	/Real	Magnitud
Barra Salida Sub 2.1	Total	0.00	6.025	-24.839	4.1	25.559
Barra Llegada Sub 2	Barra Salida Sub 2.1	88.89	6.025	-24.839	4.1	25.559

Relación NACD = 1.00

# Indica contribución a corriente de falta desde transformador de tres devanados.

\* Indica una corriente de falta pasante por un interruptor de enlace.

Si la barra fallada esta involucrada en lazos formados por dispositivos de protección, las contribuciones al cortocircuito a través de estos dispositivos no podrán ser calculadas.

Proyecto:	ETAP	Página:	14
Ubicación:	16.0.0C	Fecha:	08-31-2018
Contrato:		SN:	4359168
Ingéniero:	Caso de Estudio: SC	Revisión:	Subestacion UNAC 10
Nombre de Archivo:	SubestacionUnac	KV Config.:	Normal

SC Nueva Subestación 10KV

### Informe Resumen de Capacidad de Corte Momentánea

Corrientes de Falta Trifásica: (Tensión pre-falta = 100 % de Tensión Nominal de Barra)

Barra		Dispositivo		Momentary Duty			Device Capability				
ID	kV	ID	Tipo	Sim. kA rms	X/R Cociente	F.M.	Asim. kA rms	Asim. kA Pico	Sim. kA rms	Asim. kA rms	Asim. kA Pico
Barra ENEL	10.000	Barra ENEL	Bus	5.196	10.0	1.438	7.471	12.716			
Barra Llegada Sub 1	10.000	Barra Llegada Sub 1	Bus	5.122	7.5	1.367	7.002	12.019			
Barra Llegada Sub 2	10.000	Barra Llegada Sub 2	Bus	5.045	6.1	1.308	6.599	11.388			
Barra Salida 2.2	0.220	Barra Salida 2.2	Bus	25.559	4.1	1.198	30.624	53.014			
Barra Salida Sub 1	0.220	Barra Salida Sub 1	Bus	25.609	4.2	1.202	30.787	53.306			
Barra Salida Sub 2 1	0.220	Barra Salida Sub 2.1	Bus	25.559	4.1	1.198	30.624	53.014			

- Método: IEEE - X/R es calculada de redes R & X separadas.

- Capacidad de dispositivo protección de Generador es calculada basada en corriente de falta pasante máxima. La capacidad de otros dispositivos de protección es calculada en base a la corriente de falta total.

- Los factores de multiplicación para interruptores de alta tensión y capacidad momentánea de barras de alta tensión (valores cresta y asimétrico) son calculados en la base a la relación X/R del sistema.

\* Indica un dispositivo con capacidad momentánea excedida.

**Usos**

Distribución y subtransmisión subterránea de energía. Como alimentadores de transformadores en sub-estaciones. En centrales eléctricas, instalaciones industriales y de maniobra, en urbanizaciones e instalaciones mineras, en lugares secos o húmedos.

**Descripción**

Conductor de cobre electrolítico recocido, cableado compactado. Compuesto semiconductor extruído sobre el conductor. Aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), compuesto semiconductor extruído y cinta o alambres de cobre electrolítico sobre el conductor aislado. Cubierta externa de PVC.

**Características**

Temperatura del conductor de 90°C para operación normal, 130°C para sobrecarga de emergencia y 250°C para condiciones de corto circuito. Excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor. Resistencia al impacto y a la abrasión. Resistente a la luz solar, intemperie, humedad, ozono, ácidos, álcalis y otras sustancias químicas a temperaturas normales. Retardante a la llama.

**Marca**

INDECO S.A. N2XSY <Voltaje> <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

**Calibres**

10 mm<sup>2</sup> - 500 mm<sup>2</sup>

**Embalaje**

En carretes de madera; en longitudes requeridas.

**Colores**

Aislamiento: Natural.

Cubierta<sup>1</sup>: Rojo.

**Norma(s) de Fabricación**

NTP-IEC 60502-2

**Tensión de servicio**

3,6/6kV, 6/10kV, 8,7/15kV,  
12/20kV, 18/30 kV

**Temperatura de operación**

90°C

(<sup>1</sup>) A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

## TABLA DE DATOS TECNICOS N2XSY 3.6/6 KV

### PARAMETROS FISICOS

SECCION NOMINAL mm <sup>2</sup>	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT mm	ESPEJOR		DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO Kg/Km
			AISLAM. mm	CUBIERTA mm		
10	7	3.70	2.5	1.2	14.3	291
16	7	4.67	2.5	1.2	15.3	366
25	7	5.88	2.5	1.2	16.5	475
35	7	6.92	2.5	1.2	17.6	586
50	19	8.15	2.5	1.2	18.8	718
70	19	9.78	2.5	1.2	20.4	939
95	19	11.55	2.5	1.2	22.2	1216
120	37	13	2.5	1.2	23.6	1468
150	37	14.41	2.5	1.2	25.1	1745
185	37	16.16	2.5	1.3	27	2131
240	37	18.51	2.6	1.3	29.5	2714
300	37	20.73	2.8	1.4	32.4	3353

### PARAMETROS ELECTRICOS

SECCION NOMINAL mm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DC a 20°C Ohm/Km	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A) Ohm/Km	(B) Ohm/Km	(A) Ohm/Km	(B) Ohm/Km	(A)	(B)	(A)	(B)
10	1.83	2.333	2.333	0.3257	0.1806	110	95	105	90
16	1.15	1.466	1.466	0.3092	0.168	135	125	140	120
25	0.727	0.927	0.927	0.293	0.1562	180	160	190	160
35	0.524	0.668	0.669	0.2816	0.1484	210	190	230	195
50	0.387	0.494	0.494	0.2672	0.1378	250	220	280	235
70	0.268	0.342	0.342	0.2547	0.1301	305	270	345	290
95	0.193	0.247	0.247	0.2439	0.1239	360	320	420	355
120	0.153	0.196	0.197	0.2351	0.1186	405	365	480	405
150	0.124	0.159	0.16	0.2288	0.1162	440	405	540	460
185	0.0991	0.127	0.129	0.2217	0.1125	495	455	615	525
240	0.0754	0.098	0.099	0.213	0.1085	560	525	715	620
300	0.0601	0.078	0.081	0.2067	0.107	625	590	810	710

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.

(B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

**BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:**

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.

## TABLA DE DATOS TECNICOS N2XSY 6/10 KV

### PARAMETROS FISICOS

SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR	PESO
			AISLAM.	CUBIERTA		
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km
16	7	4.67	3.4	1.2	17.1	414
25	7	5.88	3.4	1.2	18	512
35	7	6.92	3.4	1.2	18.9	621
50	19	8.15	3.4	1.2	20.3	785
70	19	9.78	3.4	1.2	22.2	1003
95	19	11.55	3.4	1.2	23.8	1272
120	37	13	3.4	1.2	25.4	1541
150	37	14.41	3.4	1.3	27.1	1832
185	37	16.16	3.4	1.3	28.8	2212
240	37	18.51	3.4	1.4	31.2	2795
300	37	20.73	3.4	1.5	33.8	3431
400	61	23.51	3.4	1.6	36.8	4292
500	61	26.57	3.4	1.6	39.9	5347

### PARAMETROS ELECTRICOS

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
		Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km
16	1.15	1.466	1.466	0.3108	0.1757	140	125	140	120
25	0.727	0.927	0.927	0.2945	0.1634	180	160	195	165
35	0.524	0.668	0.669	0.2831	0.1552	215	190	235	195
50	0.387	0.494	0.494	0.2687	0.1442	250	220	280	235
70	0.268	0.342	0.342	0.2562	0.136	305	270	345	295
95	0.193	0.247	0.247	0.2453	0.1293	360	325	420	355
120	0.153	0.196	0.196	0.2368	0.1248	405	365	485	410
150	0.124	0.159	0.160	0.2302	0.1210	445	405	540	460
185	0.0991	0.127	0.129	0.2231	0.1170	495	460	615	530
240	0.0754	0.098	0.099	0.2144	0.1130	560	530	720	625
300	0.0601	0.078	0.080	0.2076	0.1095	630	595	815	710
400	0.047	0.062	0.065	0.2006	0.1068	680	665	905	815
500	0.0366	0.050	0.053	0.1940	0.1036	745	740	1010	925

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.

(B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

#### BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.

**TABLA DE DATOS TECNICOS N2XSY 8.7/15 KV**
**PARAMETROS FISICOS**

SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR	PESO
			AISLAM.	CUBIERTA		
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km
25	7	5.88	4.5	1.8	22.0	773
35	7	6.92	4.5	1.8	23.1	890
50	19	8.15	4.5	1.8	24.3	1032
70	19	9.78	4.5	1.8	26.0	1262
95	19	11.55	4.5	1.8	27.7	1549
120	37	13	4.5	1.9	29.4	1823
150	37	14.41	4.5	1.9	30.6	2106
185	37	16.16	4.5	2	32.5	2505
240	37	18.51	4.5	2.1	35.1	3107
300	37	20.73	4.5	2.2	37.5	3742
500	61	26.57	4.5	2.4	43.9	5702

**PARAMETROS ELECTRICOS**

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
		Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)
mm <sup>2</sup>	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)	(B)
25	0.727	0.927	0.927	0.2964	0.1713	180	160	195	165
35	0.524	0.668	0.669	0.2849	0.1627	215	190	235	200
50	0.387	0.494	0.494	0.2704	0.1513	250	225	280	240
70	0.268	0.342	0.342	0.2579	0.1426	305	275	350	295
95	0.193	0.247	0.247	0.2474	0.1365	360	325	420	360
120	0.153	0.196	0.196	0.2385	0.1305	405	370	485	410
150	0.124	0.159	0.160	0.2319	0.1264	445	410	540	465
185	0.0991	0.127	0.128	0.2250	0.1230	495	460	615	530
240	0.0754	0.098	0.099	0.2160	0.1177	570	535	720	625
300	0.0601	0.078	0.08	0.2091	0.1139	630	600	815	715
500	0.0366	0.050	0.053	0.1957	0.1081	750	745	1010	925

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.

(B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

**BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:**

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.

## TABLA DE DATOS TECNICOS N2XSY 12/20 kV

### PARAMETROS FISICOS

SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR	PESO
			AISLAM.	CUBIERTA		
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km
35	7	6.92	5.5	1.2	23.8	749
50	19	8.15	5.5	1.2	25.0	933
70	19	9.78	5.5	1.2	26.7	1178
95	19	11.55	5.5	1.3	28.6	1483
120	37	13	5.5	1.4	30.3	1769
185	37	16.16	5.5	1.5	33.6	2466
240	37	18.51	5.5	1.6	36.3	3078
300	37	20.73	5.5	1.6	38.5	3706
400	61	23.51	5.5	1.6	41.3	4563

### PARAMETROS ELECTRICOS

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
mm <sup>2</sup>	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)	(B)
35	0.524	0.668	0.668	0.2865	0.1689	215	190	235	200
50	0.387	0.494	0.494	0.272	0.1572	250	225	270	240
70	0.268	0.342	0.342	0.2598	0.1492	305	275	350	300
95	0.193	0.247	0.247	0.2489	0.1416	365	325	420	360
120	0.153	0.196	0.196	0.240	0.1353	410	370	485	415
185	0.0991	0.127	0.128	0.2264	0.1274	500	465	615	535
240	0.0754	0.098	0.099	0.2174	0.1217	570	535	720	630
300	0.0601	0.078	0.08	0.2108	0.1185	635	605	815	715
400	0.047	0.062	0.064	0.2034	0.1143	690	675	905	820

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.

(B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

#### BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.



Empresa Nexans

## TABLA DE DATOS TECNICOS N2XSy 18/30 kV

### PARAMETROS FISICOS

SECCION NOMINAL mm <sup>2</sup>	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT mm	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO Kg/Km
			AISLAM. mm	CUBIERTA mm		
50	19	8.15	8.0	2	33.5	1367
70	19	9.78	8.0	2.1	35.3	1636
95	19	11.55	8.0	2.1	37.1	1940
120	37	13	8.0	2.2	38.8	2235
240	37	18.51	8.0	2.4	44.7	3676
300	37	20.73	8.0	2.5	47.1	4350
500	61	26.57	8.0	2.9	59.1	7206

### PARAMETROS ELECTRICOS

SECCION NOMINAL mm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DC a 20°C Ohm/Km	RESISTENCIA AC Ohm/Km		REACTANCIA INDUCTIVA Ohm/Km		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
50	0.387	0.494	0.494	0.2761	0.1711	250	230	280	245
70	0.268	0.342	0.342	0.2638	0.1622	305	280	350	300
95	0.193	0.247	0.247	0.2528	0.1539	365	330	425	365
120	0.153	0.196	0.196	0.2439	0.1471	410	375	485	420
240	0.0754	0.098	0.098	0.2211	0.1317	580	545	720	630
300	0.0601	0.078	0.08	0.2143	0.1278	645	610	815	720
500	0.0366	0.05	0.052	0.2004	0.1194	770	765	1015	930

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.

(B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

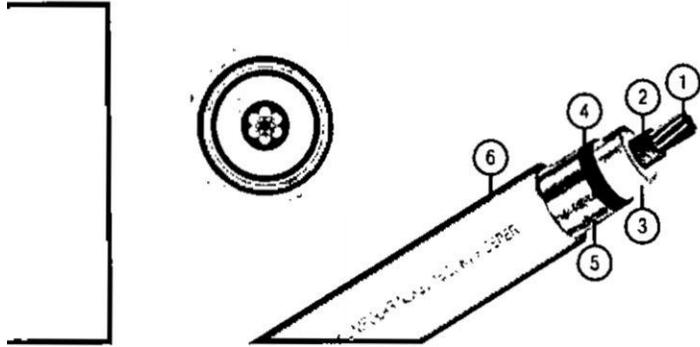
BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.

# ANEXO I

# 2XSY 12/20 (24) KV

Adecuados para instalaciones tanto horizontales como verticales, sujetas o no a vibraciones, en ambientes secos o húmedos, para tendidos subterráneos.



**Descripción cable:**

1. Conductor de cobre
2. Semiconductor interno
3. Aislamiento
4. Semiconductor externo
5. Pantalla
6. Cubierta

Energía Media Tensión

## 1. DESCRIPCIÓN:

1. Conductor de Cobre electrolítico temple suave cableado redondo compactado, clase 2 según norma IEC 60228.
2. Pantalla semiconductor extruida sobre el conductor.
3. Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).
4. Pantalla semiconductor rotulada "SEMICONDUCTOR" y extruida sobre el aislante.
5. Pantalla metálica: Hilos y/o cinta de cobre, puede incluir una cinta semiconductor higroscópica sobre y debajo esta pantalla metálica, para bloquear ingreso longitudinal de agua, según requerimientos.
6. Cubierta exterior de cloruro de polivinilo (PVC ST2) color rojo.

## 2. APLICACIONES:

Adecuados para instalaciones tanto horizontales como verticales, sujetas o no a vibraciones, en ambientes secos o húmedos, para tendidos subterráneos.

## 3. TENSIÓN DE DESIGNACIÓN:

$U_0/U = 12/20$  kV.

## 4. TEMPERATURA MÁXIMA EN EL CONDUCTOR:

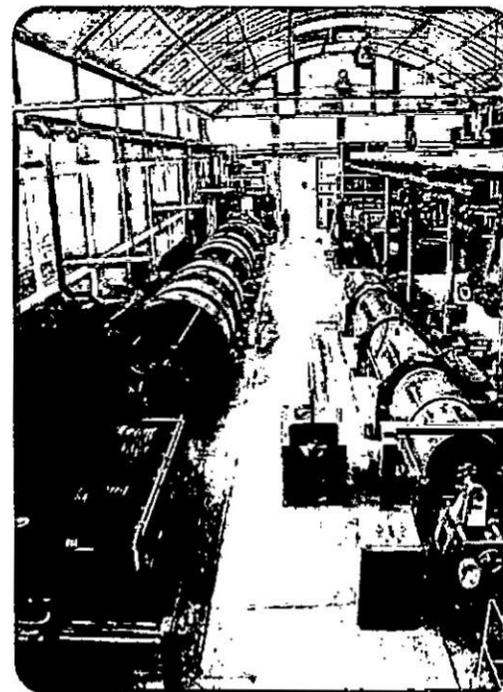
En operación normal	: 90° C
En condiciones de emergencia	: 130° C
En condiciones de cortocircuito	: 250° C

## 5. NORMA DE FABRICACIÓN:

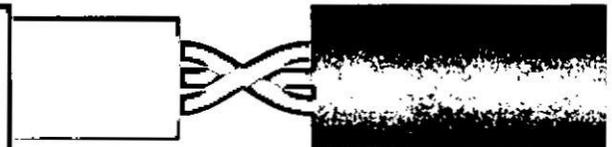
NTP-IEC 60502-2

## 6. MÁXIMA TENSIÓN DEL SISTEMA:

$U_m = 24,0$  Kv (categorías A o B según norma NTP-IEC 60502-2).



Temperatura máxima del conductor: 90°C	Resistencia a la humedad	No propagación de la llama	Protección al medio ambiente
--	--------------------------	----------------------------	------------------------------



**7. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES:**

Sección Nominal (mm <sup>2</sup> )	Número de Hilos por Conductor	Espesor Nominal (mm)		Diámetro Sobre Aislante (mm)	Diámetro Exterior Nominal (mm)	Peso Total Aproximado (kg/km)
		Aislante	Cubierta			
35	7	5,5	1,8	20,0	28,0	919
50	19	5,5	1,8	21,0	29,0	1063
70	19	5,5	1,8	22,5	31,0	1291
95	19	5,5	1,9	24,5	33,0	1592
120	37	5,5	2,0	26,0	34,5	1857
150	37	5,5	2,0	27,5	36,0	2151
185	37	5,5	2,1	29,0	38,0	2543
240	61	5,5	2,1	31,5	40,0	3125
300	61	5,5	2,2	33,5	42,5	3744
400	61	5,5	2,3	36,5	45,0	4578
500	61	5,5	2,4	39,5	49,0	5676

Valores nominales sujetos a tolerancias normales de manufactura.

**8. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:**

Sección Nominal (mm <sup>2</sup> )	Resistencia Conductor (Ohm/Km)		Capacidad Nominal µF/km	Reactancia Inductiva Ohm/Km a 60 Hz	Capacidad de Corriente (Amp)	
	a 20°C c.c.	a 90°C c.a.			Aire Libre 30°C	Enterrado Temp=25°C 0,9K-m/W
35	0,524	0,668	0,163	0,240	239	199
50	0,387	0,494	0,178	0,230	288	236
70	0,268	0,342	0,199	0,222	357	288
95	0,193	0,247	0,222	0,215	434	345
120	0,153	0,196	0,240	0,210	500	391
150	0,124	0,159	0,259	0,207	571	440
185	0,0991	0,127	0,281	0,203	651	496
240	0,0754	0,098	0,311	0,197	767	575
300	0,0601	0,079	0,339	0,193	874	648
400	0,0470	0,062	0,373	0,188	1014	737
500	0,0366	0,050	0,413	0,185	1160	833

Capacidad de corriente para 3 cables instalados con separación de un diámetro y en un solo plano. Profundidad de instalación enterrada: 80 cm.



Temperatura máxima del conductor: 90°C



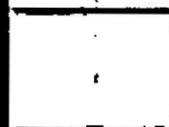
Resistencia a la humedad



No propagación de la llama



Protección al medio ambiente



# ANEXO J

Cables de Energía

# N2XSY desde 6kV hasta 30kV

## Cables Unipolares de Media Tensión

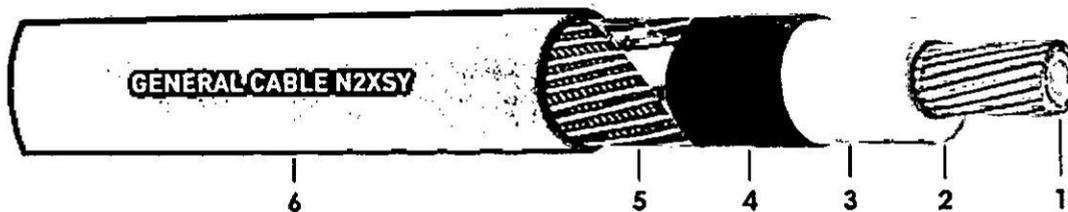


Foto Referencial

**Construcción**

1. Conductor: Conductor de cobre compactado, clase 2.
2. Capa semiconductora interna: Compuesto semiconductivo extruido termoestable de polietileno.
3. Aislamiento: Polietileno Reticulado retardante a las arborescencias (XLPE-TR).
4. Capa semiconductora externa: Compuesto semiconductivo extruido termoestable fácil de pelar.
5. Pantalla Metálica: Cinta y/o hebras de cobre aplicadas helicoidalmente, en el caso de sólo hebras se adiciona un fleje de cobre en contra espira.
6. Cubierta: Cubierta extruida de PVC FR.

Las capas semiconductoras y el aislamiento se aplican en triple extrusión simultánea.

- El aislamiento de Polietileno Reticulado TR permite reducir las arborescencias, encapsulando cualquier ramificación que pudiera perjudicar al mismo.
- Resistente a la humedad.
- La cubierta de PVC es retardante a la llama y con excelentes propiedades mecánicas.



**Normas de Referencia**

- NTP IEC 60228 (Conductores para cables aislados).
- NTP 370.255-2 (Cables de energía 1-30 kV).
- NTP IEC 60502-2 (Cables de energía 1-30 kV).

**Sistema de Gestión Certificado**

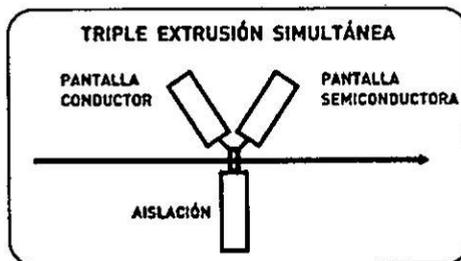
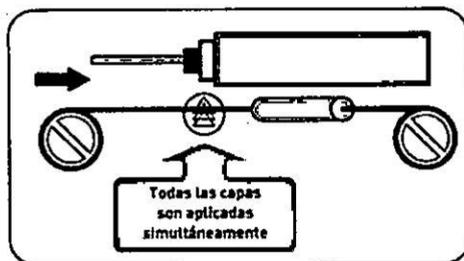
ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.

**Aplicaciones**

En circuitos primarios y de distribución en plantas industriales, comercio y plantas generadoras de energía eléctrica, donde se requiera alta resistencia del aislamiento.

Se emplea como alimentadores de subestaciones, centrales eléctricas, zonas urbanas y mineras.

Estos cables pueden instalarse al aire libre, en bandejas, ductos o directamente enterrados.



**Características**

- Tensión de Servicio: 8.7/15kV, 18/30kV.
- Temperatura de Servicio: 90°C en ambiente húmedo y seco.
- Temperatura de Emergencia: 130°C.
- Temperatura de C

**Color**  
Rojo.

**Secciones**  
Desde 25 mm<sup>2</sup> a 240 mm<sup>2</sup>.

**Embalaje**  
En carretes de mad

### Marcación

Los cables N2XSY llevarán la siguiente leyenda:

**GENERAL CABLE N2XSY (SECCIÓN mm<sup>2</sup>) Cu (TENSIÓN DE SERVICIO) kV XLPE-TR/PVC 90°C + Metraje Secuencial**



No propagación  
de la llama  
NTP IEC 60332-1



Libre de  
Plomo

### Información Técnica

Los valores aquí expresados son aproximados y están de acuerdo a tolerancias de fabricación.

#### ESPECIFICACIONES CONDUCTORES TIPO N2XSY 8,7/15kV

SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	DIÁMETRO CONDUCTOR APROXIMADO (mm)	ESPESOR AISLAMIENTO (mm)	DIÁMETRO TOTAL APROX. (mm)	PESO TOTAL APROX. (kg/km)	RESIST. ELÉCTRICA MÁX. DC 20°C (Ω/km)	RADIO DE CURVATURA MÍN. (mm)	CAPACIDAD DE CORRIENTE	
							DIRECT. ENT. (°) 20°C T. AMBIENTE	DIRECT. ENT. (°) 20°C T. AMBIENTE
25	6.0	4.5	24	778.0	0.727	192	144	133
35	7.0	4.5	25	893.0	0.524	200	172	159
50	8.1	4.5	26	1,044.8	0.387	208	203	188
70	9.7	4.5	28	1,281.6	0.268	224	246	229
95	11.4	4.5	30	1,570.5	0.193	240	293	274
120	12.8	4.5	32	1,830.6	0.153	256	332	311
150	14.2	4.5	33	2,135.6	0.124	264	366	347
185	16.0	4.5	35	2,522.0	0.0991	280	410	391
240	18.2	4.5	38	3,150.0	0.0754	304	470	453

#### ESPECIFICACIONES CONDUCTORES TIPO N2XSY 18/30kV

SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	DIÁMETRO CONDUCTOR APROXIMADO (mm)	ESPESOR AISLAMIENTO (mm)	DIÁMETRO TOTAL APROX. (mm)	PESO TOTAL APROX. (kg/km)	RESIST. ELÉCTRICA MÁX. DC 20°C (Ω/km)	RADIO DE CURVATURA MÍN. (mm)	CAPACIDAD DE CORRIENTE	
							DIRECT. ENT. (°) 20°C T. AMBIENTE	DIRECT. ENT. (°) 20°C T. AMBIENTE
50	8.1	8.0	35	1,485.0	0.387	280	203	188
70	9.7	8.0	37	1,772.3	0.268	296	246	229
95	11.4	8.0	38	2,100.0	0.193	304	293	274
120	12.8	8.0	40	2,391.0	0.153	320	332	311
150	14.2	8.0	42	3,000.0	0.124	336	366	347
185	16.0	8.0	43	3,188.0	0.0991	344	410	391
240	18.2	8.0	46	3,847.0	0.0754	368	470	453

# ANEXO K

TEMA DE TESIS:				
"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO CONSIDERANDO EL CAMBIO DE TENSIÓN DE 10 A 20 KV"				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>General</b> ¿El actual sistema eléctrico en media tensión de la UNAC está preparado para un funcionamiento en 20 KV?</p> <p><b>Específico 01</b> ¿En qué medida el cambio de equipos en las subestaciones optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV?</p> <p><b>Específico 02</b> ¿En qué medida el cambio del cable de enlace optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV?</p>	<p><b>General</b> Optimizar el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV.</p> <p><b>Específico 01</b> Optimizar el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV mediante la selección de celdas y transformador con tecnología de punta.</p> <p><b>Específico 02</b> Optimizar el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de tensión de 10 a 20 KV mediante la selección del cable de enlace adecuado.</p>	<p><b>General</b> El sistema de media tensión de la UNAC se optimizará mediante la selección de equipos con tecnología de punta en 20KV.</p> <p><b>Específico 01</b> El cambio de celdas y transformadores con tecnología de punta optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de 10 a 20KV.</p> <p><b>Específico 02</b> El cambio del cable de enlace con tecnología de punta optimizara el sistema eléctrico en media tensión de la UNAC considerando el cambio de 10 a 20KV.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> X= Cambio de tensión de 10 A 20 KV.</p> <p><b>Variable Dependiente</b> Y= Optimización del sistema eléctrico en media tensión de la universidad nacional del Callao.</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b> El estudio a realizar corresponde al tipo de investigación: Tecnológico - Aplicativo, en la cual se realizará la aplicación de tecnología última en cuanto a Sistemas Eléctricos, iniciándose el mes de Enero del año 2018 y cuyo término será en Diciembre del año en curso.</p> <p><b>Diseño de investigación</b> <b>Paso 1:</b> Recopilar información actual de las subestaciones de la UNAC. <b>Paso 2:</b> Modelamiento del estado actual de las subestaciones eléctricas mediante Software Etap Electrical Power System Analisis. <b>Paso 3:</b> Análisis y procesamiento de resultados. <b>Paso 4:</b> Realización de cálculos justificativos acorde a normas vigentes de nueva propuesta para sistema eléctrico en 20 KV. <b>Paso 5:</b> Selección de nuevo equipamiento de media tensión. <b>Paso 6:</b> Modelamiento de nueva propuesta de las subestaciones eléctricas. <b>Paso 7:</b> Conclusiones y resultados.</p>

**Postulantes:**

**BACH. ARIAS HUAMANI MICHAEL ANTONIO**

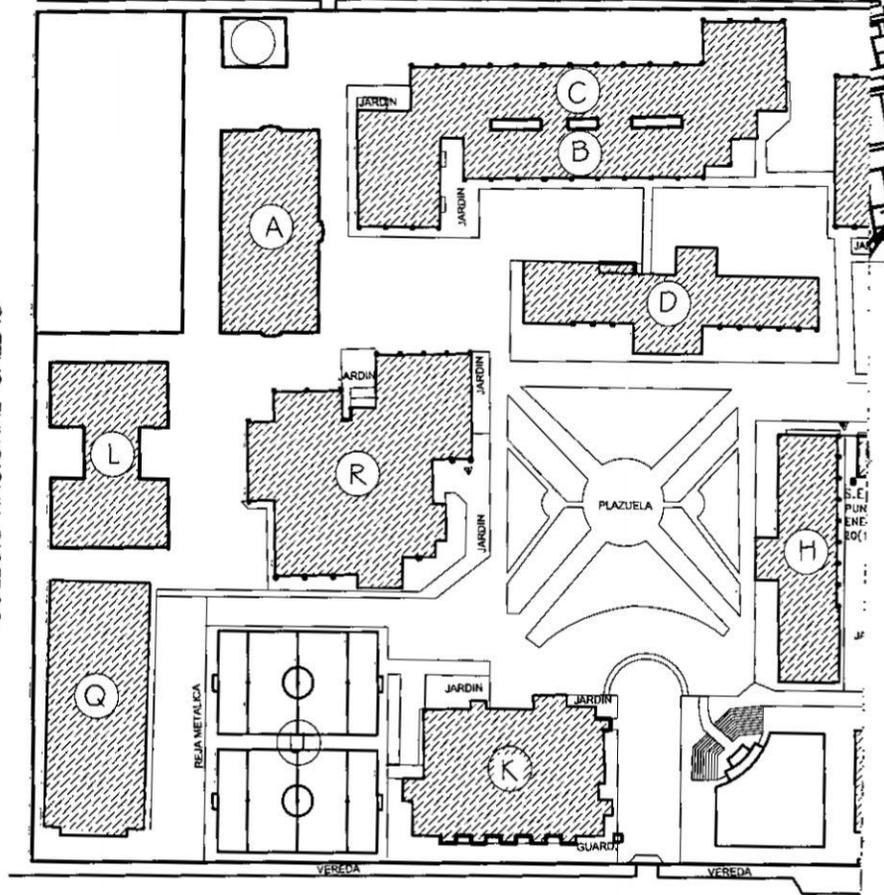
**BACH. BENDEZU LAPA CARLOS ALONSO**

**BACH. LESCOANO ASMAT PERCY**

# ANEXO L

AV. ALEJANDRO GRANDA

COLEGIO NACIONAL "CALLAO"



AV. JUAN

DISTRIBUCION DE

FACULTADES

- A.-FAC. DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS
- B.-FAC. DE CIENCIAS CONTABLES
- C.-FAC. DE CIENCIAS ECONOMICAS
- D.-FAC. DE CIENCIAS DE LA SALUD
- E.-FAC. DE INGENIERIA MECANICA - ENERGIA
- F.-FAC. DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
- G.-FAC. DE INGENIERIA QUIMICA
- H.-FAC. DE ING. AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
- I.-FAC. DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
- J.-FAC. DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
- K.-FAC. CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

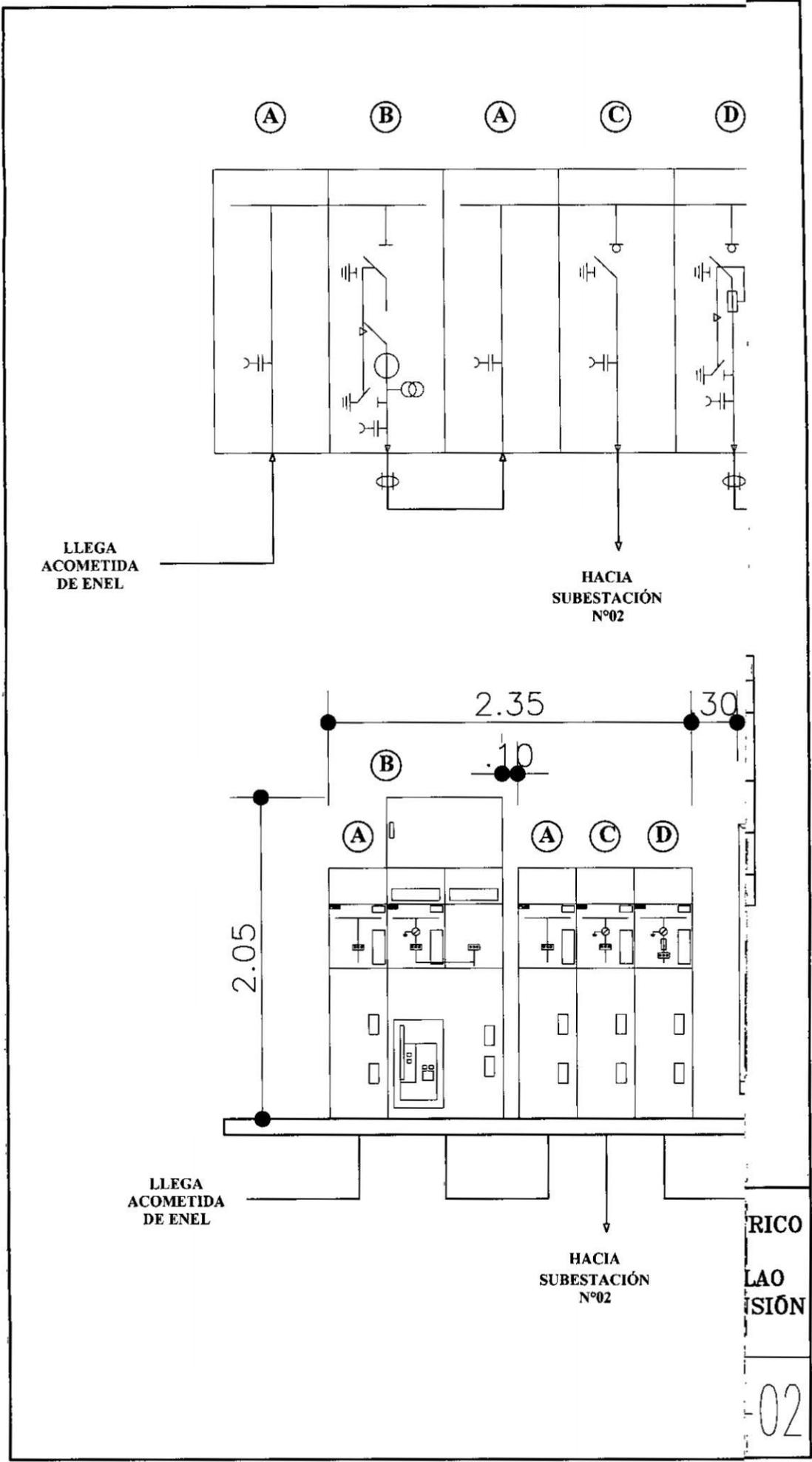
LABORATORIOS Y TALLERES

- L.-CENTRO DE TELEMATICA
- M.-LABORATORIO DE ING. ELECTRICA Y ELECTRONICA

- N.-LAB
- O.-LAB
- P.-LAB
- SEI
- Q.-CEN
- R.-BIB
- S.-CEN
- T.-OFI
- ACA
- U.-LOC

CO  
ON

1



LLEGA  
ACOMETIDA  
DE ENEL

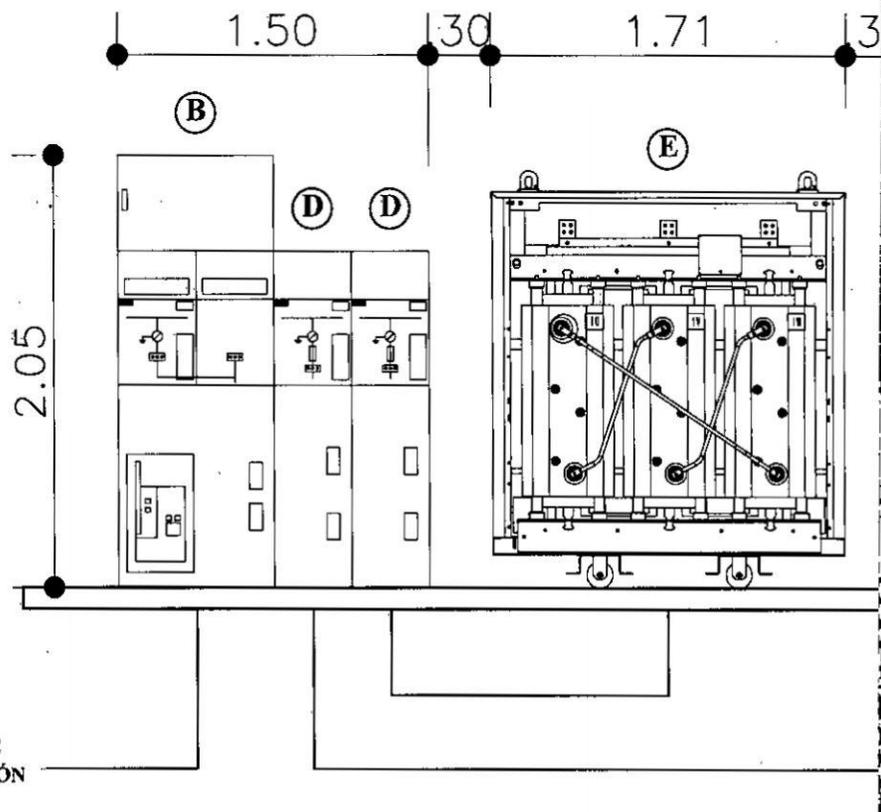
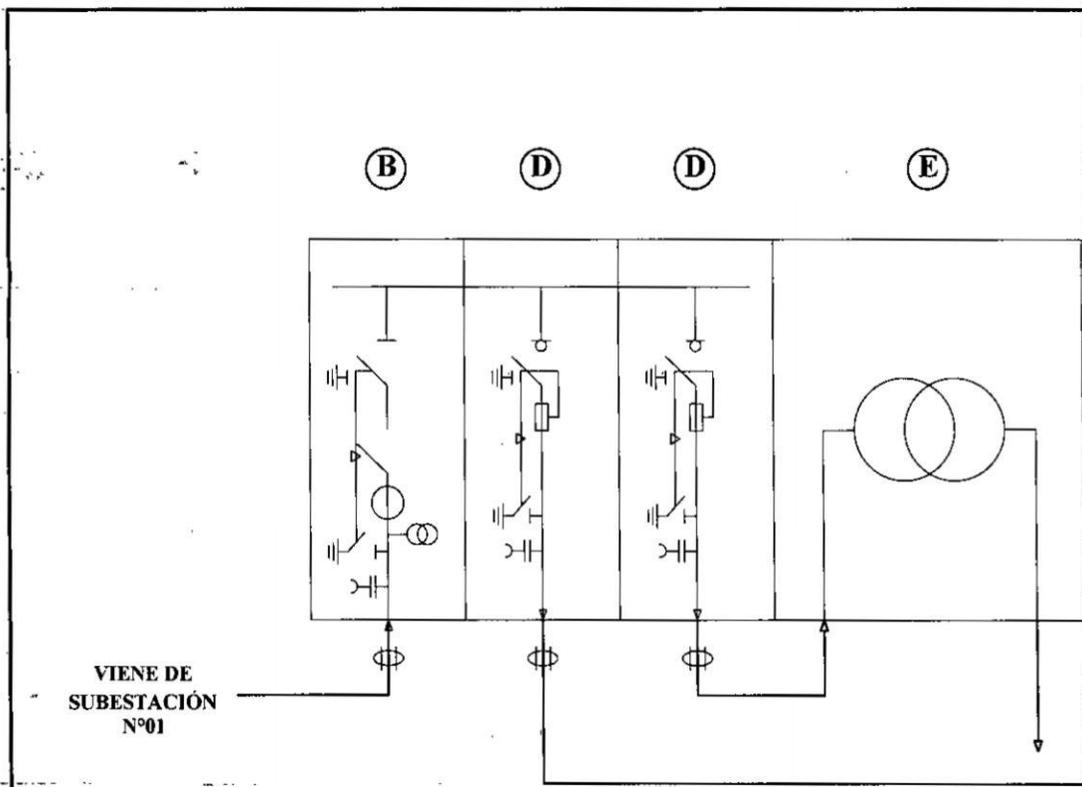
HACIA  
SUBESTACIÓN  
N°02

LLEGA  
ACOMETIDA  
DE ENEL

HACIA  
SUBESTACIÓN  
N°02

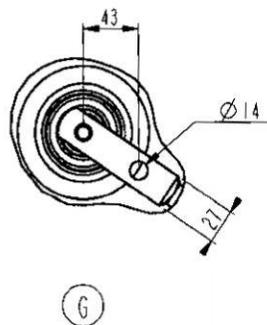
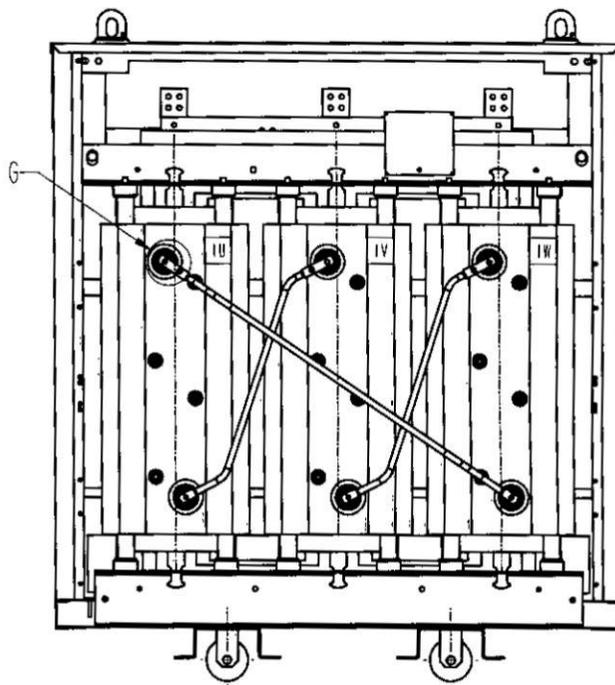
RICO  
LAO  
SIÓN

02



# VISTAS

## VISTA TRASERA

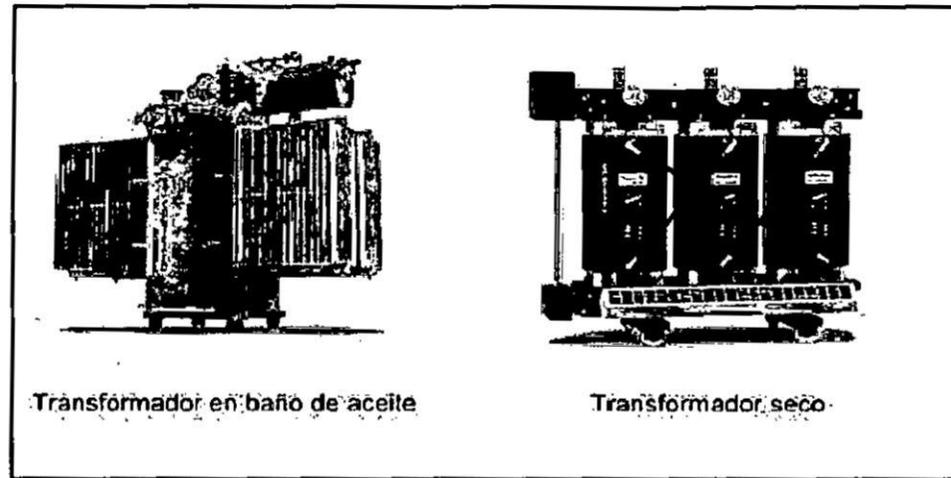


ICO  
AO  
IÓN

04

# ANEXO M

**COMPARATIVA DE TRANSFORMADOR SECO VS TRANSFORMADOR EN ACEITE**



Transformador en baño de aceite	Transformador en seco
Menor costo unitario. Su precio podría ser del orden de la mitad que el de uno seco de la misma potencia y tensión.	Mayor costo unitario, podría llegar a ser del orden del doble.
Mayor costo de instalación (obra civil por depósito colector de aceite).	Menor coste de instalación al no necesitar el depósito colector en la obra civil, antes mencionado.
Menor nivel de ruido .	Mayor nivel de ruido.
Pueden instalarse en la interperie.	De uso interior.
Sin limite de potencias a fabricar.	En el mercado, disponibles sólo hasta 36 kV y hasta 15 MVA.
Menores pérdidas de vacío,	Mayores pérdidas de vacío.
Baja temperatura de inflamación del aceite, y por tanto el riesgo de incendio con desprendimiento elevado de humos. Según la norma UNE, el valor mínimo admisible de la temperatura de inflamación del aceite para transformadores, es de 140 °C. Por este motivo (también por razones medioambientales), debajo de cada transformador, debe disponerse un pozo o depósito colector, de capacidad suficiente para la totalidad del aceite del transformador, a fin de que, en caso de fuga de aceite se colecte y se recoja en dicho depósito.	Mucho menor riesgo de incendio. Los materiales empleados en su construcción (resina epoxy) son autoextinguibles, y no producen gases tóxicos o venenosos. Se descomponen a partir de 300 °C y los humos que producen son muy tenues y no corrosivos. En caso de fuego externo (en el entorno), cuando la resina alcanza los 350 °C arde con llama muy débil y al cesar el foco de calor se autoextingue aproximadamente a los 12 segundos.
Grandes dimensiones.	Dimensiones compactas.
El riesgo de incendio obliga también a que las paredes y techo de la obra civil del CT sean resistentes al fuego.	Puede ser instalado en ambientes cerrados (considerando la adecuada ventilación).
Alta frecuencia de mantenimiento.	Baja frecuencia de mantenimiento.

Fuente: *Publicación Técnica Schneider Electric PT-004 "Centro de transformación MT/BT"*

**Nota:**

Para el presente estudio de tesis se escogió trabajar con la tecnología en Seco principalmente debido a:

- Reducidas dimensiones.
- Menor riesgo de incendio.
- Baja frecuencia de mantenimiento.
- Es una buena opción para el ambiente cerrado con el que disponemos.