

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO ELÉCTRICO DEL CAMBIO DE NIVEL DE  
TENSIÓN DE 10 KV A 20 KV DEL SISTEMA DE  
UTILIZACIÓN DE UNA INSTITUCIÓN DE FORMACIÓN  
TÉCNICA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PIERRE SALVADOR PACCI ROBLES**

**PROMOCIÓN 2 010- II**

**LIMA-PERÚ**

**2 013**

Este trabajo está dedicado a mis padres, ellos me apoyaron en todo momento, ellos nunca dejan de creer en mí, con todo mi aprecio y cariño para las personas más importantes en mi vida Sylvia Robles M. y Claudio Pacci M.

Agradezco a mis padres, mis hermanos, a los profesores de la FIM, a la Universidad Nacional de Ingeniería que me brindaron los conocimientos esenciales para el desempeño en lo académico, profesional y personal, me enseñaron a prepararme para la vida y finalmente a todas aquellas personas que me apoyaron en mi desarrollo profesional en el transcurso de mi carrera inclusive, mi eterna gratitud.

## INDICE

<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2. OBJETIVO PRINCIPAL</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3. OBJETIVOS SECUNDARIOS</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>1.5. ALCANCES</b> .....	<b>11</b>
<b>1.6. RECURSOS EMPLEADOS</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA, IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1. DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA INSTITUCIÓN DE FORMACIÓN TÉCNICA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2. DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA INSTITUCIÓN DE FORMACIÓN TÉCNICA.</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO</b> .....	<b>18</b>
<b>CAPITULO III</b>	
<b>FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1. DEFINICIONES PARA SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2. DEMANDA ELÉCTRICA Y OPCIONES TARIFARIAS</b> .....	<b>25</b>
<b>3.3. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3.1. DIMENSIONAMIENTO DEL CABLE SUBTERRÁNEO:</b> .....	<b>28</b>
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1. EVALÚA EL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 10 kV PARA EL SISTEMA EXISTENTE.</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.1. DETERMINA LA DEMANDA ACTUAL</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.2. CÁLCULO JUSTIFICATIVO DE SISTEMA INICIAL EN 10 kV.</b> .....	<b>38</b>

4.1.3. LOGROS DE LA VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL SISTEMA EXISTENTE	45
4.2. DISEÑA EL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 20 kV (PARA OPERACIÓN INICIAL EN 10 kV) PARA EL SISTEMA PROYECTADO.....	47
4.2.1. CÁLCULO LA DEMANDA SEGÚN LOS EQUIPOS .....	47
4.2.2. CALCULO JUSTIFICATIVOS DE SISTEMA PROYECTADO EN 10 kV.....	47
4.2.3. CALCULO JUSTIFICATIVOS DE SISTEMA PROYECTADO EN 20 kV .....	54
4.2.4. LOGROS DEL DISEÑO A LAS CONDICIONES DEL SISTEMA PROYECTADO .....	60
4.3. COMPARACIÓN PARÁMETROS INDICADORES EL SISTEMA EXISTENTE Y PROYECTADO CON RESPECTO AL VALOR MÁXIMO PERMITIDO.....	63
4.3.1.VARIACIÓN DE LA DEMANDA .....	63
4.3.2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL SISTEMA EXISTENTE Y EL SISTEMA PROYECTADO .....	65
4.3.3.LOGROS Y COMPARACIONES DEL SISTEMA EXISTENTE Y PROYECTADO .....	67
CONCLUSIONES .....	68
RECOMENDACIONES .....	70
BIBLIOGRAFÍA .....	71
PLANOS .....	71
APÉNDICE.....	71

## LISTADO DE TABLAS

<b>TABLA 4.1 DEMANDA DE POTENCIA ACTUAL SEGÚN LA CARGA DE LOS EQUIPOS .....</b>	<b>37</b>
<b>TABLA 4.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, PARÁMETROS INDICADORES Y CÁLCULOS DE LOS SUBSISTEMAS PARA EL SISTEMA EXISTENTE EN 10 kV. ....</b>	<b>44</b>
<b>TABLA 4.3 REFERENCIA DE CABLES EN EL SISTEMA EXISTENTE.....</b>	<b>45</b>
<b>TABLA 4.4 SE MUESTRA A CONTINUACIÓN EL RESUMEN DE LA VERIFICACIÓN DE DISEÑO EXISTENTE. ....</b>	<b>46</b>
<b>TABLA 4.5 DEMANDA DE POTENCIA PROYECTADA SEGÚN LA CARGA DE LOS EQUIPOS .....</b>	<b>47</b>
<b>TABLA 4.6 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, PARÁMETROS INDICADORES Y CÁLCULOS DE LOS SUBSISTEMAS PARA EL SISTEMA PROYECTADO EN 10 kV. ....</b>	<b>53</b>
<b>TABLA 4.7 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, PARÁMETROS INDICADORES Y CÁLCULOS DE LOS SUBSISTEMAS PARA EL SISTEMA PROYECTADO EN 20 kV. ....</b>	<b>59</b>
<b>TABLA 4.8 REFERENCIA DE CABLES EN EL SISTEMA PROYECTADO .....</b>	<b>60</b>
<b>TABLA 4.9 RESULTADOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL DISEÑO PROYECTADO A 10 kV .....</b>	<b>61</b>
<b>TABLA 4.10 RESULTADOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL DISEÑO PROYECTADO A 20 kV .....</b>	<b>62</b>
<b>TABLA 4.11 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA EXISTENTE EN 10 kV .....</b>	<b>65</b>
<b>TABLA 4.12 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA PROYECTADO EN 10 kV .....</b>	<b>65</b>
<b>TABLA 4.13 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA PROYECTADO EN 20 kV .....</b>	<b>66</b>

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

<b>ILUSTRACIÓN 2.1 SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE DE LA INSTITUCIÓN DE FORMACIÓN TÉCNICA. ....</b>	<b>15</b>
<b>ILUSTRACIÓN 2.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS S.E. EXISTENTES EN LA INSTITUCIÓN DE FORMACIÓN TÉCNICA.....</b>	<b>16</b>
<b>ILUSTRACIÓN 3.1 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b>	<b>24</b>
<b>ILUSTRACIÓN 3.2 OPCIONES TARIFARIAS EN MEDIA TENSIÓN Y SUS RESPECTIVOS CONCEPTOS DE FACTURACIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4.1. DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE EN 10 kV.....</b>	<b>33</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4.2 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO DE LA RED PUNTO DE ENTREGA A S.E. N°1 ...</b>	<b>38</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4.3 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO Y DISTRIBUCIÓN DEL PUNTO DE ENTREGA Y LA S.E. N° 1 A LOS SUB SISTEMAS.....</b>	<b>43</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4.4 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO DE RED DEL PUNTO DE ENTREGA A S.E. N°1 .</b>	<b>48</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4.5 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO Y DISTRIBUCIÓN DEL PUNTO DE ENTREGA Y LA S.E. N°1 A LAS S.E. ....</b>	<b>52</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4.6 CARACTERÍSTICAS DE LA RED PUNTO DE ENTREGA A S.E. N°1 .....</b>	<b>54</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4.7 CARACTERÍSTICAS DEL RECORRIDO Y DISTRIBUCIÓN DEL PUNTO DE ENTREGA Y LA S.E. N° 1 A LOS SUB SISTEMAS.....</b>	<b>58</b>
<b>ILUSTRACIÓN 4.8 COMPARATIVO DE DEMANDA MÁXIMA DE SISTEMA EXISTENTE Y PROYECTADO POR SUBESTACIÓN. ....</b>	<b>64</b>

## PRÓLOGO

En el capítulo 1 Realizamos una breve introducción sobre el sistema de utilización en 20 kV (Operación inicial en 10 kV), hacemos referencia a los antecedentes relacionados al sistema de utilización en estudio respecto a los años previos, presentamos los objetivos sobre del diseño del sistema, además se incluye aspectos justificativos es decir motivos por los cuales se desarrolla el trabajo, el alcance del trabajo, recursos empleados y además las limitaciones del presente trabajo; en el capítulo 2 desarrollamos la descripción del sistema de utilización existente detallando cada uno de los subsistemas que lo conforman y el estado en el que se encontraron. Además, realizamos la identificación del problema de acuerdo a la situación actual, proyección de acuerdo a la necesidad y planteamos la hipótesis ligada de manera directa con el problema y la necesidad, incluyendo el uso de normativa vigente; en el capítulo 3 realizamos la descripción y desarrollo del fundamento teórico correspondiente al tema de estudio, con lo cual se incluyen definiciones, conceptos y procedimientos fundamentales; concernientes al sistema eléctrico, problema planteado y a la normativa; en el capítulo 4 realizamos el desarrollo de la solución del problema mediante cálculos justificativos, siguiendo los procedimientos y consideraciones fundamentales de la normativa vigente tanto del CNE y de la Normativa de Proyectos y Obras, finalmente mostramos las conclusiones finales avalados de cuadros comparativos de los cálculos y gráficos de los escenarios iniciales y finales finalmente planteamos la tesis de acuerdo a lo obtenido demostrando la ejecución del diseño, sostenido del desarrollo en capítulos previos.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas eléctricos de distribución se dividen en primarios y secundarios los cuales se utilizan para brindar el servicio público de electricidad, a todos los usuarios mediante tarifas reguladas por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), además están los sistemas de utilización en media tensión, los cuales son utilizados para suministrar energía eléctrica en forma particular a un único usuario, no siendo su uso para viviendas. Los sistemas eléctricos de utilización comúnmente son dimensionados por la carga que dispone tener el usuario y según cada uno de sus sub sistemas eléctricos. Usualmente debido a ampliaciones y modificaciones estos sistemas eléctricos deben ser redimensionados y reforzados debido a la variación de demanda por incremento de carga en algunos sub sistemas. En el trabajo se enfoca en cambio y refuerzo del sistema eléctrico de un sistema que opera en un inicio en 10 kV de lo cual podemos plantear el objetivo de estudio.

## **1.1. Antecedentes**

Los trabajos que hacen referencia al tema en desarrollo, en el Perú, se iniciaron después del 1 984, bajo normativas como “Elaboración y conformidad de proyectos de sistemas de utilización a tensiones de distribución primaria a cargo de terceros” y “Ejecución y control de obras en sistemas de utilización a tensiones de distribución primaria a cargo de terceros”, aprobadas en 1 984. Algunos de los trabajos que se ejecutaron anteriormente fueron "Proyecto del sistema de utilización en media tensión 22,9 kV (operación inicial 10 kV) para las instalaciones de Iesa S.A. local Chilca". 2 007 y “Proyecto: sistema de utilización en media tensión 22,9 kV para el predio de Museo lugar de la memoria (operación inicial 10 kV)” 2 010, con lo cual se realiza el diseño como parte del respectivo proyecto.

## **1.2. Objetivo principal**

El objetivo principal de este informe es realizar el diseño eléctrico de cambio de nivel de tensión de 10 kV a 20 kV del sistema de utilización de una Institución de Formación Técnica además brindar una metodología de análisis de sistemas de utilización.

## **1.3. Objetivos secundarios**

Verificar la situación actual del sistema, determinar los parámetros eléctricos de diseño y evaluar de los sistemas tanto para el sistema existente, como para el sistema proyectado, acotados con valores recomendados según normativa, que nos permitan obtener el sistema eléctrico adecuado para la

demanda eléctrica proyectada y finalmente garantizar las características del sistema eléctrico basado en condiciones finales de diseño.

#### **1.4. Justificación**

El trabajo se justifica por cambio que se proyecta para sistema de utilización de la Institución de Formación Técnica, de operación inicial en 10 kV con una demanda máxima contratada de 700 kW, a la configuración final para operación en 20 kV (operación inicial 10 kV) y una demanda máxima contratada de 2 400 kW, se justifica bajo el lineamiento de modernización del sistema eléctrico de utilización para la Institución de Formación Técnica, mejorar la calidad y confiabilidad. Con lo cual se realizaría el refuerzo de las características eléctricas de los conductores y equipamientos en media tensión, que forman parte de este sistema.

#### **1.5. Alcances**

El alcance del trabajo abarca el diseño del sistema de utilización para operación final a nivel de tensión de 20 kV (operación inicial en 10 kV). Este proceso implica realizar cálculos eléctricos demanda de potencia del sistema y sub sistemas según la carga y la proyección. Además de dimensionamiento de conductores subterráneos (cálculos eléctricos de caída de tensión, corriente de cortocircuito, etc.)

El diseño contempla lo siguiente:

- Determinación de parámetros eléctricos y dimensionamiento de la red primaria de media tensión particular 20/10 kV desde el punto de diseño (S.E. N° 686) hasta la subestación particular N° 1 (subestación principal).

- Determinación de parámetros eléctricos y dimensionamiento de la red primaria de media tensión particular 20/10 kV desde la S.E. particular N° 1 (principal) hasta las subestaciones particulares N°s 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 ubicados en el interior del predio.

Con respecto a las limitantes del presente trabajo, cabe indicar y aclarar que el presente estudio no abarca cálculos de frecuencia de armónicos en sistemas de potencia, puesto que de manera convencional y según lo que se requiere para desarrollo de proyectos según la normativa eléctrica y de proyectos y obras, estos cálculos no son necesarios ni exigidos por normativa para sistemas eléctricos a este nivel de diseño. El estudio de este fenómeno se realiza en etapas posteriores cuando tenga relevancia y que el sistema lo requiera, dependerá de la cantidad de equipos que perturben el sistema en lo que respecta a la inyección de armónicos. Indicamos y aclaramos que no es tema de estudio del presente informe.

#### **1.6. Recursos empleados**

Los recursos empleados para el trabajo se basan en la normativa que hace referencia a Sistemas eléctricos, Sistemas de utilización y normativa en el ámbito energético nacional en consecuencia internacional, software de diseño y el apoyo de los profesionales en el tema, los cuales nos apoyan en determinar nuestro objetivo. La normativa utilizada es la siguiente:

- La Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento de la LCE (2 010).
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (1 997).

- Código Nacional de Electricidad - Suministro 2 011.
- Código Nacional de Electricidad - Utilización 2 006.
- Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución (2 002).
- Norma de “Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final” (2 009).

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA, IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Actualmente la Institución de Formación Técnica cuenta con el suministro eléctrico N° 0286722 con una carga contratada de 750 kW a la tensión nominal de 10 kV, y opción tarifaria MT3. El punto de diseño actual es la subestación N° 686, celda N° 5. Para cubrir su demanda actual del sistema de utilización existente.

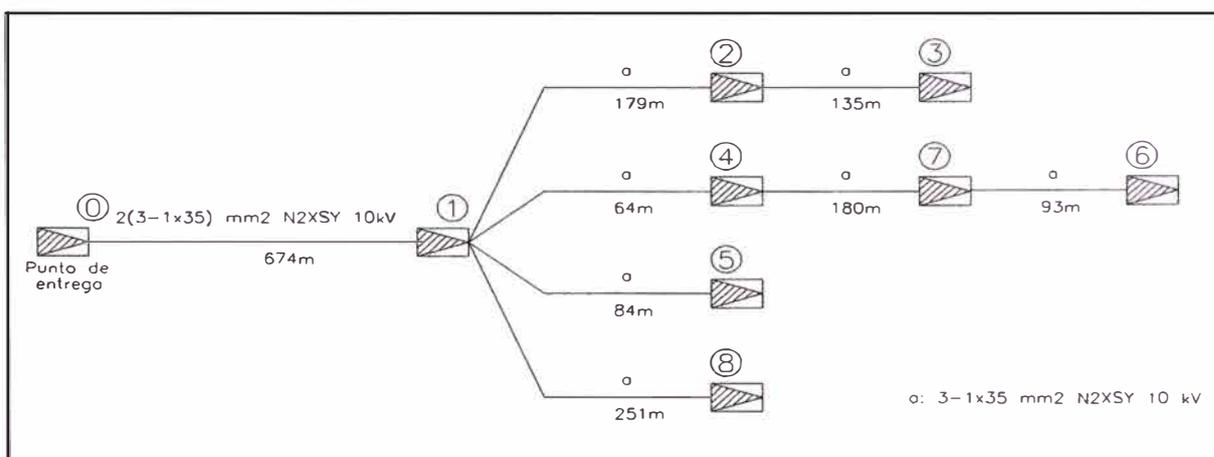
#### **2.1. Descripción actual del sistema eléctrico de la Institución de Formación Técnica**

El sistema eléctrico de la empresa cuenta con una máxima demanda contratada de 700kW a un nivel de tensión de 10 kV y 8 subestaciones auxiliares, una principal que llega desde el punto de suministro en la celda 5 de Edelnor hasta la sub estación principal y la otras 7 que están conectadas a la subestación principal y tienen derivaciones para cumplir la finalidad de suministro a diversas cargas.

El recinto actualmente cuenta con un sistema eléctrico conformado por red de alimentación primaria en 10 kV, doble terna de cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, con

punto de diseño en la subestación N° 686, el cual alimenta la subestación principal N° 1 del predio. Desde la subestación N° 1 se derivan cuatro (4) circuitos alimentadores que suministran energía a siete (7) subestaciones según lo siguiente:

- Cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, 10 kV, que alimenta las subestaciones N° 2 y 3.
- Cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, 10 kV, que alimenta las subestaciones N° 4, 7 y 6.
- Cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, 10 kV, que alimenta la subestación N° 5.
- Cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, 10 kV, que alimenta la subestación N° 8.



**Ilustración 2.1 Sistema eléctrico existente de la Institución de Formación Técnica.**

## **2.2. Descripción actual de la funcionalidad del sistema eléctrico en la Institución de Formación Técnica.**

El sistema de utilización eléctrico permite suministrar energía eléctrica al predio y sus diferentes subsistemas (subestaciones auxiliares) cubriendo así su demanda de 700 kW en 10 kV utilizando celdas de media tensión panel

nivel de 10 kV para sistemas de interrupción y seccionamiento y transformación.

El equipamiento electromecánico existente con referencia a la carga designada es el siguiente:

S.E. N° 1, Subestación Principal

S.E. N° 2, Subestación Subterránea

S.E. N° 3, Subestación Autosoportada

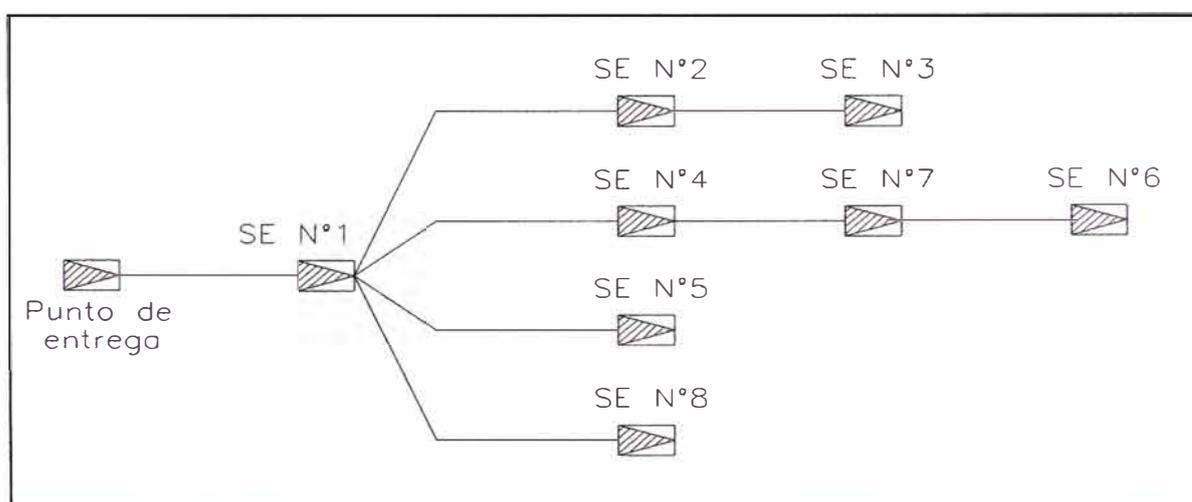
S.E. N° 4, Subestación Textiles

S.E. N° 5, Subestación Artes Gráficas

S.E. N° 6, Subestación Matricería

S.E. N° 7, Subestación Fundición

S.E. N° 8, Subestación Edificio



**Ilustración 2.2 Distribución de las S.E. existentes en la Institución de Formación Técnica**

### 2.3. Identificación del problema

El problema se enfoca en el cambio del sistema de utilización existente, debido a la variación de tensión y al incremento de carga que se proyecta. El sistema que opera en un inicio 10 kV con carga máxima contratada de 700kW se proyecta el cambio a una operación de 20 kV (operación inicial 10 kV) con carga máxima contratada de 2 400kW, el sistema está definido como zona de desarrollo por Edelnor motivo por el cual estará disponible para operar con dos niveles de tensión en 10 kV y 20 kV, para lo cual se tendrá que diseñar un sistema que permita este cambio en el nivel de tensión según los requerimientos.

Es debido al cambio de potencia que se deberá realizar un proyecto de elaboración (el diseño como parte del proyecto, que es tema del presente estudio), en referencia a lo que hace mención en la Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución.<sup>1</sup>

Además, teniendo en cuenta lo que se menciona en la Ley de concesiones eléctricas en el Artículo 82°. " Todo solicitante, ubicado dentro de una zona de concesión de distribución, tendrá derecho a que el respectivo concesionario le suministre energía eléctrica, previo cumplimiento de los requisitos y pagos que al efecto fije la presente Ley y el Reglamento, conforme a las condiciones técnicas que rijan en el área. Los pagos efectuados constituyen derecho intransferible a favor del predio para el cual se solicitó.

---

<sup>1</sup> Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución. Apartado 7.2 página 9

Cc. Art. 34 Inc. a) Ley. Arts. 163, 164, 165, 171 al 173 Reglamento.”<sup>2</sup>, se tiene el derecho para la solicitud y tendrá que cumplir con los requisitos que soliciten.

#### **2.4. Hipótesis de trabajo**

Es posible realizar el diseño para del cambio de nivel de tensión de 10 kV a 20 kV del sistema de utilización de la Institución de Formación Técnica y brindar una adecuada especificación con el diseño.

---

<sup>2</sup> Ley De Concesiones Eléctricas y su reglamento. Apartado VI, Artículo 82°, página 36

## **CAPITULO III**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

En esta capítulo se trataran los fundamentos teóricos según la normativa, que utilizamos como herramientas, además nos permitan lograr la demostración de la hipótesis y también objetivos secundarios, así como la determinación de las características eléctricas principales que caracterizan el sistema eléctrico de utilización.

#### **3.1. Definiciones para Sistema de utilización en media tensión**

Se definen los siguientes términos importantes para el sistema de utilización según normativa indicada anteriormente.

**“Usuarios en Media Tensión** Son usuarios en Media Tensión (MT) aquellos que están conectados con su empalme a redes cuya tensión de suministro es superior a 1 kV (kV = kilovoltio) y menor a 30 kV.”<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Norma “Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final” página 2

### **“Horas de Punta y Horas Fuera de Punta**

a) Se entenderá por horas de punta (HP), el periodo comprendido entre las 18:00 y las 23:00 horas de cada día de todos los meses del año.

Si el equipo de medición correspondiente a la opción tarifaria elegida por el usuario lo permite o si el usuario solicita a la empresa distribuidora el acondicionamiento de su sistema de medición a costos establecidos en la regulación de los costos de conexión, se exceptuará en la aplicación de las horas de punta, los días domingos, los días feriados nacionales del calendario regular anual y los feriados nacionales extraordinarios programados en días hábiles. En el caso que la medición sólo permita programar los feriados con antelación solo se considerarán los domingos y los feriados nacionales del calendario regular anual, en caso contrario se considerarán además los feriados nacionales extraordinarios programados en días hábiles, según se señala en las condiciones específicas de cada opción tarifaria.

b) Se entenderá por horas fuera de punta (HFP), al resto de horas del mes no comprendidas en las horas de punta (HP).”<sup>4</sup>

**“Equipo eléctrico:** Término que incluye aparatos, artefactos, dispositivos, instrumentos, maquinaria, materiales, etc., que son usados como partes en la generación, transformación, transmisión, distribución o utilización de un sistema de energía eléctrica; y, sin ninguna restricción en general; lo precedente incluye cualquier ensamble o combinación de materiales o cosas que puedan ser utilizadas o adaptadas para cumplir o ejecutar algún

---

<sup>4</sup> Norma “Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final” Página 4

propósito particular o función, cuando se emplean en una instalación eléctrica.”<sup>5</sup>

**“Clientes de media tensión:** Son clientes en media tensión aquellos que están conectados con su empalme a redes cuya tensión de suministro es superior a 440 voltios y menor a 30 kV.”

**“6.5 Concesionario de Distribución de Energía Eléctrica:** Es la persona natural o jurídica, nacional o extranjera, que desarrolla actividades de distribución de energía eléctrica en una zona de concesión establecida por el Ministerio de Energía y Minas, cuya demanda supere los 500 kW. En el texto de esta norma se le denomina Concesionario.

**6.6 Conexiones de Media Tensión:** Conjunto de dispositivos e instalaciones efectuadas a tensiones mayores a 1 kV y menores de 30 kV, comprende: los dispositivos de maniobra y dispositivos de protección, el sistema de medición y elementos complementarios, la estructura de soporte o compartimiento que alberga los equipos, las barras y accesorios para la conexión eléctrica correspondiente.”<sup>6</sup>

**“6.16 Punto de Diseño:** Es el lugar asignado por el Concesionario a partir del cual se debe iniciar el proyecto del Sistema de Distribución o Sistema de Utilización en Media Tensión.

---

<sup>5</sup> Código Nacional de electricidad – Utilización sección 010: introducción página. 12

<sup>6</sup> Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución. (2002-09-27) página 4,5

**6.17 Punto de Entrega:** Para los suministros en media o baja tensión, se considera como punto de entrega el empalme de las instalaciones de propiedad del usuario y las instalaciones del Concesionario

**6.18 Sistema de Distribución:** Es el conjunto de instalaciones eléctricas comprendidas desde un sistema de generación o transformación a media tensión, hasta los puntos de entrega de los usuarios de media o baja tensión, inclusive las unidades de alumbrado público.

Comprende lo siguiente:

**6.18.1 Subsistema de Distribución Primaria:** Son las redes y subestaciones cuyas tensiones de servicio son mayores de 1 kV y menores de 30 kV.

**6.18.2 Subsistema de Distribución Secundaria:** Son las redes de servicio público cuyas tensiones de servicio son iguales o menores a 1 kV.

**6.18.3 Instalaciones de Alumbrado Público:** Son las redes y unidades de alumbrado destinadas al alumbrado público de las vías, plazas y parques.

**6.19 Sistema de Utilización en Media Tensión:** Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones eléctricas de Media Tensión, comprendida desde el punto de entrega hasta los bornes de Baja Tensión del transformador, destinado a suministrar energía eléctrica a un predio. Estas instalaciones pueden estar ubicadas en la vía pública o en propiedad privada, excepto la subestación, que siempre deberá instalarse en la propiedad del Interesado. Se entiende que quedan fuera de este concepto las electrificaciones para usos de vivienda y centros poblados.

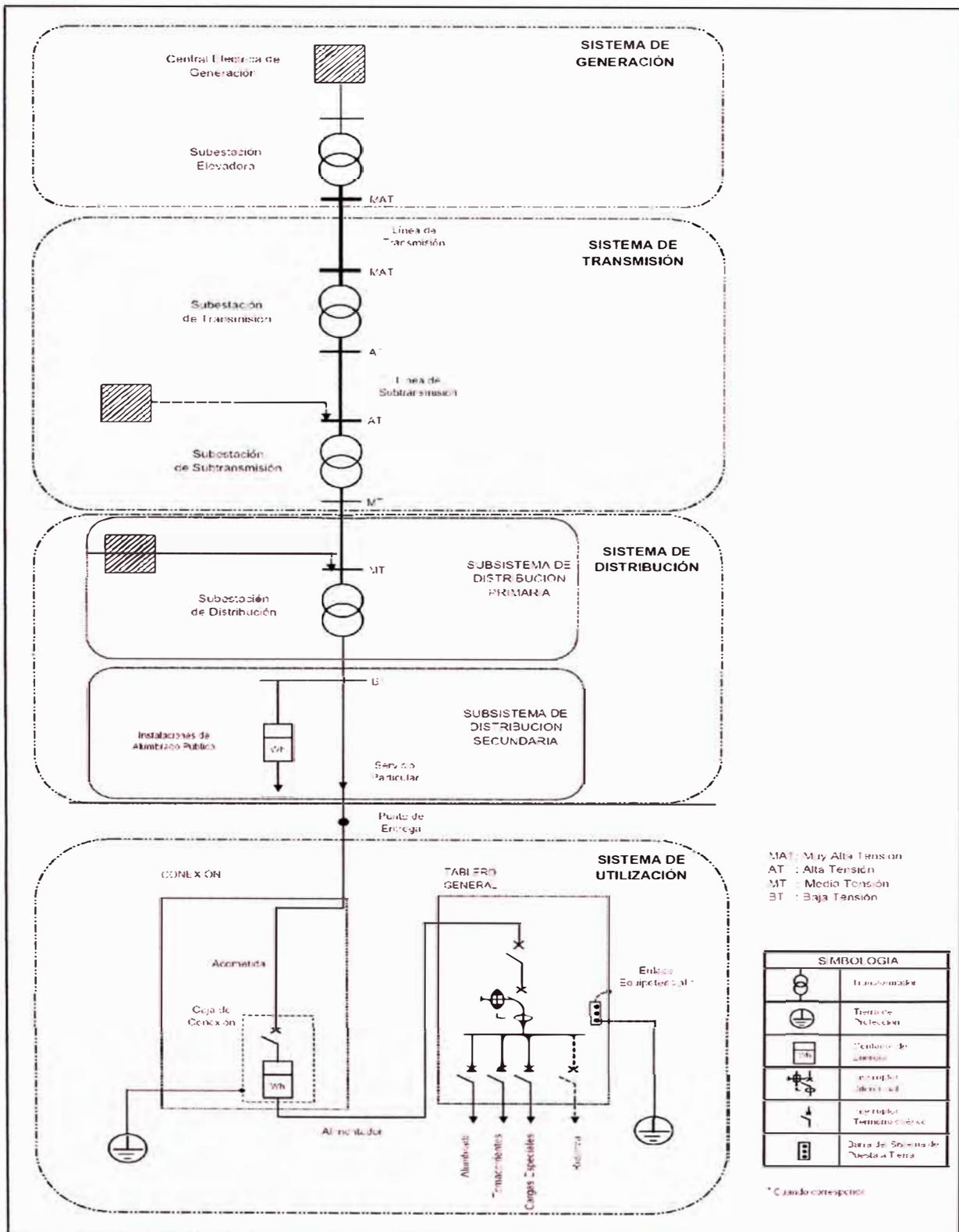
**6.20 Suministro Eléctrico (suministro):** Abastecimiento regular de energía eléctrica del Concesionario al usuario dentro del régimen establecido por la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento.

**6.22 Zona de Concesión:** Zona geográfica delimitada por un polígono, cuyos vértices están expresados en coordenadas UTM pertenecientes a un datum horizontal wgs84 o psad56, dentro del cual el Concesionario está obligado a prestar servicio público de electricidad y a todos aquellos que con sus propias líneas lleguen a esta zona. .”<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución. (2002-09-27) página 4,5

## Esquema General de la Red o Sistema Eléctrico



**Ilustración 3.1 Redes de distribución de energía eléctrica<sup>8</sup>**

<sup>8</sup> Diagrama según la Norma Técnica E.C. 010 Redes de Distribución de Energía Eléctrica.

### 3.2. Demanda Eléctrica y Opciones tarifarias

El cálculo de demanda eléctrica se hace en relación a la carga y el factor de potencia que se considera según el tipo de carga

**“Factor de Demanda:** Relación, expresada como un valor numérico o como un porcentaje, de la potencia máxima de una instalación o grupo de instalaciones durante un período determinado, y la carga total instalada de la (s) instalación(es).”<sup>9</sup>

#### **“4.10 Potencia Instalada, Potencia Conectada y Potencia Contratada**

- a) Se entenderá por Potencia Instalada, a la sumatoria de las potencias activas nominales de todos los artefactos y equipos eléctricos que se alimenta de un suministro de electricidad.
- b) Se entenderá por Potencia Conectada, aquella potencia activa máxima requerida por el usuario al momento de solicitar el suministro y que técnicamente soporta la conexión eléctrica; el mismo que debe adecuarse al derecho de potencia otorgado por cada tipo de conexión eléctrica establecido en la Resolución OSINERGMIN N° 423-2 007-OS/CD, o la que la sustituya.
- c) Se entenderá por Potencia Contratada, aquella potencia activa máxima que puede tomar un suministro y que ha sido convenida mediante contrato entre usuario y concesionaria. Al respecto, cualquier aumento de la mencionada potencia activa máxima, requerida por el usuario y que no exceda la potencia conectada, no deberá generar cobros adicionales por

---

<sup>9</sup> Al utilizar este término, es necesario especificar a qué nivel de la red se está haciendo referencia. (DGE – Terminología en Electricidad, Sección 88, pag.91).

conceptos relacionados con los costos de conexión eléctrica y en tal sentido la empresa concesionaria de forma conjunta con el usuario deberán regularizar automáticamente la nueva potencia contratada.

#### **4.11 Demanda Máxima Mensual, Demanda Máxima Mensual en Horas de Punta y Horas Fuera de Punta**

- a) Se entenderá por demanda máxima mensual, al más alto valor de las demandas de potencia activa integradas en periodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo de un mes.
- b) Se entenderá por demanda máxima mensual en horas de punta, al más alto valor de las demandas de potencia activa integradas en periodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo de punta a lo largo del mes.
- c) Se entenderá por demanda máxima mensual fuera de punta, al más alto valor de las demandas de potencia activa integradas en periodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo fuera de punta a lo largo del mes.”<sup>10</sup>

**“5.1.2 Tolerancias.-** Las tolerancias admitidas sobre las **tensiones nominales de los puntos de entrega de energía**, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el  $\pm 7.5\%$ . Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este

---

<sup>10</sup> Norma “Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final” página 4

literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (3%) del período de medición.”<sup>11</sup>

**Opciones Tarifarias:** Las opciones tarifarias para usuarios MT

Opción Tarifaria	Sistema y Parámetros de Medición	Cargos de Facturación
<b>Media Tensión</b>		
<b>MT2</b>	<p>Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P)</p> <p>Energía : Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación en horas de punta.</p> <p>e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas de punta.</p> <p>f) Cargo por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta.</p> <p>g) Cargo por energía reactiva.</p>
<b>MT3</b>	<p>Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P)</p> <p>Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Máxima del Mes</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable.</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación.</p> <p>e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución.</p> <p>f) Cargo por energía reactiva.</p>
<b>MT4</b>	<p>Medición de una energía activa y una potencia activa (1E1P)</p> <p>Energía: Total del mes. Potencia: Máxima del mes</p> <p>Medición de energía reactiva</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa.</p> <p>c) Cargo por potencia activa de generación.</p> <p>d) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución.</p> <p>e) Cargo por energía reactiva.</p>

**Ilustración 3.2 Opciones tarifarias en media tensión y sus respectivos conceptos de facturación<sup>12</sup>**

### 3.3. Dimensionamiento de conductores

#### 3.3.1. Dimensionamiento del cable subterráneo:

##### Cálculo por corriente de carga

Se toman en cuenta los siguientes procedimientos para poder realizar la dimensión de un conductor.

##### Factor de corrección para cables enterrados:

$$F_{eq} = R_{te} T_{su} H D$$

Dónde:

$R_{te}$ : Resistividad térmica del terreno según k.m/W del terreno

$T_{su}$ : Temperatura del suelo

H: Profundidad de instalación

D: Tendido de cables unipolares en ducto

##### Corriente de carga ( $I_c$ ):

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3}V}$$

P: Potencia a transmitir (kVA)

V: Tensión nominal (kV)

$I_c$ : Corriente de carga (A)

##### Corriente de diseño ( $I_d$ ):

$$I_d = \frac{I_c}{F_{eq}}$$

$I_d$ : Corriente de diseño (A)

<sup>12</sup> "Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final" Artículo 5°.-  
página 7

### **Cálculo por caída de tensión**

Para realizar el cálculo por caída de tensión se realiza el siguiente procedimiento.

Caída de tensión ( $\Delta V$ ):

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}LI_c}{1000} (r \cos \phi + x \sin \phi)$$

Dónde:

$\Delta V$ : Caída de tensión en el tramo (V)

$I_{cc}$ : Corriente de carga (A)

L: Longitud del tramo (0,628 km)

R: Resistencia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ )

X: Reactancia del conductor ( $\Omega/\text{km}$ )

$\cos \phi$ : factor de potencia de la carga

$\sin \phi$ : calculado del factor de potencia

### **Cálculo de corriente de cortocircuito en el cable**

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

Condiciones:

$P_{cc}$ : Potencia de cortocircuito 20/10 kV (MVA)

V: Tensión nominal (kV)

V: Tensión inicial de operación (kV)

$I_{cc}$ : Corriente de cortocircuito permanente: (kA)

### **Cálculo de corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable ( $I_{km}$ )**

$$I_{km} = \frac{1,4356S}{\sqrt{t}}$$

$I_{km}$ : Corriente de cortocircuito térmica admisible por el Cable en kA

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

t: Duración del cortocircuito (s)

1,4356: constante que depende del material del conductor y su aislamiento, en este caso la constante correspondiente al Cu y XLPE (aislamiento de polietileno reticulado), Cable N2XSY.

Calculamos la corriente de cortocircuito térmica admisible para la sección escogida y la comparamos con las calculadas para el sistema eléctrico:

### **Diseño de la Subestación**

Para poder realizar el diseño de la subestación realizamos el siguiente procedimiento. Determinación de los parámetros de cortocircuito en la Subestación proyectada

### **Impedancia del sistema ( $Z_i$ ):**

$$Z_i = \frac{V^2}{P_{ccl}} (\Omega)$$

### **Impedancias del cable ( $Z_{cable}$ ):**

De las características del cable se calcula:

$$Z_{cable} = (R + jX) \cdot L (\Omega)$$

### **Impedancia de la subestación particular ( $Z_t$ ):**

$$Z_t = Z_i + Z_{cable} (\Omega)$$

**Potencia de cortocircuito de la S.E. particular ( $P_{cc}$ ):**

$$P_{cc} = \frac{V^2}{|Z_{\epsilon}|} \text{ (MVA)}$$

**Corriente de cortocircuito en la S.E. particular ( $I_{cc}$ ):**

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

**Corriente de choque ( $I_{ch}$ ):**

$$I_{ch} = 1,8\sqrt{2}I_{cc} \text{ (A)}$$

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

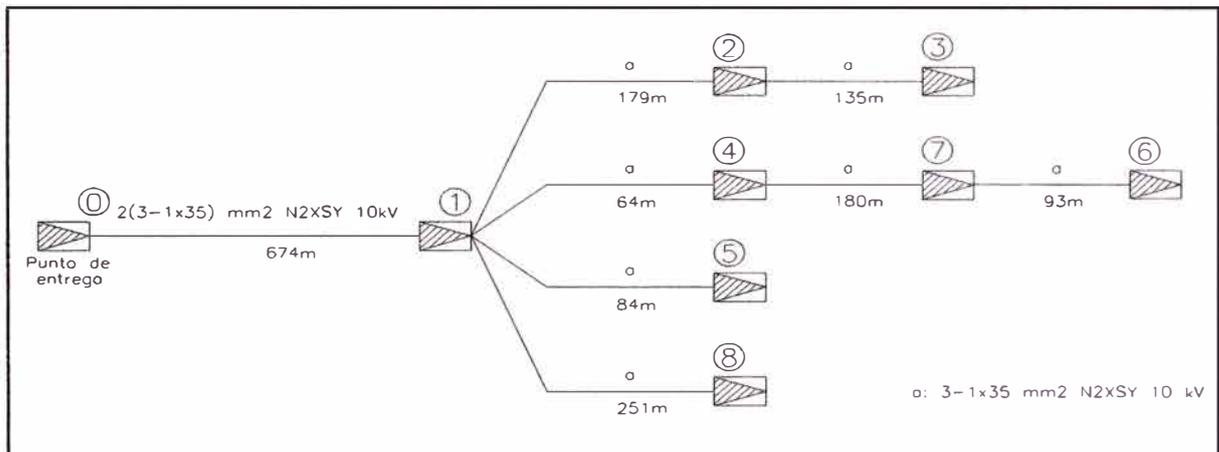
#### **4.1. Evalúa el sistema de utilización en 10 kV para el sistema existente.**

##### **4.1.1. Determina la demanda actual**

###### **Sistema Eléctrico Existente**

El recinto actualmente cuenta con un sistema eléctrico conformado por red de alimentación primaria en 10 kV, doble terna de cable 3-1x35 N2XSY mm<sup>2</sup>, con punto de diseño en la subestación N° 686 el cual alimenta la subestación principal N° 1. Desde la subestación N° 1 salen cuatro (4) circuitos alimentadores que suministran energía a siete (7) subestaciones según lo siguiente:

- Cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, 10 kV, que alimenta las subestaciones N° 2 y 3.
- Cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, 10 kV, que alimenta las subestaciones N° 4, 7 y 6.
- Cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, 10 kV, que alimenta la subestación N° 5.
- Cable 3-1x35 mm<sup>2</sup> N2XSY, 10 kV, que alimenta la subestación N° 8.



**Ilustración 4.1 Distribución y características sistema eléctrico existente en 10 kV**

**El equipamiento electromecánico existente es el siguiente:**

**S.E. N° 1, subestación principal**

Ubicado al costado de la imprenta, y aledaño al estadio de futbol. Está conformada por los siguientes equipos:

- Una celda de llegada equipada con interruptor de potencia en pequeño volumen de aceite 12 kV, 630 A, marca SACE, relé HB de protección contra sobre corriente, y seccionadores unipolares de 400 A, 12 kV.
- Una celda de salida, hacia las subestaciones N° 2 y 3, equipada con interruptor de potencia en pequeño volumen de aceite 12 kV, 630 A, SACE, relé HB de protección contra sobrecorriente, y seccionadores unipolares de 400 A, 12 kV.
- Una celda de salida, hacia las subestaciones N° 4, 6 y 7, equipada con interruptor de potencia en pequeño volumen de aceite 12 kV, 630 A, SACE, relé HB de protección contra sobrecorriente, y seccionadores unipolares de 400 A, 12 kV.
- Una celda de salida, hacia la subestación N° 5, equipada con interruptor de potencia en pequeño volumen de aceite 12 kV, 630 A, SACE, relé HB de

protección contra sobrecorriente, y seccionadores unipolares de 400 A, 12 kV.

- Una celda de salida, hacia la subestación N° 8, equipada con interruptor de potencia en pequeño volumen de aceite 12 kV, 630 A, SACE, relé HB de protección contra sobrecorriente, y seccionadores unipolares de 400 A, 12 kV.

- Una celda de transformación con transformador de potencia de 400 kVA, 10/ 0,23 kV, Dyn5, 60 Hz., marca Delcrosa, y bases porta fusibles con fusibles tipo E de 50 A, 12 kV.

- Una celda de reserva.

### **S.E. N° 2, Subestación Subterránea**

Alimenta a los Talleres B-3 de Soldadura y estructuras metálicas, B-4 Mecánica de Producción, A3 Mecánica Automotriz y A4 Eléctrica. Está conformada por los siguientes equipos:

- Una celda de llegada, desde S.E. N° 1 (de esta misma celda sale para alimentar la S.E. N° 3), equipada con bases porta fusibles de 200 A con fusib01 celda de llegada, desde S.E. N° 1 (de esta misma celda sale para alimentar la S.E. N° 3), equipada con bases porta fusibles de 200 A con fusibles de 63 A, marca NEBB, y seccionadores unipolares de 400 A, 12 kV.

- Una celda de transformación con transformador de potencia de 600 kVA, 10/0,236 kV, Yd11, 60 Hz., marca Cánepa Tabini, y bases porta fusibles de 200 A con fusibles de 63 A, marca NEBB.

- Una celda de transformación con transformador de potencia de 600 kVA, 10/ 0,236 kV, Yd11, 60 Hz., marca Cánepa Tabini, y bases porta fusibles de 200 A con fusibles de 63 A, marca NEBB.

### **S.E. N° 3, Subestación Autosoportada**

Alimenta Taller de Mecánica automotriz, mantenimiento, auditorio, escuelas superiores.

Está conformada por los siguientes equipos:

- Una celda de llegada, desde S.E. N° 2, equipada con fusible seccionador de potencia tripolar, 12 kV, 630 A con accionamiento bajo carga marca NALF; seccionadores unipolares, 12 kV, 400 A, apertura manual sin carga; y bases porta fusibles 12 kV, 400 A, con fusibles de 40 A.
- Una celda de transformación con transformador de potencia de 400 kVA, 10/ 0,23 kV, Yd11, 60 Hz., marca Cánepa Tabini.

### **S.E. N° 4, Subestación Textiles**

Alimenta el Centro de Formación Textil.

Está conformada por los siguientes equipos:

- Una celda de llegada, desde S.E. N° 1 (de esta misma celda sale para alimentar la S.E. N° 7), equipada con seccionadores unipolares de 350 A, 12 kV.
- Una celda de transformación con transformador de potencia de 160 kVA, 10/ 0,23 kV, Yd11, 60 Hz., marca Brown Boveri.

### **S.E. N° 5, Subestación Artes Gráficas**

Alimenta el Centro de Artes Gráficas y el edificio de aulas.

Está conformada por los siguientes equipos:

- Una celda de llegada, desde S.E. N° 1 (de esta misma celda sale para alimentar la S.E. N° 6), equipada con seccionadores unipolares de 350 A, 12 kV.

- Una celda de transformación con transformador de potencia de 250 kVA, 10/ 0,23 kV, Yd11, 60 Hz., marca Brown Boveri.

### **S.E. N° 6, Subestación Matricería**

Alimenta los Talleres de Matricería y Carpintería.

Está conformada por los siguientes equipos:

- Una celda de llegada, desde S.E. N° 7 (a esta misma celda llega la alimentación desde la S.E. N° 5), equipada con seccionadores unipolares de 350 A, 12 kV.
- Una celda de transformación con transformador de potencia de 250 kVA, 10/ 0,23 kV, Yd11, 60 Hz., marca Brown Boveri.

### **S.E. N° 7, Subestación Fundición**

Alimenta los Talleres de Fundición y máquinas soldadoras.

Está conformada por los siguientes equipos:

- Una celda de llegada, desde S.E. N° 4 (de esta misma celda sale para alimentar la S.E. N° 6), equipada con seccionadores unipolares de 350 A, 12 kV.
- Una celda de transformación con transformador de potencia de 600 kVA, 10/ 0,236 kV, Yd11, 60 Hz., marca Cánepa Tabini.

### **S.E. N° 8, Subestación Edificio**

Alimenta el Edificio principal, Panadería, Revisiones Técnicas.

Está conformada por los siguientes equipos:

- Una celda de llegada, desde S.E. N° 1, equipada con seccionadores unipolares de 350 A, 12 kV.

- Una celda de transformación con transformador de potencia de 400 kVA, 10/ 0,23 kV, Dyn5, 60 Hz., marca Delcrosa.

Según lo descrito anteriormente, se puede observar que la red existente no está en capacidad de soportar la nueva carga contratada. De otro lado, en la subestación N° 1 se observa que los interruptores de potencia son en mínimo volumen de aceite, y tienen relés HB, los cuales no ofrecen la confiabilidad de operación ante fallas.

Del cuadro de cargas se determina el la siguiente tabla de demanda de potencia.

**Tabla 4.1 Demanda de potencia actual según la carga de los equipos**

DESCRIPCIÓN	POTENCIA CONTRATADA (kW)	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA MÁXIMA(kW)	TRANSF. (kVA)
Subestación N° 1				
Carga existente en la subestación eléctrica Principal	320	0.85	272	400
Subestación N° 2				
Carga existente en la subestación eléctrica Subterránea	480	0.8	384	600
Subestación N° 3				
Carga existente en la subestación eléctrica Autosoportada	320	0.8	256	400
Subestación N° 4				
Carga existente en la subestación eléctrica Laboratorio Textil	128	0.8	102.4	150
Subestación N° 5				
Carga existente en la subestación eléctrica Artes Gráficas	200	0.8	160	250
Subestación N° 6				
Carga existente en la subestación eléctrica Matricería	200	0.8	160	250
Subestación N° 7				
Carga existente en la subestación eléctrica Fundación	480	0.8	384	600
Subestación N° 8				
Carga existente en la subestación eléctrica Edificio DN	320	0.8	256	400
<b>Total</b>	<b>2448</b>		<b>1974.4</b>	<b>3050</b>
<b>Pot. Contratada</b>			<b>750</b>	
		fs	0.380	

#### 4.1.2. Cálculo Justificativo de sistema existente en 10 kV.

##### 4.1.2.1. Dimensionamiento del cable subterráneo 10 kV (S.E. N° 1 al punto de entrega):

El sistema eléctrico de utilización actual está distribuido de la siguiente manera.

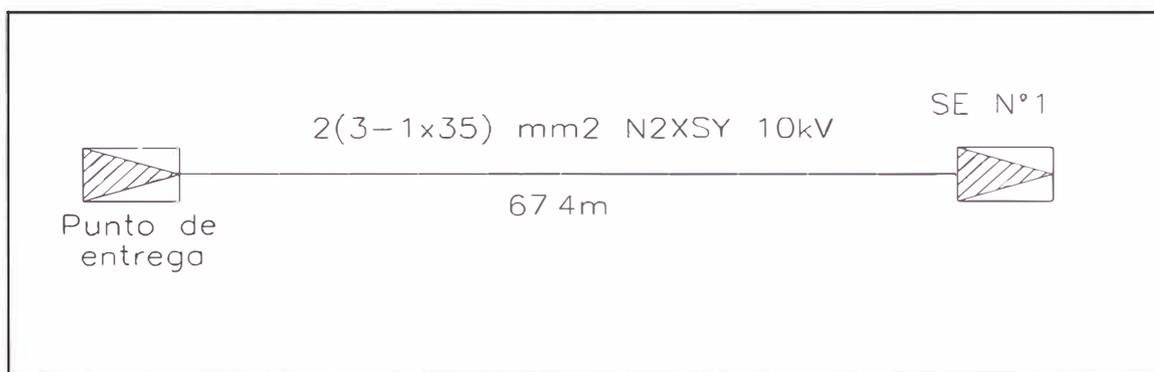


Ilustración 4.2 Características del recorrido de la red punto de entrega a S.E. N°1

Se realiza el procedimiento descrito anteriormente para la verificación actual del sistema de utilización para la Institución de Formación Técnica.

##### Cálculo del factor de corrección para cables enterrados a las condiciones de los ambientales del predio:

Resistividad térmica del terreno 2,5 k.m/W ( $R_{te}$ )	: 1
Temperatura del suelo a 25° C ( $T_{su}$ )	: 0,96
Profundidad de instalación 1 m (H)	: 1
Tendido de cables unipolares por proximidad (D)	: 0,9

Los factores fueron tomados en función a las características del terreno y a la condición de diseño proyectado, según se hace referencia en el punto

4.2.2, y el CNE<sup>13</sup>. Para poder realizar una comparación entre el sistema existente y lo proyectado.

$$F_{eq} = R_{te} T_{Su} HD$$

$$F_{eq} = 0,864$$

### **Cálculo de la corriente de carga ( $I_c$ ):**

Potencia a transmitir (P) : 3 050 MVA

Tensión nominal (V) : 10 kV

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3}V}$$

$$I_c = 176,09 \text{ A}$$

### **Corriente de diseño ( $I_d$ ):**

$$I_d = \frac{I_c}{F_{eq}}$$

$$I_d = 203,81$$

El cable 2(3-1 x 35 mm<sup>2</sup>), N2XSY, con capacidad nominal de 2x190 A, transportará la corriente actual.

### **Cálculo por caída de tensión**

Corriente de carga  $I_c$  : 203,81 A

Longitud del tramo L : 0,674 km

Resistencia del conductor R : 0,334  $\Omega$ /km

---

<sup>13</sup> CNE Tablas 5A, 5B y 5D. Sección 440 Páginas del 15 al 20 los cuales están adjuntos en el apéndice.

Reactancia del conductor  $X$  : 0,0845  $\Omega$ /km

$\cos \varnothing = 0,85$ : factor de potencia de la carga

$\sin \varnothing = 0,53$ : calculado del factor de potencia

El factor de potencia es menor a uno, debido a que las cargas son del tipo inductivas (Transformadores), es decir la corriente se encuentra retrasada respecto a la tensión. Para el sistema el factor de potencia considerado para este cálculo es 0,85 porque está compuesto básicamente de transformadores con factor de potencia similar.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}LI_c}{1000} (r \cos \varnothing + x \sin \varnothing)$$

$$\Delta V = 78,137 \text{ V}$$

Representa el 0,781% de 10 kV.

### **Cálculo de corriente de cortocircuito en el cable**

Potencia de cortocircuito 10 kV  $P_{cc}$  : 310 MVA

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3}xV}$$

$$I_{cc} = 17,898 \text{ kA}$$

### **Cálculo de corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable ( $I_{km}$ )**

Corriente de cortocircuito térmica admisible  $I_{km}$  : kA

Sección del cable  $S$  : 2x35(mm<sup>2</sup>)

Duración del cortocircuito  $t$  : 0,3 (s)

$$I_{km} = \frac{1,4356S}{\sqrt{t}}$$

$$I_{km} = 18,276 \text{ kA}$$

Valor cumple  $I_{km} > I_{cc}$ , entonces el cable seleccionado es correcto.

### **Diseño de la Subestación Particular**

Para poder realizar el diseño de la subestación realizamos el siguiente procedimiento.

#### **Impedancia del sistema ( $Z_l$ ):**

$$Z_l = \frac{V^2}{P_{ccl}}$$

$$Z_l = j 0,3226 \Omega$$

#### **Impedancias del cable ( $Z_{cable}$ ):**

De las características del cable se calculan.

$$Z_{cable} = (R + jX) \cdot L$$

$$Z_{cable} = (0,2251 + j 0,0569)\Omega$$

#### **Impedancia de la subestación particular ( $Z_t$ ):**

$$Z_t = Z_l + Z_{cable}$$

$$Z_t = (0,2251 + j 0,3795)\Omega$$

$$|Z_t| = 0,4412 \Omega$$

#### **Potencia de cortocircuito de la S.E. particular ( $P_{cc}$ ):**

$$P_{cc} = \frac{V^2}{|Z_t|}$$

$$P_{cc} = 226,63 \text{ MVA}$$

**Corriente de cortocircuito en la S.E. particular ( $I_{cc}$ ):**

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

$$I_{cc} = 13,085 \text{ kA}$$

**Corriente de choque ( $I_{ch}$ ):**

$$I_{ch} = 1,8\sqrt{2}I_{cc}$$

$$I_{ch} = 33,308 \text{ kA}$$

#### 4.1.2.2. Dimensionamiento del cable subterráneo 10 Kv (S.E. N° 1 a los Sub Sistemas):

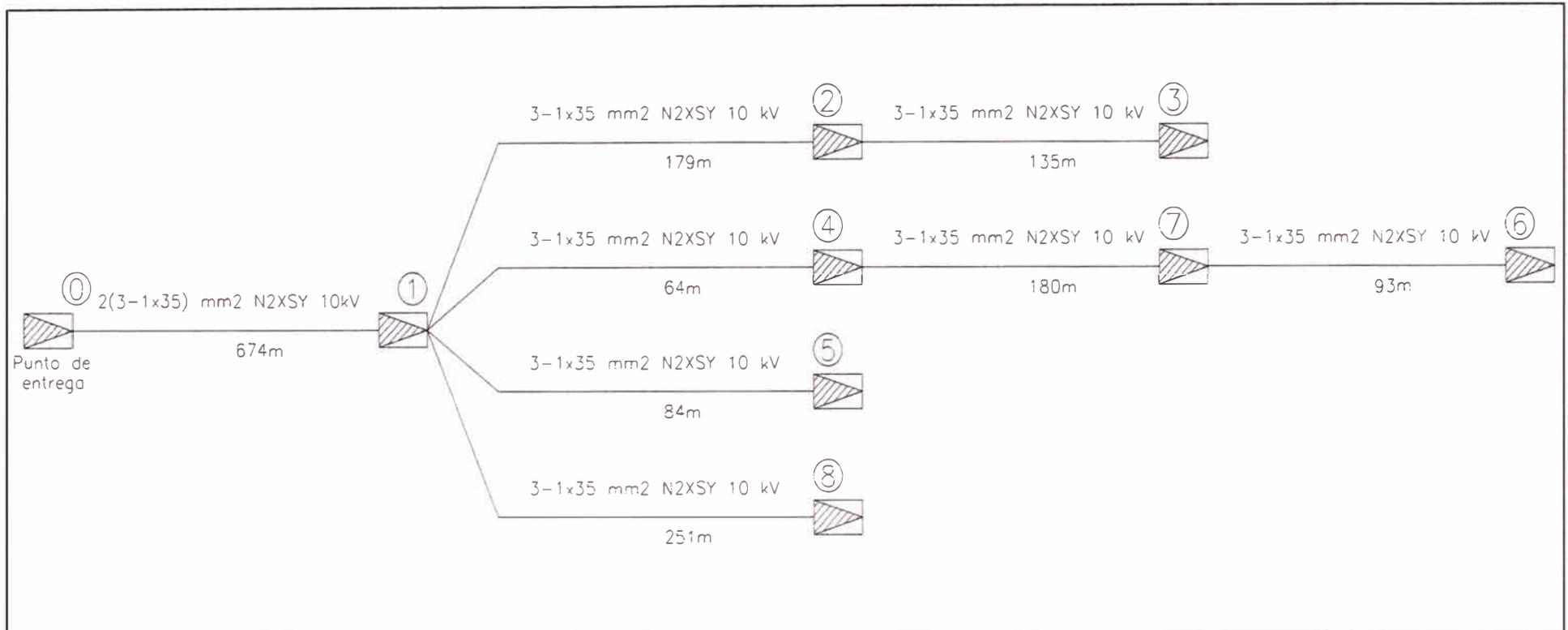


Ilustración 4.3 Características del recorrido y distribución del punto de entrega y la S.E. N° 1 a los Sub Sistemas

El procedimiento se realiza de igual manera a lo descrito en el punto 4.1.2.1 con lo cual obtenemos el siguiente cuadro resumen de cálculos.

**Tabla 4.2. Características eléctricas, parámetros indicadores y cálculos de los subsistemas para el sistema existente en 10 kV.**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 10 KV INICIAL		CÁLCULO POR CORRIENTE DE CARGA (I <sub>d</sub> en A)	CÁLCULO POR CAIDA DE TENSIÓN ( $\Delta V \leq 5\%$ en V)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL CABLE (I <sub>cc</sub> en kA)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TERMICAMENTE ADMISIBLE (I <sub>km</sub> en kA)	POTENCIA DE CORTOCIRCUITO DE LA S.E. PARTICULAR (P <sub>cc</sub> en MVA)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN LA S.E. PARTICULAR (I <sub>cc</sub> en kA)	CORRIENTE DE CHOQUE (I <sub>ch</sub> en kA)
S.E. N° 1	Punto de entrega	203.810	78.137	17.898	18.276	226.631	13.085	33.308
S.E. N° 1	S.E. N° 2	66.823	13.608	13.085	12.923	205.590	11.870	30.215
S.E. N° 2	S.E. N° 3	26.729	4.105	11.870	12.923	193.375	11.165	28.420
S.E. N° 1	S.E. N° 4	66.823	4.865	13.085	12.923	220.229	12.715	32.367
S.E. N° 1	S.E. N° 5	16.706	1.596	13.085	12.923	217.924	12.582	32.028
S.E. N° 7	S.E. N° 6	16.706	1.767	11.566	12.923	192.822	11.133	28.339
S.E. N° 4	S.E. N° 7	56.800	11.631	12.715	12.923	200.332	11.566	29.443
S.E. N° 1	S.E. N° 8	26.729	7.632	13.085	12.923	195.359	11.279	28.712

#### 4.1.3. Logros de la verificación de las condiciones del sistema existente

Con la Verificación del sistema existente se logra comprobar el estado en el cual se encuentra, se realizaron los cálculos correspondientes para el cálculo de la demanda y el cálculo del conductor para determinación de los indicadores eléctricos que lo caracterizan, con lo cual se confirma la falta de capacidad para soportar la carga actual y el inadecuado dimensionamiento actual para algunas de las subestaciones que alimentan las cargas de los transformadores y equipos. Además, se confirma que existe más de 20% de margen entre la corriente de diseño y la capacidad de corriente nominal del cable encontrado.

**Tabla 4.3 Referencia de cables en el sistema existente**

Referencia de Cableado		Tipo de cable y características
S.E. N°1	PUNTO	Cable 2x(3-1 x 35 mm <sup>2</sup> , N2XSY 12/20kV , con capacidad nominal de 190 A)
S.E. N° 1	S.E. N° 2	Cable 3-1 x 35 mm <sup>2</sup> , N2XSY 12/20kV , con capacidad nominal de 190 A
S.E. N° 2	S.E. N° 3	Cable 3-1 x 35 mm <sup>2</sup> , N2XSY 12/20kV , con capacidad nominal de 190 A
S.E. N° 1	S.E. N° 4	Cable 3-1 x 35 mm <sup>2</sup> , N2XSY 12/20kV , con capacidad nominal de 190 A
S.E. N° 1	S.E. N° 5	Cable 3-1 x 35 mm <sup>2</sup> , N2XSY 12/20kV , con capacidad nominal de 190 A
S.E. N° 7	S.E. N° 6	Cable 3-1 x 35 mm <sup>2</sup> , N2XSY 12/20kV , con capacidad nominal de 190 A
S.E. N° 4	S.E. N° 7	Cable 3-1 x 35 mm <sup>2</sup> , N2XSY 12/20kV , con capacidad nominal de 190 A
S.E. N° 1	S.E. N° 8	Cable 3-1 x 35 mm <sup>2</sup> , N2XSY 12/20kV , con capacidad nominal de 190 A

**Tabla 4.4 Se muestra a continuación el resumen de la verificación de diseño existente.**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 10 KV INICIAL		CÁLCULO POR CORRIENTE DE CARGA (I <sub>d</sub> en A)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL CABLE (I <sub>cc</sub> en kA)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TERMICAMENTE ADMISIBLE (I <sub>km</sub> en kA)	ESTADO (I <sub>km</sub> >I <sub>cc</sub> )	CAIDA DE TENSIÓN (ΔV<5% en V)	(I <sub>d</sub> <I Nominal del cable en más de 20%)
S.E. N° 1	Punto de entrega	203.810	17.898	18.276	Conforme	78.137	46%
S.E. N° 1	S.E. N° 2	66.823	13.085	12.923	Deficiente	91.744	65%
S.E. N° 2	S.E. N° 3	26.729	11.870	12.923	Conforme	82.242	86%
S.E. N° 1	S.E. N° 4	66.823	13.085	12.923	Deficiente	83.002	65%
S.E. N° 1	S.E. N° 5	16.706	13.085	12.923	Deficiente	79.733	91%
S.E. N° 7	S.E. N° 6	16.706	11.566	12.923	Conforme	79.904	91%
S.E. N° 4	S.E. N° 7	56.800	12.715	12.923	Conforme	89.768	70%
S.E. N° 1	S.E. N° 8	26.729	13.085	12.923	Deficiente	85.769	86%

## 4.2. Diseña el sistema de utilización en 20 kV (para operación inicial en 10 kV) para el sistema proyectado

### 4.2.1. Cálculo la demanda según los equipos

La potencia se determina en base al cuadro de carga proyectado.

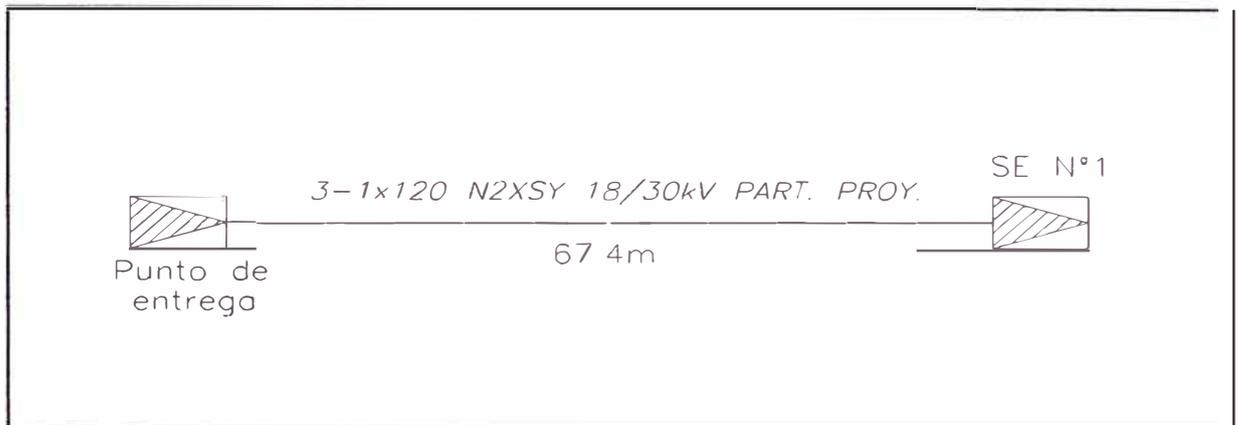
**Tabla 4.5. Demanda de potencia proyectada según la carga de los equipos**

DESCRIPCIÓN	POTENCIA CONTRATADA (kW)	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA MÁXIMA(kW)	TRANSF. (kVA)
Subestación N° 1				
Carga existente en la subestación eléctrica Principal	320	0.85	272	400
Carga proyectada	0	0	0	
Subestación N° 2			0	
Carga existente en la subestación eléctrica Subterránea	480	0.8	384	1000
Carga proyectada a instalar en la subestación eléctrica subterránea	320	0.8	256	
Subestación N° 3			0	
Carga existente en la subestación eléctrica Autosoportada	320	0.8	256	400
Carga proyectada	0	0	0	
Subestación N° 4			0	
Carga existente en la subestación eléctrica Laboratorio Textil	128	0.8	102.4	160
Carga proyectada	0	0	0	
Subestación N° 5			0	
Carga existente en la subestación eléctrica Artes Gráficas	200	0.8	160	250
Carga proyectada	0	0	0	
Subestación N° 6			0	
Carga existente en la subestación eléctrica Matricería	200	0.8	160	400
Carga proyectada a instalar en la subestación eléctrica Matricería	120	0.8	96	
Subestación N° 7			0	
Carga existente en la subestación eléctrica Fundación	480	0.8	384	1000
Carga proyectada a instalar en la subestación eléctrica Fundación	320	0.8	256	
Subestación N° 8			0	
Carga existente en la subestación eléctrica Edificio DN	320	0.8	256	630
Carga proyectada a instalar en la subestación eléctrica Edificio DN	160	0.8	128	
<b>Total</b>	<b>3368</b>		<b>2710.4</b>	<b>4240</b>
<b>Pot. Contratada</b>			<b>2400</b>	
			fs	0.885

### 4.2.2. Calculo Justificativos de sistema proyectado en 10 kV.

#### 4.2.2.1. Dimensionamiento del cable subterráneo 10 kV (S.E. N° 1 al punto de entrega):

Se realiza el procedimiento descrito anteriormente para realizar el diseño proyectado del sistema de utilización para la Institución de Formación Técnica operación en 10 kV.



**Ilustración 4.4** Características del recorrido de red del punto de entrega a S.E. N°1

**Cálculo del factor de corrección para cables enterrados a las condiciones de los ambientales del predio:**

Resistividad térmica del terreno 2,5 k.m/W ( $R_{te}$ )	: 1
Temperatura del suelo a 25° C ( $T_{su}$ )	: 0,96
Profundidad de instalación 1 m (H)	: 1
Tendido de cables unipolares por proximidad (D)	: 0,9

Los factores fueron seleccionados tomando en cuenta que, los que se consideran en el CNE son usados hasta una profundidad de instalación de 0,7 m de cable enterrado, y una resistividad del terreno de 2,5 k.m/W. Para nuestro diseño seleccionamos los siguientes factores, 1 para la resistividad del terreno en 2,5 km/W, 0,96 para la temperatura del suelo 25° C (temperatura del suelo asignada), el factor de 1 para la instalación subterránea de profundidad 1 m (debido a que solo se aplica factores hasta 0,7m.) y 0,9 para el tendido de cables por proximidad (por tener cables unipolares para dos circuitos como máximo según los planos IE-2, IE-3 y se le hace una sobredimensión en el diseño). Los factores provienen de las tablas del CNE<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Código Nacional de Electricidad Utilización, Sección 440 Tablas 5A, 5B y 5D. Páginas del 15 al 20

Entonces de lo anterior:

$$F_{eq} = R_{te} T_{Su} HD$$

$$F_{eq} = 0,864$$

### **Cálculo de la corriente de carga ( $I_c$ ):**

Potencia a transmitir (P) : 4 240 MVA

Tensión nominal (V) : 10 kV

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3}V}$$

$$I_c = 244,8 \text{ A}$$

### **Corriente de diseño ( $I_d$ ):**

$$I_d = \frac{I_c}{F_{eq}}$$

$$I_d = 283,33 \text{ A}$$

El cable 3-1 x 120 mm<sup>2</sup>, N2XSY, con capacidad nominal de 375 A, transportará la corriente actual.

### **Cálculo por caída de tensión**

Corriente de carga  $I_d$  : 283 A

Longitud del tramo L : 0,674 km

Resistencia del conductor R : 0,196  $\Omega$ /km

Reactancia del conductor X : 0,1471  $\Omega$ /km

Cos  $\emptyset = 0,85$ : factor de potencia de la carga

Sen  $\emptyset = 0,53$ : calculado del factor de potencia

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}LI_d}{1000} (r \cos \emptyset + x \sin \emptyset)$$

$$\Delta V = 80,746 \text{ V}$$

Representa el 0,807% de 10 kV.

### Cálculo de corriente de cortocircuito en el cable

Potencia de cortocircuito 10 kV  $P_{cc}$  389 MVA  
(concesionario)

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

$$I_{cc} = 22,459 \text{ kA}$$

### Cálculo de corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable ( $I_{km}$ )

Corriente de cortocircuito térmica admisible  $I_{km}$  : kA

Sección del cable S : 120 (mm<sup>2</sup>)

Duración del cortocircuito t : 0,3 (s)

$$I_{km} = \frac{1,4356S}{\sqrt{t}}$$

$$I_{km} = 31,33 \text{ kA}$$

Valor cumple  $I_{km} > I_{cc}$ , entonces el cable seleccionado es correcto.

### Diseño de la Subestación Particular

Para poder realizar el diseño de la subestación realizamos el siguiente procedimiento.

#### Impedancia del sistema ( $Z_1$ ):

$$Z_1 = \frac{V^2}{P_{ccl}}$$

$$Z_1 = j 0,2571 \Omega$$

#### Impedancias del cable ( $Z_{cable}$ ):

De las características del cable se calculan.

$$Z_{cable} = (R + jX) \cdot L$$

$$Z_{\text{cable}} = (0,1321 + j 0,0991)\Omega$$

**Impedancia de la subestación particular ( $Z_t$ ):**

$$Z_t = Z_l + Z_{\text{cable}}$$

$$Z_t = (0,1321 + j 0,3562)\Omega$$

$$|Z_t| = 0,3799 \Omega$$

**Potencia de cortocircuito de la S.E. particular ( $P_{cc}$ ):**

$$P_{cc} = \frac{V^2}{|Z_t|}$$

$$P_{cc} = 263,21 \text{ MVA}$$

**Corriente de cortocircuito en la S.E. particular ( $I_{cc}$ ):**

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

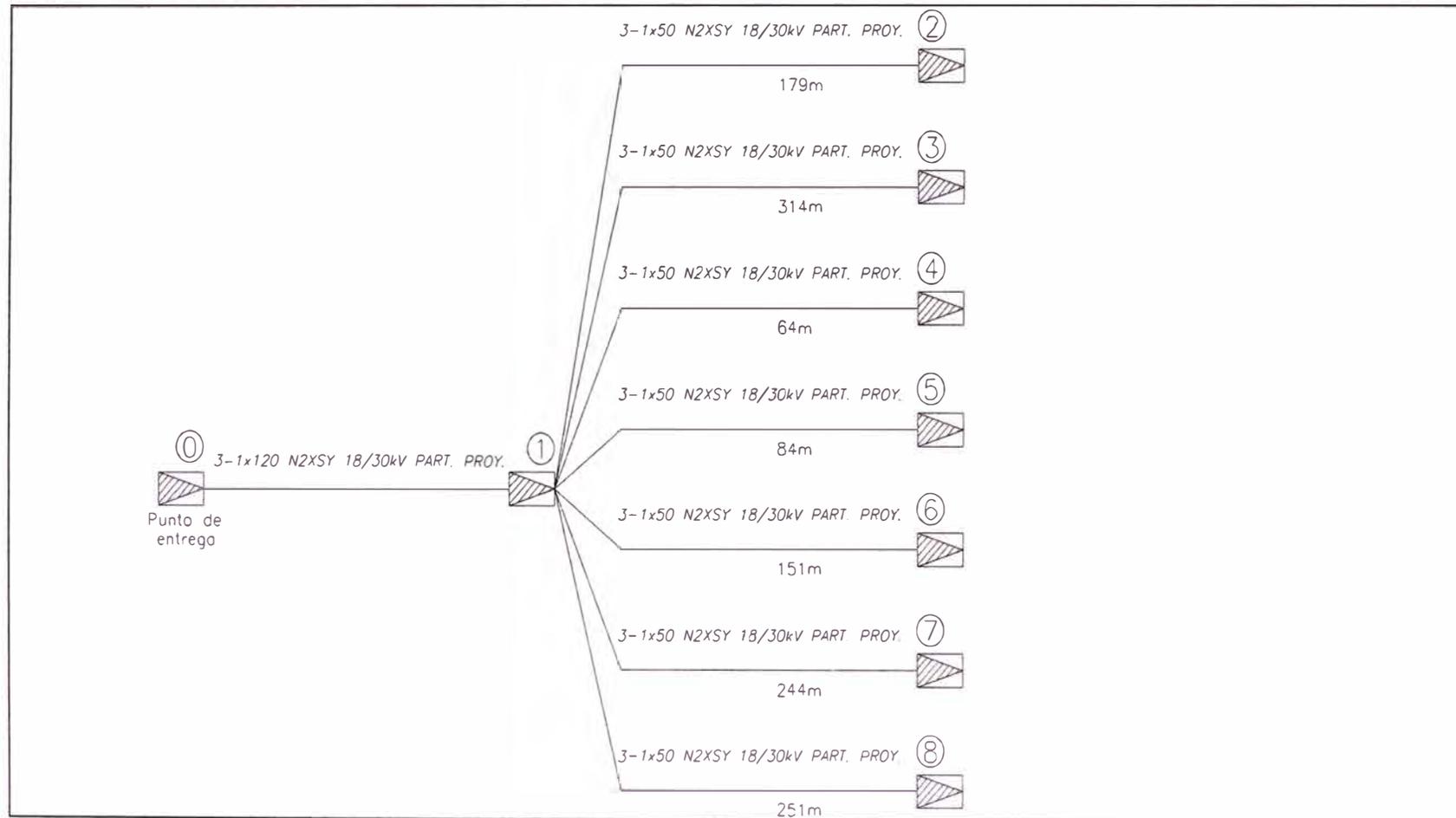
$$I_{cc} = 15,197 \text{ kA}$$

**Corriente de choque ( $I_{ch}$ ):**

$$I_{ch} = 1,8\sqrt{2}I_{cc}$$

$$I_{ch} = 38,684 \text{ kA}$$

**4.2.2.2. Dimensionamiento del cable subterráneo 10 kV (tramo S.E. N° 1 a los Sub Sistemas):**



**Ilustración 4.5 Características del recorrido y distribución del punto de entrega y la S.E. N°1 a las S.E.**

El procedimiento se realiza de igual manera a lo descrito en el punto 4.2.2.1 con lo cual obtenemos el siguiente cuadro resumen de cálculos para.

**Tabla 4.6. Características eléctricas, parámetros indicadores y cálculos de los subsistemas para el sistema proyectado en 10 kV.**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 10 KV FINAL		CÁLCULO POR CORRIENTE DE CARGA (I <sub>d</sub> en A)	CÁLCULO POR CAIDA DE TENSIÓN ( $\Delta V \leq 5\%$ en V)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL CABLE (I <sub>cc</sub> en kA)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TÉRMICAMENTE ADMISIBLE (I <sub>km</sub> en kA)	POTENCIA DE CORTOCIRCUITO DE LA S.E. PARTICULAR (P <sub>cc</sub> en MVA)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN LA S.E. PARTICULAR (I <sub>cc</sub> en kA)	CORRIENTE DE CHOQUE (I <sub>ch</sub> en kA)
S.E. N° 1	Punto de entrega	283.33	80.75	22.459	31.33	263.212	15.197	38.684
S.E. N° 1	S.E. N° 2	66.82	10.57	15.198	18.461	238.116	13.748	34.996
S.E. N° 1	S.E. N° 3	26.73	7.41	15.197	18.461	217.129	12.536	31.911
S.E. N° 1	S.E. N° 4	10.69	0.6	15.197	18.461	255.005	14.723	37.478
S.E. N° 1	S.E. N° 5	16.71	1.24	15.197	18.461	252.225	14.562	37.069
S.E. N° 1	S.E. N° 6	26.73	3.57	15.197	18.461	242.391	13.994	35.624
S.E. N° 1	S.E. N° 7	66.82	14.4	15.197	18.461	228.019	13.165	33.512
S.E. N° 1	S.E. N° 8	40.1	9.34	15.197	18.461	226.926	13.102	33.351

### 4.2.3. Cálculos Justificativos de sistema proyectado en 20 kV

#### 4.2.3.1. Dimensionamiento del cable subterráneo 20 kV (tramo

#### S.E. N° 1 al punto de entrega):

Se realiza el procedimiento descrito anteriormente para realizar el diseño proyectado del sistema de utilización para la Institución de Formación Técnica operación en 20 kV.

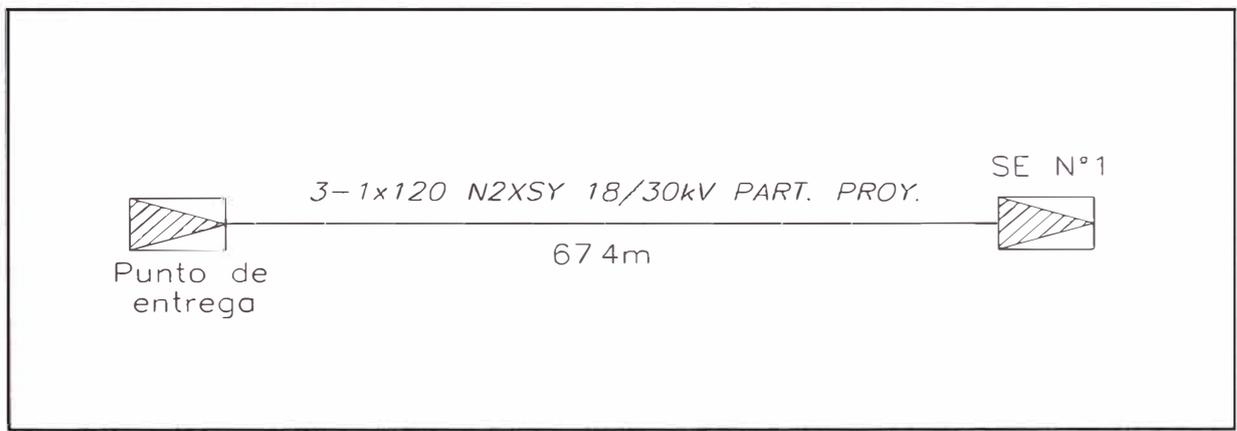


Ilustración 46 Características de la red punto de entrega a S.E. N°1

#### Cálculo del factor de corrección para cables enterrados a las condiciones de los ambientales del predio:

Resistividad térmica del terreno 2,5 k.m/W ( $R_{te}$ )	: 1
Temperatura del suelo a 25° C ( $T_{su}$ )	: 0,96
Profundidad de instalación 1 m (H)	: 1
Tendido de cables unipolares por proximidad (D)	: 0,9

Según lo expuesto en el punto 4.2.2.1 y el código nacional de electricidad.<sup>15</sup>

$$F_{eq} = R_{te} T_{su} H D$$

$$F_{eq} = 0,864$$

<sup>15</sup> Código Nacional de Electricidad Utilización, Sección 440 Tablas 5A, 5B y 5D. Páginas del 15 al 20

### **Cálculo de la corriente de carga ( $I_c$ ):**

Potencia a transmitir (P) : 4 240 MVA

Tensión nominal (V) : 20 kV

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3}V}$$

$$I_c = 122,4 \text{ A}$$

### **Corriente de diseño ( $I_d$ ):**

$$I_d = \frac{I_c}{F_{eq}}$$

$$I_d = 141,66 \text{ A}$$

El cable 3-1 x 120 mm<sup>2</sup>, N2XSY, con capacidad nominal de 375 A, transportará la corriente actual.

### **Cálculo por caída de tensión**

Corriente de carga  $I_d$  : 141,66 A

Longitud del tramo L : 0,674 km

Resistencia del conductor R : 0,196  $\Omega$ /km

Reactancia del conductor X : 0,1471  $\Omega$ /km

Cos  $\emptyset = 0,85$ : factor de potencia de la carga

Sen  $\emptyset = 0,53$ : calculado del factor de potencia

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}LI_d}{1000} (r \cos \emptyset + x \sin \emptyset)$$

$$\Delta V = 40,373 \text{ V}$$

Representa el 0,202% de 20 kV.

### **Cálculo de corriente de cortocircuito en el cable**

Potencia de cortocircuito 20 kV  $P_{cc}$  : 528 MVA  
(concesionario)

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

$$I_{cc} = 15,242 \text{ kA}$$

### **Cálculo de corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable ( $I_{km}$ )**

Corriente de cortocircuito térmica admisible  $I_{km}$  : kA  
 Sección del cable S : 120 (mm<sup>2</sup>)  
 Duración del cortocircuito t : 0,3 (s)

$$I_{km} = \frac{1,4356S}{\sqrt{t}}$$

$$I_{km} = 31,33 \text{ kA}$$

Valor cumple  $I_{km} > I_{cc}$ , entonces el cable seleccionado es correcto.

### **Diseño de la Subestación Particular**

Para poder realizar el diseño de la subestación realizamos el siguiente procedimiento.

#### **Impedancia del sistema ( $Z_l$ ):**

$$Z_l = \frac{V^2}{P_{ccl}}$$

$$Z_l = j 0,7576 \Omega$$

#### **Impedancias del cable ( $Z_{cable}$ ):**

De las características del cable se calculan.

$$Z_{cable} = (R + jX) \cdot L$$

$$Z_{cable} = (0,1321 + j 0,0991) \Omega$$

#### **Impedancia de la subestación particular ( $Z_t$ ):**

$$Z_t = Z_l + Z_{cable}$$

$$Z_t = (0,1321 + j 0,8567)\Omega$$

$$|Z_t| = 0,8668 \Omega$$

**Potencia de cortocircuito de la S.E. particular (P<sub>cc</sub>):**

$$P_{cc} = \frac{V^2}{|Z_t|}$$

$$P_{cc} = 461,44 \text{ MVA}$$

**Corriente de cortocircuito en la S.E. particular (I<sub>cc</sub>):**

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

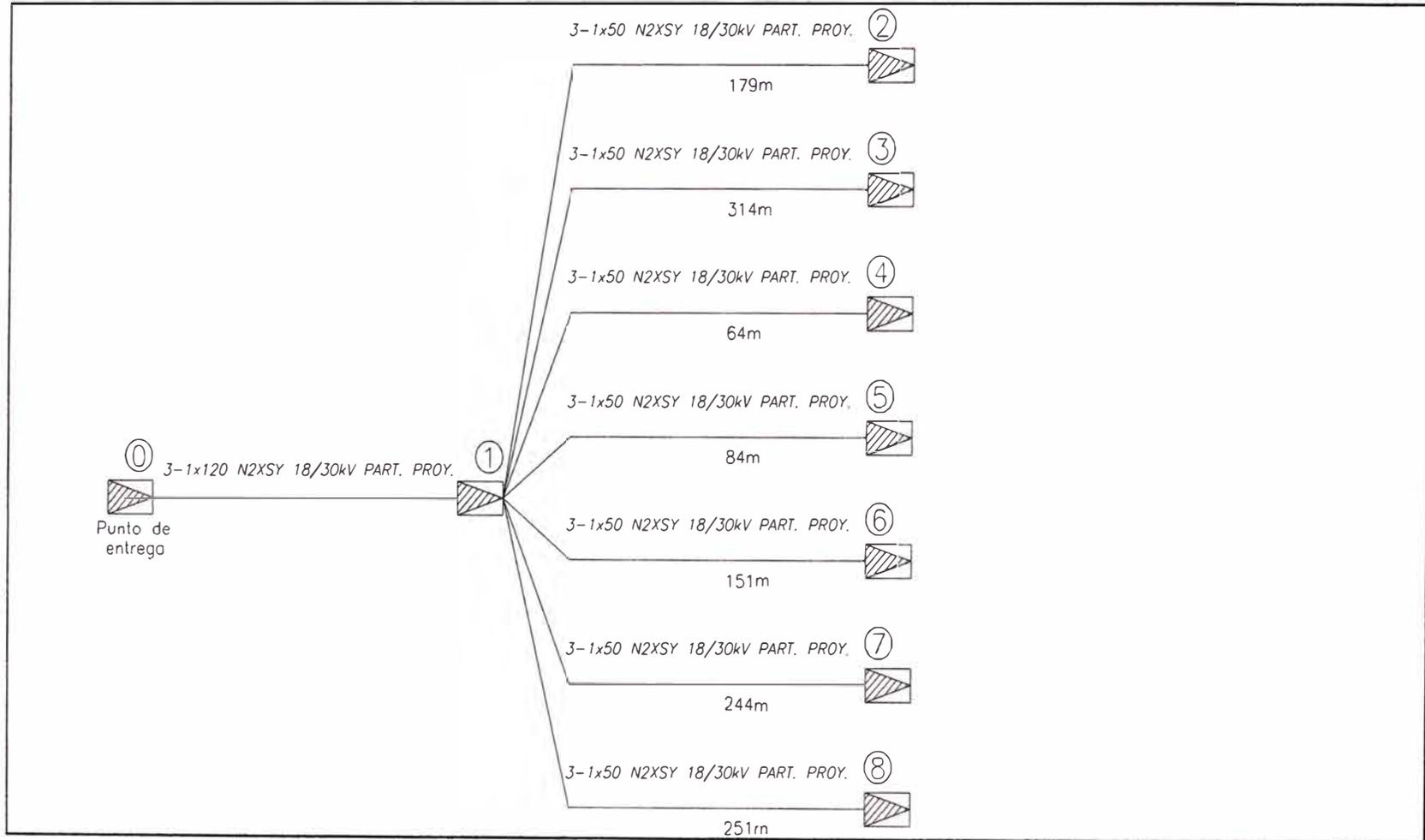
$$I_{cc} = 13,321 \text{ kA}$$

**Corriente de choque (I<sub>ch</sub>):**

$$I_{ch} = 1,8\sqrt{2}I_{cc}$$

$$I_{ch} = 33,909 \text{ kA}$$

**4.2.3.2. Dimensionamiento del cable subterráneo 20 kV (S.E. N° 1 a los Sub Sistemas):**



**Ilustración 4.7 Características del recorrido y distribución del punto de entrega y la S.E. N° 1 a los Sub Sistemas**

El procedimiento se realiza de igual manera a lo descrito en el punto 4.2.3.1 con lo cual obtenemos el siguiente cuadro resumen de cálculos para.

**Tabla 4.7 Características eléctricas, parámetros indicadores y cálculos de los subsistemas para el sistema proyectado en 20 kV.**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 20 KV FINAL		CÁLCULO POR CORRIENTE DE CARGA (I <sub>d</sub> en A)	CÁLCULO POR CAIDA DE TENSIÓN ( $\Delta V \leq 5\%$ en V)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL CABLE (I <sub>cc</sub> en kA)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TERMICAMENTE ADMISIBLE (I <sub>km</sub> en kA)	POTENCIA DE CORTOCIRCUITO DE LA S.E PARTICULAR (P <sub>cc</sub> en MVA)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN LA S.E PARTICULAR (I <sub>cc</sub> en kA)	CORRIENTE DE CHOQUE (I <sub>ch</sub> en kA)
S.E. N° 1	Punto de entrega	141.66	40.37	15.242	31.33	461.443	13.321	33.909
S.E. N° 1	S.E. N° 2	33.41	5.28	13.321	18.461	443.548	12.804	32.594
S.E. N° 1	S.E. N° 3	13.37	3.71	13.321	18.461	428.473	12.369	31.486
S.E. N° 1	S.E. N° 4	5.35	0.3	13.321	18.461	455.391	13.146	33.464
S.E. N° 1	S.E. N° 5	8.35	0.62	13.321	18.461	453.414	13.089	33.319
S.E. N° 1	S.E. N° 6	13.37	1.78	13.321	18.461	446.531	12.890	32.813
S.E. N° 1	S.E. N° 7	33.41	7.2	13.321	18.461	436.417	12.598	32.070
S.E. N° 1	S.E. N° 8	21.05	4.67	13.321	18.461	435.633	12.576	32.012

#### 4.2.4. Logros del diseño a las condiciones del sistema proyectado

Como en el caso inicial, también en esta sección se realizó los cálculos de demanda y los cálculos justificativos para los dos niveles de tensión tanto en 10 kV y 20 kV, determinando así los parámetros eléctricos que caracterizan este diseño y garanticen la operación normal bajo las condiciones normales, finalmente podemos decir que el sistema diseñado para nivel de tensión de 10 kV/20 kV cumple con las condiciones de diseño y podemos asegurar un correcto funcionamiento del sistema. Además, podemos asegurar el margen de más de 20% entre la corriente de diseño y la capacidad de corriente nominal del cable seleccionado.

**Tabla 4.8 Referencia de cables en el sistema proyectado**

Referencia de Cableado		Tipo de cable y características
S.E. N° 1	PUNTO	Cable 3-1 x 120 mm <sup>2</sup> , N2XSY 18/30kV , con capacidad nominal de 375 A
S.E. N° 1	S.E. N° 2	Cable 3-1 x 50 mm <sup>2</sup> , N2XSY 18/30kV , con capacidad nominal de 230 A
S.E. N° 1	S.E. N° 3	Cable 3-1 x 50 mm <sup>2</sup> , N2XSY 18/30kV , con capacidad nominal de 230 A
S.E. N° 1	S.E. N° 4	Cable 3-1 x 50 mm <sup>2</sup> , N2XSY 18/30kV , con capacidad nominal de 230 A
S.E. N° 1	S.E. N° 5	Cable 3-1 x 50 mm <sup>2</sup> , N2XSY 18/30kV , con capacidad nominal de 230 A
S.E. N° 1	S.E. N° 6	Cable 3-1 x 50 mm <sup>2</sup> , N2XSY 18/30kV , con capacidad nominal de 230 A
S.E. N° 1	S.E. N° 7	Cable 3-1 x 50 mm <sup>2</sup> , N2XSY 18/30kV , con capacidad nominal de 230 A
S.E. N° 1	S.E. N° 8	Cable 3-1 x 50 mm <sup>2</sup> , N2XSY 18/30kV , con capacidad nominal de 230 A

**Tabla 4.9 Resultados de parámetros eléctricos del diseño proyectado a 10 kV**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 10 KV FINAL		CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL CABLE (I <sub>cc</sub> en kA)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TERMICAMENTE ADMISIBLE (I <sub>km</sub> en kA)	ESTADO (I <sub>km</sub> > I <sub>cc</sub> )	CAIDA DE TENSIÓN (ΔV < 5% en V)	(I <sub>d</sub> < I Nominal del cable en más de 20%)
S.E. N° 1	Punto de entrega	22.459	31.33	Conforme	80.75	24%
S.E. N° 1	S.E. N° 2	15.198	18.461	Conforme	91.32	71%
S.E. N° 1	S.E. N° 3	15.197	18.461	Conforme	88.16	88%
S.E. N° 1	S.E. N° 4	15.197	18.461	Conforme	81.35	95%
S.E. N° 1	S.E. N° 5	15.197	18.461	Conforme	81.99	93%
S.E. N° 1	S.E. N° 6	15.197	18.461	Conforme	84.32	88%
S.E. N° 1	S.E. N° 7	15.197	18.461	Conforme	95.15	71%
S.E. N° 1	S.E. N° 8	15.197	18.461	Conforme	90.09	83%

**Tabla 4.10 Resultados de parámetros eléctricos del diseño proyectado a 20 kV**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 20 KV FINAL		CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL CABLE (Icc en kA)	CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TERMICAMENTE ADMISIBLE (Ikm en kA)	ESTADO (Ikm>Icc)	CAIDA DE TENSIÓN ( $\Delta V < 5\%$ en V)	(Ic < I Nominal del cable en más de 20%)
S.E. N° 1	Punto de entrega	15.242	31.33	Conforme	40.37	62%
S.E. N° 1	S.E. N° 2	13.321	18.461	Conforme	86.03	85%
S.E. N° 1	S.E. N° 3	13.321	18.461	Conforme	84.46	94%
S.E. N° 1	S.E. N° 4	13.321	18.461	Conforme	81.05	98%
S.E. N° 1	S.E. N° 5	13.321	18.461	Conforme	81.37	96%
S.E. N° 1	S.E. N° 6	13.321	18.461	Conforme	82.53	94%
S.E. N° 1	S.E. N° 7	13.321	18.461	Conforme	87.95	85%
S.E. N° 1	S.E. N° 8	13.321	18.461	Conforme	85.42	91%

### **4.3. Comparación parámetros indicadores el sistema existente y proyectado con respecto al valor máximo permitido**

#### **4.3.1. Variación de la demanda**

En esta parte se muestra el resumen de cálculo de la demanda máxima del estado inicial y el diseño final para las cargas que alimentan tanto en el sistema eléctrico de 10 kV como el caso el sistema eléctrico en 20/10 kV.

Actualmente el Predio cuenta con el suministro eléctrico N° 0286722 con una carga contratada de 750 kW a la tensión nominal de 10 kV, opción tarifaria MT3. El punto de diseño actual es la subestación N° 686, celda N° 5, ubicado en la Av. Sol de Oro cruce con Jr. Galileo. Para cubrir su demanda máxima proyectada se ha solicitado al concesionario una ampliación de su carga contratada hasta 2 400 kW. Según lo descrito existe variación de demanda máxima.

Debido a la variación de demanda máxima y a lo que hace referencia el Artículo 82° <sup>16</sup> de la Ley de Concesiones Eléctricas se hizo la solicitud de punto de diseño al concesionario.

El grafico a continuación muestra la variación de demanda máxima lo cual implica la ampliación en la demanda del sistema, para lo cual se desarrolló el refuerzo del sistema y los cálculos respectivos

---

<sup>16</sup> Ley De Concesiones Eléctricas y su reglamento. Apartado VI página 36

## Comparativo de Demanda Máxima Inicial-Final (kW)

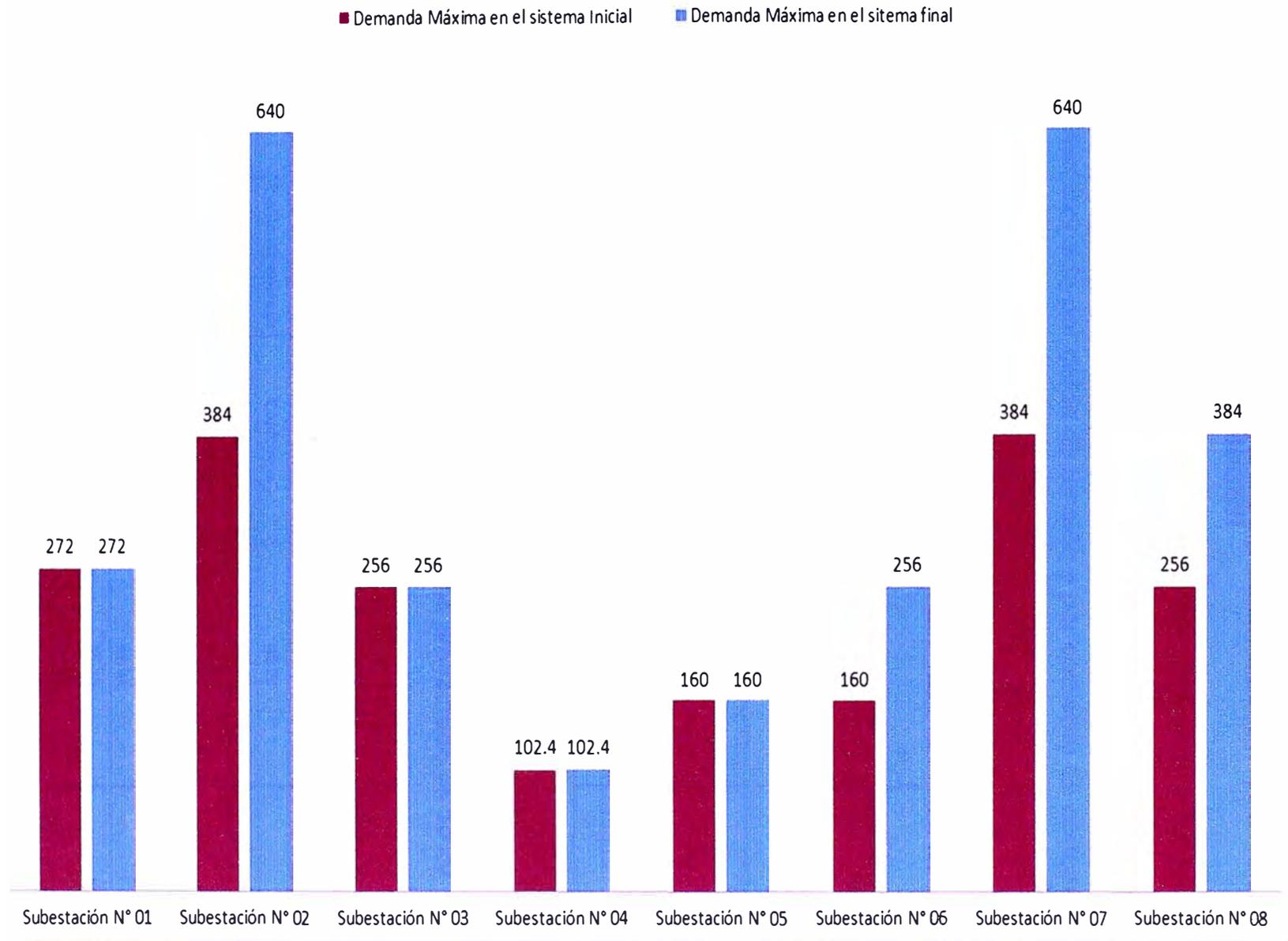


Ilustración 58 Comparativo de Demanda Máxima de sistema existente y proyectado por subestación.

## 4.3.2. Cálculos Justificativos del sistema existente y el sistema proyectado

### 4.3.2.1. Comparación Resumen

El conductor queda dimensionado para el estado final según los parámetros que se muestran en la tabla y cumplen con lo especificado según norma para el dimensionado por caída de tensión y por corriente de cortocircuito.

**Tabla 4.11 Características del sistema existente en 10 kV**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 10 KV INICIAL		ESTADO (Ik <sub>m</sub> >I <sub>cc</sub> )	CAIDA DE TENSIÓN ( $\Delta V < 5\% = 500$ V en V )	(I <sub>d</sub> <I Nominal del cable en más de 20%)
S.E. N° 1	Punto de entrega	Conforme	78.137	46%
S.E. N° 1	S.E. N° 2	Deficiente	91.744	65%
S.E. N° 2	S.E. N° 3	Conforme	82.242	86%
S.E. N° 1	S.E. N° 4	Deficiente	83.002	65%
S.E. N° 1	S.E. N° 5	Deficiente	79.733	91%
S.E. N° 7	S.E. N° 6	Conforme	79.904	91%
S.E. N° 4	S.E. N° 7	Conforme	89.768	70%
S.E. N° 1	S.E. N° 8	Deficiente	85.769	86%

**Tabla 4.12 Características del sistema proyectado en 10 kV**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 10 KV FINAL		ESTADO (Ik <sub>m</sub> >I <sub>cc</sub> )	CAIDA DE TENSIÓN ( $\Delta V < 5\% = 500$ V en V )	(I <sub>d</sub> <I Nominal del cable en más de 20%)
S.E. N° 1	Punto de entrega	Conforme	80.75	24%
S.E. N° 1	S.E. N° 2	Conforme	91.32	71%
S.E. N° 1	S.E. N° 3	Conforme	88.16	88%
S.E. N° 1	S.E. N° 4	Conforme	81.35	95%
S.E. N° 1	S.E. N° 5	Conforme	81.99	93%
S.E. N° 1	S.E. N° 6	Conforme	84.32	88%
S.E. N° 1	S.E. N° 7	Conforme	95.15	71%
S.E. N° 1	S.E. N° 8	Conforme	90.09	83%

**Tabla 4.13 Características del sistema proyectado en 20 kV**

REFERENCIA PARA NIVEL DE TENSIÓN DE 20 KV FINAL		ESTADO (Ik <sub>m</sub> >I <sub>cc</sub> )	CAIDA DE TENSIÓN ( $\Delta V < 5\% = 1000 \text{ V en V}$ )	(I <sub>d</sub> < I Nominal del cable en más de 20%)
S.E. N° 1	Punto de entrega	Conforme	40.37	62%
S.E. N° 1	S.E. N° 2	Conforme	86.03	85%
S.E. N° 1	S.E. N° 3	Conforme	84.46	94%
S.E. N° 1	S.E. N° 4	Conforme	81.05	98%
S.E. N° 1	S.E. N° 5	Conforme	81.37	96%
S.E. N° 1	S.E. N° 6	Conforme	82.53	94%
S.E. N° 1	S.E. N° 7	Conforme	87.95	85%
S.E. N° 1	S.E. N° 8	Conforme	85.42	91%

### **4.3.3. Logros y comparaciones del sistema existente y el sistema proyectado en base a lo desarrollado.**

Según lo descrito en el punto 4.3.1 en el cual se desarrolló el cuadro de cargas, se determinó la demanda máxima sistema existente y proyectado en cada uno de los subsistemas notándose variación en la máxima demanda, Calculado la demanda máxima en el sistema proyectado de 2 400 kW para el nivel de tensión de operación en 20 kV (operación inicial en 10 kV), se afirmó conveniente la solicitud del punto de diseño al concesionario, con lo cual pudimos realizar el diseño en el sistema. Además el desarrollo de cuadros y demandas, nos permitirá seleccionar la capacidad de carga de los equipos (transformadores) que son fundamentales en la operación del sistema.

Con el punto de diseño se obtuvo los resultados en el apartado 4.3.2, observamos los parámetros eléctricos de lo cual podemos decir que la caída de tensión es menor a la caída de tensión máxima que hace la referencia la norma de 5 %<sup>17</sup>, es decir que la variación de voltaje es menor a 500 V, para 10 kV y 1 000 V para 20 kV, además según los cálculos justificativos, para el sistema final, la corriente de corto circuito es menor  $I_{cc}$  es menor a  $I_{km}$  para cada uno de los subsistemas, con lo cual el conductor seleccionado es correcto por ende brindara las prestaciones necesarias y suficientes al sistema eléctrico.

---

<sup>17</sup> Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (1997-10-11). apartado 5.1 página 12

## CONCLUSIONES

1. Se realizó el diseño eléctrico del cambio de nivel de tensión de 10 kV a 20 kV del sistema de utilización de la Institución de Formación Técnica, demostrando el diseño como tal según resultados de cálculos Justificativos en el apartado 4.3.2 y el plano eléctrico IE -01 los cuales muestran el resultado del diseño, además cumplen las condiciones planteadas. La metodología desarrollada en secuencia lógica de verificación, diseño y evaluación comprueba la eficacia en el desarrollo de investigación como herramienta y referente para investigaciones de acuerdo a lo desarrollado en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3.
2. Se determinó parámetros eléctricos sometidos a condiciones en el diseño tales como la caída de tensión cumple ser menor al 5% del valor nominal de sistema (el mayor valor de caída de tensión es 0,9515%) y la corriente de cortocircuito ( $I_{km}$ ) es mayor a la corriente de cortocircuito térmicamente admisible ( $I_{km}$ )(por ejemplo de la SE N°1-SE N°4  $18,46 \text{ kA} > 13,32 \text{ kA}$ ), condiciones que permitieron evaluar los sistemas en la condición inicial de evaluación y final de diseño como se muestra en las Tablas 4.11, 4.12 y 4.13 además permitieron alcanzar la condición de sistema eléctrico adecuado según normativa eléctrica peruana.
3. La demanda máxima (del cuadro de cargas), la corriente de carga de la S.E., la corriente de cortocircuito de la S.E. y la tensión, hallados y que se muestran en las Tablas 4.5, 4.6 y 4.7 determinaron la especificación de las subestaciones

particulares y permitieron seleccionar el equipamiento de cada subsistema como se muestra en el plano IE -01 el cual nos muestra en detalle cada uno de sus componentes que conforman el sistema eléctrico de la Institución

4. Se demuestra la utilidad y apoyo referencial de la normativa vigente, considerándose importante y adecuado, en específico para el desarrollo de trabajos que hacen referencia al sistema eléctrico, en lo particular en este trabajo inclusive. Normas como La Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, CNE y la Norma de Proyectos y Obras (NPO), y la Norma Técnica Peruana. Las cuales contribuyeron en el desarrollo en general desde la factibilidad inicial hasta referente del diseño final.

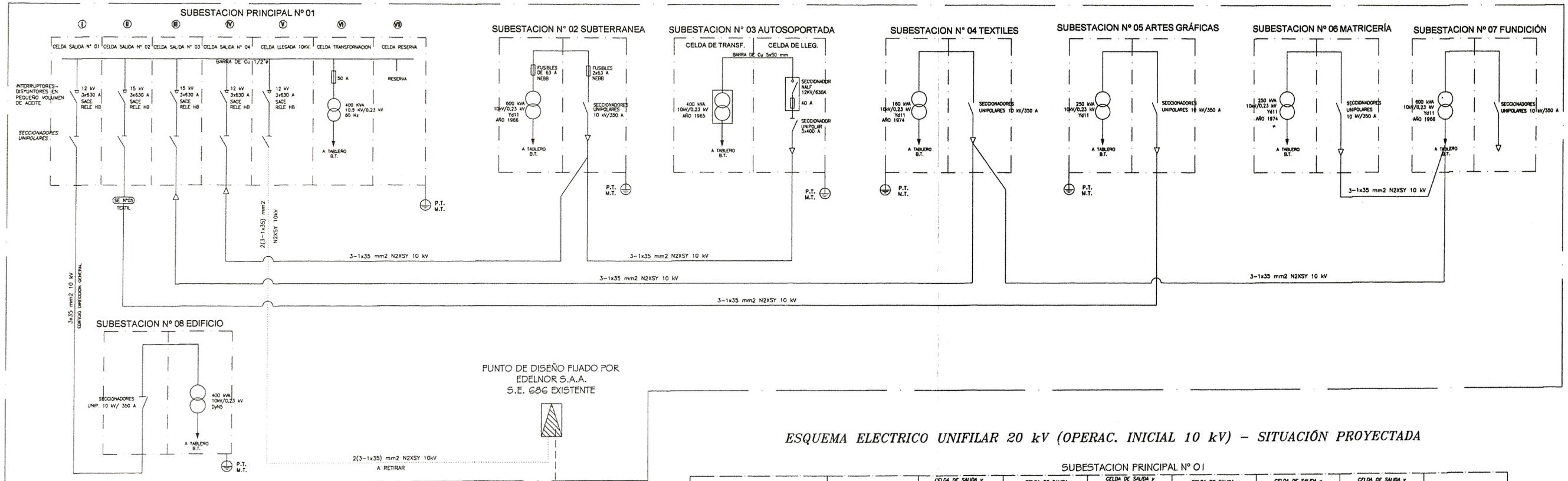
## RECOMENDACIONES

1. Para realizar el proyecto completo se tendrá que agregar además del diseño, la ingeniería de detalle, ejecución y supervisión.
2. En cuanto a la ejecución, esta se completaría si se realizara los cálculos de las obras civiles y la ejecución.
3. En la supervisión, es recomendable designar a personal calificado, Ingenieros con amplia experiencia en el tema.
4. Se recomienda cumplir con los requisitos que indican en la elaboración de proyectos Eléctricos y civiles según la normativa.
5. Se recomienda usar la normativa vigente para la elaboración de proyectos eléctricos y civiles.

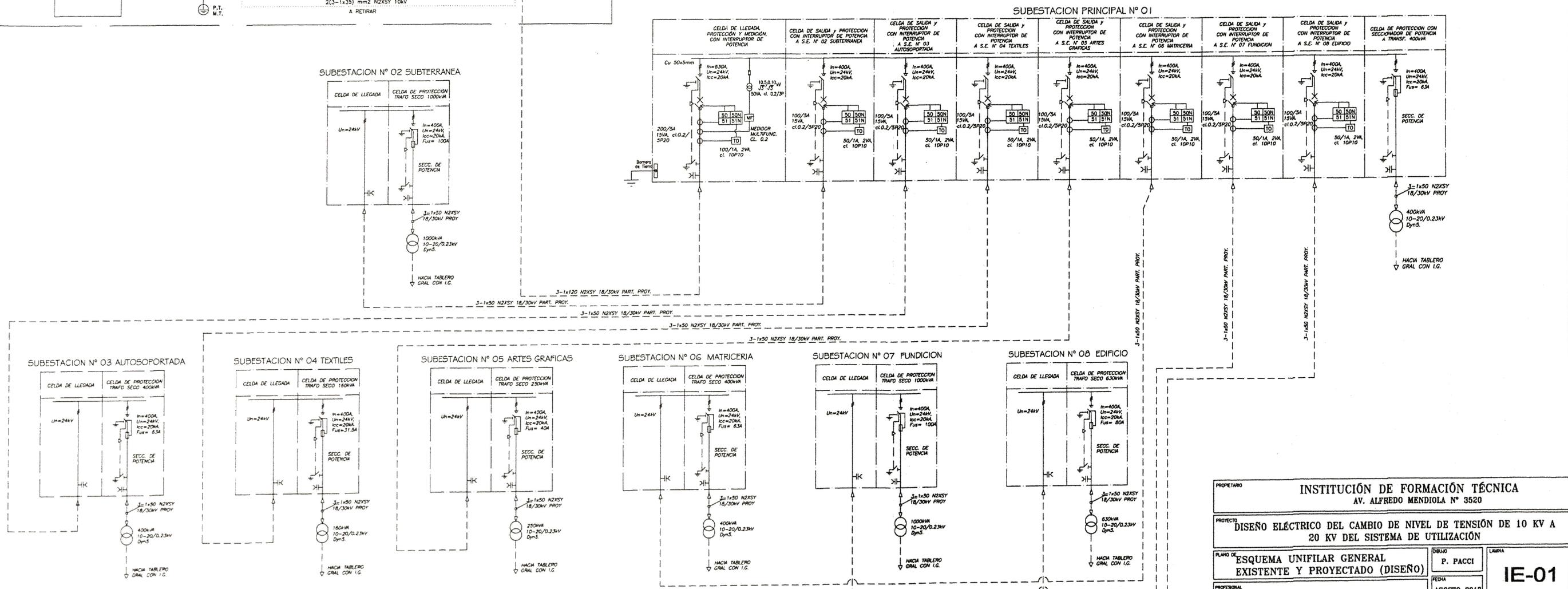
## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **La Ley de Concesiones Eléctricas.** Ministerio de Energía y Minas Año 2 010.
2. **Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas** Ministerio de Energía y Minas Año 2 010.
3. **Código Nacional de Electricidad - Suministro 2011.** Ministerio de Energía y Minas Año 2 011.
4. **Código Nacional de Electricidad - Utilización 2006.** Ministerio de Energía y Minas Año 2 006.
5. **Norma de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en Sistemas de Utilización en Media Tensión en Zonas de Concesión de Distribución.** R.D. N° 018-2002-EM/DGE.- Ministerio de Energía y Minas Año 2 002.
6. **Norma de “Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final”.** OSINERGMIN Norma N° 182-2009-OS/CD Año 2 009.
7. **Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos** Ministerio de Energía y Minas **Normas Técnicas de los Servicios eléctricos.** Dirección General de Electricidad Año 1 997.

ESQUEMA ELECTRICO UNIFILAR 10kV - SITUACIÓN ACTUAL



ESQUEMA ELECTRICO UNIFILAR 20 kV (OPERAC. INICIAL 10 kV) - SITUACIÓN PROYECTADA

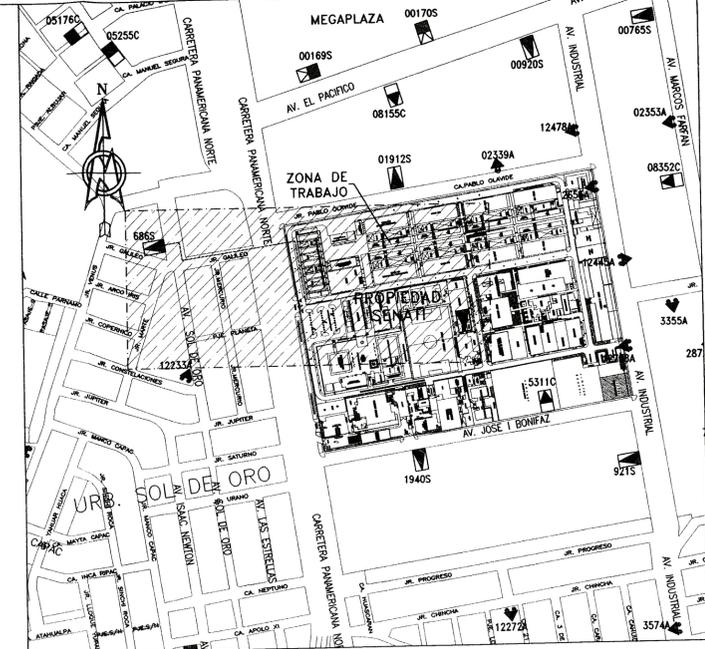
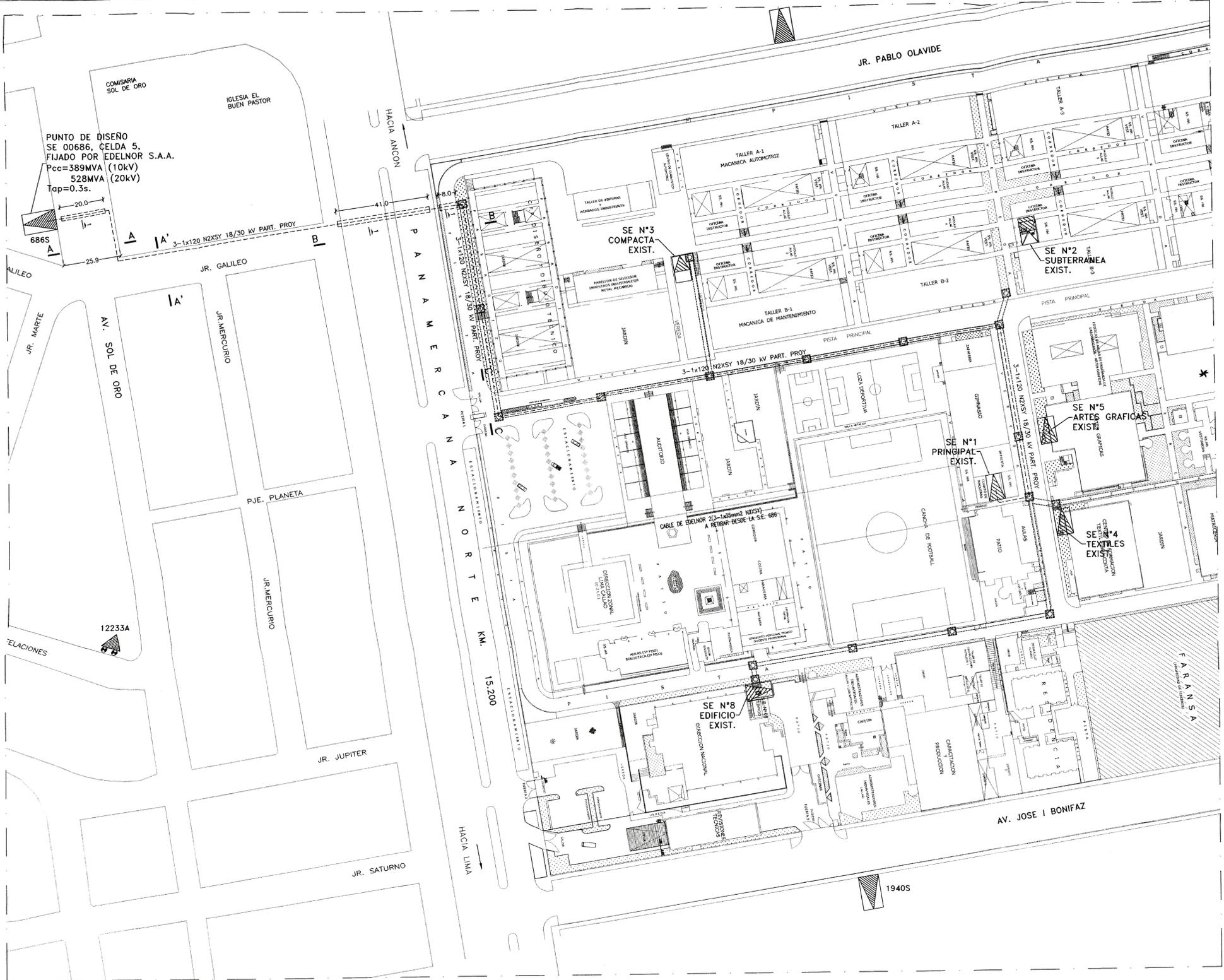


PROPIETARIO		INSTITUCIÓN DE FORMACIÓN TÉCNICA AV. ALFREDO MENDIOLA N° 3520	
PROYECTO		DISEÑO ELÉCTRICO DEL CAMBIO DE NIVEL DE TENSIÓN DE 10 KV A 20 KV DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN	
PLANO DE	ESQUEMA UNIFILAR GENERAL EXISTENTE Y PROYECTADO (DISEÑO)	DIBUJO	P. PACCI
PROFESIONAL	PIERRE PACCI ROBLES	FECHA	AGOSTO 2013
DEPARTAMENTO	LIMA	ESCALA	S/E
PROVINCIA	LIMA	FORMATO	A1
DISTRITO	LIMA		

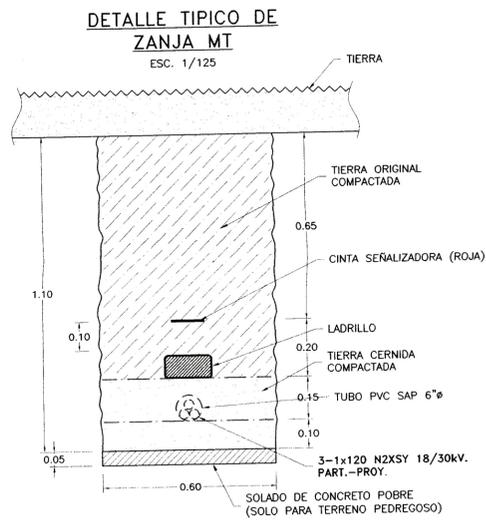
IE-01

A1





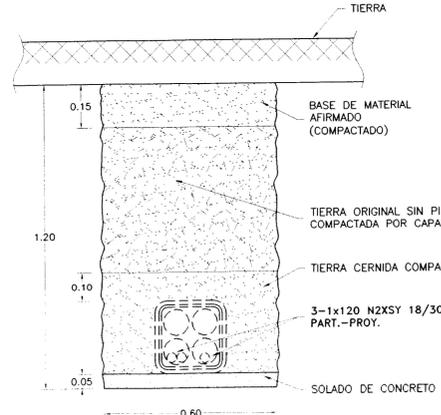
PLANO DE UBICACION  
ESCALA : 1/5000



DETALLE TIPICO DE ZANJA MT  
ESC. 1/125

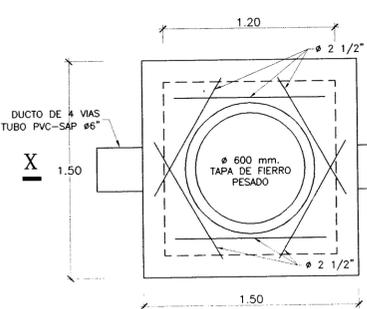
RECORRIDO DE RED  
PUNTO DE DISEÑO  
ESCALA : 1/1000

DETALLE DE CRUZADA PROJ. PART.  
CRUZADA "1"  
ESC. 1/125

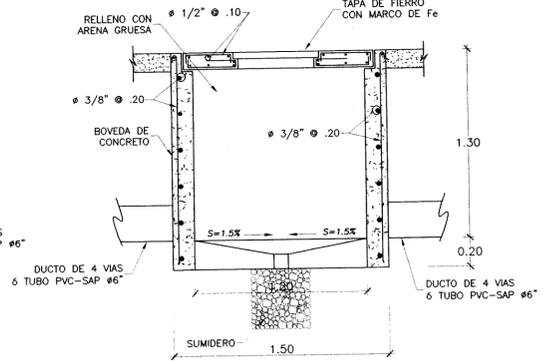


DETALLE DE BUZON DE CONCRETO CON TAPA DE FIERRO  
ESC. 1/25

(VISTA DE PLANTA)



CORTE X - X

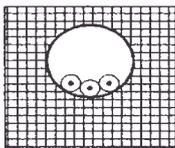
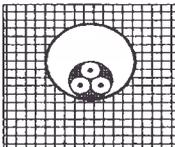
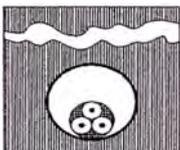
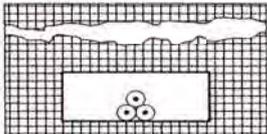
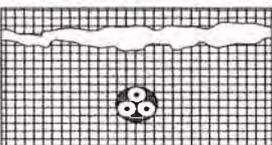
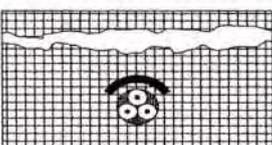


PROY.	EXIST.	RETIRO	DESCRIPCION
---	---	---	CRUZADA DE CONCRETO
---	---	---	CABLE SUBTERRANEO 10 KV.
---	---	---	CABLE SUBTERRANEO 3-1x120mm2 N2XS18/30 kv.
---	---	---	SUBSTACION COMPACTA TIPO PEDESTAL
---	---	---	SUBSTACION CONVENCIONAL SUBTERRANEA
---	---	---	SUBSTACION CONVENCIONAL DE SUPERFICIE
---	---	---	DESCRIPCION

PROPIETARIO		INSTITUCIÓN DE FORMACIÓN TÉCNICA AV. ALFREDO MENDIOLA N° 3520	
PROYECTO		DISEÑO ELÉCTRICO DEL CAMBIO DE NIVEL DE TENSIÓN DE 10 KV A 20 KV DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN	
PLANO DE	RECORRIDO DE RED PUNTO DE DISEÑO	DIBUJO	LÁMINA
PROFESIONAL	PIERRE PACCI ROBLES	FECHA	AGOSTO 2013
DEPARTAMENTO	LIMA	ESCALA	1/1000
PROVINCIA	LIMA	FORMATO	A1
DISTRITO	LIMA		

# APÉNDICE

**Tabla 4 (Continuación)**  
**Instrucciones por métodos de instalación**  
**para obtener la capacidad de corriente nominal**

Item no.	Métodos de instalación	Descripción	Referencia del método de instalación a ser usado para obtener la capacidad de corriente nominal (ver Tabla 3)
1	2	3	4
59		Conductores aislados o cables unipolares en tubo en paredes de mampostería <sup>1)</sup>	B1
60		Cables multipolar en tubo en paredes de mampostería <sup>1)</sup>	B2
70		Cable multipolar dentro de un tubo o en conducto de cables enterrado	D
71		Cables unipolares en tubo o en conducto de cables enterrado	D
72		Cables unipolar o multipolar directamente enterrado: - sin protección adicional frente a daño mecánico <sup>2)</sup>	D
73		- con protección adicional frente a daño mecánico <sup>2)</sup>	D

<sup>1)</sup> La resistividad térmica de la mampostería es no mayor de 2 K.m/W.

<sup>2)</sup> La inclusión de cables directamente enterrados en este ítem es satisfactoria cuando la resistividad térmica del suelo es del orden de 2,5 K.m/W. Para resistividades del suelo menores, la capacidad nominal de corriente para cables directamente enterrados es apreciablemente mayor que para cables en ductos.

**Tabla 5A**

(Ver las Reglas 030-004(8) y 070-2212 y Tablas 1, 2, 57 y 58)  
**Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30 °C para cables al aire y distinta a 20 °C para cables en ductos enterrados**  
Aplicables a las columnas de la 2 a la 16 de las Tablas 1 y 2

Temperatura ambiente [°C]	PVC		XLPE o EPR		MI - Mineral * (al aire)	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cubierta de PVC o desnudo y expuesto al contacto 70°C	Desnudo no expuesto al contacto 105 °C
10	1,22	1,10	1,15	1,07	1,26	1,14
15	1,17	1,05	1,12	1,04	1,20	1,11
20	1,12	1,00	1,08	1,00	1,14	1,07
25	1,06	0,95	1,04	0,96	1,07	1,04
30	1,00	0,89	1,00	0,93	1,00	1,00
35	0,94	0,84	0,96	0,89	0,93	0,96
40	0,87	0,77	0,91	0,85	0,85	0,92
45	0,79	0,71	0,87	0,80	0,87	0,88
50	0,71	0,63	0,85	0,76	0,67	0,84
55	0,61	0,55	0,76	0,71	0,57	0,80
60	0,50	0,45	0,71	0,65	0,45	0,75
65	-	-	0,65	0,60	-	0,70
70	-	-	0,58	0,53	-	0,65
75	-	-	0,50	0,46	-	0,60
80	-	-	0,41	0,38	-	0,54
85	-	-	-	-	-	0,47
90	-	-	-	-	-	0,40
95	-	-	-	-	-	0,32

\* Para temperaturas ambiente mayores, también se puede consultar al fabricante.

**Para conductores con mayor temperatura de operación**  
Aplicables a las columnas 17, 18 y 19 de las Tablas 1 y 2

Temperatura [°C]	AI, AIA	A, AA FEP, FEPB	TFE
	125 °C	200 °C	250 °C
31 - 40	0,91	-	-
41 - 45	0,92	-	-
46 - 50	0,89	-	-
51 - 55	0,86	-	-
56 - 60	0,83	0,91	0,95
61 - 70	0,76	0,87	0,91
71 - 75	0,72	0,86	0,89
76 - 80	0,69	0,84	0,87
81 - 90	0,61	0,80	0,83
91 - 100	0,51	0,77	0,80
101 - 120	-	0,69	0,72
121 - 140	-	0,59	0,59
141 - 160	-	-	0,54
161 - 180	-	-	0,50
181 - 200	-	-	0,43
201 - 225	-	-	0,30

**Tabla 5B**  
**Factores de corrección para cables embutidos en ductos**  
**para resistividades térmicas de suelo distintas de 2,5 K.m/W**

A ser aplicados a la capacidad de corriente nominal para el método de referencia D

<b>Resistividad térmica [K.m/W]</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>3</b>
<b>Factor de corrección</b>	1,18	1,1	1,05	1	0,96

Nota 1: Los factores de corrección dados han sido promediados del rango de dimensiones del conductor y tipos de instalación incluidos en la Tabla 2. La precisión de los factores de corrección está dentro del  $\pm 5\%$ .

Nota 2: Los factores de corrección son aplicables a cables tendidos en ductos soterrados; para cables directamente apoyados en la tierra los factores de corrección para resistividad térmica menor de 2,5 K.m/W deben ser mayores. Cuando sean requeridos valores más precisos pueden ser calculados por métodos dados en la Norma IEC 60287.

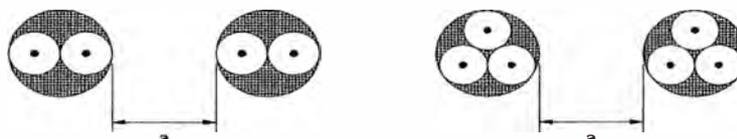
Nota 3: Los factores de corrección son aplicables a ductos hasta una profundidad de 0,8 m.

**Tabla 5D**  
**Factores de reducción para más de un circuito en ductos enterrados**

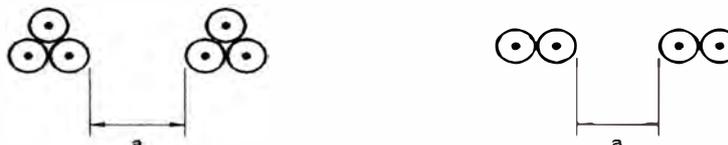
**A.- Cables directamente apoyados en la tierra**  
(Método de instalación D en la Tabla 2 - Cables unipolares o multipolares)

Número de circuitos	Separación entre cables (a)*				
	Ninguna (cables en contacto)	Un diámetro del cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

\*Cables multipolar



\*Cables unipolares



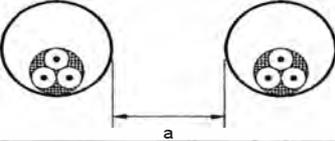
Nota: Los valores dados se aplican a una instalación con 0,7 m de profundidad y una resistividad térmica del suelo de 2,5 K.m/W. Son valores promedio para el rango de dimensiones de cables y tipos acotados para la Tabla 2. El proceso de promediar con redondeo, puede resultar en algunos casos en errores de hasta  $\pm 10\%$ . (Cuando se requiere valores más precisos estos pueden ser calculados por los métodos dados en la Norma IEC 60287).

**Tabla 5D (Continuación)**

**B.- Cable multipolar en ductos de una vía - enterrado**  
(Método de instalación D en la Tabla 2)

Número de cables	Separación entre ductos (a) *			
	Ninguna (ductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

\*Cables multipolar



Nota: Los valores dados se aplican a una instalación con 0,7 m de profundidad y una resistividad térmica del suelo de 2,5 K.m/W. Son valores promedio para el rango de dimensiones de cables y tipos acotados para la Tabla 2. El proceso de promediar con redondeo, puede resultar en algunos casos en errores de hasta  $\pm 10\%$ . (Cuando se requiere valores más precisos estos pueden ser calculados por los métodos dados en la Norma IEC 60287).

**C.- Cables unipolares en ductos de una vía - enterrado**  
(Método de instalación D en la Tabla 2)

Número de circuitos unipolares de dos o tres cables	Separación entre ductos (a)*			
	Ninguna (ductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

\*Cables unipolares



Nota: Los valores dados se aplican a una instalación con 0,7 m de profundidad y una resistividad térmica del suelo de 2,5 K.m/W. Son valores promedio para el rango de dimensiones de cables y tipos acotados para la Tabla 2. El proceso de promediar con redondeo, puede resultar en algunos casos en errores de hasta  $\pm 10\%$ . (Cuando se requiere valores más precisos estos pueden ser calculados por los métodos dados en la Norma IEC 60287).

**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 extruido sobre el conductor. Aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), compuesto semiconductor extruido 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 N2XS Y 18/30 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
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	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)
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.

## TABLA DE DATOS TECNICOS N2XS Y 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)
		Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km
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.

# edelnor

SGNE-SCEI-5006722-2012

San Miguel, 09 de noviembre del 2012

Señores

SENATI

Atte. Jorge Antonio Rivera Vilchez

Av. Alfredo Mendiola 3520

Independencia.-

Referencia: **INCREMENTO DE CARGA EN SUMINISTRO DE MEDIA TENSIÓN 20KV. OPERACIÓN INICIAL EN 10KV, PARA UNA MÁXIMA DEMANDA HASTA 2400kW, TARIFA MT3**

Solicitud N° 2145843

Suministro N° 0286722

Estimado Cliente:

Por medio de la presente nos dirigimos a usted, para dar respuesta a su solicitud recibida el 17.10.2012, registrada con Atención Comercial N° 29284388, mediante la cual solicitan presupuesto de Incremento de Carga en Suministro de Media Tensión hasta 2400kW-10kV, Tarifa MT3 para el predio ubicado en Av. Alfredo Mendiola 3520 – Independencia.

Para el desarrollo del Proyecto de Sistema de Utilización en 20 kV (Operación Inicial 10 kV), deberá considerar los siguientes datos:

Potencia de cortocircuito	389 MVA / 10kV	528 MVA / 20kV
Tiempo de apertura de la rotación	0.3 Se.	
Punto de entrega	Celda 5 SE-00686S	

El Presupuesto N° 2145843 valoriza las obras de conexión del suministro fijado en Celda 5 SE-00686S ubicado en Av. Sol de Oro SE-00686S (se adjunta plano), a partir de este punto el cliente deberá realizar el tendido de sus cables y montaje de Subestación Particular, obras que deberán ser ejecutadas conforme al Proyecto de Sistema de Utilización en 20kV con operación inicial 10KV, aprobado por EDELNOR S.A.A.

El presupuesto de conexión y los elementos electromecánicos en Media Tensión, en la Tarifa MT3, se detalla a continuación:

Descripción	Parcial S/.	Total S/.
Inc Carga en Suministro de Media Tensión hasta 2400kW-MT3-10KV Celda 5		
IGV		
<b>TOTAL CONEXION</b>		

El costo de conexión está sujeto a detracción por ser el importe mayor a S/. 700.00

De acuerdo a lo dispuesto en la Resolución de Superintendencia N° 183-2004/SUNAT, modificada por la Resolución de Superintendencia N° 293-2010/SUNAT, el servicio prestado por nuestra empresa por concepto de CONEXIÓN, se encuentra sujeto a la DETRACCIÓN con la tasa del 5%, sólo para facturas cuyo importe sea mayor a S/. 700.00. Asimismo, sólo están sujetas al pago de detracción las PERSONAS JURÍDICAS y PERSONA NATURALES con RUC.

Por tal motivo, le agradeceremos, se sirvan cancelar la "Detracción" en la Cuenta Corriente en Soles N° 00-000-313017 del BANCO DE LA NACIÓN, en el rubro: 01 VENTA DE BIENES O PRESTACIÓN DE SERVICIO Y 030 CONTRATO DE CONSTRUCCIÓN, de acuerdo al siguiente detalle:

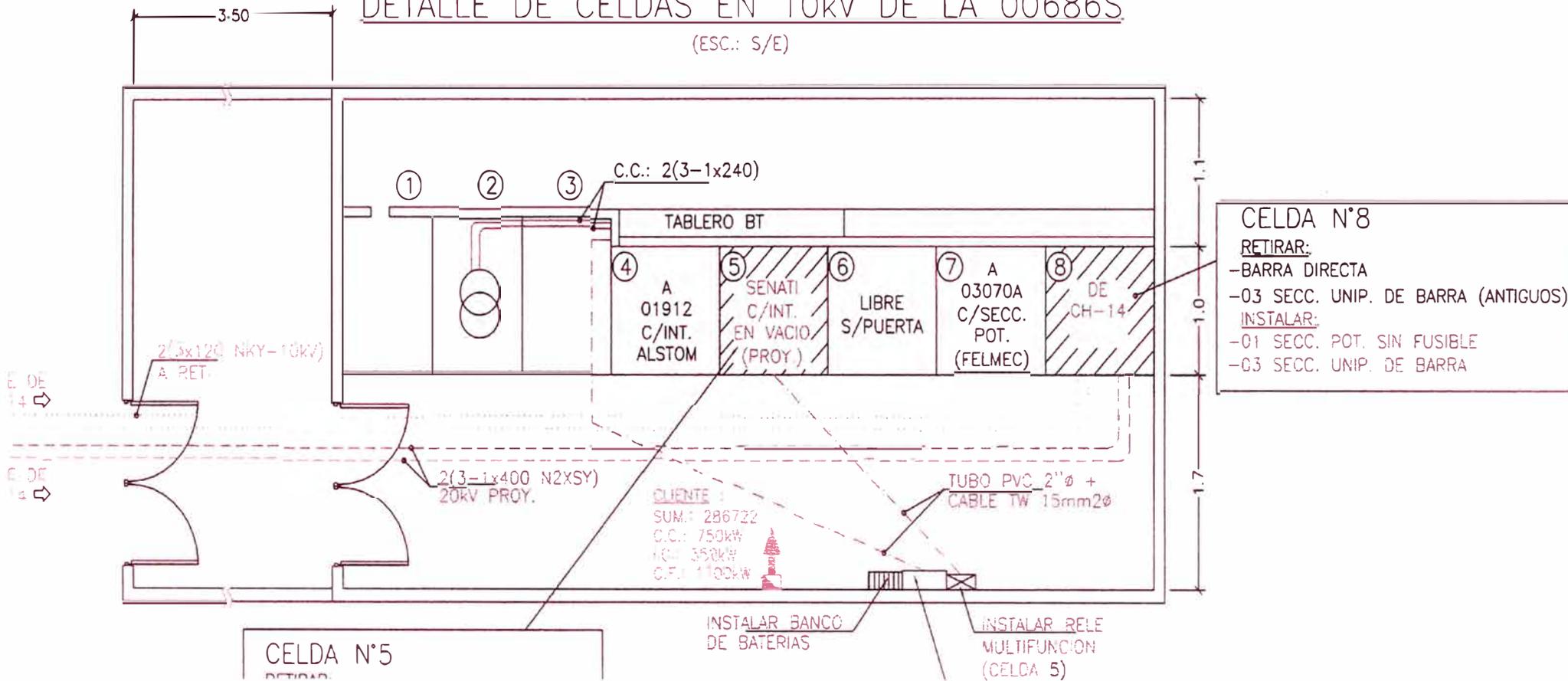
**FORMA DE PAGO DEL PRESUPUESTO:**

Abono del 5% por concepto de Detracción en la Cta. Cte. Soles Banco de la Nación	S/.	1851 87
Abono del Saldo del Presupuesto a ser cancelado en las oficinas de EDELNOR	S/.	35185 50
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>S/.</b>	<b>37037.37</b>



# DETALLE DE CELDAS EN 10kV DE LA 00686S

(ESC.: S/E)



## CALCULO DE PUESTA A TIERRA

Datos del Terreno:

Resistividades medidas a distancias (a):

a=1m                    ρ=125 ohm-m

a=2m                    ρ=130 ohm-m

a=3m                    ρ=112 ohm-m

Para nuestro caso tenemos una resistividad del terreno promedio de 122 ohm-m, que se ubica dentro de los valores del tipo de Resistividad del Grupo B de la tabla N° 1.

Utilizando dos dosis por pozo del tratamiento químico, como es el compuesto THORGEL o similar mezclado con tierra vegetal, se reducirá la resistencia hasta mantener una Resistencia menor a 25 Ohm. (CNE).

Tabla N° 2

CARACTERISTICAS TECNICAS

EN SUELOS DE DIFERENTE RESISTIVIDAD (%)

DOSIS Y POZOS DE TIERRA NECESARIOS PARA MANTENER RESISTENCIA MENOR A 25 OHM (CNE)

GRUPO	CARACTERISTICA	Nº de pozos	Dosis por pozo	R (ohm) Objetivo (con holgura)	Holgura	Nivel Resistividad
A	SUELOS DE RESISTIVIDAD MENOR A 50 OHM-M	1	sin tratamiento	20	20%	Muy Baja
B	SUELOS DE RESISTIVIDAD HASTA 150 OHM-M	1	2	20	20%	Baja
C	SUELOS DE RESISTIVIDAD HASTA 250 OHM-M	1	4	20	20%	Media
D	SUELOS DE RESISTIVIDAD HASTA 350 OHM-M	1	5	20	20%	Media
E	SUELOS DE RESISTIVIDAD HASTA 600 OHM-M	1	7	17.5	25%	Alta
F	SUELOS DE RESISTIVIDAD 1000 OHM-M	2	5	17.5	25%	Alta
G	SUELOS DE RESISTIVIDAD 2000 OHM-M	3	7	17.5	25%	Muy Alta
H	SUELOS DE RESISTIVIDAD 5000 OHM-M	4	7	17.5	25%	Muy Alta

SAL HIGROSCOPICA THORGEL

Estos valores serán confirmados en obra.

Para el Cálculo de la puesta a tierra, se ha considerado según el Código Nacional de Electricidad, una resistencia máxima de puesta a tierra de 25 ohmios, tanto para baja como media tensión, para lo cual se ha considerado la siguiente expresión:

$$R1 = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left( \frac{4L}{1.36d} \times \frac{2h+L}{4h+L} \right) \Omega$$

Donde:

R1 = Resistencia de la puesta a tierra, ohmios.

ρ = Resistividad del terreno, ohm-m

L = Longitud del electrodo, m.

d = Diámetro del electrodo, m.

h = Altura del electrodo debajo del nivel del piso, m.

*Para el caso de un pozo de tierra típico se tendrá un electrodo tipo Copperweld o de cobre de 2.40m, 5/8"Ø (16mmØ)*

*Para nuestro caso tenemos una resistividad del terreno de 122 ohm-m, a 0.40m debajo del nivel del piso.*

*Reemplazando datos se tiene:*

*R1 = 47.46 Ohmios.*

*Utilizando tratamiento químico, como el compuesto THORGEL ó similar mezclado con tierra vegetal, se reduce esta resistencia hasta un 50%. Considerando una reducción del 50% se obtendría una resistencia de.*

*R1 = 23.73 Ohmios < 25 ohmios*

*En el caso materia del proyecto se contará con dos pozos de tierra, lo que garantiza que se cumple con lo recomendado por el Código Nacional de Electricidad.*

*Estos valores serán confirmados en obra.*