

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DEL SISTEMA DE UTILIZACION 10/22,9KV. PARA  
SUMINISTRAR ENERGÍA AL HOTEL IBIS BUDGET EN MIRAFLORES –  
LIMA 2018.”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

HUINCHO HUARCAYA, DARIO JAVIER

**Villa El Salvador**

**2019**

## **DEDICATORIA:**

A mis hijos, mi esposa, padres y hermanos por su apoyo constante, por darme las fuerzas y aliento necesario para cumplir mis metas y propósitos, a todas mis amistades, por su colaboración.

## **AGRADECIMIENTO:**

A dios por darme la sabiduría y fortaleza para poder realizarme como Ingeniero.

A mi familia por apoyarme constantemente en este camino académico. Y a mis docentes que me regalaron sus conocimientos y experiencias.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	2
1.2 Justificación del problema .....	3
1.3 Delimitación de la investigación.....	3
1.3.1 Teórica .....	3
1.3.2 Espacial.....	3
1.3.3 Temporal .....	4
1.4 Formulación del problema .....	4
1.4.1 Problema general .....	4
1.4.2 Problema específico .....	4
1.5 Objetivos .....	5
1.5.1 Objetivo general .....	5
1.5.2 Objetivo específico .....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes .....	6
2.2 Bases teóricas.....	8
2.2.1 Sistema de utilización en media tensión .....	8
2.2.1.1 Conexiones de Media Tensión .....	8
2.2.1.2 Acometida eléctrica .....	9
2.2.2 Las subestaciones eléctricas .....	9
2.2.2.1 Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas .....	9
2.2.2.2 Subestaciones receptoras primarias .....	9
2.2.2.3 Subestaciones receptoras secundarias .....	10
2.2.3 Centros de transformación .....	11
2.2.3.1 C.T. según su alimentación .....	12
2.2.3.2 C.T. según su propiedad .....	12

2.2.3.3	C.T. según su emplazamiento .....	13
2.2.3.4	C.T. según la acometida .....	13
2.2.3.5	C.T. según obra civil .....	13
2.2.4	Centro de transformación prefabricado con celdas modulares .....	16
2.2.4.1	Funciones y componentes de las celdas modulares .....	18
2.2.4.2	El transformador de potencia .....	22
2.2.4.3	Funcionamiento de transformador .....	25
2.2.4.4	Sistema puesta a tierra .....	26
2.3	Definición de terminos básicos .....	28
2.3.1	Cable .....	28
2.3.2	Cable subterráneo .....	28
2.3.3	Conectores terminales .....	28
2.3.4	Concesionario de distribución de energía eléctrica .....	28
2.3.5	Conexiones de Media Tensión .....	28
2.3.6	Conexiones de Baja Tensión .....	28
2.3.7	Punto de Diseño .....	28
2.3.8	Punto de Entrega .....	29
2.3.9	Sistema de Utilización en Media Tensión.....	29
2.3.10	Suministro Eléctrico (suministro) .....	29
2.3.11	Subestación de distribución .....	29
<b>CAPÍTULO III:DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL</b>		
.....		<b>30</b>
3.1	Modelo de solución propuesto .....	30
3.1.1	Consideraciones de diseño .....	30
3.1.2	Contenido del trabajo de suficiencia profesional.....	31
3.1.3	Descripción del trabajo.....	31
3.1.3.1	Realizar el cuadro de cargas del proyecto.....	31
3.1.3.2	Determinación del punto de Diseño .....	32
3.1.3.3	Criterios de cálculo para el diseño.....	33
3.1.3.4	Dimensionamiento del cable subterráneo para 22,9 kV .....	34
3.1.3.5	Dimensionamiento del cable subterráneo para 10 kV .....	38
3.1.3.6	Cálculo de protección de las S.E. proyectada para 22,9 kV .....	43
3.1.3.7	Cálculo de protección de la S.E. proyectada para 10 kV.....	47

3.1.3.8 Ventilación de subestaciones con transformadores en seco .....	51
3.1.3.9 Cálculo del sistema de tierra .....	53
3.1.4 Selección de los materiales y equipos .....	59
3.1.4.1 Cable subterráneo de energía 18/30 kv. ....	59
3.1.4.2 Subestación de transformación con celdas compactas .....	63
3.1.4.3 Transformador de potencia tipo seco de 800 kVA .....	68
3.1.4.4 Elementos auxiliares .....	70
3.2 RESULTADOS .....	75
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO 1.- Punto de diseño obtenido mediante la carta a luz del sur.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO 2.- Plano de recorrido de red .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO 3.- Plano de subestación eléctrica .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 4.- Plano de sistema puesta a tierra de subestación y detalles .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 5.- Sistema de tierra - Sótano 2 .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO 6.- Norma de distribución CD - 9 - 10 .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO 7.- Información técnica celda de transformación.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO 8.- Información técnica celda de remonte.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO 9.- Información técnica celda de salida .....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO 10.- Información técnica del conductor de media tensión.....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO 11.-PRESUPUESTO.....</b>	<b>119</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA N° 1 – Ubicación de la subestación proyectada.....	4
FIGURA N° 2 – CT prefabricado con celdas modulares.....	17
FIGURA N° 3 – Elementos principales de las celdas modulares.....	18
FIGURA N° 4 – Compartimiento de cables .....	19
FIGURA N° 5 – Cuba .....	20
FIGURA N° 6 – Transformador seco .....	23
FIGURA N° 7 – Transformador en aceite .....	25
FIGURA N° 8 – Funcionamiento del transformador .....	26
FIGURA N°9 – Descripción grafica del distanciamiento del PMI a la S.E .....	34
FIGURA N° 10 – Descripción grafica del distanciamiento del PMI a la S.E .....	39
FIGURA N° 11 – Descripción grafica del distanciamiento del PMI a la S.E,y condiciones .....	44
Figura N°12 – Descripción grafica del distanciamiento del PMI a la S.E y condiciones .....	47
Figura N° 13 – Ventilador axial.....	52
Figura N°14 – Conductor N2SXS Y .....	60
Figura N° 15 – Celdas de remonte y salida .....	65
Figura N° 16 – Banco de maniobra .....	71
Figura N° 17 – Guantes aislantes .....	72
Figura N° 18 – Casco Dieléctrico.....	73
Figura N° 19 – Relevador de tensión.....	74

## LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1 Tensiones nominales para celdas modulares .....	17
TABLA N° 2 Cuadro de cargas .....	32
TABLA N° 3 Parámetros del sistema eléctrico .....	32
TABLA N° 4 Condiciones para el cálculo de equipos y materiales .....	33
TABLA N° 5 Condiciones para el dimensionamiento del cable (22,9 kv) .....	34
TABLA N° 6 Factores para $I_c$ (corriente de carga) .....	35
TABLA N° 7 Conductor Obtenido .....	36
TABLA N° 8 Condiciones para el cálculo de $I_{cc}$ .....	37
TABLA N° 9 Condiciones para el cálculo de $I_{km}$ .....	38
TABLA N° 10 Condiciones para el dimensionamiento de cable (10kv) .....	39
TABLA N° 11 Factores para $I_c$ (corriente de carga) .....	40
TABLA N° 12 Conductor Obtenido .....	41
TABLA N° 13 Condiciones para el cálculo de $I_{cc}$ .....	42
TABLA N° 14 Condiciones para el cálculo de $I_{km}$ ... ..	42
TABLA N° 15 Condiciones para el cálculo de la protección de la S.E. 22,9 kv .	43
TABLA N° 16 Condiciones para el cálculo de $I_{cc}$ de la S.E. 22,9 kv .....	46
TABLA N°17 Condiciones para el cálculo de la protección de la S.E. 10 kv ...	47
TABLA N° 18 Condiciones para el cálculo de $I_{cc}$ de la S.E. 22,9 kv .....	50
TABLA N° 19 Perdidas térmicas y magnéticas del transformador .....	51
TABLA N° 20 Variables para la fórmula de Shwarz .....	53
TABLA N° 21 Variables para la resistencia total de la malla .....	55
TABLA N° 22 Variable a utilizar en el cálculo con el método Shwarz .....	57
TABLA N° 23 Resultado del cálculo con el método Shwarz .....	58
TABLA N° 24 Resumen de los resultados del cálculo .....	59
TABLA N° 25 Características del conductor de media tensión .....	60
TABLA N° 26 Resultados de los cálculos para la selección de equipos.....	75

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de utilización en media tensión son de entera necesidad a partir de una determinada demanda máxima, tienen la ventaja de disponer de energía eléctrica más confiable, de mejor calidad y menor precio.

En el presente trabajo de Suficiencia se presenta el diseño de un sistema de utilización en media tensión 22.9 kV para suministrar energía eléctrica al Hotel Ibis de Miraflores.

El trabajo se encuentra estructurado en tres capítulos que se describen a continuación:

1.- En el primer capítulo se expone la problemática, las delimitaciones y justificaciones del proyecto, además se describe aspectos característicos del Hotel Ibis tales como la ubicación, las necesidades de potencia, y los objetivos a determinar, para realizar el cálculo de la red particular de media tensión 22.9 kV y la subestación eléctrica particular.

2.- El segundo capítulo comprende el desarrollo del marco teórico, mostrando como antecedentes investigaciones que guardan relación con este proyecto, además abarca los fundamentos teóricos necesarios para la realización del proyecto, brindándose la conceptualización necesaria de los materiales y dispositivos a determinar.

3.- El tercer capítulo corresponde al desarrollo del trabajo, comprende los cálculos justificativos para seleccionar los conductores de la red y la Aparamenta de la subestación. Además, seleccionaremos las especificaciones técnicas de los dispositivos para el desarrollo del proyecto.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

INVERSIONES MIRAFLORES 1 SAC, es una empresa que se desempeña en actividades inmobiliarias realizadas con bienes propios o arrendados.

Empresa dedicada a ofrecer soluciones integrales de alta calidad en materia habitacional y comercial para satisfacer las necesidades de servicios inmobiliarios de nuestros clientes; que busca la protección y optimización de la rentabilidad patrimonial de los propietarios, dentro de un marco profesional, ético y jurídico basado en la eficiencia del servicio, la responsabilidad y el cumplimiento de la función social.

Su visión es consolidar la empresa como líder inmobiliario, ampliar la cobertura del mercado y el portafolio de servicios a los clientes.

El proyecto en particular **HOTEL 1 ESTRELLA HIBIS BUDGET** que contara con un conjunto de habitaciones y área común, los cuales requieren contar con suministro de energía en media tensión.

## **1.2 Justificación del problema**

Debido al menester de solucionar con la demanda de energía que requiere el Hotel Ibis Budget, de manera segura e infalible y del mismo modo el abastecimiento de energía a la tarifa de media tensión que sería el más económico y beneficiario designado por Osinergmin.

El diseño sirvió de soporte técnico para elaborar el expediente técnico y poder presentarlo y ser aprobado por el concesionario Luz del Sur para la puesta en ejecución el proyecto.

## **1.3 Delimitación de la investigación**

### **1.3.1 Teórica**

El presente trabajo desde un punto de vista teórico abarca el Diseño la Red del Sistema en Media Tensión en 10/22,9 kV para suministrar energía eléctrica al Hotel Ibis Budget, distrito de Miraflores - Lima.

### **1.3.2 Espacial**

Este trabajo consiste en el Diseño la Red del Sistema en Media Tensión de 10/22,9 kV para suministrar energía eléctrica al Hotel Ibis Budget, ubicada en la Calle Alcanfores No 659-675-677-699, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima.



¿Se podrá determinar el cálculo de la red en media tensión para satisfacer las cargas totales a energizar del Hotel Ibis Budget, distrito de Miraflores – Lima?

¿Si no se determinan los equipos adecuados a emplear en la subestación de Media tensión, fallaran las instalaciones en el Hotel Ibis Budget, distrito de Miraflores – Lima?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar la Red del Sistema en Media Tensión en 10/22,9 kV para suministrar energía eléctrica al Hotel Ibis Budget, distrito de Miraflores - Lima.

### **1.5.2 Objetivo específico**

- Solicitar el punto de diseño la red de media tensión a la empresa concesionaria de energía para suministrar energía al Hotel Ibis Budget, distrito de Miraflores - Lima.
- Determinar el cálculo de la red en media tensión para satisfacer las cargas totales a energizar del Hotel Ibis Budget, distrito de Miraflores - Lima.
- Determinar los equipos adecuados a emplear en la subestación en media tensión para evitar fallas en las instalaciones del Hotel Ibis Budget, distrito de Miraflores - Lima.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

El presente proyecto tiene como antecedentes las siguientes investigaciones, las cuales guardan relación con este proyecto.

- Montero, E. (2015), realizo la tesis: “Sistema de utilización en 22.9 kV, 3Ø para el varadero de embarcaciones artesanales en el distrito de los órganos”. Tesis para optar el título profesional de ingeniero electricista. Universidad nacional del callao. Lima. Perú. En sus conclusiones manifiesta.

La presente tesis permitió identificar diversos aspectos de las redes en MT evidenciando que dicha tecnología debe considerarse como alternativa importante, debido a que las plantas que transforman energía de alto voltaje en energía de medio voltaje mediante las subestaciones y seguidamente a los transformadores, convirtiéndola en energía de bajo voltaje y así dirigirlo a las instalaciones de la edificación. Durante el trayecto se pierde energía por diversas causas. En viviendas se usan watts por la viabilidad del pago en la CFE porque se miden la cantidad transferida de energía de un plazo definido,

que a diferencia del volt es específicamente a la circulación de la energía sin determinar el tiempo en que se emplea, siendo más complicado de cobrar. A cada vivienda le concierne un voltaje establecido (constante), pese a no emplearlo en su totalidad, porque los watts que consume cada aparato eléctrico son diferentes. Existen diversas alternativas en tarifas que las empresas exponen para su elección.

Por lo tanto, la relevancia de los instrumentos eléctricos de medición es invaluable, porque mediante ellos se calculan los consumos eléctricos, como corriente, carga, potencial, energía, y demás particularidades eléctricas de los circuitos, como fuerza, resistencia, capacidad la capacitancia y la inductancia. También permite ubicar el origen de una estación deficiente en equipos eléctricos donde se sabe, es imposible ver su funcionamiento visualmente, a diferencia de aparatos mecánicos.

- *Roman, L. (2016) realizo la tesis: "Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio". tesis para optar por el título ingeniería en eléctrico-mecánica con mención en gestión empresarial industrial. universidad católica de Santiago de Guayaquil, ecuador. en sus conclusiones manifiesta.*
  - Dicha tesis está a la orden de los académicos como apoyo en la sustentación de proyectos y posibilitar el trabajo a personas que se encargan de revisar los proyectos siendo los revisadores de la empresa eléctrica de Guayaquil.
  - El diseño y cálculo dirigen los puntos importantes que demanda la empresa eléctrica de Guayaquil, para aceptación de proyectos realizados por los profesionales de diseño y cálculo de la demanda, memoria técnica, teniendo en cuenta la normativa correspondiente que se deben considerar en Ecuador.
  - Resalta los puntos primordiales a tener en cuenta para diseñar, revisar, y ejecutar, la aceptación de sistema de repartición aéreo o subterráneo, en media y baja tensión, siendo su propósito es el desarrollo y elaboración de una red de distribución partiendo de la acometida de media tensión mediante los ingenieros.
  - Su diseño ha sido desarrollado acorde al método, criterio y especificaciones que exige el NATSIN.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Sistema de utilización en media tensión**

Está conformado por un conjunto de instalaciones eléctricas de Media Tensión, que comprende a partir del punto de entrada hasta los bornes de Baja Tensión del transformador designado a abastecer de energía eléctrica a una vivienda.

Las instalaciones pueden estar ubicadas en las calles o propiedades privadas, con excepción de la subestación que perpetuamente se debe instalar en el predio del interesado. Queda claro está fuera de este concepto las instalaciones eléctricas para uso de viviendas y centros poblados

#### **2.2.1.1 Conexiones de Media Tensión**

Es el conjunto de instrumentos e instalaciones ejecutadas a tensiones de más de 1 kV y menores de 30 kV contempla: los dispositivos de maniobra y dispositivos de protección el método de medición y componentes complementarios, el sistema de medición, el de sistema de soporte o estructura que contienen los equipos, las barras y accesorios para la respectiva instalación eléctrica. (Ministerio de energía y minas, 2017)

### **2.2.1.2 Acometida eléctrica**

Acometida (Red de distribución Secundaria). – Es a partir de la instalación de un sistema que comprende desde la Red de distribución Secundaria hasta las conexiones de entrada de la caja o la caja de toma; comprende el ensamblaje y los cables o conductores instalados. (Ministerio de energía y minas, 2017)

## **2.2.2 Las subestaciones eléctricas**

Una subestación eléctrica es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (Tensión y corriente) y de proveer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema. Desde el punto de vista de la función que desempeñan las subestaciones se pueden clasificar como sigue:

### **2.2.2.1 Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.**

Estas se encuentran adyacentes a las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad para modificar los parámetros de la potencia suministradas por los generadores para permitir la transmisión en alta tensión en la línea de transmisión a este respecto se puede mencionar que los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 kV y la transmisión dependiendo de la cantidad de energía y el tramo se puede realizar a 69, 85, 115, 138, 230 o 400 kV, en otros países se usa tensiones de transmisión de 765, 800 hasta de 1200 kV en C.A.

### **2.2.2.2 Subestaciones receptoras primarias.**

son las que están directamente alimentadas en las líneas de transmisión y reducen la tensión a menores dimensiones para

la mantención de los sistemas de subestación o las redes de distribución, de modo que depende de la tensión de transmisión, podría tener en su red tensiones del orden de 115, 69 y casualmente 34.5, 13.2, 6.9, ó 4.16 kV.

### **2.2.2.3 Subestaciones receptoras secundarias.**

Generalmente son sostenidas por las redes de subtransmisión y proveen la electricidad a las redes de repartición a tensiones correspondientes a 34.5 y 6.9 kV.

Las subestaciones eléctricas se clasifican por el tipo de instalación tales como:

- **Subestaciones tipo intemperie.**

Se conforman en suelos comprendidos a la intemperie y necesitan de un prototipo, equipos y máquinas con capacidad de resistir su función bajo condiciones atmosféricas desfavorables (lluvias, viento, nieve y diversas inclemencias atmosféricas) generalmente se adopta en sistemas de alta y extra alta tensión.

- **Subestaciones de tipo interior.**

En esta forma de subestaciones los equipos y maquinarias empleadas están definidas para funcionar en el interior, esta resolución se empleaba hace años en Europa, en la actualidad se han reducido las formas de subestaciones de la forma interior y usualmente son empleados para la industria incluso la variación de las subestaciones del modelo blindado.

- **Subestaciones tipo blindado.**

En dichas subestaciones los equipos y máquinas están bien resguardados y solo disponen de capacidad necesaria y reducida, comparado con construcciones de subestaciones

habituales, generalmente se emplean en interiores de industrias, hospitales, auditorios, edificaciones o centros comerciales que necesitan de espacios reducidos para dicha instalación ya que se emplean generalmente en tensiones de distribución y utilización.

### **2.2.3 Centros de transformación**

La reglamentación a cerca centrales, subestaciones y centros de transformación se define del siguiente modo: Instalación que abarca de uno o más transformadores que reduzcan de alta a baja tensión con la paramenta y obras complementarias específicas. (Guerrero, 2015)

En cualquiera de los sistemas eléctricos (generación, transporte y distribución de energía), los CT poseen una función imprescindible, que consta en repartir la electricidad a distintas tensiones, de manera que permite la conexión a sistemas y redes en cualquiera de los puntos considerados convenientes. Usualmente están ubicados entre la subestación y el abonado. (Guerrero, 2015)

Reduce la tensión de asistencia de la red que distribuye en MT (11, 15, 20, 35, 45 kV), a valores de consumo de BT (400/230 V o 230/127 V). Por esta causa conforman el último eslabón de transformación de la energía eléctrica rumbo a centros de consumo. (Guerrero, 2015)

El artículo 47, apartado 5, del Real Decreto 1955/2000 refiere sobre la importancia de separar un lugar en las edificaciones si la potencia supera los 100 kW (incluyendo los alumbrados exteriores). El contexto de dicho lugar debe corresponder a las especificaciones de la red de suministro (aérea o subterránea) para organizar las calibraciones apropiadas que permitan el montaje de los equipos e instrumentos requeridos para brindar suministro de energía. (Guerrero, 2015)

Las potencias de los CT considerados en este capítulo oscilan entre 250, 400, 800 y 1000 kW.

Dependiendo de su misión y su situación en la red eléctrica, los CT se clasifican según su alimentación, propiedad, emplazamiento y acometida. (Guerrero, 2015)

#### **2.2.3.1 CT Según su alimentación:**

- ❖ **CT alimentado en punta:** Específicamente dispone de una línea de alimentación que se conecta en consecuencia a la red principal o, contrariamente, conforma el punto final de la red. (Guerrero, 2015)
- ❖ **CT alimentado en paso:** Conocido por CT sostenido en anillo o bucle. predispone de una línea de entrada y de salida hacia otro punto. Pudiendo portar un punto que posibilite dividir la red de AT. (Guerrero, 2015)

#### **2.2.3.2 Según su propiedad:**

- ❖ **CT de empresa.** Como lo indica su nombre, este centro es propio de la compañía distribuidora, porque es quien lo distribuye a las redes de distribución en BT. Usualmente, porta una o diversas celdas de línea (llegada y salida) y una celda de seguridad por cada transformador montado o disponible. (Guerrero, 2015)
- ❖ **CT de abonado o cliente.** Es de pertenencia de los clientes y su tensión de distribución está subordinada por la red de la compañía que abastece en el lugar donde está el cliente. Existen dos diferencias:
  - El CT conformado por equipos de medida en BT. Son centros de baja potencia, de exteriores sobre apoyos.
  - El CT conformado por equipos de medida en MT. En este aspecto tiene una potencia mayor. Pertenece en parte a la compañía abastecedora y lo demás es de pertenencia del cliente. (Guerrero, 2015)

### 2.2.3.3 CT según su emplazamiento:

- ❖ **CT intemperie o aéreo.** Usualmente conformado por un transformador que no supera a 160 kW, asegurado por fusibles y distribuidores, y todo conformado sobre pilares de concreto o estructura metálica. Esta variante de CT no necesita que se la construyan en edificios específicos, reduciendo de esta manera los costos en instalaciones. Se emplean primordialmente en sitios rurales, distribuciones provisionales y obras o clientes alejados. (Guerrero, 2015)
  
- ❖ **CT interior.** – Este tipo de CT se encuentran edificaciones cerradas hay dos variantes:
  - De superficie: Que debe tener su entrada por la calle. Puede estacionarse en un ambiente parte de una edificación o bien establecerse independientemente, separado de cualquier edificación.
  - Subterráneo: Está instalado por debajo las vías públicas o en sótanos de edificios, y la entrada de personas y los equipos están al ras del suelo.

En los dos contextos la construcción puede realizarse de ladrillos, en estructura metálica o prefabricado de concreto. (Guerrero, 2015)

### 2.2.3.4 CT según la acometida:

- ❖ **CT con acometida aérea.** En esta forma de centro, la electricidad llegará al centro mediante una línea aérea de MT.
  
- ❖ **CT con acometida subterránea.** En esta forma de centro, la electricidad llegará al lugar mediante una línea subterránea de MT. (Guerrero, 2015)

### 2.2.3.5 CT según obra civil:

- ❖ **CT convencional.** Usualmente se encuentra dentro de una propiedad construido de ladrillo, piedra, concreto, etc., según un proyecto de obra civil. Actualmente no se usa, pero si

existe la posibilidad de ver algunos en zonas rurales. (Guerrero, 2015)

- ❖ **CT compacto semienterrado.** Está diseñada para su instalación semienterrado, adjunta la apartamentada de MT con aislamiento y corte en gas hexafluoruro ( $\text{SF}_6$ ), transformador, cuadro de BT y componentes de interconexiones y auxiliares. La atención del prototipo exterior, su dimensión reducida y su característica semienterrada (1,5 m de altura vista) su marca visual, permite su acondicionamiento en zonas industriales como en zonas urbanas. (Guerrero, 2015)

El carácter prefabricado de esos centros posibilita su aprovisionamiento completo en fábrica, de manera que la operación *in situ* se limita a la posición de la edificación en la excavación y a la conexión de las acometidas eléctricas.

La apartamentada eléctrica de MT y el cuadro de BT son alcanzables desde fuera por medio de puertas independientes, lo que permite las operaciones. (Guerrero, 2015)

- ❖ **CT compacto de superficie.** Conformado por una estructura monobloque, diseñados para su instalación en superficies. Puede unir la misma apartamentada de MT que el bloque semienterrado. Su operación y manipulación es desde fuera, favorecidas a sus dimensiones reducidas, es probable emplearlo operaciones permanentes como provisionales. El suministro se efectúa en fábrica, de manera que las ejecuciones de instalación se puedan aminorar a la postura del centro y al conexionado de las acometidas eléctricas. (Guerrero, 2015)

- ❖ **CT de maniobra.** Se utiliza en redes de MT. Su configuración es monobloque diseñada específicamente para instalarse en superficies. Adjunta tres celdas de interruptor en carga de 24

kV, con separación y corte en SF<sub>6</sub>, operadas desde fuera con puertas de dos hojas que permita el ingreso directo a la apartamenta. (Guerrero, 2015)

- ❖ **CT prefabricado.** Actualmente originado en parte a la escases de precintos que puedan albergar el CT, es muy constante requerir al uso de este tipo.

Estos centros contestan a demandas de planificación, así como del requerimiento de lograr dimensiones reducidas, factibilidad de transporte y montaje con resistencia superior a los efectos atmosféricos. Pueden ser de superficie o subterráneos. (Guerrero, 2015)

- **CT prefabricado de superficie.** Consiste en un capote envolvente de concreto, de infraestructura monobloque, en cuyos interiores se establecen todos los materiales eléctricos, partiendo de la apartamenta de MT (bien de corte al aire o con aislamiento y corte en SF<sub>6</sub>), hasta los cuadros de BT (incluyendo convertidores, dispositivos e instrumentos de control de conexiones entre los diferentes componentes). (Guerrero, 2015)

Aprueban la ejecución de los diseños usuales de abastecimiento eléctrico que integren hasta dos transformadores, con una potencia unitaria máxima de 1000 kW. (Guerrero, 2015)

El montaje de esta forma de centros es bastante simple, pues las ejecuciones *in situ* pueden aminorar a su posición en la excavación y el interconectado de los cables de acometida. (Guerrero, 2015)

La entrada al CT se ejecuta mediante una puerta de ingreso al sector de apartamenta, donde se ubican las celdas de MT, los cuadros de BT y los componentes de verificación. Cada

transformador tiene una puerta que permita su salida o ingreso para su mantenimiento. (Guerrero, 2015)

La capa de dichos centros es de concreto armado vibrado, compuesto de dos partes: una que adhiere el fondo y las paredes (que integra las puertas y las rejillas del flujo de aire natural) y otra que conforma el techo. (Guerrero, 2015)

Todos los componentes del concreto están entrelazados entre sí al colector de tierra, y las puertas y rejillas tienen una resistencia de 10 k $\Omega$  en cuanto a la tierra de la envolvente. (Guerrero, 2015)

- **CT prefabricado subterráneo.** Posibilita adjuntar en su interior distintos bosquejos de distribución eléctrica, permitiendo su empleo tanto para centros de reparto público como para establecimientos privados. La condición subterránea y la comodidad de adecuación de su superficie minimizan su impacto en el los ambientes. (Guerrero, 2015)

Los CT subterráneos se pueden emplear en distribución eléctrica hasta 36 kV e integran un transformador con un máximo potencial de 1000 kW. (Guerrero, 2015)

La instalación se reduce a la incorporación del CT en la excavación. Inicialmente se ubica sobre una capa de arena compactada y uno de concreto, para conectar después los cables de acometida y tierra, ya que el montaje de la aparamenta eléctrica puede hacerse en fábrica. (Guerrero, 2015)

#### **2.2.4 Centro de transformación prefabricado con celdas modulares**

Actualmente, la mayor parte de los productores instalan CT prefabricadas. La prefabricación de los componentes que conforman esta forma de CT y las pruebas realizadas en cada celda respaldan su desarrollo en diferentes condiciones de temperatura y presión. Su aislamiento integral en SF6 les admite soportar las consecuencias de

la polución, inclusive una ocasional inundación, así mismo de disminuir las labores de conservación y mantenimiento. (Guerrero, 2015)

Las conexiones entre los diferentes, elaborados mediante un sistema patentado, es sencillo y confiable, y facilita conformar diversos prototipos para los CT con uno o varios transformadores, seccionamiento, medida, etc. El conectado de los cables de acometida y del transformador es asimismo rápido y seguro. (Guerrero, 2015)

Los diferentes tipos de celdas modulares que pueden instalarse en un CT para trabajar en redes de MT deben cumplir unas tensiones nominales concretas, las cuales se indican en la tabla: (Guerrero, 2015)

Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (A)	Intensidad de corta duración (kA)
12	400 y 630	16 y 20
24	400 y 630	16 y 20
36	400	16 y 20

Tabla.Nº1 Tensiones nominales para celdas modulares. Guerrero, A , (“CEO - instalaciones de distribución. GM”)

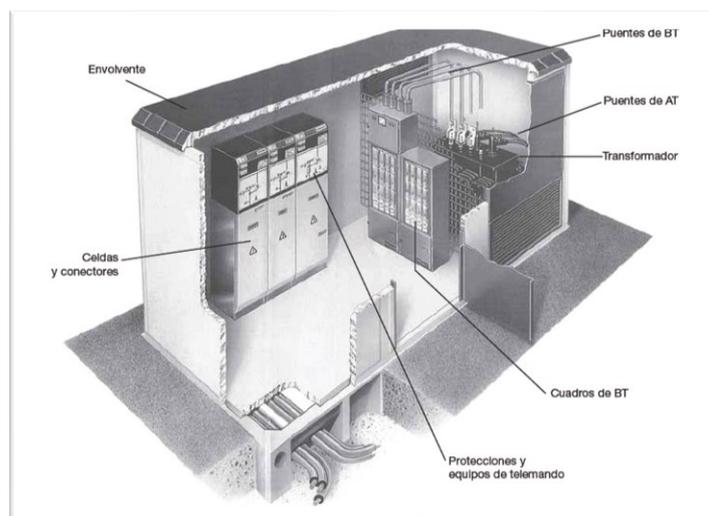


Figura Nº2. CT prefabricado con celdas modulares. Fuente: Guerrero, A , (“CEO - instalaciones de distribución. GM”)

### 2.2.4.1 Funciones y componentes de las celdas modulares.

Las celdas modulares forman un sistema de equipos de reducidas dimensiones para MT. Cada módulo o celda tiene una **función** específica y dispone de su propia capa envolvente metálica que alberga una cuba llena de SK6, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y embarrado.

Los **elementos** que componen una celda modular son: base y frente, cuba, interruptor/ seccionador/seccionador de puesta a tierra, interruptor automático, mando, fusibles.

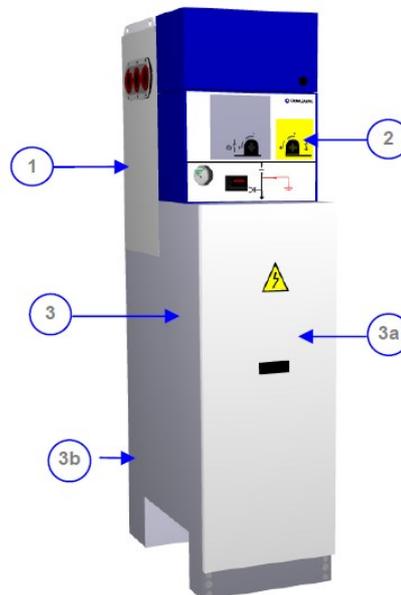


Figura N°3: Elementos principales de las celdas modulares

Fuente: catalogo Ormazábal

- ❖ **Base y frente (3).** La base resiste todos los componentes que conforman la celda. La dureza mecánica de la chapa galvanizada respalda su indeformabilidad y su vitalidad a las corrosiones. Su nivel y boceto facilitan el paso del cableado entre celdas sin afán de foso. (Borromeo Macareno , 2009)

El frontis está coloreado inserta, en la parte sobresaliente, la placa de particularidades eléctricas, la mirilla para el

manómetro, el boceto eléctrico del mismo y las entradas a los paneles de mando. (Borromeo Macareno , 2009)

En la parte inferior están los puntos para los faros de indicación de tensión y el panel de aproximación a los cables y fusibles. Internamente tiene una pletina de cobre que admite su enlace con el sistema de tierras y las cubiertas de los cables. (Borromeo Macareno , 2009)

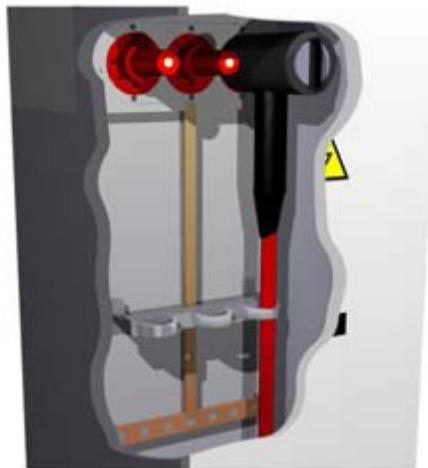


Figura N°4: compartimiento de cables

Fuente: catalogo Ormazábal

- ❖ **Cuba (1).** Esta pieza tiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El embarrado está establecido para resistir, a parte de la magnitud nominal, las magnitudes térmicas y dinámicas designadas. (Borromeo Macareno , 2009)

El gas SF6 que lleva internamente tiene una presión absoluta de 1,3 bar. El serrado de la cuba admite mantener las condiciones de manipulación segura por más de treinta años, sin obligación de restitución del gas. Para comprobar la presión interior, se podría insertar un manómetro visible a partir de afuera de la celda.

La cuba consta de un instrumento de salida de gases, que, en caso de arco interno, facilita la evacuación por la parte posterior de la celda, esquivando su presencia sobre las personas, el cableado o la aparamenta del CT. (Borromeo Macareno , 2009)



Figura N°5: Cuba

Fuente: catalogo Ormazábal

❖ **Interruptor / seccionador / seccionador de puesta a tierra.**

El interruptor de este método posee tres partes: conectado, seccionado y puesta a tierra. Dichos componentes son de operaciones independientes, quiere decir, su rapidez de actuación no está sujeto a la rapidez del accionar del operador.

La suspensión de la corriente puede desarrollarse en el paso del interruptor de empalmado a seccionado, y para eso se utiliza la rapidez de las cuchillas y el soplado de SF6.

El interruptor de la celda de interruptor pasante solo posee posturas de ensamblado y seccionado. (Borromeo Macareno , 2009)

- ❖ **Interruptor automático.** Constituido por tres polos o ampollas que tienen SF6 a una presión total muy cerca de 3 bar. Cada polo tiene dos comunicaciones: el inferior, que es fijo, y el superior, que es móvil y se accionan por el panel del interruptor automático. (Borromeo Macareno , 2009)

La suspensión de la electricidad se origina por la acumulación de dos efectos:

a) Autocompresión de SF6 por descentramiento del sistema portátil, que duplica soplado axial encima del arco en los dos contactos. (Borromeo Macareno , 2009)

b) Velocidad de separación de los contactos.

- ❖ **Mando (2).** Se encuentran diversas clases de mandos y todos se pueden organizar en dos conjuntos: mandos de interruptor automático y mandos del interruptor de tres posiciones.

- ❖ **Fusibles.** En las celdas CMP-F el fusible se monta sobre unos carros que se insertan en tres conductos portafusibles de resina aislante.

Los conductos, sumergidos en SF6, son cabalmente estancos en cuanto al gas y si están clausurados, también lo están del exterior; de esta manera se asegura la insensibilidad a la polución exterior y a las inundaciones. (Borromeo Macareno , 2009)

El estancamiento se logra por medio de un procedimiento de cerramiento rápido con membrana, que ejecuta también otra función: el accionamiento del interruptor para su apertura. Este puede tener origen en: a) la acción del percutor de un fusible cuando este se funde; b) la sobreimpresión interna del portafusibles por calentamiento excesivo del fusible (Borromeo Macareno , 2009)

#### **2.2.4.2 El transformador de potencia**

Los transformadores son el punto más relevante de una subestación eléctrica por el cargo que simboliza el traslado de la energía eléctrica de un circuito a otro que generalmente son de diferente tensión y solo están adaptados magnéticamente, o también por su tarifa relacionadas a las demás partes de la instalación. (Harper, 2006)

Los transformadores desde la perspectiva del medio refrigerante se dividen en dos grupos:

- Transformadores con aislamiento en seco.
- Transformadores con aislamiento en aceite.

Los transformadores en seco poseen su lado activo en relación directa con un medio aislante gaseoso (generalmente aire) o con otro medio aislante denso, por ejemplo, resinas, materiales plásticos, etc. Dichas maquinarias generalmente se conforman para potencias de incluso algunos KVA y con tensiones que no deben exceder a la clase de 15 kV por lo tanto su uso es limitado para servicios auxiliares de ciertas instalaciones o como pieza componente de las instalaciones secundarias industriales o comerciales. (Harper, 2006)

En cambio los transformadores en aceite poseen su lado activo sumergido en aceites minerales (derivados del petróleo) por lo tanto en dichas maquinarias no se dan restricciones en la capacidad ni en las tensiones porque es común hallar transformadores hasta de 400 MVA y con tensiones del orden de 500 kV ,en otras circunstancias con valores elevados de potencia y tensión como los que se usan en los sistemas eléctricos de Estados Unidos, Rusia y Canadá, tomando en cuenta algunos casos. (Harper, 2006)

La mención de los materiales empleados para su construcción y de las técnicas constructivas han traído como consecuencia una reducción progresiva en el peso y las dimensiones a igualdad de potencia eléctrica. Este es un problema bastante importante si se ve desde la fábrica donde del transporte por carretera o ferrocarril desde la fábrica donde se construyen hasta el lugar de la instalación ya que

se puede mencionar que las exigencias particulares del transporte pueden conducir a costos más elevados como ocurre cuando por no poder transportar transformadores trifásicos se refiere el uso de bancos de transformadores monofásicos. (Harper, 2006)

La apariencia del método de enfriamiento es tan imperativa que se clasifican con los transformadores relacionados a este tema, y que se refieren a las recomendaciones por la Comisión Internacional de Electrotecnia como sigue:

❖ **Transformadores Tipo Seco:**

- Con enfriamiento por aire natural.
- Con circulación forzosa del aire en su exterior mediante ventiladores.
- Con circulación forzosa de aire en el centro y los devanados. (Dominguez, 2020)



Figura N°6: transformador seco

Fuente: Catálogo ABB

❖ **Transformadores en Aceite:**

- Curso natural del aceite y del aire (tipo OA).

- Curso natural del aceite y aire favorecido por circulación forzada del aire con ventiladores en los conductos radiadores.
- Curso forzado del aceite y circulación natural del aire.
- Curso forzado del aceite y circulación forzada del agua por medios externos.
- Circulación forzada del agua.

Un punto considerable a tomar en cuenta con relación al medio de descenso de temperatura de los transformadores es que la disminución de calor por convección que surge las más importantes en los aparatos eléctricos reduce con la altitud, en efecto que a más altura de operación sobre el nivel del mar causado por la alteración en la consistencia del aire, la disminución de calor es menos objetiva por lo que es usual que los que fabrican transformadores los esbocen para disminuir el calor de manera normal hasta una altitud de 1000 metros sobre el nivel del mar aminorando entonces su amplitud (potencia) a más altura causado por la disminución que padece en la disipación de calor, pudiéndose manifestar esta reducción de manera próxima como un agente aplicado por cada 100 metros sobre una altitud de 1000 metros sobre el nivel del mar siendo estas circunstancias para los casos más usuales los siguientes: (Harper, 2006)

- Para transformadores en aceite con reducción de temperatura natural (auto – enfriados) 0.4 %
- Para transformadores en aceite con curso de aire forzado. 0.5 %
- Para transformadores en aceite con circulación forzada de aceite y circulación forzada de aire. 0.5%
- Transformadores secos con reducción de temperatura natural (auto – enfriados) 0.3%

- Transformadores secos con ventilación forzada 0.5% (Harper, 2006)



Figura N°7: transformador en aceite  
Fuente: catalogo ABB

### 2.2.4.3 Funcionamiento del transformador

La **función del transformador** se cimienta en el principio de inducción electromagnética. Los transformadores están compuestos por dos **bobinas**, con diferentes números de vueltas. Las dos **bobinas** se unen por un material ferromagnético para reducir las pérdidas del transformador. (R, 2020)

Se pone un voltaje de corriente alterna al enrollado primario, que origina en este un **campo magnético**, que se transporta por medio del material ferromagnético al enrollado secundario. Al ser un campo magnético variable (debido a la corriente alterna) origina en el enrollado secundario una **fem** (fuerza electromotriz). (R, 2020)

Este **voltaje** va a depender de 3 factores:

- La suma de vueltas que posee el **devanado primario** ( $N_1$ )
- La suma de vueltas que posee el **devanado secundario** ( $N_2$ )
- El **voltaje** aplicado en el devanado primario

El voltaje producido en el segundo devanado queda dado por la siguiente formula:  $V_2 = (N_2/N_1) * V_1$ . (R, 2020)

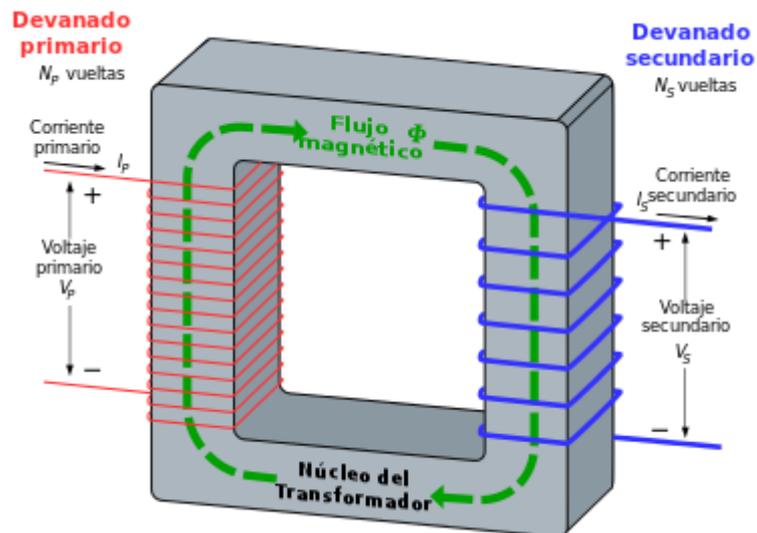


Figura N°8: Funcionamiento del transformador

Fuente: (R, 2020)

#### 2.2.4.4 Sistema puesta a tierra

Sistema de Puesta a Tierra (SPT) (Grounding System): Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que unen los equipos eléctricos con el suelo o terreno. Comprende la puesta a tierra y todos los elementos puestos a tierra.

(NORMA IEEE Std 81-)

La puesta a tierra y la unión equipotencial se debe realizar de tal modo que ejerzan para los siguientes objetivos:

- a) Preservar y cuidar la vida e integridad física de los seres humanos de los efectos negativos que puede causar una descarga eléctrica, y evitar perjuicios a la propiedad, poniendo a tierra los puntos metálicos normalmente no energizados de las instalaciones, aparatos, electrodomésticos, etc. (Codigo nacional de electricidad, 2006)
  
- b) Restringir las tensiones en los circuitos cuando quedan expuestos a tensiones mayores a las que han sido diseñados.
  
- c) Generalmente, para restringir la tensión de fase a tierra a 250 V, o menos, a los circuitos de corriente alterna que sostienen a sistemas de alambreado interior.
  
- d) Restringir las debidas sobretensiones a descargas atmosféricas en los circuitos que están expuestos a estos fenómenos.
  
- e) Posibilitar el manejo de equipos y sistemas eléctricos. (Codigo nacional de electricidad, 2006)

## **2.3 Definición de términos básicos**

**2.3.1 Cable.** Un conductor con aislamiento, o un conductor con varios hilos trenzados, con o sin aislamiento y otras cubiertas (cable monopolar o unipolar) o una combinación de conductores aislados entre sí (cable de múltiples conductores o multipolar). **Código nacional de electricidad (Suministro 2011)**

**2.3.2 Cable subterráneo.** Conjunto de conductores aislados entre sí, con una o más cubiertas y que puede ir directamente enterrado. **Código nacional de electricidad (Suministro 2011)**

**2.3.3 Conectores terminales.** Accesorios instalados en los extremos de los conductores que permiten su conexión eléctrica segura a los demás elementos del circuito eléctrico, para las condiciones preestablecidas, incluyendo las sobreintensidades. **Código nacional de electricidad (Suministro 2011)**

**2.3.4 Concesionario de Energía Eléctrica.** Son las personas naturales o jurídicas, peruanos o extranjeros, que realizan actividades de reparto de energía eléctrica en zonas de su merced definida, otorgada por el Ministerio de energía y Minas, cuya demanda supere los 500 kW. (Ministerio de energía y minas, 2017)

**2.3.5 Conexiones de Media Tensión.** Grupo de dispositivos e instalaciones realizadas a tensiones de más de 1 kV. y menores de 30 kV, contempla: los dispositivos de manipulación y dispositivos de protección, el método de medición y componentes suplementarios, la infraestructura de soporte o compartimiento que aloja los aparatos, las barras y elementos para la conexión eléctrica. (Ministerio de energía y minas, 2017)

**2.3.6 Conexiones de Baja Tensión.** Grupo de dispositivos e instalaciones realizadas a tensiones hasta 1 kV contempla: la acometida y sus de componentes para la conexión, instalación y fijación según corresponda, los dispositivos de manipulación y protección, la caja o cajas de conexión y el equipo de medición y elementos suplementarios. (Ministerio de energía y minas, 2017)

**2.3.7 Punto de Diseño.** Es el sitio otorgado por el Concesionario, partiendo de allí se puede empezar el proyecto del Sistema de repartición o

Sistema de Utilización en Media Tensión. (Ministerio de energía y minas, 2017)

**2.3.8 Punto de Entrega.** Para el abastecimiento en media o baja tensión, se toma en cuenta como punto de entrega el empalme de las instalaciones del predio del cliente y las instalaciones de la empresa concesionaria. (Ministerio de energía y minas, 2017)

**2.3.9 Sistema de Utilización en Media Tensión.** Está conformado por el grupo de instalaciones eléctricas de Media Tensión, que comprende desde el punto de adjudicación hasta los bornes de Baja Tensión del transformador, determinado a abastecer energía eléctrica a unapropiedad. Dichas instalaciones se pueden ubicar en la vía pública o en propiedad privada, con excepción de la subestación, que se tiene que instalar en el predio del cliente. Se estima que quedan al margen de dicha definición las electrificaciones para usos de viviendas y centros poblados. (Ministerio de energía y minas, 2017)

**2.3.10 Suministro Eléctrico.** Aprovechamiento continuo de electricidad del Concesionario a los clientes dentro del régimen pactado por la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento. (Ministerio de energía y minas, 2017)

**2.3.11 Subestación de distribución.** Conjuntos de instalaciones para transformación y/o seccionamiento de la energía eléctrica que la percibe de una red de repartición primaria y la adjudicación a una red de reparto secundario, instalaciones de alumbrado público, a otra red de reparto primario o a consumidores alimentados a tensiones de reparto primario o secundario. Por lo general contiene el transformador de potencia y los aparatos de maniobra, protección y control, ya sea en el lado primario como en el secundario, y ocasionalmente edificaciones para alojarlas. (Ministerio de energía y minas, 2017)

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

### **3.1 MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO**

#### **3.1.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

El Diseño del proyecto cumplió con las exigencias técnicas de los dispositivos vigentes relacionados con el ámbito de Utilización, siendo relevantes los siguientes:

- Condiciones técnicas indicadas en el documento del punto de diseño.
- Reglamento Nacional de Construcciones vigente
- Decreto Ley N° 25844 “Ley de Concesiones Eléctricas”.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos – Código Nacional Electricidad Utilización
- Normas DGE “Terminología en Electricidad” y “Símbolos Gráficos en Electricidad”. (Codigo nacional de electricidad, 2006)
- Ley de Protección del Medio Ambiente y Protección del Patrimonio Cultural de la Nación según corresponda.

### **3.1.2 CONTENIDO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

El presente trabajo tuvo por objetivo el estudio de la Red del Sistema en Media Tensión en 22,9kV/10 KV y su respectiva subestación de distribución Particular dentro del establecimiento para suministrar energía eléctrica al proyecto **Hotel 1 Estrella Ibis Budget**, ubicada en la Calle Alcanfores No 659-675-677-699, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima.

Este establecimiento no estaba en funcionamiento, y con lo obtenido se logró realizar la construcción de sus instalaciones y con una carga en máxima demanda de 550 kW a un nivel de tensión de 22,9 kV (operación inicial 10 kV).

### **3.1.3 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO**

#### **3.1.3.1 Realizar el cuadro de cargas del proyecto**

Se realizó el estudio de cuadro de cargas de todos los circuitos de fuerza, de alumbrado, sistema de extracción humo y contraincendios.

Tabla N° 2 Cuadro de cargas

<b>CUADRO DE MAXIMA DEMANDA ELECTRICA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION DEL CIRCUITO</b>	<b>POT. INST. (KW)</b>	<b>F.D.</b>	<b>MAX. DEM. (KW)</b>
1	BOMBA CONTRA INCENDIO TBCI	83,55	1,00	83,55
2	SALIDA DE FUERZA ESCALERA PRESURIZADA 1	14,92	0,85	12,68
3	SALIDA DE FUERZA ESCALERA PRESURIZADA 2	14,92	0,85	12,68
4	SALIDA DE FUERZA ESCALERA PRESURIZADA 3	14,92	0,85	12,68
5	TABLERO EXTRACCION DE HUMOS (TF-EH1)	8,91	0,80	7,13
6	TABLERO EXTRACCION DE HUMOS (TF-EH2)	8,91	0,80	7,13
7	TABLERO EXTRACCION DE HUMOS (TF-EH3)	24,25	0,80	19,40
8	T-GBT	613,31	0,73	447,71
<b>POTENCIA INSTALADA TOTAL (KW)</b>		<b>783,69</b>		
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL (KW)</b>				<b>602,97</b>
<b>F.S (FACTOR SIMULTANEIDAD)</b>				<b>0,65</b>
<b>MAX. DEM. DIVER. (KW)</b>				<b>391,93</b>
<b>RESERVA</b>				<b>158,07</b>
<b>POTENCIA CONTRATADA (kW)</b>				<b>550,00</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3.2 Determinación del punto de Diseño

Obteniendo la máxima demanda, se solicitó el Punto de Diseño, indicado por Luz del Sur, mediante carta DPMC.1609935, en 22,9 kV, para suministrar energía eléctrica al hotel, estará ubicado en un PMI proyectado en la Av. La Paz a 25m del poste de media tensión existente 181003684, tendrá los siguientes parámetros del sistema eléctrico:

Tabla N° 3 Parámetros del sistema eléctrico

Potencia de cortocircuito	350 MVA / 22,9kV, 175 MVA / 10kV
Tiempo de actuación de la protección	0,02s.

. Fuente: Luz del Sur (Exp. 326483-MT)

### 3.1.3.3 Criterios para el cálculo del diseño

Para la selección de los equipos y materiales detallados en el presente proyecto se considerará lo que a continuación se presenta:

Tabla N° 4 Condiciones para el cálculo de equipos y materiales

Tensión de trabajo inicial	10 KV
Tensión de trabajo final	22,9 KV
Caída de tensión permisible máxima	3.5%
Frecuencia	60 Hz
Demanda Máxima	550 KW
Factor de Potencia	0.85
Potencia de Corto Circuito	350 MVA- 22,9 kV 175 MVA – 10 KV
Tiempo de Apertura	0,02 seg

Fuente: Elaboración propia

Este trabajo se ha realizado de acuerdo a los requisitos exigidos en la Ley de Concesiones Eléctricas D.L. 25844 y su Reglamento D.S. 9-93-EM, también la Norma de Procedimientos para la elaboración de Proyectos y ejecución de Obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de Utilización en Media Tensión en sitios de Concesión de Distribución, R.D. N° 018-2002-EM/DGE, asimismo el código Nacional de Electricidad, como el Reglamento Nacional de edificaciones y el reglamento de seguridad y salud en el trabajo de las actividades eléctricas RM N° 111-2013-MEN/DM. (García. J, 2016, “Instalaciones eléctricas en media y baja tensión”)

### 3.1.3.4 Dimensionamiento del cable subterráneo para 22,9 kV

Para obtener el conductor subterráneo a requerir se tendrá en consideración los siguientes valores.

Tabla N° 5 Condiciones para el dimensionamiento del cable (22,9 kv)

Fuente: Elaboración propia

Potencia inicial a Trasmistir (kVA)	800
Demanda máxima (kW)	550
Tensión nominal (kV)	22,9
Factor de potencia	0,85
Potencia de Cortocircuito (MVA)	350
Temperatura del terreno (°C)	25
Tiempo de actuación de la protección (Seg)	0,02
Profundidad de instalación del cable (m)	1
Tipo de aislamiento	N2XSY



Figura N°9 Descripción grafica del distanciamiento del PMI a la S.E

Fuente: Elaboración propia

- **CÁLCULO POR CORRIENTE DE CARGA  $I_c$**

Se obtendrá la corriente de carga con los criterios de la norma de distribución de luz del sur, con el factor de corrección para el tipo de condición de la instalación:

Tabla N° 6 Factores para I<sub>c</sub> (corriente de carga)

Factor de resistencia térmica del suelo 100° (1 °C-cm/W) : Fr	: 1,18
Factor de temperatura del suelo 15 °C: Ft	: 1,07
Factor de profundidad de instalación: Fp	: 1,00
Factor por agrupamiento de cables por ductos: Fa	: 0,85

Fuente: Elaboración Propia(Luz del Sur norma de distribución)

$$F_{eq} = 1.18 \times 1 \times 1 \times 0.85 = 1.0732$$

*I<sub>c</sub> = Corriente de carga nominal*

$$I_c = \frac{P(KVA)}{\sqrt{3}} = 20.17 A$$

$$I'c = I_c \times F_{eq} = 21.65 A$$

Luego corroboramos la capacidad de corriente de la terna 3-1x50mm<sup>2</sup> con aislamiento N2XSY y nivel de tensión 18/30 kV.

$$I_t = \text{Capacidad de corriente} = 222 A$$

*I<sub>d</sub> = Corriente de diseño*

$$I_d = Fr \times Ft \times Fp \times Fa \times I_t$$

$$I_d = 238.25A \quad > \quad I'c = 21.65A$$

Hemos obtenido que la corriente de diseño es superior a la corriente de carga, por lo que el conductor adecuado del alimentador será:

TABLA N° 7 Conductor Obtenido

Conductor de media tensión 22,9 kv	
Terna cable 3-1x50mm <sup>2</sup> N2XSY	Capacidad nominal de 222 A

Fuente: elaboración propia(Luz del Sur norma de distribución)

- **CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN**

Posteriormente a obtener la corriente de carga, Se procederá a obtener la corriente por el método de caída de tensión con la siguiente formula:

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

Parámetros del cable conductor de 50mm<sup>2</sup> N2XSY

$$L = 0.45 \text{ km}$$

$$r = 0.493 \text{ } \Omega/\text{km} \quad x = 0.252 \text{ } \Omega/\text{km}$$

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

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

Sustituyendo Datos:

$$\Delta V = 8.6745732 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = 0.0378802$$

Hemos obtenido que el porcentaje de caída de tensión para nuestra corriente de carga es inferior a la caída de tensión permisible que es 3.5%, por lo tanto, estamos cumpliendo con lo requerido.

- **CÁLCULO CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL CABLE**

Posteriormente se realizará el cálculo para obtener la corriente de cortocircuito del conductor seleccionado.

TABLA N ° 8 Condiciones para el cálculo de Icc

Condiciones:	
Pcc: Potencia de corto circuito: (MVA)	350
V : Tensión nominal : (KV)	22,9
t : Tiempo de actuación : (seg)	0,02
Icc : Corriente de Cortocircuito:	kA

Fuente: elaboración propia

Formula de la corriente de corto circuito:

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

Reemplazando valores:

Se obtuvo la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = 8.88 \text{ KA}$$

- **CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TÉRMICAMENTE ADMISIBLE PARA EL CABLE (I<sub>km</sub>)**

Obtenida la corriente de cortocircuito se procedió a realizar el cálculo de la corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el conductor.

TABLA N° 9 Condiciones para el cálculo de  $I_{km}$

Condiciones:	
$I_{km}$ : Corriente de cortocircuito térmicamente admisible	kA
S : Sección transversal del cable	50 mm
t : Tiempo de actuación de la protección	0,02 Seg.

Fuente: elaboración propia

$$I_{km} = \frac{0.143556 \times S}{\sqrt{t}}$$

Reemplazando valores:

$$I_{km} = 50.756125 \text{ KA}$$

$$I_{cc} = 8.82 \text{ KA en el sistema}$$

Ya que  $I_{km} > I_{cc}$  la sección del cable de  $1 \times 50 \text{ mm}^2$  es la correcta.

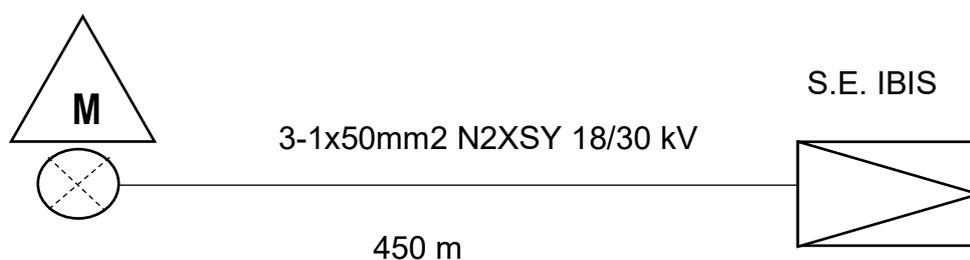
### 3.1.3.5 Dimensionamiento del cable subterráneo para 10 Kv

Para obtener el conductor subterráneo a requerir se tendrá en consideración los siguientes valores:

TABLA N° 10 Condiciones para el dimensionamiento de cable (10kv)

Condiciones:		
Potencia inicial a Transmitir	(KVA)	800
Demanda máxima	(KW)	550
Potencia de Cortocircuito	(MVA)	175
Factor de potencia		0,85
Tension nominal	(KV)	10
Tiempo de actuación de la proteccion (Seg)		0,02
Temperatura del terreno	(°C)	25 oC
Profundidad de instalación del cable (m)		1
Tipo de cable a utilizar (aislamiento)		N2XSY

Fuente: elaboración propia



P.M.I. PROYECTADO

Figura N°10 Descripción grafica del distanciamiento del PMI a la S.E

Fuente: Elaboración propia

- **CÁLCULO POR CORRIENTE DE CARGA  $I_c$**

Se obtendrá la corriente de carga con los criterios de la norma de distribución de luz del sur, con el factor de corrección para el tipo de condición de la instalación:

Tabla N° 11 Factores para Ic (corriente de carga)

Factor de corrección por condiciones de instalación:	
Factor de resistencia térmica del suelo (1 K-m/W)	Fr : 1,18
Factor de temperatura del suelo 10 °C.	Ft : 1,07
Factor de profundidad de instalación	Fp : 1
Factor por agrupamiento de cables en ductos	Fa : 0,85

Fuente: Elaboración Propia (Luz del sur norma de distribución)

$$F_{eq} = 1.09 \times 1 \times 1 \times 0.85 = 1.0732$$

$I_c =$  Corriente de carga nominal

$$I_c = \frac{P(KVA)}{\sqrt{3}} = 46.19 A$$

$$I'c = I_c \times F_{eq} = 49.57 A$$

Posteriormente verificamos la capacidad de corriente de la terna del conductor

Terna 3-1x50mm<sup>2</sup>, Aislamientos N2XSY, Nivel de tensión 18/30 kV.

$$I_t = \text{Capacidad de corriente} = 222 A$$

$I_d =$  Corriente de diseño

$$I_d = F_r \times F_t \times F_p \times F_a \times I_t$$

$$I_d = 238.25A > I_c = 49.57A$$

Hemos obtenido que la corriente de diseño es superior a la corriente de carga, Por lo tanto, el conductor adecuado será:

TABLA N° 12 Conductor Obtenido

Conductor de media tensión 10 kV	
Cable 3 - 1 x 50mm <sup>2</sup> N2XSY	Capacidad nominal de 222 A

Fuente: elaboración propia(Luz del Sur norma de distribución)

- **CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN**

Posteriormente a obtener la corriente de carga, Se procederá a obtener la corriente por el método de caída de tensión con la siguiente formula:

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

Parámetros del conductor de 50mm N2XSY

$$L = 0.45 \text{ km}$$

$$r = 0.493 \text{ } \Omega/\text{km} \qquad x = 0.252 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$I_c = 46.19 \text{ A}$$

$$\cos\phi = 0.85 \qquad \sin\phi = 0.5268$$

Sustituyendo datos:

$$\Delta V = 19.864773 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = 0.1986477$$

Hemos obtenido que el porcentaje de caída de tensión para nuestra corriente de carga es inferior a la caída de tensión permisible que es 3.5%, por lo tanto estamos cumpliendo con lo requerido.

- **CÁLCULO CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL CABLE**

Posteriormente se realizará el cálculo para obtener la corriente de cortocircuito del conductor seleccionado con las siguientes condiciones.

TABLA N° 13 Condiciones para el cálculo de Icc

Potencia de corto circuito Pcc (MVA)	175
Tensión nominal V : (KV)	10
Tiempo de actuación t : (seg)	0,02
Corriente de Cortocircuito Icc :	kA

Fuente: elaboración propia

Formula de la corriente de corto circuito:

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

Reemplazando valores:

Se obtuvo la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = 10,10 \text{ kA.}$$

- **CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TÉRMICAMENTE ADMISIBLE PARA EL CABLE (I<sub>km</sub>)**

Obtenida la corriente de cortocircuito se procedió a realizar el cálculo de la corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el conductor.

TABLA N° 14 Condiciones para el cálculo de I<sub>km</sub>

Condiciones:	
Corriente de cortocircuito térmicamente admisible por el cable : I <sub>km</sub>	Ka
Sección transversal del Cable : S	50 mm
Tiempo de actuación de la protección : t	0,02 Seg.

Fuente: elaboración propia

$$I_{km} = \frac{0.14356xS}{\sqrt{t}}$$

Sustituyendo datos:

$$I_{km} = 50,756125 \text{ kA}$$

Como  $I_{cc} = 10,10 \text{ kA}$  en el sistema.

Ya que  $I_{km} > I_{cc}$ , la sección del cable de  $1 \times 50 \text{ mm}^2$  es la correcta.

### 3.1.3.6 CÁLCULO DE PROTECCIÓN DE LA S.E. PROYECTADA PARA 22,9kV

TABLA N° 15 Condiciones para el cálculo de la protección de la S.E. 22,9 kv

Condiciones:	
Potencia a Transmitir Proyectada (KVA) :	800
Máxima Demanda (KW) :	550
Tensión nominal (KV) :	22,9
Factor de potencia :	0,85
Potencia de Cortocircuito (MVA) :	350
Tiempo de actuación de la protección (Seg):	0,02

Fuente: elaboración propia

Valores a calcular:

- $I_{cc}$ : Corriente de falla (en kiloamperios)
- $I_n$ : Corriente nominal del transformador (en amperios)
- $I_{op}$ : Corriente nominal de operación de la protección
- $P_{cc2}$ : Potencia de cortocircuito de la Subestación proyectada (en MVA)

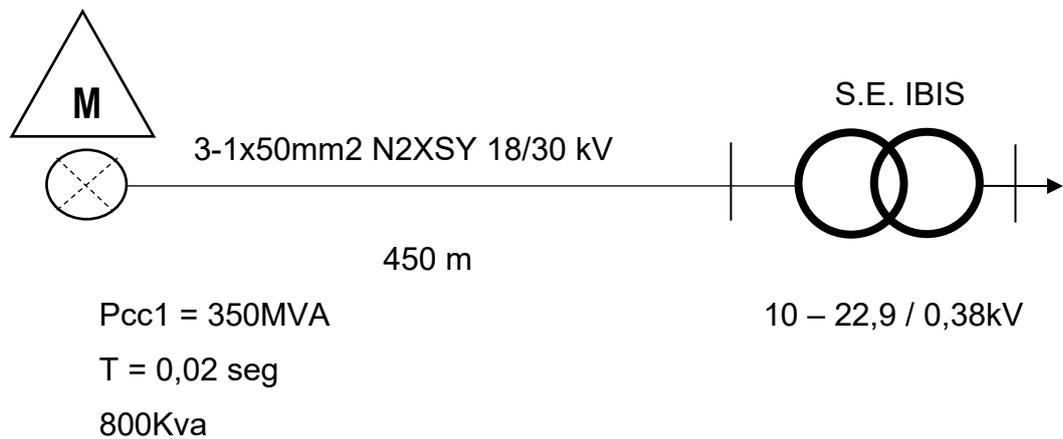


Figura N°11 Descripción grafica del distanciamiento del PMI a la S.E,y condiciones

Fuente: Elaboracion propia

### • CÁLCULO DE LA Pcc2 DE LA S.E. PROYECTADA

- Pcc1 del punto de diseño : 350 MVA
- Tension nominal (V) : 22,9 kV

Las propiedades del cable seleccionado son:

$$L = 0.45 \text{ km}$$

$$r = 0.493 \Omega/\text{km}$$

$$x = 0.252 \Omega/\text{km}$$

**Impedancia del sistema:**

$$Z_1 = \frac{V^2(\text{kV})}{P_{cc1}} \quad \Omega$$

$$Z_1 = \frac{22.9^2 \text{ kV}}{350 \text{ MVA}} = j 1,4983 \Omega.$$

**Impedancia del Cable:**

$$Z_c = (r + jx). L$$

$$Z_c = (0,493 + j 0,252) \times 0,45$$

$$Z_c = (0.22185 + j 0.1134) \Omega.$$

La impedancia total del cable a las barras de M.T., es:

$$Z_2 = Z_1 + Z_c$$

$$Z_2 = j 1,4983 + (0.22185 + j 0.11134)$$

$$Z_2 = (0.22185 + j1,6117)$$

$$Z_2 = 1,6269 \Omega$$

Posteriormente la potencia de cortocircuito para la subestación particular proyectada es:

$$P_{cc2} = \frac{V^2(\text{kV})}{Z_2} = \frac{22,9^2 \text{kV}}{1,6269} = 322,33 \text{ MVA}$$

### • CÁLCULO DE LA CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA DE SALIDA

Calculamos la corriente nominal del Transformador de 800kVA.

$$I_n = \frac{P (\text{kVA})}{\sqrt{3} \times V (\text{kV})}$$

$$I_n = 20,1694 \text{ A.}$$

Calculamos la corriente de operación de la protección:

$$I_{op} = 1,5 I_n$$

$$I_{op} = 30,2542 \text{ A.}$$

Calculamos la corriente en el secundario del transformador de corriente para verificar los valores que dispone el relé.

Is: Corriente en el relé temporizado

$$I_s = \frac{I_{op} \times 5}{50} = 3,0254 \text{ A}$$

Corriente del fusible a seleccionar,

$$\begin{array}{ccc} 1.2 I_n & < I_f < & 2 I_n \\ 24,20 & < I_f < & 40,34 \end{array}$$

El fusible a utilizar es de 40 A para la protección de la celda proyectada, ver tabla en anexos.

### • CÁLCULO CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

TABLA N° 16 Condiciones para el cálculo de Icc de la S.E. 22,9 kv

Condiciones:	
Pcc2 : Potencia de corto circuito	322,33 MVA
V : Tensión nominal	22,9 kV
Icc : Corriente de Cortocircuito	kA

Fuente: elaboración propia

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

Sustituyendo datos:

$$I_{cc} = 8.02 \text{ kA}$$

### Corriente de Choque

$$\begin{array}{l} I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc} \\ I_{ch} = 20.69 \text{ kA} \end{array}$$

### 3.1.3.7 Cálculo de protección de la s.e. proyectada para 10kV

TABLA N°17 Condiciones para el cálculo de la protección de la S.E. 10 kv

Condiciones:	
Potencia a Transmitir Proyectada (KVA):	800
Máxima Demanda (KW):	550
Tensión nominal (KV):	10
Factor de potencia:	0,85
Potencia de Cortocircuito (MVA):	175
Tiempo de actuación de la protección (seg):	0,02

Fuente: elaboración propia

Valores a calcular:

- Icc: Corriente de falla (en kiloamperios)
- In: Corriente nominal del transformador (en amperios)
- Iop: Corriente nominal de operación de la protección
- Pcc2: Potencia de cortocircuito de la Subestación proyectada (en MVA)

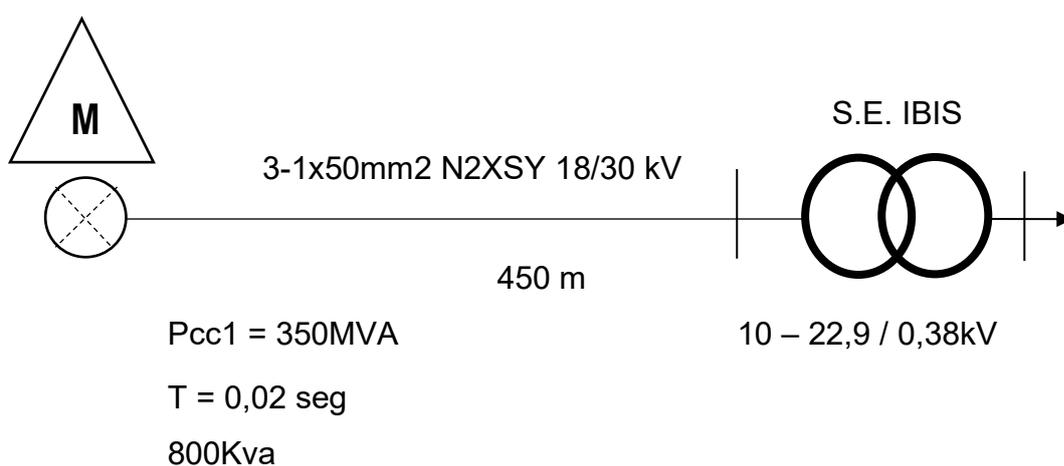


Figura N°12 Descripción grafica del distanciamiento del PMI a la S.E y condiciones

Fuente: Elaboración propia

## • CÁLCULO DE LA Pcc2 DE LA S.E. PROYECTADA

- Pcc1 del punto de diseño: 175 MVA

- Tensión nominal (V): 10 Kv

Las propiedades del cable seleccionado son:

$$L = 0.45 \text{ km}$$

$$r = 0.493 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$x = 0.252 \text{ } \Omega/\text{km}$$

### Impedancia del sistema:

$$Z_1 = \frac{V^2(\text{kV})}{P_{cc1}} \quad \Omega$$

$$Z_1 = \frac{10^2 \text{ kV}}{175 \text{ MVA}} = j 0,5714 \text{ } \Omega.$$

### Impedancia del Cable:

$$Z_c = (r + jx) \cdot L$$

$$Z_c = (0,493 + j 0,252) \times 0,45$$

$$Z_c = (0.22185 + j 0.1134) \text{ } \Omega.$$

La impedancia total desde el cable a las barras de M.T. es:

$$Z_2 = Z_1 + Z_c$$

$$Z_2 = j 0,5714 + (0.22185 + j 0.1134)$$

$$Z_2 = (0.22185 + j0,6848)$$

$$Z_2 = 0,7199 \text{ } \Omega$$

Posteriormente encontramos la potencia de cortocircuito para la subestación particular proyectada :

$$P_{cc2} = \frac{V^2(\text{kV})}{Z_2} = \frac{10^2 \text{ kV}}{0.7199} = 138.91 \text{ MVA}$$

**• CALCULO DE LA CORRIENTE NOMINAL DE LA CELDA DE SALIDA**

Calculamos la corriente nominal del Transformador de 800kVA.

$$I_n = \frac{P \text{ (kVA)}}{\sqrt{3} \times V \text{ (kV)}}$$

$$I_n = 46,1880 \text{ A.}$$

Calculamos la corriente de operación de la protección

$$I_{op} = 1,5 I_n$$

$$I_{op} = 69,2820 \text{ A.}$$

Calculamos la corriente en el secundario del transformador de corriente

para verificar los valores que dispone el relé.

$I_s$ : Corriente en el relé temporizado

$$I_s = \frac{I_{op} \times 5}{100} = 3,4641 \text{ A}$$

Corriente del fusible a seleccionar,

$$1,2 I_n < I_f < 2 I_n$$

$$55,43 < I_f < 92,38$$

El fusible a utilizar es de 63 A para la protección de la celda proyectada, ver tabla en anexos.

## • CÁLCULO CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

TABLA N° 18 Condiciones para el cálculo de  $I_{cc}$  de la S.E. 22,9 kv

Condiciones:	
Pcc2: Potencia de corto circuito	138,91 MVA
V: Tensión nominal:	10 kV
$I_{cc}$ : Corriente de Cortocircuito:	KA

Fuente: elaboración propia

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

Sustituyendo datos:

$$I_{cc} = 8.02 \text{ kA.}$$

### Corriente de Choque

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc}$$
$$I_{ch} = 20.41 \text{ kA}$$

### 3.1.3.8 VENTILACIÓN DE SUBESTACIONES CON TRANSFORMADORES EN SECO.

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO SEGÚN CUADERNO TÉCNICO SCHNEIDER PT-004CENTROS DE TRANSFORMACIÓN-MT-BT (NORMAS CENELEC) (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique - CENELEC)

#### ➤ CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN SUBESTACIÓN

Tabla N° 19 pérdidas térmicas y magnéticas del transformador

Nivel de tension 22,9 KV		
	MAGNETICAS (Po)	JOULE (Pk)
KVA	Perdidas en vacio (w)	Perdidas con carga a 75 °C (w)
800	2000	8000
Total perdidas (w)	10000	

Fuente: Elaboracion propia

#### ➤ CÁLCULO DEL CAUDAL NECESARIO CONSIDERANDO VENTILACION FORZADA

Para calcular del caudal de aire necesario para ventilar la subestación hacemos uso de la siguiente formula:

$$V_c = \frac{P_t}{C_p \times \rho_a \times (T_{ex} - T_o)}$$

$C_p = 1,00 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$  Calor especifico del aire

$\rho_a = 1,16 \text{ kg}/\text{m}^3$  Densidad del aire

$T_o = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  Temperatura operación normal del transformador

$T_{ex} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  Temperatura exterior

$P_t = 10,00\text{ kW}$  Pérdidas totales en el trafo

Obtenemos  $V_c$  :

$V_c = 0,86\text{ m}^3/\text{s}$

Seleccionamos un ventilador Axial directo HCBB/2-355J, con una potencia de 460 W, el cual proporciona un caudal de 1.11 m<sup>3</sup>/seg



Figura N°13 :ventilador axial  
Fuente: catalogo Soler & Palau

### 3.1.3.9 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRA

Se realizó el cálculo del valor de los sistemas de tierra para el proyecto Hotel 1 Estrella Ibis Budget, que tendrán como función:

Se tuvo en consideración la resistividad del terreno la cual es:

- $\rho = 450 \text{ ohm} - \text{m}$ , valor referencial.

Se utilizó el suelo artificial para el mejoramiento del suelo "Favigel" que reduce la resistividad del terreno.

Para el cálculo teórico de la resistencia de la malla, se aplicó las ecuaciones de Schwarz, las cuales establecen que la resistencia de una malla, es dada por las siguientes expresiones:

$$K_1 = 1,43 - \frac{2,3 \times h}{\sqrt{S}} - 0,044 \times \left[ \frac{A}{B} \right]$$

$$K_2 = 5,5 - \frac{8 \times h}{\sqrt{S}} + 0,15 - \frac{h}{\sqrt{S}} \times \left[ \frac{A}{B} \right]$$

$$R_{ms} = \frac{\rho_e}{\pi \times L} \times \left[ \text{Ln} \left( \frac{2 \times L}{\sqrt{h \times d}} \right) + \frac{K_1 \times L}{\sqrt{S}} - K_2 \right] [\Omega]$$

TABLA N° 20 Variables para la fórmula de Schwartz

Donde:	
$\rho_e$ :	Resistividad equivalente del terreno ( $\Omega - \text{m}$ ).
L :	Largo total del conductor de la malla ( m )
h :	Profundidad de enterramiento de la malla ( m )
S :	Área total de la malla ( $\text{m}^2$ )
A :	Lado mayor del reticulado ( m )
B :	Lado menor del reticulado ( m )

Fuente: elaboración propia

Al reemplazar los valores en las ecuaciones precedentes, se tiene para:

Esta configuración de sistema de puesta a tierra consiste en agregar a la malla, electrodos o barras verticales, con el fin de conseguir una resistencia de menor valor, comparativamente con la lograda al hacer utilizado la malla sola.

La resistencia de la malla determinada por Schwarz la denotamos como  $R_{ms}$ , y la resistencia de los electrodos como  $R_e$ , veremos que las expresiones que permiten determinar la resistencia total del conjunto malla – electrodos son:

$$R_e = \frac{\rho_e}{2 \times \pi \times L_1 \times n} \times \left[ \text{Ln} \left( \frac{4 \times L_1}{a} \right) - 1 + \left( \frac{2 \times K_1 \times L_1}{\sqrt{S}} \right) \times (\sqrt{n} - 1)^2 \right] [\Omega]$$

$$R_{me} = R_{ms} - \frac{\rho_e}{\pi \times L_m} \times \left[ \text{Ln} \left( \frac{L_1}{\sqrt{h_e \times d}} \right) - 1 \right] [\Omega]$$

La resistencia total de la malla se calcula como sigue a continuación:

$$R_{TC} = \frac{(R_{ms} \times R_e - R_{me}^2)}{R_{ms} + R_e - 2 \times R_{me}}$$

TABLA N° 21 variables para la resistencia total de la malla

Donde:	
Re :	Resistencia de los electrodos. (ohms)
Rme:	Resistencia malla electrodos. (ohms)
Rms:	Resistencia de la malla por Schwarz (ohms)
RTC :	Resistencia total del conjunto. (ohms)
pe :	Resistencia equivalente del terreno (ohms-m)
L1 :	Largo del electrodo (m)
a :	radio del electrodo (m)
n :	número de electrodos (m)
S :	Superficie de la malla de puesta a tierra (m <sup>2</sup> )
Lm :	Longitud total del conductor de la malla (m)
d :	diámetro del conductor de la malla (m)
h :	profundidad a la cual se entierra la malla (m)

Fuente: elaboración propia

### ➤ Sistema de Tierra de Media Tensión

Consistirá en un electrodo vertical (varilla de cobre de 5/8"Ø x 2.4m de longitud).

El electrodo vertical se colocará en el centro de un pozo con dimensiones de 1,0m x 1,0m x 3,0m, cubierta con tierra de chacra cernida y aditivo favigel. En el extremo superior se soldará exotérmicamente para conectarse al cable troncal desnudo de la puesta a tierra de calibre 1x50mm<sup>2</sup> para la subestación eléctrica.

La resistencia total equivalente para el sistema de puesta a tierra no será superior a 25 ohms.

### Cálculo de resistencia de dispersión (Rj) de un electrodo vertical

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

Donde:

$\rho r$ : Resistividad del relleno, Ohm-m (favigel y tierra cernida)

$\rho$ : Resistividad del terreno, Ohm-m

L: Longitud del electrodo, m

D: Diametro del pozo, m

d: Diametro del electrodo, m

Datos:

$\rho r$ : 5 Ohm-m

$\rho$ : 450,00 Ohm-m

L: 2,4 m

D: 1m

d: 0,015875 m

Se obtuvo la resistencia de dispersión:

Rj= 12,62 Ohm

Por lo tanto cumple con lo requerido menor a 25 Ohm.

➤ **Sistema de puesta a tierra de Baja Tensión y Corrientes Débiles**

Consistirá en una malla de 11m x 16m con cable de sección 70mm<sup>2</sup>, en cuyos extremos se colocaron electrodos verticales (varillas de cobre de 5/8"Ø x 2.4m de longitud).

El electrodo vertical se colocó en el centro de un pozo con medidas de 1,0m x 1,0m x 2,7m, cubierta con tierra de chacra cernida y aditivo Favigel. En el extremo superior se soldará exotérmicamente para conectarse a los cables troncales .

La resistencia equivalente a tierra para el sistema no será mayor a 5 ohms.

Utilizando las ecuaciones de Shwarz se obtiene:

Tabla N°22: variable a utilizar en el cálculo con el método Shwarz.

VARIABLES	SÍMBOLO	VALOR
Resistividad del terreno	pE	450,00 Ω-m
diámetro del conductor de la malla (70mm <sup>2</sup> )	d	0,0107 m
Profundidad de enterramiento de los conductores	h	0.6 m
Área a ser ocupada por la malla	S	176,00 m <sup>2</sup>
Largo de la malla	A	16,00 m
Ancho de la malla	B	11,00 m
Longitud total de la malla	L	119,00 m
Variable	K1	1,26
Variable	K2	5,29

Fuente: propia

Tabla N°23: resultado del cálculo con el método Shwarz.

RESULTADOS	SÍMBOLO	VALOR
Resistencia de puesta a tierra de la malla	Rms	16,88 Ω
Resistencia de los pozos a tierra	Re	31,27 Ω
Resistencia mutua	Rme	13,99 Ω
<b>Resistencia total del sistema de tierra</b>	<b>Rt</b>	<b>16,47 Ω</b>
<b>Mejora de resistencia de la malla en un 80% utilizando el aditivo de favigel</b>	<b>Rtf</b>	<b>3,294 Ω</b>

Fuente: propia

Obtenida la resistencia Malla 16.47Ω se procedió a mejorar el sistema basado en los cálculos Utilizando el aditamento “Favigel” para así lograr una reducción del 70%.

La resistencia final de la malla será:

$$R'm = Rm -(Rmx80\%) = 3,294 \Omega$$

Por lo tanto, será apto para nuestro sistema de puesta a tierra.

### 3.1.4 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS

De acuerdo a los resultados obtenidos procedemos a seleccionar en base a las especificaciones técnicas, y características mínimas que debemos cumplir con los materiales y accesorios a seleccionar para este trabajo.

Tabla N°24 : resumen de los resultados del cálculo

<b>RESUMEN DE RESULTADOS DEL CALCULO</b>		
<b>Descripción de cálculo</b>	<b>Resultado</b>	
	<b>PARA 22,9</b>	<b>PARA 10 KV</b>
Corriente de carga(Ic)	Ic = 21,61 A	Ic = 49,57 A
Ikm y Icc	Ikm=50,75612 kA > Icc=8,82kA	Ikm=50,75612 kA > Icc=10,10 kA
Caída de tensión( $\Delta V$ )	8,6745 V =0,0867	19,864 V = 0.19864%
Icc y Ich en la subestación	Icc2 = 8,13 kA, Ich =20,69 kA	Icc2 = 8,02 kA, Ich = 20,41 kA
Puesta a tierra MEDIA	Rj=12,62	Rj=12,62
Puesta a tierra NEUTRO	Rj=12,62	Rj=12,62
Puesta a tierra BAJA	Rt=3,294 OHM	Rt=3,294 OHM
Corriente para fusibles	1.2in < if < 2in ; In= 20,16 A	1.2in < if < 2in ; In= 46,188 A
ventilación forzada	Vc = 0,86 m3/s	Vc = 0,86 m3/s

Fuente: Propia

#### 3.1.4.1 CABLE DE ENERGÍA SUBTERRÁNEO 18/30 KV

El conductor es de cobre cableado concéntrico, capa semiconductora pantalla interna, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), capa semiconductora pantalla externa, alambre o cinta de cobre, cubierta externa de policloruro de vinilo (PVC).

Tabla N° 25 Características del conductor de media tensión

características	
Número de ternas	1
Sección (mm <sup>2</sup> )	3 -1x50mm <sup>2</sup>
Tipo de asilamiento	N2XSY
Capacidad de corriente (Amp.)	222 A.
Normativa de Fabricación	NTP-IEC 60502-2
Normativa de diseño	CD-9-310
Tensión nominal de operación (kV)	22,9
Tensión nominal de diseño (kV)	18/30
Temperatura de máxima de trabajo (°C)	90
Resistencia a 20°C	0,387 ohm / km.
Resistencia AC	0,493 ohm / km.
Reactancia inductiva	0,252 ohm / km.

Fuente: Catalogo INDECO



Figura N° 14 conductor N2XSY

Fuente: Catalogo INDECO

#### Características mecánicas:

Alta resistencia a la tracción y al impacto, a la abrasión, a la luz solar e intemperie, excelentes propiedades contra el deterioro por calor. Buen comportamiento en contra del ozono, ácidos y álcalis a temperaturas normales.

#### **Cinta señalizadora**

Material : Polietileno de alta calidad, resistente a los álcalis y ácidos.

Ancho : 152 mm.

Espesor : 1/10 mm.

Inscripción : Letras negras que no pierdan su color con el tiempo, con la inscripción: PELIGRO DE MUERTE 22 900 VOLTIOS – CABLES ELÉCTRICOS en todo el recorrido.

Elongación : 250%

Color : Rojo.

#### **Cinta señalizadora para cliente particular**

Material : Polivinilo dieléctrico con cubierta resistencia al traqueo y al medio ambiente.

Ancho : 100 mm.

Forma : Lineal y lisa.

Color : Celeste.

Aplicación : Esta cinta de color celeste será utilizada para diferenciar los cables particulares con los cables de Luz del Sur S.A. los cables particulares serán identificados por estar envueltos con cinta señalizadora adhesiva de color celeste en todo su recorrido.

- **ZANJAS**

El cable debe instalarse en la zanja de 0.60x1.15+0.05 (solado) m., instalado a 1.00 m. de profundidad y sobre una capa de tierra cernida y compactada de 10 cm. de espesor. También será señalizada en todo su recorrido por una cinta de señalización plástica de color rojo especial colocada a 0,65m de profundidad. Estará dispuesto según se indica en planos. Cubrir con tierra de relleno cada 0,20m asimismo tendrá que ser compactada.

El cable N2XSY 3-1x50mm<sup>2</sup> 18/30 KV en todo su recorrido será envuelto con la cinta de señalización color celeste para indicar que es de uso particular.

- **BANDEJA METÁLICA RANURADA CON TAPA**

El cable estará colocado sobre la bandeja metálica ranurada con tapa de acabado en acero galvanizado en caliente de plancha perforada de 2mm de espesor. El recorrido será de acuerdo con las dimensiones en los planos. La bandeja tendrá en todo su recorrido un conductor de 35mm Cu desnudo ajustada a la bandeja, asimismo conectada a la puesta a tierra.

- **TERMINAL INTERIOR 24 kV TIPO CORTO.**

Se emplean en instalaciones internas de red 22,9 kV (operación inicial en 10 kV). En subestaciones, para cable 3-1x50mm<sup>2</sup> N2XSY 18/30 kV. Con aislamiento seco; son obtenidos en kits con conector de puesta a tierra.

Tipo : Premoldeado, termo restringente.

Fabricante : Raychem, elastimold, etc.

Tensión Nominal : 24 kV

### **3.1.4.2 SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN CON CELDAS COMPACTAS.**

La subestación está formada por un conjunto de celdas modulares con aislamiento integral en gas hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), que proporciona insensibilidad ante entornos ambientales agresivos, proporciona larga vida útil a la celda y haciendo que se evita el mantenimiento de las partes activas periódicamente.

Las celdas están diseñadas y ensayadas a prueba de arco interno, protegiendo a las personas, conforme a los seis criterios de la norma IEC 60298.

Tanto los elementos de corte y conexión, interruptores, seccionadores de línea, seccionadores de tierra, barras y tubos portafusibles, se encuentra adentro de una cuba de acero inoxidable, colmado de gas hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), completamente cerrado y hermético de por vida, conformado así un equipo con entero aislamiento.

La envolvente metálica de cada celda, fabricada con plancha de acero galvanizado, muestra rigidez mecánica, garantizando indeformabilidad y seguridad en las condiciones previstas de servicio.

Las celdas se diseñarán conteniendo cuatro cubículos en una misma envolvente:

- Cámara para cables de fuerza.
- Cámara de expansión de gases y arco interno.
- Cámara para Media Tensión (cuba hermética).
- Cámara para el mando en baja tensión.

Facilidad de conexión de cables, mediante bornes enchufables y sin necesidad de colocación de bastidores adicionales en el lugar de instalación.

## **Normas Aplicadas**

Las celdas deben cumplir los criterios de rigurosidad de las siguientes normas:

IEC 60298	Aparamenta cubierto de un envolvente metálico para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV
IEC 60265	Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV
IEC 60129	Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna
IEC 62271-105	Combinaciones interruptor-fusibles de corriente alterna para alta tensión
IEC 62271-100	Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión
IEC 60255	Relés eléctricos
IEC 62271-200	Aparamenta bajo envolvente metálico para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

Toda modificación a lo especificado en estas Normas deberá manifestarse claramente indicando la diferencia entre lo establecido y lo que se propone. Esta modificación en ningún caso será de un nivel técnico inferior a las especificaciones de las Normas indicadas.



Figura N°15 celdas de remonte y salida

Fuente: Propia

- **CELDA REMONTE**

Provista de:

Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar, 3-1x50 mm<sup>2</sup> N2XSY 18/30kV.

Juego de aisladores soporte horizontal.

**Características físicas:**

- Dimensiones : 1600mm x 375 mm x 900 mm (altura x ancho x profundidad)
- Peso : 50 kg

**Parámetros de diseño de la celda:**

- Tensión nominal : 22,9 kV 60 Hz. 3 fases
- Corriente Nominal : 630 A.

- Clase de aislamiento : 24 kV.
- Altitud : 1000 msnm
- Acometida : por la parte inferior, con cable unipolar
- Ingreso : frontal

#### Barra de puesta a Tierra

El compartimiento de cables situada en la parte inferior de la celda se encontrará dispuesta una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión de las pantallas de los cables secos de MT y la misma al sistema de tierras. Dicha pletina está situada en la celda de tal forma que para introducir o extraer un cable y su terminal no es necesario desmontarla.

#### • **CELDA DE SALIDA T1**

Provista de:

Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar, 3-1x50 mm<sup>2</sup> N2XSY 18/30kV. 01 seccionador de potencia tripolar para accionamiento sin carga, 24kV, 630A, 20kA (cierre pico). Con contactos de fuerza dentro de una capsula llena de SF6. Con tres posiciones: Cerrado, Abierto y Abierto puesto a tierra.

Mecanismo de mando para operación rápida independiente de la fuerza del operador. Provisto de 3 bases portafusibles de 200A, con sistema de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles.

03 fusibles de 63A. para una tensión de 10kV.

03 fusibles de 40A. para una tensión de 22,9kV.

Un relé de protección contra fallas a tierra, controlado por el sistema electrónico digital (50N, 51N) con puerto de comunicación RS 485.

Tres (3) transformadores de corriente para medición y protección 100/5 A, 15VA 5P20, cl 0.2.

Divisores capacitivos e indicadores de presencia de tensión, aguas debajo de los fusibles.

Cuchilla de puesta a tierra, aguas abajo de los fusibles, con bloqueo mecánico con el seccionador de potencia.

Certificaciones Exigibles: Certificación de resistencia ante arco interno según IEC 62271-200, 100, 102, 105.

**Características físicas:**

- Dimensiones: 1600 mm x 375 mm x 900 mm (altura x ancho x profundidad)
- Peso : 218 kg

**Parámetros de diseño de la celda:**

- Tensión nominal : 22,9kV 60 Hz. 3 fases
- Corriente Nominal : 630 A.
- Clase de aislamiento : 24 kV.
- Altitud : 1000 msnm
- Acometida : ingreso por la parte inferior, con cable unipolar
- Ingreso : frontal

Barra de puesta a Tierra

El compartimiento de cables situada en la parte inferior de la celda se encontrará dispuesta una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión de las pantallas de los cables secos de MT y la misma al sistema de tierras. Dicha pletina está situada en la celda de tal forma que para introducir o extraer un cable y su terminal no es necesario desmontarla.

**• CELDA DE TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUCIÓN**

La celda de transformación está fabricada con planchas de Fe 1.5mm. en la cubierta superior de la celda se encuentra un sistema de enmallado que permite la salida de aire caliente. También cuenta con una cajuela para la colocación de equipos (sensor de temperatura, borneras y fusibles).

### 3.1.4.3 TRANSFORMADOR DE POTENCIA TIPO SECO DE 800kVA

El transformador trifásico, fabricado con hierro siliconado de grano orientado laminado en frío y arrollamiento de aluminio. Se utilizará el transformador tipo seco encapsulado, con la siguiente característica:

-	Potencia Nominal Continua	:	800 kVA
-	Tensión Primaria	:	10 - 22,9 kV.
-	Tensión Secundaria	:	0,38 kV.
-	Frecuencia	:	60 Hz.
-	Fases	:	3
-	Tensión de cortocircuito	:	6%
-	Conmutador	:	±2 x 2,5%.
-	Temperatura ambiente	:	40 °C
-	Conexión	:	Estrella/Estrella – 22,9 kV Delta/Estrella – 10 kV
-	Grupo	:	YNyn6 – 22,9 kV Dyn5 – 10 kV
-	Numero de bornes AT	:	3 + 1 N
-	Numero de bornes BT	:	3 + 1 N
-	Peso	:	2150 kg.
-	Altura máxima	:	1000 m.s.n.m.
-	Temperatura referencia	:	100°C
-	Fabricación	:	Según normas IEC 600726-11
-	Clase térmica	:	F
-	Niveles de aislación	:	75-28-12 kV (Lado de alta)
-	Niveles de aislación	:	1,1-3 kV (Lado de Baja)
-	Tensión de Impulso	:	190 kV
-	Tipo de enfriamiento	:	AN

- Tipo de Servicio : Continuo
- Nivel de ruido : 78 db
- Perdidas en vacío del transformador : 2 000W.
- Perdidas de carga en 120°C : 9 200W.

### **Accesorios**

- Placa de características.
- Conectores para la conexión de MT
- 03 termo resistencias al platino Pt 100 Ohm (una por cada bobina) y una central de control de temperatura (relé y termómetro digital).
- Un envolvente metálico (caja metálica).
- Conmutador de tomas de regulación en vacío  $\pm 2 \times 2,5\%$ .
- Cáncamos de elevación.
- Conectores para conductores de la puesta a tierra.
- 4 ruedas bidireccionales orientables a 90°.
- Enganche para los movimientos horizontales.
- Señal de advertencia "PELIGRO ELÉCTRICO"

### **NORMATIVA**

Se rige a los parámetros según la normativa para las Clases **E2, C2, F1**.

**E2: Resistente a elevada condensación y contaminación.**

**C2: Funciona y/o se almacena hasta -25°C.**

**F1: Auto extinguido al Fuego.**

1. IEC 60076-11 (Antes era IEC 726)
2. IEC 60270 (Técnicas de prueba en alta tensión- medida de Descargas parciales.
3. IEC 905 (Sobrecargas para Transformadores Secos)
4. IEC 76-1(Transformadores de Potencia, parte 1, generalidades)
5. IEC 76-2 (Transformadores de Potencia, parte 2, calentamiento)

6. IEC 60076-3 (Transformadores de Potencia, parte 3, niveles de aislación, pruebas dieléctricas y distancia aislante en aire)
7. IEC 60076-5 (Transformadores de Potencia, parte 5, capacidad de resistencia al cortocircuito)
8. IEC 60076-10 (Transformadores de Potencia, parte 10, determinación del nivel de ruido)

Los transformadores deberán estar preparados para la conexión del cable de media tensión por la parte inferior, debiendo fijarse los cables al panel lateral en el interior de la envolvente, mediante elementos de fijación a ser suministrados por los equipadores. La conexión con el transformador se efectuará mediante bornes enchufables.

#### **3.1.4.4 ELEMENTOS AUXILIARES**

Los equipos de protección para la maniobra deberán estar ubicados cerca de la subestación, el propietario deberá constatarlo antes de la puesta en servicio y para posteriores intervenciones.

##### **a. Banco de Maniobra**

Deberá soportar un peso superior a 100 kg. hecha de fibra de vidrio u otro material con las siguientes características:

Aislamiento	:	30 Kv
Dimensiones	:	0.8 x 0.8 m



Figura N° 16 Banco de maniobra

Fuente: Propia

### **b. Pértiga**

Deberá contar con espiga para accionar los seccionadores unipolares sin carga, para trabajos pesados elaborados de materiales aislantes de alta resistencia mecánica a la flexión y tracción, con las siguientes características:

Aislamiento : 30 kV

Longitud : 1.6 m

### **c. Guantes Aislantes**

Los guantes serán de tamaño grande, N° 10, de un material aislante de jebe u otro dieléctrico de características:

Aislamiento : 30kV

Clase : 3



Figura N° 17 Guantes aislantes

Fuente: Propia

**d. Balde con Arena.**

El balde debe contener 10 Kg de arena seca aproximadamente. Debe ser de material plástico, con asas para la sujeción, que sea de pared gruesa y alta resistencia mecánica.

**e. Zapatos.**

Zapatos acordes a la talla del operador, con tacos y suela de jebe de alto aislamiento eléctrico, estos calzados no tendrán ninguna parte metálica, lo cual la fabricación debería ser con clavija de madera o cocidos.

Aislamiento del calzado : 30 kV

**f. Lentes de Seguridad.**

Los anteojos deben ser de Policarbonato 56 CL, la montura y las lunas serán a la medida de cada operador. con protección lateral y patilla fija. Serán fabricadas bajo la Norma Internacional ANSI Z87.1-1989.

**g. Casco.**

El casco será fabricado de un material dieléctrico para uso eléctrico de una tensión nominal no menor de 30 kV. y un nivel de aislamiento de 150 kV pico. Son diseñados para reducir el peligro de explosión a conductores de alto voltaje.

Tipo : 1

Clase : E



Figura N°18 Casco Dieléctrico

Fuente: Propia

#### **h. Placa de señalización.**

Todas las celdas contarán con una placa de señalización emperradas con dimensiones 300x600 mm y para la señalización de presencia de corriente eléctrica requerirá de 80x200 mm, elaboradas de planchas metálicas de 1/16" de espesor y la leyenda "ALTA TENSIÓN PELIGRO DE MUERTE", con simbología y letras de color rojo en un fondo amarillo.

#### **i. Revelador de tensión.**

Contará con un bastón o pértiga de acoplamiento por medio de un adaptador universal (CS-U). Tipo CT con llave conexión/desconexión/prueba. La tensión nominal de operación será hasta 36kV. Con fabricación regulada según norma IEC-61243-1.

Características técnicas.

Dimensiones : Ø60 x 180mm

Temperatura de operación : -5° a 70°C.

Funcionamiento : Indicación sonora luminosa mediante Leds de alta luminosidad y señal acústica de 80 dB +/-1m de distancia.

Alimentación : Batería de 9 VCC

Peso aproximado : Aparato 290 gr.

Frecuencia de Trabajo : 50/60 Hz.



Figura N°19 Relevador de tensión

Fuente: Propia

### 3.2 RESULTADOS

Se obtienen los valores y resultados de los cálculos justificativos. Con ellos se logró dimensionar los materiales y equipos adecuados para la instalación.

Tabla N° 26: resultados de los cálculos para la selección de equipos

RESUMEN DE RESULTADOS DEL CALCULO			
Descripción de cálculo	Resultado		Equipos a utilizar
	PARA 22,9	PARA 10 KV	
Corriente de carga(Ic)	Ic = 21,61 A	Ic = 49,57 A	Cable de tipo N2XSY 18/30 kV de 3x50mm <sup>2</sup>
I <sub>km</sub> y I <sub>cc</sub>	I <sub>km</sub> (50,75612 kA) > I <sub>cc</sub> (8,82kA)	I <sub>km</sub> (50,75612 kA) > I <sub>cc</sub> (10,10 kA)	Cable de tipo N2XSY 18/30 kV de 3x50mm <sup>2</sup>
Caída de tensión(ΔV)	8,6745 V =0,0867	19,864 V = 0.19864%	ΔV < 5% es correcto
I <sub>cc</sub> y I <sub>ch</sub> en la subestación	I <sub>cc</sub> 2 = 8,13 kA, I <sub>ch</sub> =20,69 kA	I <sub>cc</sub> 2 = 8,02 kA, I <sub>ch</sub> = 20,41 kA	Celdas modulares SF6, 24 kV,630A, 20kA:GAMEI - QMC
Puesta a tierra MEDIA	R <sub>j</sub> =12,62	R <sub>j</sub> =12,62	menor a 25 ohm es correcto
Puesta a tierra NEUTRO	R <sub>j</sub> =12,62	R <sub>j</sub> =12,62	menor a 25 ohm es correcto
Puesta a tierra BAJA	R <sub>t</sub> =3,294 OHM	R <sub>t</sub> =3,294 OHM	menor a 5 ohm es correcto
Corriente para fusibles	1.2I <sub>n</sub> <I <sub>f</sub> <2I <sub>n</sub> ; I <sub>n</sub> = 20,16 A	1.2I <sub>n</sub> <I <sub>f</sub> <2I <sub>n</sub> ; I <sub>n</sub> = 46,188 A	Fusible tipo CF,40A,24 kV para 22,9 kv / CF,63 A 12kV para 10Kv
ventilacion forzada	V <sub>c</sub> = 0,86 m <sup>3</sup> /s	V <sub>c</sub> = 0,86 m <sup>3</sup> /s	ventilador axial HCBB/2-355J, P=460 W, Q=1.11 m <sup>3</sup> /s

Fuente :propia

- Para la selección de conductores de acuerdo al diseño empleando las fórmulas de corriente de carga básica. Obteniendo I<sub>d</sub>= 21,65 A al cual se le adapta el conductor de 50mm<sup>2</sup> con capacidad nominal de 222 A por criterios bajo normativa de luz del sur en redes de utilización de media tensión, para asegurar la instalación y buenas prácticas.
- Hemos obtenido que el porcentaje de caída de tensión para nuestra corriente de carga %ΔV = 0,0378802 es inferior a la caída de tensión permisible que es 3.5%, por lo tanto, estamos cumpliendo con lo requerido.

- Como resultado del cálculo de la corriente de cortocircuito para el conductor es 8,82 kA en el sistema y la corriente máxima por cortocircuito admisible del conductor es de  $I_{km} = 50,756125$  kA, nos es posible afirmar que la sección de cable a utilizar es la correcta.
  
- La resistencia equivalente a tierra para el sistema de media tensión y corrientes débiles, es 16 ohm por lo que cumple las expectativas de la norma CNE sección 1-3 el cual no debe exceder los 25 ohm, para el sistema de baja tensión deberá ser inferior a 6 ohms para zonas urbano rural, por lo que se cumple utilizando el aditamento "Favigel", se logra una reducción del 80%.  
Que es apto para la protección de los equipamientos eléctricos y su buen funcionamiento. Así como brindar seguridad y protección a los seres humanos.
  
- El equipamiento seleccionado para a ventilación forzada que se determinó, cuenta con el caudal necesario  $Q=1.11$  m<sup>3</sup>/s para la recirculación de aire hacia el área de trabajo del centro de transformación, mejorando el funcionamiento al transformador tipo seco en sus condiciones apropiadas para su eficiencia.

## CONCLUSIONES

En el presente proyecto de ingeniería se ha desarrollado el diseño de la red de Utilización para satisfacer la máxima demanda del Hotel Ibis Budget, por lo que se manifiesta lo siguiente:

1. Se concluye el diseño definitivo de la red del Sistema en Media Tensión en 10/22,9 kV para suministrar energía eléctrica al Hotel Ibis Budget con una máxima demanda de 550 kW, distrito de Miraflores – Lima, cumple con la normativa basada en los cálculos de acuerdo la norma CD9-310.ver anexo 5.
2. Se concluye que se obtuvo el punto de diseño que la empresa concesionaria establece para dar energía en función de la potencia a instalar al Hotel Ibis Budget, basado a los procedimientos que exige la normativa de “La normativa de procedimientos para la realización
3. de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización de media tensión en zonas de concesión de distribución” mediante la carta DPMC.1609935 emitida previamente será:

PMI proyectado en la Av. La Paz a 25m

Poste de media tensión existente 181003684

Potencia de cortocircuito : 350 MVA / 22,9kV  
175 MVA / 10kV

Tiempo de actuación de la protección : 0,02s.

4. Se concluye determinar los equipos a emplear bajo los criterios de diseño y la normativa IEC adecuada para cada dispositivo de la Subestación de transformación con Celdas Compactas para suministrar energía al Hotel Ibis Budget, brindara seguridad en el correcto funcionamiento del equipamiento eléctrico.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda para el diseño de un sistema de utilización particular adaptarse a la normativa de redes de media tensión ya sea aérea o subterránea de la concesionaria de la región que la suministra.
- Es recomendable para la obtención del punto de diseño, conformidad técnica del proyecto y el inicio del proyecto, tener en consideración los tiempos estimados de la gestión, para no tener pérdidas económicas por retrasos.
- Se recomienda elegir materiales y equipos electromecánicos de reconocida calidad y garantía de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto y cuyas marcas se encuentren incluidas en la lista de materiales técnicamente aceptables por la concesionaria, y exigiendo la entrega de los mismos en los tiempos requeridos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Borromeo Macareno , J. M. (2009). Aparamenta de MT distribucion secundaria. *Ormazabal*, 34. Obtenido de [https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2267/6.2\\_Documents\\_Cataleg\\_CEL%C3%80LES\\_ORMAZABAL.pdf?sequence=8](https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2267/6.2_Documents_Cataleg_CEL%C3%80LES_ORMAZABAL.pdf?sequence=8)
- Catalogo ABB (2017), Transformadores secos encapsulados
- Catalogo Ormazabal (2012), Celdas de media tensión
- Catalogo Evisa (2012), Ventiladores axiales
- Catálogo Promelsa (2018); *Terminaciones y empalmes de media tensión*, Lima, Perú.
- Catálogo INDECO (2019); *cables de energía en media tensión*, recuperado de : <https://doochcorp.com/Indeco/menu/menu.php-grupo=04&subgrupo=18.htm>
- Catalogo Schneider (2016); *celdas modulares de protección y maniobras en media tensión*, España.
- Codigo nacional de electricidad. (17 de enero de 2006). *intranet2.minem.gob.pe*. Obtenido de intranet2.minem.gob.pe: <http://intranet2.minem.gob.pe/web/cafae/Pdfs/CNE.PDF>
- Dominguez, w. (2020). <http://repositorio.uns.edu.pe/>. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/>: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3549/85120.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Harper, E. (2006). *academia.edu*. Obtenido de academia.edu: [https://www.academia.edu/7308538/Elementos\\_De\\_Disenio\\_De\\_Subestaciones\\_Electricas\\_Enriquez\\_Harper\\_Pdf](https://www.academia.edu/7308538/Elementos_De_Disenio_De_Subestaciones_Electricas_Enriquez_Harper_Pdf)
- Garcia Trasancos J. (2016) *Instalaciones Eléctricas en Media Tensión y Baja Tensión*. (6ta Ed), España: Editorial Paraninfo

Guerrero, A. (2015). *www.mheducation.es*. Obtenido de *www.mheducation.es*:  
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171489.pdf>

Ministerio de energía y minas. (junio de 2017). *minem.go.pe*. Obtenido de  
*minem.go.pe*: <http://www.minem.gob.pe/archivos/prepublicacion-5z06yy9z1z25z49z4z7.pdf>

Montero, E. (2015), realizo la tesis: “Sistema de utilización en 22.9 kV, 3Ø para el varadero de embarcaciones artesanales en el distrito de los órganos”. Tesis para optar el título profesional de ingeniero electricista. Universidad nacional del callao. Lima. Perú.

Norma DGE (2002) “*Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución*”

Ortiz W. R.(2018) *Electrificación aérea subterránea e interiores* (11va Ed.) editorial Ciencias S.r.L.tda

R, J. L. (2020). *como-funciona.co*. Obtenido de *como-funciona.co*: <https://como-funciona.co/un-transformador/#:~:text=El%20funcionamiento%20de%20un%20transformador,disminuir%20las%20perdidas%20del%20transformador.>

*Roman, L. (2016)* realizo la tesis: “Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio”. tesis para optar por el titulo ingeniería en eléctrico-mecánica con mención en gestión empresarial industrial. universidad católica de Santiago de Guayaquil, ecuador.

Salazar, A. (2017). Transformadores secos encapsulados. *catalogo ABB*, 40.

Sans serrano J.L. (2005) *Técnicas y procesos en las instalaciones eléctricas de Media y baja tensión*. (4ta edición) Editorial Thomson Paraninfo.

Transformador principio y funcionamiento (2019), disponible en  
<http://www.tecnologia-industrial.es/Transformador.htm>

# **ANEXOS**

**ANEXO 1.- PUNTO DE DISEÑO OBTENIDO MEDIANTE LA CARTA A  
LUZ DEL SUR**



**LUZ DEL SUR**

*Llevamos más que luz*

**DPMC.1609935**

**Exp. 326483-MT**

Chacarilla, 10 de mayo de 2017

Señores  
**AT CONSULTORES E.I.R.L.**  
Av. Los Ingenieros N° 398  
La Molina

**Referencia:** Punto de diseño en 22,9 kV(Operación Inicial 10kV), con una máxima demanda en media tensión de 550 kW, para el proyecto "HOTEL 1 ESTRELLA IBIS", ubicado en la Calle Alcanfores N° 659-675-677-699, distrito de Miraflores, provincia de Lima y departamento de Lima.

De nuestra consideración:

En atención a su solicitud, nos es grato manifestarle que hemos fijado el punto de diseño en 22,9 kV(Operación inicial 10 kV), para el predio de la referencia en el puesto de medición a la intemperie proyectado (PMI), de acuerdo al croquis adjunto. Asimismo le comunicamos que este nuevo requerimiento deja sin efecto el punto de diseño emitido en la carta DPMC. 1598502 del 04 de abril del 2017.

El desarrollo del sistema de utilización se proyectará para soportar una potencia de cortocircuito en 22,9 kV de 350 MVA, durante un tiempo de 0,02 segundos, adecuándose a lo señalado por las normas técnicas legales vigentes:

1. 'Norma de Procedimientos para la elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de Utilización en Media Tensión en Zonas de Concesión de Distribución', R.D. N° 018-2002-EM/DGE.
2. Código Nacional de Electricidad.
3. Ley de Concesiones Eléctricas D.L. 25844.
4. Reglamento de la Ley de Concesiones D.S. 9-93-EM.

Cabe resaltar que Luz del Sur ha definido como zona de desarrollo en 22,9 kV la zona en la que ustedes prevén ejecutar este proyecto, por lo que deberán elaborar su proyecto de sistema de utilización para este nivel de tensión (22,9 kV), el cual operará inicialmente en 10 kV, para lo cual deberán considerar para el cálculo de la protección la potencia de cortocircuito en 10 kV de 175 MVA, durante un tiempo de 0,02 segundos.

Nuestra empresa, y bajo la exigencia de nuestras necesidades, le alcanzará las nuevas condiciones en el momento que estas sean aplicables, mencionando además, que en el horizonte de 5 años, tenemos programado efectuar cambios en el nivel de tensión en la zona, siempre y cuando no varíen sus requerimientos de demanda.

Es oportuno mencionarle que la vigencia del punto de diseño es de dos (02) años y, asimismo, que las condiciones técnico-económicas de atención le son informadas en el correspondiente presupuesto.

Av. Intihuatana 290  
Surquillo, Lima, Perú  
Teléfonos : 51 (1) 271-9000 • 271-9090  
Fax : 51 (1) 271-4277  
central@luzdelsur.com.pe  
www.luzdelsur.com.pe

Página 1 de 2



**DPMC.1609935**  
**Exp. 326483-MT**

**Cabe resaltar que deberán solicitar la autorización municipal, para la instalación del puesto de medición a la intemperie en el lugar señalado en el croquis adjunto**

Los requisitos técnicos a cumplir para la elaboración de su proyecto son:

- La red de energía a instalar en la vía pública deberá estar señalizada en todo su recorrido y contar con la autorización municipal.
- La red a diseñar solo tendrá protección por cortocircuito en el punto de entrega, de ser necesarias protecciones adicionales por la naturaleza de su diseño deberán incluirlas en el proyecto.
- En su proyecto de sistema de utilización considerar la implementación de equipos de protección contra fallas a tierra (fallas homopolares).
- Programa de capacitación en operación y mantenimiento de la subestación a instalar.
- Equipos de protección personal para maniobras en media tensión (mayores a 22,9 kV) de su subestación.
- La subestación deberá estar ubicada dentro de su predio, con fácil y libre acceso para el montaje de los equipos desde la vía pública, y para definir el grado de protección (hermeticidad) de las celdas deberá tomarse en cuenta las instalaciones de combustible existentes y/o proyectadas.

Es oportuno indicarle que se ha asignado el número 326483, para los trámites correspondientes a su expediente; así mismo deberán numerar los planos del proyecto con los códigos 326483-01, 02, etc.

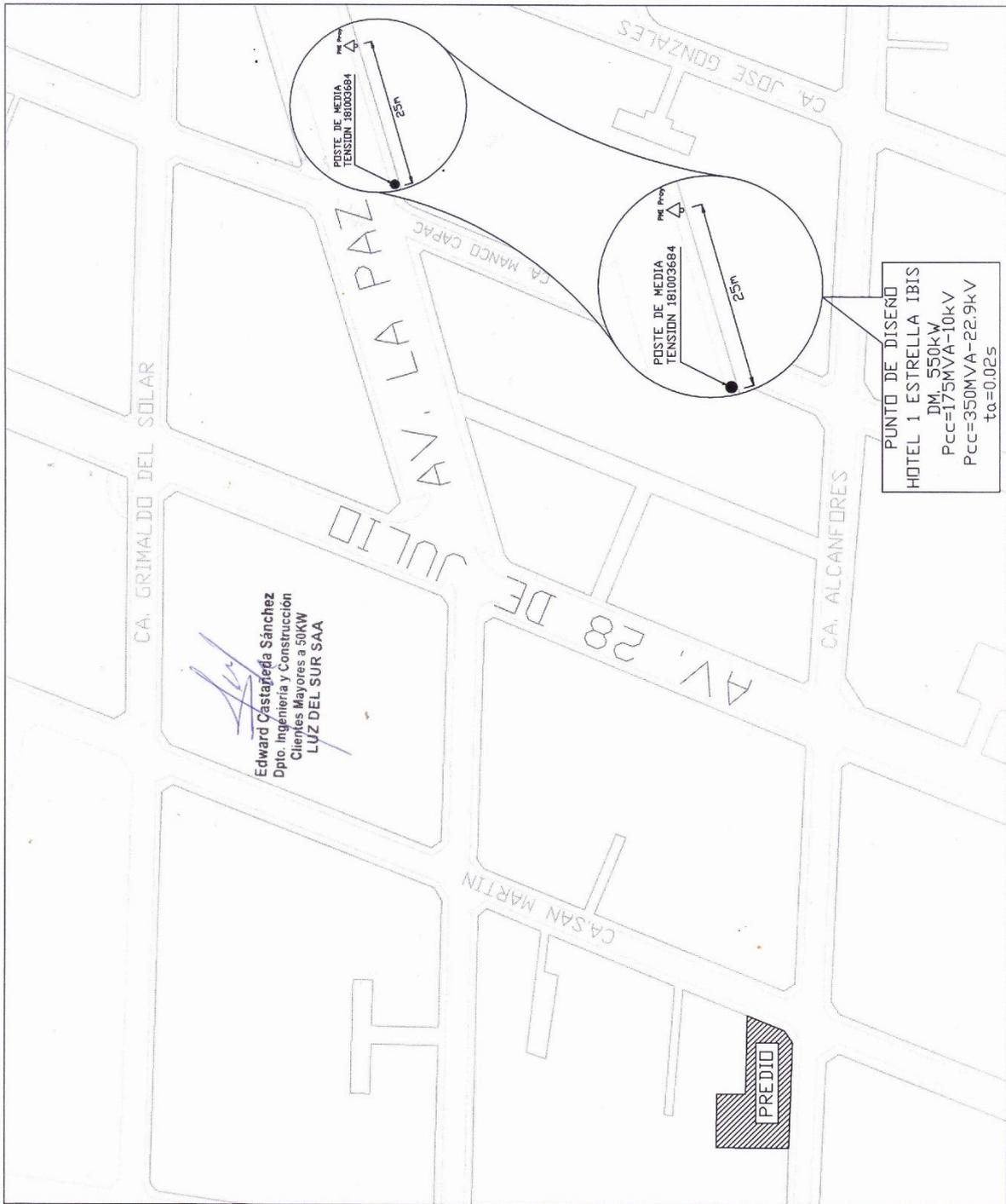
Cualquier consulta que tuviese al respecto, nuestro equipo de especialistas estará gustoso de absorberla, llamando a Fonoluz 617-5000.

Atentamente

  
**Samir Abder Rahim Laqs**

**Subgerente de Ingeniería y Construcción Distribución**

  
ledcs



## **ANEXO 2.- PLANO DE RECORRIDO DE RED**



## **ANEXO 3.- PLANO DE SUBESTACION ELECTRICA**



**ANEXO 4.- PLANO DE SISTEMA PUESTA A TIERRA DE  
SUBESTACION Y DETALLES**



## **ANEXO 5 .- SISTEMA DE TIERRA - SOTANO 2**



## **ANEXO 6.- NORMA DE DISTRIBUCION CD -9-10**

CABLE DE COBRE TIPO N2XSY PARA CON PANTALLA DE HILOS DE COBRE  
PARA REDES SUBTERRANEAS DE M.T. - 22.9 KV

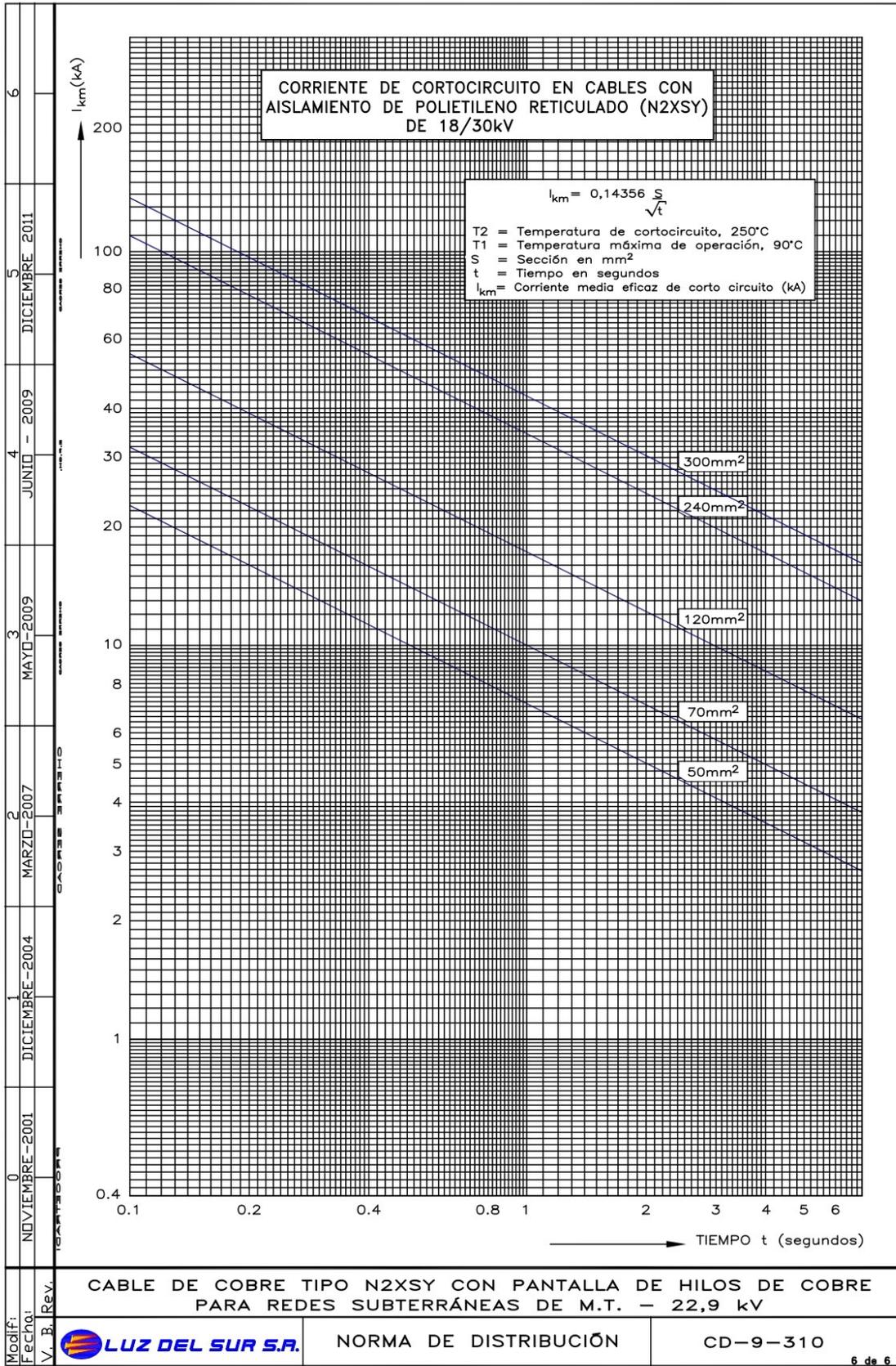
6							
5	DICIEMBRE-2011						
4	JUNIO-2009						
3	MAYO-2009						
2	MARZO-2007						
1	DICIEMBRE-2004						
0	NOVIEMBRE-2001						
Rev.							
<p>1) <u>APLICACIÓN</u></p> <p>Esta norma se aplica en las nuevas instalaciones, ampliaciones y renovaciones de las redes subterráneas de distribución de media tensión en el área de concesión regional de LUZ DEL SUR S.A.A.</p> <p>2) <u>CONDICIONES NORMALES DE INSTALACIÓN DE CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS</u></p> <p>Las siguientes condiciones de instalación son consideradas como normales:</p> <p>a) Resistividad térmica del terreno : 150 °C-cm/W  b) Temperatura del terreno : 25 °C  c) Profundidad de instalación : 1,0 m  d) Cantidad de cables en la zanja : 3  e) Separación entre cables. : 70 mm  f) Conexión a tierra de la pantalla del cable : En ambos extremos y en los empalmes.</p> <p>Por lo tanto los valores de capacidad de corriente de estos cables dados en las normas correspondientes, están referidos a estas condiciones. Se aceptarán proyectos con secciones de cables cuyas capacidades de corriente se han determinado bajo otras condiciones de resistividad térmica y temperatura del terreno, siempre y cuando se adjunten los valores de las mediciones efectuadas en época apropiada del año (verano). Para condiciones de instalación distintas a las normales, se aplicarán los factores de corrección indicados más adelante.</p> <p>3) <u>CONFORMACIÓN</u></p> <p>Cable de energía con conductor de cobre electrolítico recocido, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta externa de cloruro de polivinilo (PVC).</p> <p>4) <u>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</u></p> <p>Las especificaciones técnicas, con los aspectos de diseño y fabricación de este tipo de cable, están dados en el documento DNC-ET-021d.</p>							
<p align="center"><b>CABLE DE COBRE TIPO N2XSY CON PANTALLA DE HILOS DE COBRE PARA REDES SUBTERRÁNEAS DE M.T. - 22,9 kV</b></p>							
Modif. Fecha: V. B. Rev.	 <b>LUZ DEL SUR S.A.</b>	<b>NORMA DE DISTRIBUCIÓN</b>			<b>CD-9-310</b>		
		1 de 6					











**ANEXO 7.- INFORMACION TECNICA CELDA DE  
TRANSFORMACION TMC**

**Transformador de distribución seco encapsulado 800 kVA, 10-22.9/0.40 kV**

Transformador de distribución tipo seco encapsulado en resina epoxi, marca TMC (Italia), modelo TMCRES, con los siguientes datos técnicos:

Transformador seco encapsulado		Bobinado AT1	Bobinado BT1
Potencia nominal	kVA	800	800
Tensión nominal (en vacío)	KV	10-22.9	0.40
Frecuencia	Hz	60 Hz	
Factor K		1	
Regulación de tensión en vacío	%	±2.5, ±5	Nulo
Grupo de conexión		Dyn5 -YNyn6	
Nivel de aislamiento	kV	12/28/75	1.1/3
Materiales de los bobinados		Aluminio	Aluminio
Tipo de bobinado		Encapsulado en resina	Impregnado bajo vacío
Normas		IEC 60076-11	
Instalación		Interior	
Grado de protección		IP00	
Tipo de refrigeración		AN	
Temperatura ambiente máxima	°C	40	
Altitud de instalación	m	< 1000 m.s.n.m.	
Valores de Garantía		Temperatura de referencia 120°C	
Se aplicarán las tolerancias de la norma para los siguientes valores:			
Tensión de cortocircuito	%	6	
Valor de las descargas parciales	pC	≤ 10	
Nivel de ruido LpA	dBA	78	
Clase ambiental, climática y comportamiento al fuego		E2-C2-F1	
<b>Clase de Aislamiento</b>		<b>Bobinado AT1</b>	<b>Bobinado BT1</b>
Clase térmica		F	F
Calentamiento	K	100	100
<b>Dimensiones y Peso (Aproximado)</b>			
Largo x Ancho x Alto	mm	1530 x 1000 x 1650	
Distancia entre ejes de ruedas	mm	820	
Peso	kg	2190	
NOTA: Dimensiones y pesos son orientativos y serán confirmados después de la recepción del pedido, en la fase de ingeniería.			



Av. Mcal. Oscar R. Benavides 1215 - Lima 1  
 Fijo : (511) 619 6200  
 Fax : (511) 619 6200 anexo 247  
 E-mail : postmast@manelsa.com.pe  
 www.manelsa.com.pe

## **ANEXO 8.- INFORMACION TECNICA CELDA DE REMONTE**

## Descripción Técnica General Sistema SM6 – 3 a 24 kV



### CONTENIDO

A – GENERALIDADES

B – NORMAS

C – DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES QUE CONFORMAN LA GAMA

D – CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PRINCIPALES – VALORES MÁXIMOS DE LA GAMA

E – CARACTERÍSTICAS GENERALES, CONSTRUCTIVAS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

F – ENSAYOS DE RUTINA EN FÁBRICA

## A – GENERALIDADES

El sistema de celdas **SM6-3 a 24 kV**, marca **Schneider Electric**, está compuesto por unidades modulares y compactas bajo cubierta metálica, compartimentadas, equipadas con aparatos de corte y/o seccionamiento en ejecución fija y en atmósfera de hexafluoruro de azufre (SF6), de uso interior, diseñadas para su utilización en redes de Media Tensión, brindando un elevado nivel de seguridad tanto para las personas como para las instalaciones, confiabilidad desde el punto de vista de la continuidad del servicio y un mantenimiento rápido y sencillo.

## B – NORMAS

El sistema modular SM6-3 a 24 kV ha sido diseñado, ensayado y protocolizado conforme con las recomendaciones de las siguientes Normas Internacionales:

IEC 62271	Alternating Current Metal-Enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
IEC 60265-1	Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV.
IEC 60129	Alternating current disconnectors and earthing switches.
IEC 60694	Common specification for high voltage switchgear and controlgear standards.
IEC 60420	High-Voltage alternating current switch-fuse combination.
IEC 60056	High-Voltage alternating current circuit-breakers.

## C – DESCRIPCION DE LAS FUNCIONES QUE CONFORMAN LA GAMA

La gama de funciones que ofrece el sistema estándar SM6-3 a 24 kV, permite satisfacer un amplio campo de aplicaciones en subestaciones transformadoras de Media a Baja Tensión y estaciones de distribución industrial y/o terciaria. Las distintas unidades que conforman la gama de integración en nuestra planta industrial de Florida, provincia de Buenos Aires, son las siguientes:

<b>Conexión a las redes:</b> <b>IM, IMB, IMC:</b>	Unidades de Entrada o Salida equipadas con seccionador.
<b>Protección:</b> <b>QM, QMB:</b> <b>DM1-A, DM1-D:</b> aislamiento.	Unidades equipadas con seccionador fusible. Unidades equipadas con interruptor automático fijo y seccionador de
<b>Medición:</b> <b>CM:</b> <b>GBC-A, GBC-B, GBC-C:</b>	Unidad equipada con transformadores de tensión Unidades para medición de tensión y/o corriente.
<b>Arranque directo de motores de MT:</b> <b>CRV:</b>	Unidad de arranque directo para motores de MT hasta 7,2 kV
<b>Otras Funciones:</b> <b>GAM-2:</b> <b>GBM:</b>	Unidad para la conexión de cables de entrada. Unidad de transposición de barras.

## D – CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PRINCIPALES – VALORES MÁXIMOS DE LA GAMA

Características Eléctricas:				
Tensión nominal (kV)	7,2	17,5	24	36
Nivel de aislamiento				
50 HZ / 1min (kV eficaz)	20	38	50	70
1,2/50 mseg (kV cresta)	60	95	125	170
<b>Capacidad de ruptura</b>				
Transformador en vacío (A)	16			
Cables en vacío (A)	25			50
Corriente de corta duración (kA/1seg. - Valor Máx.)	25	16/20		
Corriente Nominal (A)	630			
<b>Máxima capacidad de ruptura</b>				
Unidades:				
IM – IMB – IMC	630 A			
QM – QMB	25 kA	20 kA	16 kA	
DM1-A, DM1-D	25 kA	20 kA		
CRV	25 kA			

Los valores indicados en la presente tabla, son válidos para una temperatura ambiente de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ , y para una altura de instalación de hasta 1000 metros sobre el nivel del mar.

## E - CARACTERÍSTICAS GENERALES, CONSTRUCTIVAS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

El sistema de celdas SM6-3 a 24 kV, marca **Schneider Electric**, se encuentra diseñado para montaje en interior, siendo el grado de protección mecánico IP2X, en tanto que las distintas unidades poseen una terminación exterior con pintura tipo epoxi termoendurecida de color gris RAL 9003.

Las maniobras de comando, apertura o cierre de aparatos, como así también las operaciones para conexiones de cables, está previsto que se efectúen desde el frente de cada unidad, las cuales cuentan a su vez con flaps de alivio de sobrepresión posteriores. En virtud de ello, no se requiere pasillo posterior recomendando el montaje de las mismas contra la pared (separadas como mínimo de 10 a 20 cm de la misma), con el consiguiente ahorro en la obra civil asociada.

Las unidades conformadas por seccionadores e interruptores, brindan la posibilidad de incorporarles comandos motorizados, logrando un completo telecomando de las mismas. La posición de los seccionadores es visualizada por el panel mímico animado ubicado directamente sobre el eje de accionamiento, reflejando fielmente la posición de los contactos debido al confiable sistema de transmisión mecánico. Opcionalmente se puede acceder a dos mirillas en la envolvente del seccionador que permiten ver las posiciones "abierto" y "seccionador de puesta a tierra cerrado".

El sistema brinda excelentes características en la seguridad de operación, debido a la división de las celdas en 5 compartimentos diferentes y a través de una serie de enclavamientos que imposibilitan el acceso a partes bajo tensión, como así también la imposibilidad de maniobras erróneas. Todas las partes activas en atmósfera de SF6 se encuentran selladas de por vida, estando las mismas totalmente libres de mantenimiento.

Todas las funciones de control se encuentran centralizadas en la parte frontal de las distintas unidades, pudiendo equiparlas en forma opcional, según las necesidades de cada proyecto, con relés de protección de nuestras líneas SEPAM o VIP y analizadores de redes POWER LOGIC, POWER METER o instrumentos de medición estándar

**Es importante señalar que, para la conexión de cables de Media Tensión a las distintas unidades del sistema, no se requiere el uso de terminales de cables especiales. Schneider Electric S.A. no garantizará aquellas unidades que no sean conectadas como indica en los catálogos y/o manuales de utilización.**

#### **F – ENSAYOS DE RUTINA EN FÁBRICA**

Los ensayos que establece la norma IEC 62271 como de RUTINA, se efectúan sobre las distintas unidades que conforman la gama SM6 – 3 a 24 kV, realizándose en nuestra planta industrial de Florida, siendo los mismos:

- I Ensayo de rigidez dieléctrica para los circuitos de potencia.
- II Ensayo de rigidez dieléctrica para los circuitos auxiliares.
- III Ensayo de tensión en circuitos auxiliares.
- IV Ensayo de operación mecánica y enclavamientos.
- V Ensayo sobre funcionalidad de los dispositivos auxiliares.
- VI Ensayo funcional completo.
- VII Verificación del cableado.
- VIII Inspección visual.
- IX Verificación general de pintura.

**NOTA:** Ponemos a vuestra disposición nuestros Departamentos Técnicos para cualquier consulta adicional que deseen efectuarnos.

#### **Nuevas Soluciones Disponibles**

##### **VPIS - V2: provisión de base**



La gama integra un nuevo indicador de presencia de tensión (VPIS) en conformidad con la norma 62271-206. Incorpora la tecnología de LEDS con una mejor visibilidad y mayor durabilidad, y un mayor grado de protección que lo hace apto para

### Transferencia Automática de cargas en MT (NSM): provisión a pedido



Energy T200 S: remote control interface in LV control cabinet

Una simple falta de energía tiene el potencial de generar una considerable pérdida económica, por lo tanto, la continuidad de servicio es un desafío estratégico.

Si su proceso industrial es alimentado por una sola fuente de media tensión, Usted necesita una segunda fuente de respaldo para evitar interrupciones de energía no planificados.

Se pueden seleccionar distintas configuraciones:

- > Transferencia grupo – red MT
- > Transferencia línea principal – línea de respaldo

Nuestra solución de transferencia NSM mediante celdas SM6, asegurará que cada actividad tenga la continuidad de servicio que Ud. necesita. Es totalmente independiente de la intervención humana y el tiempo de transferencia de carga está garantizado.

Además, tiene incorporado la detección de pasaje de falla con lo cual en el momento que ocurre la misma nos brinda datos y posibilidad de actuar en consecuencia, por ejemplo al detectar un cortocircuito aguas abajo de la transferencia se anula la misma para evitar alimentar nuevamente el cortocircuito desde otra fuente.



## Fusible Limitador de Corriente

Los fusibles limitadores de corriente son usados en seccionadores tripolares y unipolares de montaje interior o exterior, en bases portafusibles, celdas de seccionador con protección fusible y celdas compactas o encapsuladas con protección fusible.

Según la norma IEC60282-1 Sección 8 “Se recomienda sustituir los tres cartuchos fusibles de un circuito trifásico cuando hayan funcionado los de una o de dos fases, a menos de que se sepa con certeza que no ha circulado ninguna sobrecorriente a través de los cartuchos fusibles no fundidos”.

Es preciso tener en cuenta que el percutor únicamente actúa, cuando todos los elementos fusibles se han fundido. Por ello, la falta de actuación del percutor no significa que el fusible esté en buenas condiciones o haya sufrido de sobrecorrientes.



### Fusibles limitadores de corriente de 12 KV

Un (KV)	Descripción			Referencia	Cantidad Indivisible
	In (A)	I1 (KA)	I3 (A)		
12	10	63	39	51006512M0	3
12	16	63	50	51006513M0	3
12	20	63	62	51006514M0	3
12	25	63	91	51006515M0	3
12	31,5	63	106	51006516M0	3
12	40	63	150	51006517M0	3
12	50	63	180	51006518M0	3
12	63	63	265	51006519M0	3
12	80	63	280	51006520M0	3
12	100	63	380	51006521M0	3

Longitud: 292mm

### Fusibles limitadores de corriente de 24 KV

Un (KV)	Descripción			Referencia	Cantidad Indivisible
	In (A)	I1 (KA)	I3 (A)		
24	6.3	40	36	51006538M0	3
24	10	40	39	51006539M0	3
24	16	40	50	51006540M0	3
24	20	40	62	51006541M0	3
24	25	40	91	51006542M0	3
24	31,5	40	106	51006543M0	3
24	40	40	150	51006544M0	3
24	50	32	180	51006545M0	3
24	63	32	265	51006546M0	3
24	80	32	330	51006547M0	3
24	100	32	450	51006548M0	3

Longitud: 442mm

I1: Máxima corriente de operación.

I3: Mínima corriente de operación

### Tabla de selección de fusibles por calibre (A)

Tensión de servicio (kV)	Tensión Nominal (kV)	Potencia del transformador (kVA)																
		25	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
		Calibre de fusible (A)																
10	12	6,3	10	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400
		16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
22.9	24	6,3	6,3	10	16	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250
		10	16	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400

\* Los fusibles seleccionados son para instalaciones al aire libre, con sobrecargas del transformador del 30%, o para instalaciones de interior sin sobrecarga del transformador.

\* Aunque los calibres en negrita son los más apropiados, los demás también protegen a los transformadores de forma adecuada.

\* Si el fusible se instala en una celda compacta, sírvase considerar la tabla de selección del fabricante de la celda.

**Descripción Técnica Particular Celdas SM6**

Comprende la provisión de Celdas de Media Tensión, aptas para montaje interior, grado de protección IP3X; tensión auxiliar a ser tomada de fuente exterior no incluida en nuestro suministro; color de terminación RAL 9003; marca **Schneider Electric**, sistema **SM6- 3 a 24kV**, formado por las siguientes unidades:

**Referencia ZP0SM6GAM2 : Celda modelo GAM-2**

Características técnicas: 24 kV - 630 A - 20 KA  
 Acometida: por la parte inferior  
 Acceso: frontal  
 Montaje: contra pared (Separada a 10cm de la misma)  
 Contenido de la unidad:

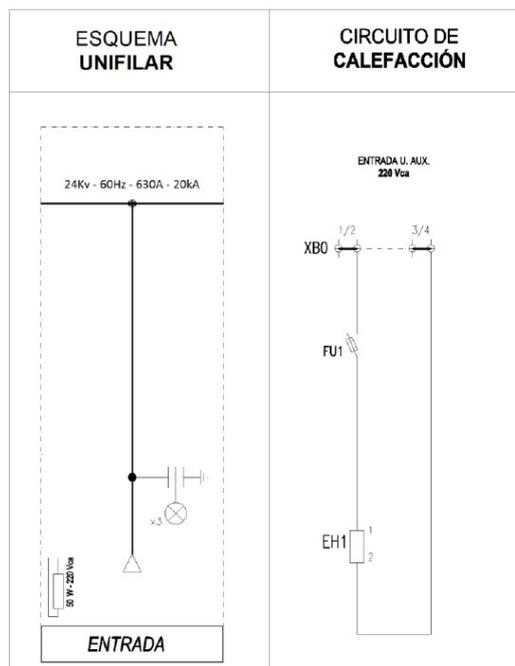
- Juego de barras de CU para 630A.
- Divisores capacitivos con indicación óptica de presencia de tensión.
- Resistencia Calefactora 50w-220 Vca.



GAM2

**Dimensiones y Peso**

Ancho : 375 mm  
 Alto : 1.600 mm  
 Prof. : 940 mm  
 Peso : 120 Kg



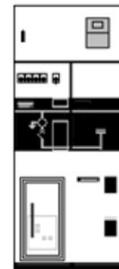
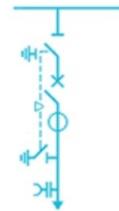
### Descripción Técnica Particular Celdas SM6

Comprende la provisión de Celdas de Media Tensión, aptas para montaje interior, grado de protección IP3X; tensión auxiliar a ser tomada de fuente exterior no incluida en nuestro suministro; color de terminación RAL 9003; marca **Schneider Electric**, sistema **SM6- 3 a 24kV**, formado por las siguientes unidades:

#### Referencia ZP0SM6DM1CSF1CTLP : Celda modelo DM1-A

Características técnicas: 24 kV - 630 A - 20 KA  
 Acometida: por la parte inferior  
 Acceso: frontal  
 Montaje: contra pared (Separada a 10cm de la misma)  
 Contenido de la unidad:

- Juego de barras de CU para 630 A.
- Seccionador en SF6, 630 A, con cuchillas de PAT incorporadas en el mismo.
- Comando manual CS, con funciones de:
  - \*Apertura/Cierre del seccionador principal, a palanca.
  - \*Apertura/Cierre del seccionador de PAT, a palanca.
- Diagrama mímico móvil, con indicación de la posición del seccionador principal y de la cuchillas de PAT.
- Bloqueo por candado para el comando del seccionador principal y de las cuchillas de PAT. (**Excluidos los candados**)
- Interruptor en **SF6** ejecución fija, comando motor – 24Vcc, con bobinas de apertura, cierre, y antibombeo; contador de maniobras y cont.aux, **TENSIONES AUXILIARES 220 VCA**
- Relé electrónico secundario, **SEPAM S20**, funciones de protección **ANSI 50/51, 50N/51N, 49RMS y 46** funciones de medición: corrientes por fase, picos de corriente de demanda por fase, corrientes de disparo, etc.
- Tres (3) transformadores Toroidales de de Corriente TLP130, multirango entre 5 a 630A con ratio de 5 A/22mmV, Ø interior 130 mm.
- Cubículo de B. T conteniendo los elementos auxiliares de comando y protección
- Llave Local Remoto
- Pulsadores local de cierre y apertura
- Indicadores luminosos de posición del interruptor
- Contactos auxiliares del interruptor libres de potencial disponibles en bornera (3NA + 3 NC)
- Divisores capacitivos con indicación óptica de presencia de tensión.
- Seccionador de puesta a tierra inferior en aire
- Resistencia calefactora 50W - 220VCA.

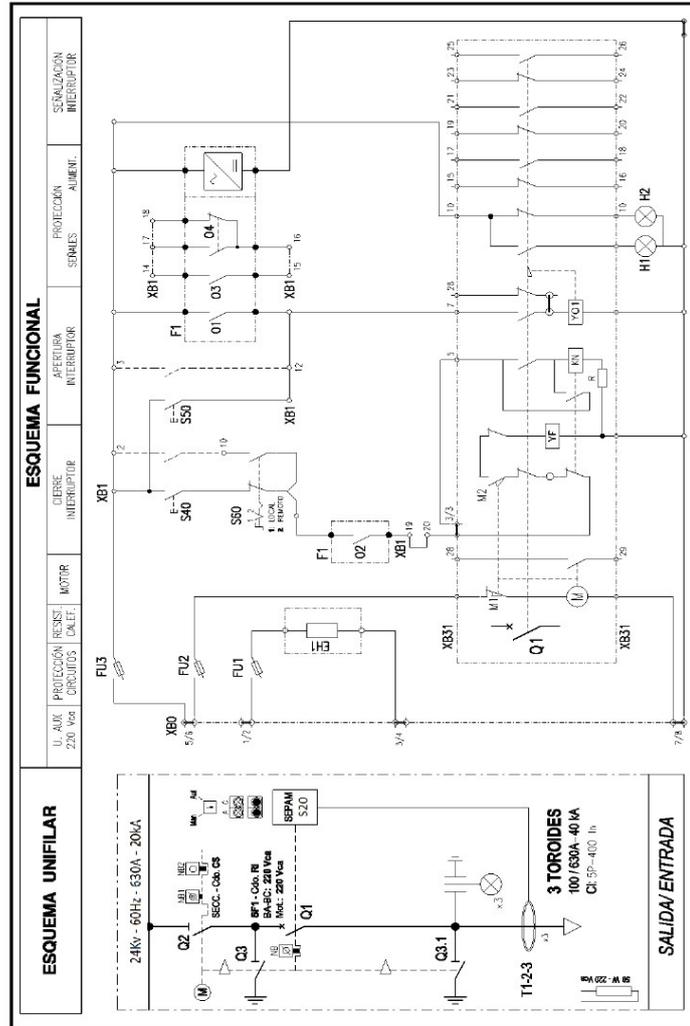


DM1-A SF1

#### Dimensiones y Peso

Ancho	: 750 mm
Alto	: 1690 mm
Prof.	: 1220 mm
Peso	: 430 Kg

Referencia ZP0SM6DM1CSF1CTLP : Celda modelo DM1-A



## **ANEXO 9.- INFORMACION TECNICA CELDA DE SALIDA**

**Item 7 :**

**Referencia ZP0SM6QM : Celda modelo QM**

Características técnicas: 24 kV - 200 A - 20 KA  
 Acometida: por la parte inferior  
 Acceso: frontal  
 Montaje: contra pared (Separada a 10cm de la misma)

Contenido de cada unidad:

- Juego de barras de CU para 630A.
- Seccionador bajo carga en SF6, 630 A con cuchillas de PAT incorporadas en el mismo.
- Cuchillas de PAT inferiores, en aire.
- Comando manual, CI1 con funciones de:

- \* Apertura del seccionador principal, local a pulsador
- \* Cierre del seccionador principal, local a palanca
- \* Apertura/cierre del seccionador de PAT, local a palanca

- Diagrama mímico móvil, con indicación de la posición del seccionador principal y de las cuchillas de PAT.
- Base portafusibles tripolar, para fusibles de alta capacidad de ruptura, línea DIN. (Excluidos los fusibles)
- Señalización mecánica de fusión de fusible.
- Bloqueo por candado para el comando del seccionador principal y de las cuchillas de PAT. (Excluidos los candados)
- Divisores capacitivos con indicación óptica de presencia de tensión.
- Bobina de Apertura de 110Vcc/220 Vca, cableado a bornera frontera
- Juego de Contactos auxiliares (2NA+2NC)
- Resistencia calefactora 50W - 220VCA.



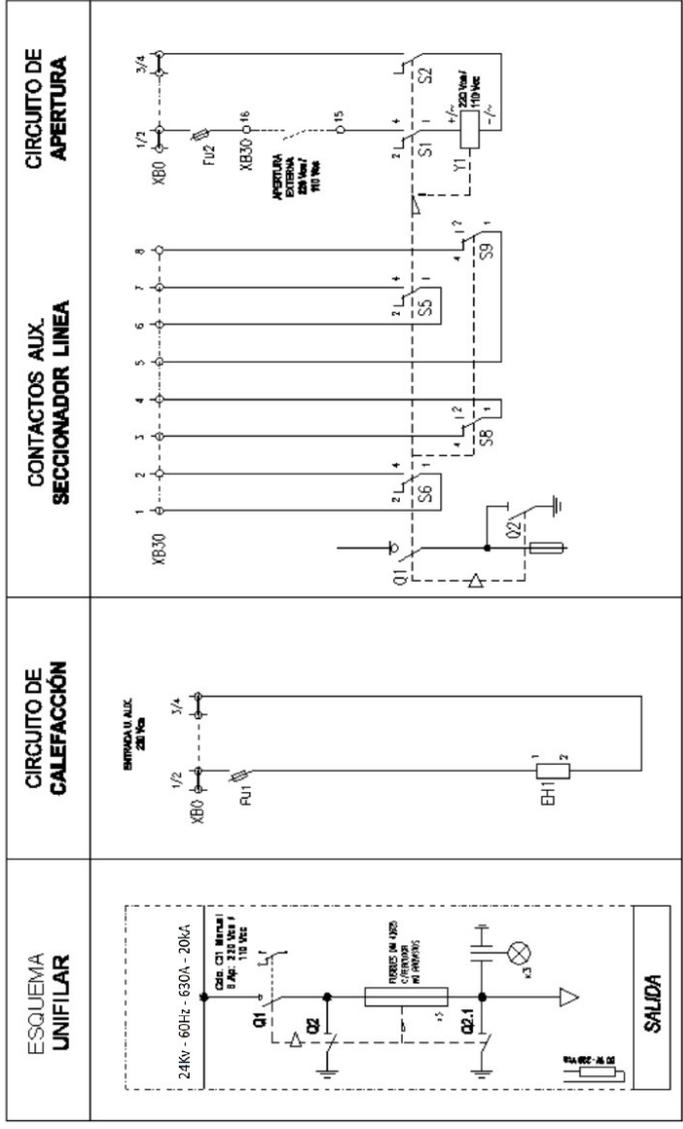
**Dimensiones y Peso**

Ancho : 375 mm  
 Alto : 1.600 mm  
 Prof. : 940 mm  
 Peso : 130 Kg

- Incluye ventana de termovisión en la puerta frontal.

**Referencia ZP0SM6QM : Celda modelo QM**

**Schneider Electric Perú S.A.**  
 Calle Los Telares 231 Urb. Vulcano Ate  
 Lima 3 -Perú  
 Teléfono: (511) 618-4400  
**Servicio de Atención al Cliente :**  
 Lima : (511) 618-4411 – Provincia: 0801-00-091  
<http://www.schneider-electric.com.pe>



**Schneider Electric Perú S.A.**  
 Calle Los Telares 231 Urb. Vulcano Ate  
 Lima 3 - Perú  
 Teléfono: (511) 618-4400  
**Servicio de Atención al Cliente :**  
 Lima : (511) 618-4411 - Provincia: 0801-00-091  
<http://www.schneider-electric.com.pe>

**ANEXO 10.- INFORMACION TECNICA DEL CONDUCTOR DE  
MEDIA TENSION**

**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	(A)	(B)	(A)	(B)
50	0.387	0.494	0.494	0.2761	0.1711	250	230	280	245
70	0.268	0.342	0.342	0.2638	0.1622	305	280	350	300
95	0.193	0.247	0.247	0.2528	0.1539	365	330	425	365
120	0.153	0.196	0.196	0.2439	0.1471	410	375	485	420
240	0.0754	0.098	0.098	0.2211	0.1317	580	545	720	630
300	0.0601	0.078	0.08	0.2143	0.1278	645	610	815	720
500	0.0366	0.05	0.052	0.2004	0.1194	770	765	1015	930

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

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

**BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:**

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.

## **ANEXO 11.- PRESUPUESTO**

**PRESUPUESTO**

CLIENTE : INVERSIONES MIRAFLORES 1 S.A.C.

DISTRITO : MIRAFLORES

DESCRIPCION DEL TRABAJO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22,9kV  
(OPERACIÓN INICIAL EN 10kV)

Item	Descripción	Unid.	Cant.	precio parcial
<b>1.0</b>	<b>RED SUBTERRANEA M.T.</b>			S/.
1.1	Cable Seco Unipolar N2XSY 18/30 kV - 50mm2 (terna)	Mt.	450	48150,00
1.2	Terminal Int. Cable Seco N2XSY 18/30 kV - 50mm2 (Pto.Diseño)	Kit	1	969,00
1.3	Rotura y Reparación de Vereda para la Subestación	Mt.	425	55504,74
1.4	Zanja para cable Subterráneo MT para la Subestación	Mt.	425	55504,74
<b>2.0</b>	<b>SUBESTACION ELECTRICA DE 800kVA.</b>			
2.1	Pozos de Tierra convencional para M.T.	Unid.	1	3901,90
2.2	Pozos de Tierra convencional para Neutro M.T.	Unid.	1	3901,90
2.3	Malla de Tierra Convencional para B.T. y Neutro	Cjto.	1	19224,94
2.4	Conexionado de Puestas a Tierra de la S.E.	Cjto.	3	4639,00
2.5	suministro e Instalación de celda modular en S.E. Compacta.	Unid.	3	88869,60
2.6	Cable Seco Unipolar N2XSY 18/30 kV - 50mm2 (terna)	Mt.	10	1070,00
2.7	Montaje de Transformadores Trifásicos 800 kVA 10-22,9/0,38 kV. En Subestación Compacta.	Cjto.	1	7050,00
2.8	Transformador seco de potencia trifás. 800kVA 10-22,9/0,38kV, incluye rieles tipo H para soporte y fijación de transformador.	Unid.	1	83490,00
2.9	Terminal Int. Tipo corto, Cable Seco N2XSY 18/30 kV - 50mm2	Kit	3	2907,00
2.10	Movilizacion de equipos	gl.	1	500,00
2.11	Pértiga de maniobra 1,6 m(aislamiento 30kV, con desconector y estuche)	Unid.	1	1546,00
2.12	Par de Guantes de caucho aislante bicolor (clase 2, talla 9,5, 30 kV.)	Unid.	1	253,83
2.13	Detector de tensión sonoro luminoso (BT 30-1500 V; MT 1500-36000V)	Unid.	1	1667,25
2.14	Banco de Maniobra con aislamiento hasta 30 kV	Unid.	1	438,00
COSTO NO INCLUYE IGV.				379587,89