

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Electromecánica  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial



Informe de práctica de especialidad para optar por  
el título Ingeniero en Mantenimiento Industrial,  
Grado Licenciatura

Documento de Proyecto

*Remodelación de la Red de Distribución Eléctrica de Media Tensión para el Servicio  
de Urgencias del Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla*

Coordinador de Práctica Profesional:  
Ing. Greivin Barahona Guzmán.

Diego Armando Fallas Cordero

I Semestre 2016



- Canadian Engineering Accreditation Board
- Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie

Carrera evaluada y acreditada  
por:

**CEAB**

## INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE

Nombre: Diego Armando Fallas Cordero

Cédula: 1-1489-0256

Carné: 201160511

Dirección: San José, Desamparados, San Miguel, Higuito, Calle Valverde.

Teléfono celular: 8324-6862

Teléfono casa: 2270-1656

Correo electrónico: diegofa.131@gmail.com

Profesor guía: Ing. Gustavo Gómez Ramírez Msc.

## INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Proyecto: Remodelación de la Red de Distribución Eléctrica de Media Tensión para el Servicio de Urgencias del Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla

Asesor Industrial: Ing. Ramón Izaguirre Segura.

Horario de trabajo del estudiante: Lunes a Viernes, de 7:30 am a 5:30 pm.

## INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre: Matelpa S.A.

Zona: Tibás, San José.

Dirección: Colima, Tibás, San José, costado Norte de Iglesia San Bruno.

Teléfono: 2240-5469.

Correo electrónico: contactenos@matelpa.com.

Actividad Principal: Constructora de Media y Baja Tensión.

## AGRADECIMIENTO

*Para mi familia, que me ha brindado la oportunidad y el apoyo necesario para llegar a este momento tan importante de la carrera. Gracias a ellos es posible desarrollar este proyecto y terminar mi práctica profesional.*

*También agradezco mucho a los profesores de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial que contribuyeron durante estos años en compartirme sus conocimientos y su experiencia, los cuales han sido fundamentales para poder ejecutar este informe.*

*Para todas y cada una de las personas que formaron parte del desarrollo del proyecto, de tal manera que se realizará con la mayor de las responsabilidades, mis gracias.*

## TABLA DE CONTENIDO

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE.....	ii
INFORMACIÓN DEL PROYECTO.....	ii
INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
GLOSARIO.....	3
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Descripción de la empresa .....	4
1.1.1. Valores .....	6
1.1.2. Departamento de ingeniería y proyectos .....	6
1.1.3. Alcance .....	6
1.1.4. Limitaciones .....	7
1.2. Objetivos.....	8
1.2.1 Objetivo General .....	8
1.2.2 Objetivos Específicos.....	8
1.3. Definición del Problema.....	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Generación, Transmisión y Distribución Eléctrica .....	10
2.2 Clasificación de los Sistemas de Distribución .....	11
2.3. Sistemas de media tensión.....	12

2.3.1. Generalidades .....	12
2.3.2 Tipos de sistemas de distribución eléctrica .....	13
2.4. Componentes principales de los sistemas de media tensión .....	14
2.4.1. Transformadores .....	14
2.4.2. Seccionador .....	15
2.4.3. Pararrayos .....	17
2.4.4. Conductores de Media Tensión .....	18
2.4.5. Terminal de media tensión (Mufas) .....	19
2.4.6. Aisladores .....	21
2.4.7. Celda de Media tensión .....	22
2.4.8. Reconectador (Recloser) .....	22
CAPITULO 3. METODOLOGIA .....	24
3.1. Etapa 1: Análisis de la Situación Actual .....	24
3.2. Etapa 2: Establecer una memoria de cálculo .....	25
3.3. Etapa 3: Diseño de los planos para la red de media tensión .....	26
3.4. Etapa 4: Realizar una evaluación económica del proyecto .....	26
3.5. Etapa 5: Conclusiones y Recomendaciones .....	27
CAPITULO 4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	28
4.1. Distribución Subterránea Existente .....	28
4.2. Distribución Aérea Existente .....	32
4.3. Celda de Media Tensión Existente .....	34
CAPITULO 5. REMODELACIÓN EN MEDIA TENSIÓN .....	36
5.1. Modificación de Línea Aérea .....	36
5.1.1. Identificación de Postes .....	38
5.1.2. Selección de Montajes .....	40

5.2. Rediseño del Sistema Subterráneo .....	46
5.3. Memoria de Cálculo .....	48
5.3.1. Descripción General del Servicio Eléctrico .....	48
5.3.2. Red de Media Tensión .....	48
5.3.3. Características de los Transformadores de Pedestal .....	49
5.3.4. Impedancia en Transformador .....	49
5.3.5. Ampacidad .....	49
5.3.6. Calibre del Conductor .....	51
5.3.7. Aislamiento del Conductor .....	51
5.3.8. Calculo de la Corriente de Cortocircuito .....	52
5.3.9. Coordinación de Protecciones .....	53
5.3.10. Tensiones Máximas de Tirado de los Cables .....	57
5.3.11. Temperatura de Operación Real.....	58
5.3.12. Canalización de Acometida.....	58
5.3.13. Ubicación de los Transformadores .....	60
5.3.14. Puesta a Tierra Sistemas de Media Tensión .....	60
CAPITULO 6. COSTO DEL PROYECTO.....	62
CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	67
7.1. Conclusiones .....	67
7.2. Recomendaciones .....	68
BIBLIOGRAFÍA .....	69
APÉNDICES.....	70
APENDICE 1. Especificaciones Técnicas de los transformadores Cooper System.....	70

APENDICE 2. Capacidad de conducción de corriente (A) en conductores cobre, aluminio y ACSR desnudos. ....	71
APENDICE 3. Simbología de planos en media tensión. ....	72
APENDICE 4. Características para cable de cobre EPR 1/0 AWG, 35 kV, NC1/3. ....	73
APENDICE 5. Factores de corrección por temperatura para el cálculo de resistencia del aislamiento.....	73
APENDICE 6. Diagrama Unifilar del Sistema de Media Tensión del Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla.....	74
ANÉXOS .....	75
ANEXO 1. Detalle de Caja de Registro Primaria.....	75
ANEXO 2. Diagrama Unifilar de Obra Civil.....	75
ANEXO 3. Detalle de Canalización Subterránea.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Oficinas Administrativas de Matelpa S.A. ....	4
Figura 2. Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla. ....	5
Figura 3. Esquema de Sistemas de Distribución y Transmisión Eléctrica. ....	10
Figura 4. Diagrama de sistema de distribución radial. ....	13
Figura 5. Diagrama de sistema de distribución en anillo.....	14
Figura 6. Transformador Trifásico Tipo Poste. ....	15
Figura 7. Seccionador para distribución eléctrica. ....	16
Figura 8. Pararrayos de distribución polimérico. ....	17
Figura 9. Cable Subterráneo para Alta Tensión EPR. ....	19
Figura 10. Mufas para terminaciones de media tensión. ....	20
Figura 11. Aisladores tipo poste para distribución eléctrica. ....	21
Figura 12. Reconectador de media tensión ..... 22	22
Figura 13. Cuarto Eléctrico con celda MT. ....	24
Figura 14. Poste de transición existente del Circuito San Isidro. ....	28
Figura 15. Enlace de Transformadores Existentes. ....	29
Figura 16. Diagrama Unifilar del Hospital hasta la Celda MT. ....	31
Figura 17. Conexión monofásica para Circuito Industrias.....	32
Figura 18. Distribución Aérea Monofásica Actual. ....	33
Figura 19. Celda de medición existente del Hospital. ....	34
Figura 20. Ampliación del cuarto de subestación.....	35
Figura 21. Conexión al vuelo para circuito trifásico.....	37
Figura 22. Ángulo de Abertura en Línea Aérea Eléctrica.....	38

Figura 23. Sección del Circuito Aéreo Propuesto. ....	39
Figura 24. Montaje ICE Número J8 P. ....	42
Figura 25. Montaje para transformador monofásico. ....	43
Figura 26. Poste de Transición Aéreo-Subterránea. ....	47
Figura 27. Diagrama Unifilar para Transición Aéreo-Subterráneo. ....	54
Figura 28. Curvas para Coordinación de Protecciones. ....	55
Figura 29. Detalle de Fosa para Transformador. ....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores eficaces de tensión nominal en redes de distribución aéreas.....	12
Tabla 2. Materiales Extra para Montaje en Poste A. ....	44
Tabla 3. Tabla resumen de montajes aéreos.....	45
Tabla 4. Descripción de los Tipos de Montajes Aéreos. ....	45
Tabla 5. Valores de Corriente en el Primario del transformador. ....	50
Tabla 6. Valores de Corriente en el Secundario del Transformador. ....	50
Tabla 7. Valores de Corrientes de CortoCircuito.....	53
Tabla 8. Valores de Cortocircuito para transformadores.....	53
Tabla 9. Tensiones Máximas de Jalado para Cables Subterráneos.....	58
Tabla 10. Desglose de Presupuesto para Transición Aéreo - Subterráneo.....	63
Tabla 11. Desglose de Presupuesto para Media Tensión Subterránea.....	64
Tabla 12. Desglose de Presupuesto para Extensión de Línea Eléctrica Aérea.....	65
Tabla 13. Tabla Resumen sobre Desglose de Presupuesto.....	66

## RESUMEN

La ejecución de esta remodelación se llevará a cabo en el Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla de Pérez Zeledón. Lo anterior se realiza con el fin de adaptar el diseño eléctrico del hospital a las ampliaciones de infraestructura. El sistema se compone de una red de distribución eléctrica aérea y otra subterránea.

La red de media tensión de 34.5 KV del hospital requiere de la instalación de dos nuevos transformadores para las nuevas cargas que se necesitan en el Servicio de Urgencia. La instalación de nuevas cargas del edificio de Urgencias obliga a fortalecer el sistema de media tensión que demandan los equipos.

La segunda parte del proyecto consiste en un montaje de líneas subterráneas que se encuentran dentro del hospital. Esta red de media tensión subterránea debe llegar a una subestación interna y luego derivarse para alimentar tres transformadores de pedestal.

Para comprender bien las necesidades del hospital, se realiza un análisis de la situación actual del sistema de media tensión que alimenta al hospital. Esto permite analizar y conocer la instalación aérea existente que alimenta al hospital. La distribución subterránea será en su mayoría nueva a instalar.

Luego se realiza un diseño de la distribución y el montaje de los postes que conforman las líneas aéreas. De la misma manera se establecen los cálculos para presentar la distribución subterránea en media tensión que alimentará los transformadores.

Se establece el presupuesto que el proyecto requiere para su ejecución, el cual corresponde a US \$ 81 000. Esto incluye las líneas aéreas trifásicas, la transición aéreo – subterránea y la distribución subterránea. Este costo se presenta con el fin de justificar la construcción de la obra que necesita el Hospital.

**Palabras clave:** montaje, media tensión, línea aérea, línea subterránea, transformador, conexión al vuelo, transición.

## ABSTRACT

The execution of this reshuffle will take place in Escalante Pradilla Hospital Dr. Fernando Perez Zeledón. This is done in order to adapt the electrical design of hospital infrastructure extensions. The system consists of a network of overhead power distribution and other underground.

The medium voltage network of 34.5 KV hospital requires the installation of two new transformers for the new burdens that are needed in the Emergency Service. Installing new building loads Emergency strengthen the system requires medium voltage equipment demand

The second part of the project consists of a montage of underground lines that are within the hospital. This network of underground medium voltage must reach an internal substation and then derived three transformers to feed pedestal.

For better understanding the needs of the hospital, an analysis of the current situation of medium voltage system feeding the hospital is done. This allows to analyze and understand the existing aerial installation that feeds the hospital. The underground distribution will be installed in its new majority.

Then a layout design and assembly of the posts forming the airlines is performed . In the same way the calculations are set to pay underground medium voltage distribution transformers that feed.

The budget that the project requires for its implementation, which corresponds to US \$ 81,000 triphasic. This includes airlines, the air transition, underground lines. This cost is presented in order to justify the construction of the work that needs Hospital.

**Keywords:** assembly, medium voltage, airline, underground line, transformer, connection to flying, transition.

## GLOSARIO

**Montaje:** conjunto de elementos que se utilizan para la instalación de equipos y cables en postes eléctricos. Los montajes definen los materiales, como por ejemplo herrajes, aisladores, calibres de cables y protecciones, que se requieren para configurar los sistemas de distribución aéreos.

**Media tensión:** sistemas eléctricos que utilizan tensiones mayores a los 1000 V, y que llegan hasta los 69 000 V. En estos sistemas se manejan tensiones elevadas, pero muy bajas corrientes en las líneas.

**Línea aérea:** líneas de distribución eléctrica que se instalan en postes de concreto o hierro galvanizado para la comercialización del fluido eléctrico. Estas líneas se instalan comúnmente con conductores desnudos.

**Línea subterránea:** líneas de distribución eléctrica que pueden viajar con o sin ductos bajo la superficie. Estas líneas se instalan con conductores recubiertos por distintos aislamiento y chaquetas que protegen el cable conductor.

**Transformador:** máquina eléctrica estacionaria que permite variar las relaciones entre tensión y corriente para lograr transmitir potencia con la menor cantidad de pérdidas eléctricas.

**Conexión al vuelo:** es el enlace o unión de conductores eléctricos de media tensión que conectan circuitos distintos. Estas conexiones se realizan únicamente en líneas aéreas.

**Transición:** es el conjunto de elementos eléctricos y de construcción civil que conforman un poste cuyo fin es el cambio de la acometida aérea hacia la subterránea. Estas transiciones cuentan comúnmente con dispositivos tales como pararrayos de distribución, cortacircuitos, herrajes, aisladores y distintos tipos de cables.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Descripción de la empresa**

El proyecto en cuestión se llevará a cabo en el Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla ubicado en el cantón de Pérez Zeledón. Sin embargo, la empresa encargada de realizar el proyecto es Matelpa S.A., la cual ubica sus oficinas centrales en Colima de Tibás, San José.

Matelpa S.A. es una empresa especializada en la venta de materiales eléctricos de media y baja tensión, materiales electromecánicos en general y de telecomunicaciones, y la misma cuenta con más de 35 años de experiencia. Esta empresa se especializa en consultoría, diseño y construcción de obras civiles, eléctricas, mecánicas, de telecomunicaciones, arquitectónicas y ambientales.



**Figura 1. Oficinas Administrativas de Matelpa S.A.**

Fuente: [matelpa.com](http://matelpa.com)

Dicha empresa diseña y construye infraestructura de líneas de distribución eléctrica y de telecomunicaciones, electrificación subterránea en media tensión, instalaciones electromecánicas (media y baja tensión) para obras industriales, residenciales y comerciales.

Por las características mencionadas anteriormente, es que Matelpa S.A. entra a participar en el diseño y construcción que se necesita en el hospital de Pérez Zeledón. Esta empresa se rige bajo las normativas de la compañía suministradora del servicio eléctrico según la zona del proyecto.

Por otra parte, el Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla se fundó en 1977 como solución viable e integral a los problemas de salud que abaten a poblaciones del Pacífico Sur y comunidades agropecuarias adyacentes.



**Figura 2. Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla.**

Fuente: CCSS.

### **1.1.1. Valores**

Con el fin de mantener buenas prácticas en la construcción y en los proyectos que se desarrollan, la empresa Matelpa se plantea los siguientes valores:

- Calidad
- Profesionalismo
- Compromiso
- Esfuerzo
- Excelencia

### **1.1.2. Departamento de ingeniería y proyectos**

El Departamento de Ingeniería es el encargado de diseñar y desarrollar las obras de construcción que solicite el cliente, en este caso, el Hospital Dr. Pradilla Escalante por medio de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS).

El Departamento de Proyectos se encarga de ejecutar las obras que son ganadas y adjudicadas a la empresa. Se encarga de realizar los presupuestos y las cotizaciones de cada proyecto. Además, deben de realizar la documentación y reglamentación formal que establezca la empresa suplidora de energía.

### **1.1.3. Alcance**

El proyecto se desarrollará para suplir las condiciones eléctricas que se requieren con la nueva ampliación del Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla. Se realizará el rediseño eléctrico en media tensión para el Servicio de Urgencias. El proyecto tiene como fin el cumplimiento responsable de un diseño eléctrico según lo estipula la normativa del ICE.

Se analizará el sistema actual de media tensión que tiene el Hospital, tanto en la red aérea como subterránea. Esto para conocer las necesidades que requiera el Hospital y además poder comparar el sistema actual con la propuesta del nuevo sistema que se instalará.

Se diseñarán los planos necesarios para demostrar el diseño de la remodelación eléctrica en media tensión que necesita el Servicio de Urgencias. Lo anterior se realiza con una propuesta de distribución eléctrica aérea y otra subterránea, que cumpla de manera segura lo que la norma establece.

Este proyecto beneficiará tanto al Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla como a los costarricenses de la zona de Pérez Zeledón, ya que se contará con un sistema trifásico de 34.5 KV para suplir las condiciones que presente el nuevo Servicio de Urgencias.

#### **1.1.4. Limitaciones**

Debido a las dimensiones del Hospital, y a los alcances reales de la empresa contratista, se estudiará solamente la red de media tensión que necesita el Hospital. Por lo tanto, el sistema de baja tensión no será analizado en este informe.

Las cargas que se conectan a los transformadores no son calculadas por parte de la empresa subcontratada para el diseño de media tensión. La compañía diseñadora de baja tensión brinda los datos de este sistema requeridos con el fin de establecer previamente las dimensiones de los transformadores.

El proyecto de la empresa Matelpa S.A. en la red de distribución aérea y subterránea para los transformadores, por lo tanto no se toman en cuenta los circuitos de baja tensión.

El diseño de la red de media tensión estará basado en la normativa mencionada. El presupuesto que se realice para la proyecto se realizará para conocer el costo total del proyecto.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Realizar el diseño eléctrico para la remodelación de la red de distribución eléctrica de media tensión del Servicio de Urgencias del Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el estado actual de la red de media tensión que alimenta al Servicio de Urgencias.
- Establecer una memoria de cálculo y los estándares de montaje para la instalación de una red eléctrica de media tensión.
- Diseñar los planos de distribución eléctrica de la red siguiendo los lineamientos que la normativa del ICE establece.
- Realizar una evaluación económica del proyecto para la remodelación eléctrica del hospital.

### **1.3. Definición del Problema**

Debido al incremento en la demanda de los servicios de salud del país, la CCSS se vio en la necesidad de ampliar y remodelar la infraestructura actual del Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla. Esta expansión está asociada con cambios en la red de distribución eléctrica que se utiliza para el Hospital, específicamente en el Servicio de Urgencias.

Por tal motivo, el centro de atención se ve en la obligación de cambiar el suministro eléctrico actual de media tensión, por uno nuevo que permita abastecer de forma segura la demanda. Con esto nace la solución de presentar una remodelación en las líneas de distribución aérea y subterránea que requiere el hospital para las nuevas cargas.

Actualmente el Servicio de Urgencias del hospital, cuenta con tres transformadores. Sin embargo, con la ampliación que se realizará, estos transformadores no cuentan con la capacidad que necesita el nuevo sector de urgencias. Por lo tanto, se requieren dos transformadores nuevos. Estos nuevos elementos se utilizarán para abastecer de manera confiable el nuevo edificio para el Servicio de Urgencias.

Tomando en cuenta los nuevos transformadores y la necesidad de mantener en funcionamiento el Servicio de Urgencia debido a su criticidad, es necesaria la ampliación del sistema eléctrico de media tensión que lo alimenta. Todo lo anterior se realiza con el fin de tener un sistema redundante en caso de una emergencia.

Debido a que los hospitales requieren una disponibilidad elevada de los servicios eléctricos, se debe instalar un sistema que respalde con tranquilidad las instalaciones y los equipos del Hospital Dr. Escalante Pradilla. Estudiando las condiciones actuales del Hospital, se analizará la posibilidad de modificar la red de media tensión para satisfacer de manera segura las nuevas condiciones que se le presenten.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Generación, Transmisión y Distribución Eléctrica

A pesar de lo extenso y complejo que puede ser un sistema eléctrico de potencia, el mismo se puede agrupar en tres grandes áreas, que serían la generación, la transmisión y la distribución. Las dos terceras partes de la inversión total de un sistema de potencia están dedicados a la parte de distribución (Cataño, 2004).

El inicio de los sistemas eléctricos se da en las Centrales Generadoras (Hidroeléctrica, Eólica, Solar, Geotérmica, etc.). Luego de este punto, se debe elevar la tensión en subestaciones cercanas al generador.

Después, se transmite la potencia a las demás subestaciones reductoras. En estas subestaciones reductoras, como se puede ver en la Figura 3, se disminuye la tensión en las líneas para así hacer llegar la energía a los sitios de consumo por medio de las redes de distribución.

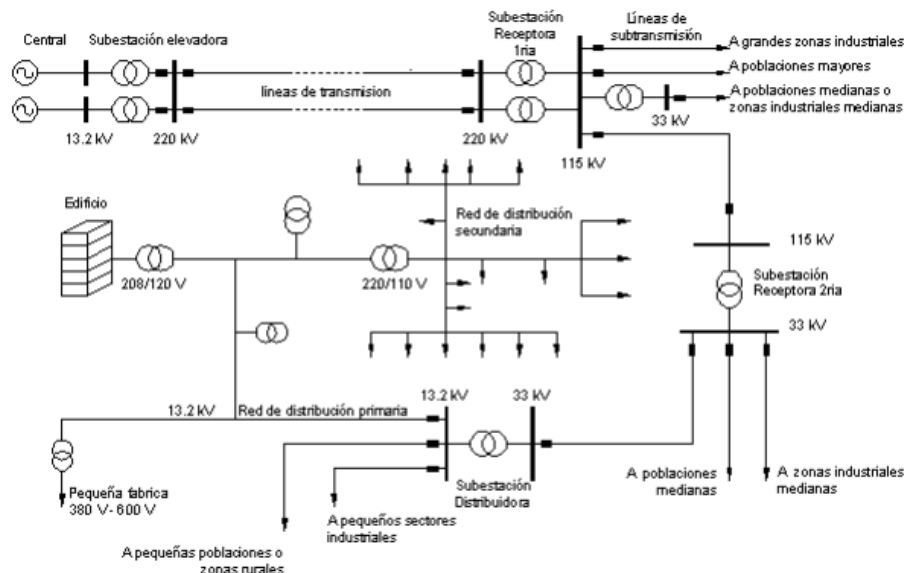


Figura 3. Esquema de Sistemas de Distribución y Transmisión Eléctrica.

Fuente: (Cataño, 2004).

Aunque el esquema anterior es bastante detallado, en Costa Rica las redes de distribución se desprenden a partir de la subestación receptora secundaria. Además, como se verá más adelante, las tensiones más utilizadas para la distribución de energía en este país funcionan a 13 800 y 34 500 V.

## **2.2 Clasificación de los Sistemas de Distribución**

Los sistemas de distribución se pueden clasificar principalmente en dos tipos de redes, esto según la clase de instalación que se haya ejecutado. El primer tipo son las Redes Aéreas en las cuales el conductor normalmente está desnudo y viaja soportado a través de aisladores instalados en crucetas.

Los principales elementos de los Sistemas Aéreos serían:

- Postes
- Conductores
- Crucetas
- Aisladores
- Herrajes
- Equipos de Seccionamiento
- Transformadores y Protecciones

El segundo tipo son las Redes Subterráneas, cuyos conductores viajan por ductos y son usualmente recubiertos con material aislante para mayor protección. El costo de estos sistemas es más segura y confiable, ya que no están expuestas y esto disminuye el riesgo del vandalismo.

Los principales elementos de los Sistemas Subterráneos serían:

- Cables
- Ductos
- Cámaras o fosas
- Terminales

## 2.3. Sistemas de media tensión

### 2.3.1. Generalidades

Las redes de media tensión son aquellas cuyo diferencial de potencial se encuentra por arriba de los 1000 V (Viakon, 2016) Estos sistemas son utilizados con frecuencia en líneas de distribución eléctrica. En la Tabla 1 se mencionan las tensiones nominales de redes de distribución aérea en el país.

**Tabla 1. Valores eficaces de tensión nominal en redes de distribución aéreas.**

<b>Sistema Tensión</b>	<b>Entre líneas activas (V)</b>	<b>Entre líneas activas y neutro (V)</b>
Trifásico 4 conductores	4160	2400
	13200	7620
	13800	7970
	24940	14400
	34500	19920
	69000	39840

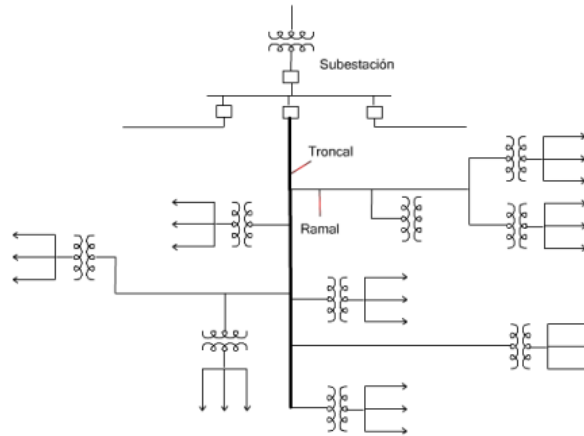
Fuente: (ARESEP, 2015), Excel 2010.

Una vez que se llega al punto de alimentación, se disminuye la tensión en las líneas mediante transformadores, según requiera el usuario. La tensión se eleva con el fin de disminuir la corriente que circula por el conductor, con lo cual a su vez, se minimizan las pérdidas de energía en la línea, lo que lo vuelve más económico.

El funcionamiento correcto de la red de distribución eléctrica va a depender de que tan estable sea la tensión que se entrega al usuario, así como de las interrupciones que se tenga con el servicio eléctrico.

### 2.3.2 Tipos de sistemas de distribución eléctrica

Se pueden encontrar básicamente tres tipos de sistemas de distribución según su configuración. El primero de estos es el sistema radial, en el cual no se tiene un punto de retorno, por lo que su configuración es similar a una “rama”. Tienen la principal desventaja que ante una falla en el alimentador principal afecta toda la carga.

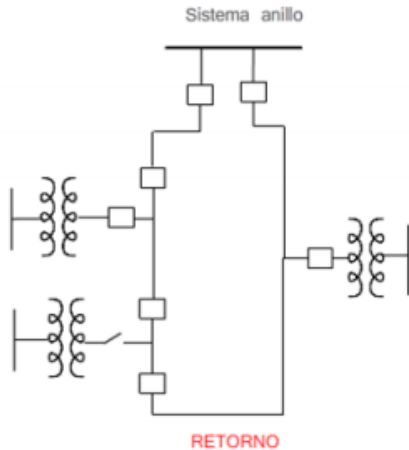


**Figura 4. Diagrama de sistema de distribución radial.**

Fuente: (UNAM, 2016).

Por otro lado, se tiene el sistema tipo anillo, en el cual se cuenta con más de una trayectoria entre la fuente y la carga que se alimenta. Como su nombre lo indica se forma un anillo que sale y vuelve por puntos diferentes de la subestación.

Este tipo de conexión permite aislar secciones del sistema en caso de alguna falla que se presente, o incluso para realizar algún mantenimiento en las líneas. Por lo anterior, estos sistemas se vuelven más confiables que los de tipo radial.



**Figura 5. Diagrama de sistema de distribución en anillo.**

Fuente: (UNAM, 2016).

Por último se tiene el sistema tipo malla, en esta configuración se tiene alimentación a las cargas desde varios puntos o fuentes, con lo cual se tiene una mayor confiabilidad en la red. Estos sistemas ayudan a mantener el funcionamiento de media tensión sin interrupciones, debido a su gran estabilidad.

## **2.4. Componentes principales de los sistemas de media tensión**

### **2.4.1. Transformadores**

Estos equipos son los encargados de aumentar o disminuir la tensión según se requiera, por lo tanto son el límite entre la media y la baja tensión. Esta conversión de tensión se realiza manteniendo la frecuencia de la corriente alterna y la potencia constantes, eso sí, variando la corriente eléctrica, de tal manera que se disminuyen las pérdidas en el cable producto de las altas corrientes.

Este principio sobre el cual se basan los transformadores, son la base fundamental para lograr trasegar grandes cantidades de potencia a través de largas distancias, pero de manera económica y viable.



**Figura 6. Transformador Trifásico Tipo Poste.**

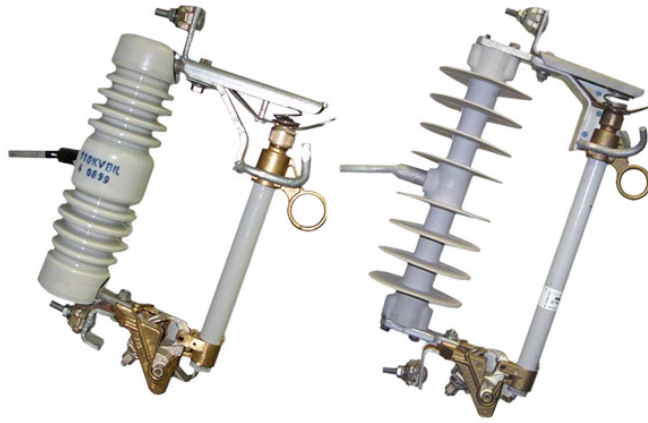
Fuente: líneaeléctrica.com

Existen diferentes tipos de transformadores, entre los que se pueden mencionar los transformadores de pedestal, los tipo poste (Figura 6), los transformadores secos, autotransformadores, entre otros. Dependerá del tipo de aplicación y la necesidad para seleccionar el tipo de transformador que mejor se adapte.

#### **2.4.2. Seccionador**

Los seccionadores o cuchillas de desconexión son equipos de protección para redes de distribución eléctrica aérea. Los mismos proporcionan protección contra sobrecorrientes o corrientes de cortocircuito, y también indican de manera visible la operación del fusible, ya que si el seccionador se encuentra abierto (fusible caído) o desconectado, quiere decir que ocurrió un disparo en la línea.

Es común encontrar de estos elementos en los postes que realizan transiciones aéreo-subterráneas. Los seccionadores se colocan uno por línea, ya que son el homólogo de los interruptores comunes pero en una red de distribución en media tensión.



**Figura 7. Seccionador para distribución eléctrica.**

Fuente: MYEEL.

Además de su función como elemento de protección, el seccionador permite abrir el circuito para llevar a cabo mantenimientos en las líneas eléctricas. A diferencia del reconectador, el seccionador no puede ser monitoreado de manera remota, y al abrir la línea, la maniobra de cierre de la cuchilla debe de ser manualmente por medio de un elemento aislador llamado *pértiga*.

Estos equipos de protección cuentan esencialmente con un elemento aislador, que puede ser de porcelana o silicón (Figura 7), con el cual se sostiene y separa los demás elementos. También, consta del portafusibles y el fusible, este último encargado de interrumpir la corriente de falla.

La operación de esta protección se realiza una vez que el material dentro del portafusibles se funde debido a las altas corrientes que circulan por él. Con esta desconexión del fusible caliente, la cuchilla se abre y el tubo portafusible desconecta el circuito.

### 2.4.3. Pararrayos

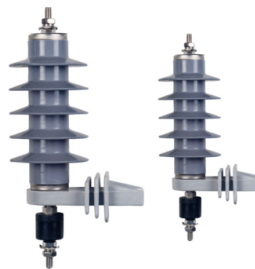
Es posible que por causas propias de los sistemas y otras, debido a fenómenos externos, la tensión entre fases o incluso entre alguna fase y la tierra, lleguen a valores superiores a los normalmente establecidos. Estas diferencias de tensiones anormales, se conocen como sobretensiones.

*“Las de origen atmosférico, como se comprende, afectan únicamente a las líneas aéreas. Las que obedecen a causas internas pueden producirse en toda clase de instalaciones”* (Júdez, 1982)

Tal y como menciona este autor, existen dos tipos de sobretensiones. Las de origen atmosférico que se derivan de las cargas estáticas de las nubes, mientras, por otro lado se encuentran las de origen interno, que a su vez se subdividen en sobretensiones a la frecuencia de servicio y sobretensiones debidas a la apertura de interruptores, principalmente.

Para proteger las líneas de distribución se instalan distintos tipos de pararrayos, ya sea en los postes o en los mismos transformadores. Por tal motivo, los pararrayos deben de estar conectados de forma permanente a las líneas.

*“Bajo condiciones de estado estable el voltaje nominal lineal-tierra está completamente aplicado a sus terminales. Cuando una sobretensión ocurre, el pararrayos limita el sobre voltaje a los niveles requeridos de protección conduciendo la corriente resultante a tierra.”* (CELSA)



**Figura 8. Pararrayos de distribución polimérico.**

Fuente: CELSA.

Como se mencionó, el pararrayos se encarga de conducir la sobretensión, que sufra la línea, hacia el sistema de puesta a tierra como protección del circuito. Para esto, las terminales inferiores del pararrayos se deben de conectar a la varilla o la malla a tierra según sea el caso.

La selección del pararrayos va a depender principalmente de la tensión de línea con la que se esté trabajando, así como de la tensión máxima que se permita en la línea (ver Figura 8). Además, es importante tomar en cuenta el nivel básico de aislamiento, como se verá más adelante.

#### **2.4.4. Conductores de Media Tensión**

El tipo de conductor a utilizar dependerá de la aplicación que se vaya a necesitar. Los materiales más comunes para la fabricación de conductores son el cobre y el aluminio. Para líneas aéreas, es común utilizar conductores desnudos y el material es aluminio trenzado, debido al bajo costo del aluminio en comparación con el cobre.

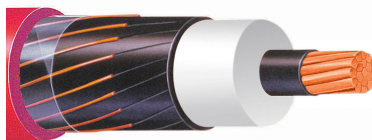
Con respecto a las líneas subterráneas en el pasado se solía utilizar cable tipo XLPE, sin embargo, actualmente este cable está prohibido por norma y se recomienda utilizar el cable con aislamiento EPR. Las pruebas de alta frecuencia ejecutadas al cable XLPE mostraron que a altas frecuencias las burbujas de agua dentro del aislamiento provocan pequeños cortos dentro del dieléctrico.

Por otro lado, el cable EPR es un monoconductor que está formado por un conductor de cobre suave (también puede ser aluminio duro). Este cable es especial para alimentaciones subterráneas con pantalla semiconductor de conductor y aislamiento de etileno propileno (EPR), con pantalla de aislamiento extruida.

Este cable consta además de una pantalla metálica a base de alambres de cobre (formando estos el cable neutro) más cinta de cobre dispuesta en hélice abierta y cubierta de policloruro de vinilo (PVC).

*“El aislamiento está hecho a base de un polímero sintético que no cambia de forma por efecto de la temperatura y tiene una resistencia muy elevada al efecto corona”. (Riba, 2004)*

Por el motivo anterior, el campo eléctrico se encierra dentro del cable, pero con la condición de que esta pantalla debe de ir conectada o referenciada a tierra. Este aterrizamiento se realiza trenzando los alambres de cobre que conforman el neutro, y luego este se conecta a la malla de tierra.



**Figura 9. Cable Subterráneo para Alta Tensión EPR.**

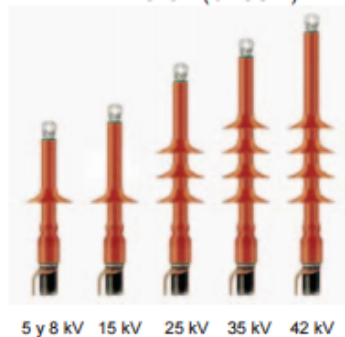
Fuente: Viakon

El cable de alta tensión EPR puede manejar tensiones de hasta 69 KV y, debido a la distribución concéntrica del alambre neutro sobre el cable para la fase, se confina y uniforma el campo electrostático. La cubierta antiflama, lo vuelve resistente a la intemperie, luz solar y los agentes químicos, lo que lo convierte ideal para uso en intemperie.

#### **2.4.5. Terminal de media tensión (Mufas)**

Las mufas son las terminales que se utilizan para realizar las conexiones de media tensión. Estas terminaciones se instalan comúnmente al inicio del poste de transición, donde se realiza la toma eléctrica en el circuito primario trifásico. Además, también pueden utilizarse para conectar la alimentación a los transformadores.

Cuando se tiene un banco de transformadores se utilizan las terminales tipo mufas (ver Figura 10), sin embargo, cuando se tiene un transformador de pedestal se utilizan terminales tipo codo.



**Figura 10. Mufas para terminaciones de media tensión.**

Fuente: EESA

Las mufas contienen un tubo de silicón con una alta constante dieléctrica, y su recubrimiento está hecho para soportar la radiación ultravioleta y repeler el agua para cuando son de uso exterior. Estas terminales deben de cumplir con la norma IEEE 48-1996 sobre los requerimientos en terminaciones para cables de 2.5 KV a 765 KV.

La idea de estas terminales es mantener la seguridad tanto del circuito como también del personal de operación. Las mufas evitan la generación de arcos eléctricos en las líneas, además de asegurar una correcta conexión de los circuitos de media tensión.

Para la instalación, se cuenta con un kit completo de limpieza que vende el fabricante, ya que su instalación correcta es indispensable para que funcione el sistema. A esto hay que sumarle el trenzado del cable neutro y el entallado del terminal.

#### 2.4.6. Aisladores

Los aisladores son parte fundamental de cualquier tipo de sistema eléctrico, ya que estos se encargan de proteger tanto el elemento eléctrico, como la integridad física de las personas. La idea es generar una barrera no conductora o dieléctrica que evite arcos eléctricos.

En las redes de media tensión su funcionalidad se aplica para separar los conductores desnudos que forman las líneas de distribución. Con estos, los aisladores dan soporte a los elementos conductores tales como conductores, fusibles, pararrayos, entre otros. Lo que se busca con los dieléctricos es mantener una distancia de fuga lo más larga posible para evitar sobresaltos eléctricos.



**Figura 11. Aisladores tipo poste para distribución eléctrica.**

Fuente: Orient.

Es importante introducir en este apartado, el concepto BIL de un aislamiento. El BIL es el nivel básico de aislamiento, por lo tanto la tensión máxima soportada para un impulso tipo rayo. En este sentido, se puede decir que este es el nivel de la protección contra una sobretensión.

El valor de BIL esta normado y corresponde a valores preestablecidos de tensión. Si la tensión sobrepasa este valor es probable que el elemento se averíe y requiera un cambio del equipo.

#### 2.4.7. Celda de Media tensión

Las celdas de media tensión son el conjunto de dispositivos de medición, maniobra y protección para el control de la media tensión. La función principal de las celdas es recibir, y a la vez, distribuir la energía eléctrica a los demás elementos de la edificación.

Las cubiertas metálicas que las conforman son las encargadas de brindar aislamiento y por ende, seguridad a las subestaciones. Además, con las celdas MT se puede centralizar la distribución eléctrica.

#### 2.4.8. Reconectador (Recloser)

*“Es un dispositivo de interrupción (interruptor) de carga eléctrica, con posibilidad de recierre automático ajustable, supervisión y operación telemandada.” (Escalante, 2016)*

Los reconectores funcionan mediante un mecanismo activado de forma magnética por medio de una bobina simple para operar independientemente de la tensión del circuito principal. Este equipo permite la apertura y el cierre automático de manera que se pueda aislar el circuito.



**Figura 12. Reconectador de media tensión**

Fuente: MYEEL

Los reconectores tienen la funcionalidad de ejecutar recierres automáticos ajustables, además de la supervisión y operación teledemandada (control a distancia). Esta característica lo vuelve un elemento de control importante en los sistemas de distribución, ya que permite abrir y desconectar circuitos para solucionar averías, o incluso ejecutar mantenimientos en las líneas eléctricas.

## CAPITULO 3. METODOLOGIA

### 3.1. Etapa 1: Análisis de la Situación Actual

El trabajo inicia al realizar una visita al sitio, o lo que se conoce como una visita de campo para observar el ambiente de trabajo. Al realizar un reconocimiento de las instalaciones del Hospital se puede observar la distribución de las líneas subterráneas, cajas de registro, ubicación de transformadores, entre otros.



**Figura 13. Cuarto Eléctrico con celda MT.**

Fuente: Propia.

Con las visitas al Hospital, se puede justificar la instalación del sistema redundante con dos alimentaciones a 34.5 KV de circuitos diferentes. Se harán las observaciones correspondientes a la distribución aérea, de manera que se respete la normativa vigente y que sea económicamente viable.

Se observó la geografía del terreno y se estudiará la red existente para presentar la propuesta de la remodelación eléctrica. Partiendo de los medios existentes de la vía pública, se analizaron las mejores condiciones para que se tenga un sistema confiable.

La selección de los elementos que conforman la red eléctrica, dependerán directamente de las condiciones que se presenten en el sitio, y de las dificultades que se encuentren. Esta etapa es fundamental para dar inicio y sentar las bases de este informe.

### **3.2. Etapa 2: Establecer una memoria de cálculo**

En esta etapa se realizan los procedimientos necesarios y se definen las condiciones del rediseño. En esta memoria se establecerán los criterios de diseño que se requieren y que respeten las normas que la empresa suplidora del servicio eléctrico indique. Esta memoria de cálculo forma parte de los requisitos que solicita el ICE, como la compañía suplidora del servicio eléctrico.

El reglamento que define el ICE indica que se debe de respetar lo estipulado en distintas leyes por parte de la Autoridad Regulador de Servicios Públicos. Además, estos manuales están basados en las normas internacionales (IEEE, IEC, entre otros), por lo que si se cumple a cabalidad se tendrá plena seguridad en la instalación eléctrica que se realice.

Se seleccionarán los elementos tales como transformadores, protecciones y conductores que cumplan con las especificaciones recomendadas. Para justificar la selección de los elementos es preciso presentar los datos que así lo expongan.

En esta etapa se demuestra, cuales son las condiciones técnicas a las que está sometido el diseño. Además, se consultarán las fuentes bibliográficas que facilita la empresa distribidora de servicios eléctricos, para así respetar las normas que esta estipule.

### **3.3. Etapa 3: Diseño de los planos para la red de media tensión**

Esta tercera etapa consiste en dibujar los planos eléctricos que se requieren. En los mismos se trazarán las trayectorias de las líneas eléctricas, tanto aéreas como subterráneas. También se ubicarán los transformadores, así como las cajas de registro que se necesiten por norma. Se deberán conocer los alcances reales del proyecto, así como las necesidades del Hospital.

En los planos se señalarán las distribuciones de los postes, el tipo de cable que se requerirá y los demás elementos que conformen la red, todo esto con el fin de aclarar el diseño de la instalación.

Además, se mostrarán los detalles de las conexiones más importantes y se darán a conocer las especificaciones de la obra eléctrica que permitan dejar con claridad los estándares del diseño para el momento de la construcción.

Para el diseño de los planos, es muy importante respetar las condiciones propuestas en la etapa anterior. También, se desarrollará el diseño que mejor se adapte a las condiciones reales, por lo que las ubicaciones de cada elemento se tienen que cumplir y ser lo más ajustados a la realidad del sitio. La simbología y demás notas aclaratorias se indican en estos documentos.

### **3.4. Etapa 4: Realizar una evaluación económica del proyecto**

Una vez seleccionados los equipos de alimentación y distribución eléctrica, así como las protecciones y los materiales requeridos, se procede a establecer los costos que el proyecto requiere. Se cotizarán los elementos que conforman la red y los demás implicaciones que esto necesite, como por ejemplo la mano de obra.

En esta etapa se realizará un presupuesto para la ejecución del proyecto de manera que se tenga una valoración económica rentable para el hospital y que permita justificar la ejecución de la obra. El presupuesto detalla la cantidad y el tipo de materiales que requiere todo el sistema, esto dividido en tres secciones que serían la aérea, la transición y lo subterráneo.

Debido a que el proyecto no permite comparar las condiciones económicas actuales con respecto a la nueva propuesta, debido a que es una remodelación eléctrica, se realizará únicamente el presupuesto de llevar a cabo la ejecución de la obra.

### **3.5. Etapa 5: Conclusiones y Recomendaciones**

Luego de cumplir con las etapas previas, se pueden establecer las conclusiones que el informe desprenda. El informe permitirá obtener una idea del impacto que tuvo el proyecto y evidenciará la importancia de cumplir con la normativa que regula los sistemas de media tensión.

Esta última etapa muestra las conclusiones del proyecto, de manera que se cumplan los objetivos propuestos. Además se mencionan las recomendaciones que se le pueden dar en estos sistemas para mejorar la instalación y el costo económico.

## CAPITULO 4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para esta primera etapa del proyecto se realizaron dos visitas de campo al lugar donde se va a ejecutar la remodelación del hospital. Con esto se lograron conocer las condiciones actuales del sistema de media tensión que alimenta el hospital, así como las necesidades que tiene y los recursos que va a requerir. Por esta razón se desea la modificación eléctrica.

### 4.1. Distribución Subterránea Existente

Actualmente el Hospital Escalante Pradilla se alimenta únicamente por el punto que llaman Alimentación ICE 1 (ver Figura 14). Esta alimentación se realiza con el circuito aéreo de distribución en media tensión llamado *San Isidro* de 34500 V. Esta energización se realiza mediante una transición aéreo – subterránea en el poste; hasta la celda de media tensión ubicada dentro del Hospital.

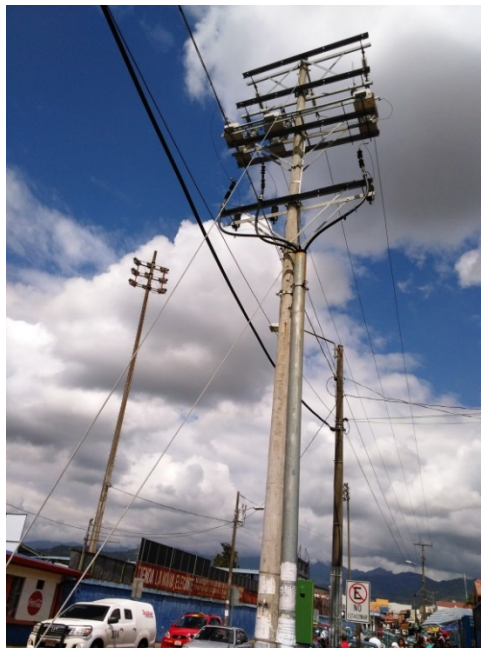


Figura 14. Poste de transición existente del Circuito San Isidro.

Fuente: Propia.

En este momento, para la red de media tensión del Hospital, existe un transformador de pedestal de 500 KVA que trabaja a 34.5 KV / 480 V que alimenta los equipos de rayos X del Hospital. La alimentación de este transformador se deriva de la celda de media tensión existente.

Además, se tienen dos transformadores más de 750 KVA cada uno, sin embargo, uno de estos transformadores funciona como respaldo del otro (ver Figura 15). Estos transformadores cuentan con una relación de transformación de 34.5 KV / 208 V.

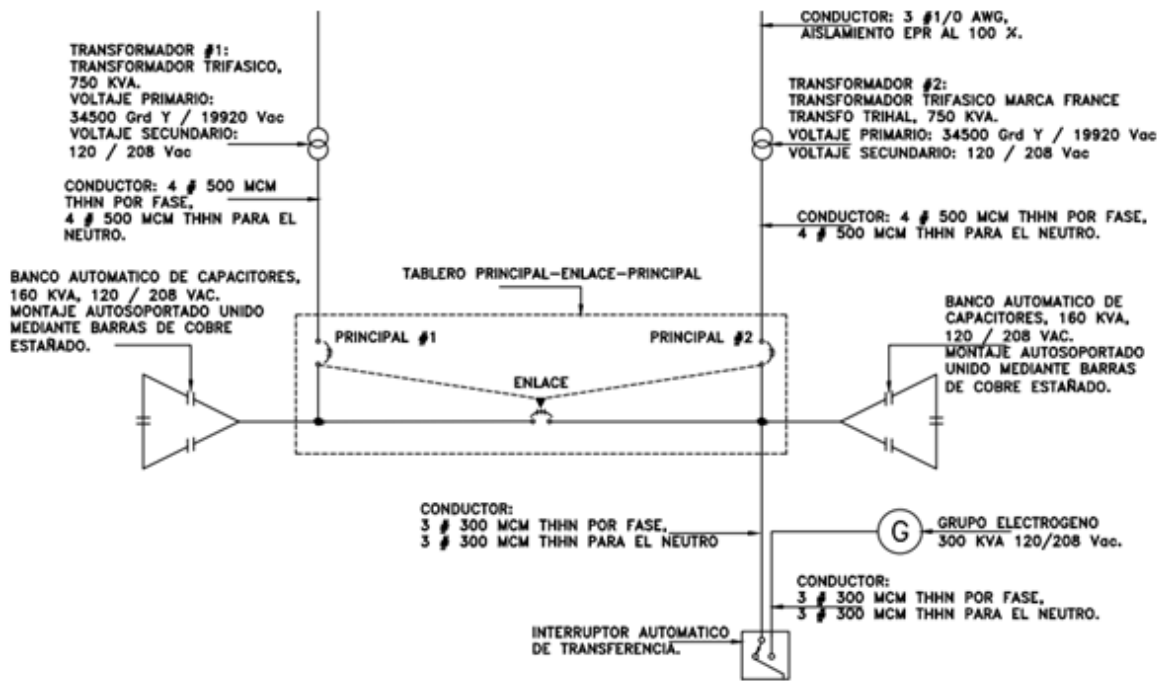


Figura 15. Enlace de Transformadores Existentes.

Fuente: CCSS.

La idea es establecer un sistema redundante con otra alimentación en el sector sur del hospital, de manera que se pueda mantener en funcionamiento el Servicio de Urgencias en caso de una eventual desconexión.

La redundancia con la red del ICE se obtiene mediante la conexión al Circuito Industrias de 34.5 KV. Este circuito llegaría hasta la celda de media tensión existente del Hospital para mantener en funcionamiento los nuevos transformadores tipo pedestal de 750 KVA y 150 KVA correspondientes al Servicio de Urgencias.

Las capacidades de los transformadores son establecidas por el cliente, en este caso la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), debido a que el sistema de media tensión es diseñado por otra empresa.

Asimismo, se requiere también la instalación de canalización y cableado para la nueva red subterránea que se desea. Para esto, se observó la distribución en sitio de los nuevos transformadores, para definir su ubicación.

Luego se determinaron las rutas para la canalización, tomando en cuenta la distribución de la obras civil, y utilizando como respaldo el Manual para Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas del ICE. Este especifica tanto la obra eléctrica, así como también la obra civil. Para la red subterránea eléctrica, se define una memoria de cálculo que respalde el diseño propuesto.

Aunque el transformador de 500 KVA se encuentra en funcionamiento y cumple con la normativa ICE, se propone realizar el cambio del conductor primario en media tensión. Lo anterior se realiza debido a la nueva configuración de las protecciones en la subestación unitaria.

Igualmente, por cuestiones de garantía, la empresa contratada para la instalación de la nueva acometida debe cambiar el cableado existente para realizar las pruebas HI-POT, con forme a lo establecido en la IEEE Std. 400.1.

La corriente de fuga en el aislamiento puede causar que el cable se dañe y perjudique al personal por una descarga eléctrica. Esta prueba es obligatoria para la aprobación por parte del ICE sobre el sistema subterráneo.

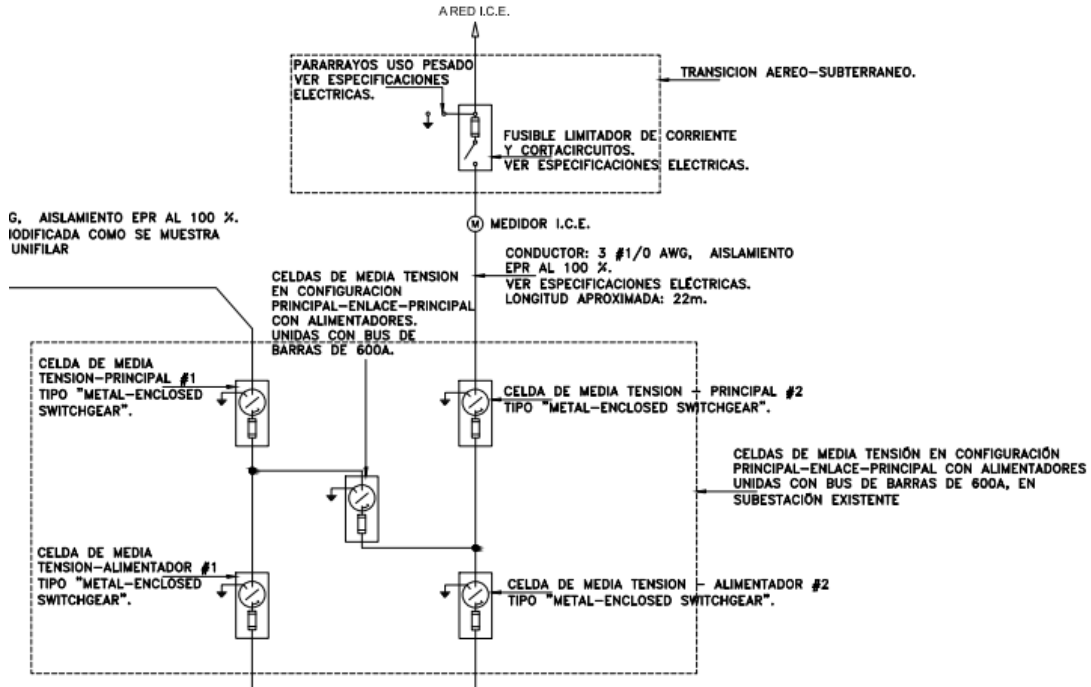


Figura 16. Diagrama Unifilar del Hospital hasta la Celda MT.

Fuente: CCSS.

Esta prueba consiste en someter a esfuerzo el aislamiento de un producto, a un nivel mucho mayor del que encontraría durante el funcionamiento normal. Se aplican altas tensiones desde las terminales del cable de alimentación EPR durante un período de tiempo específico. Esto se realiza con el fin de revisar la integridad del aislamiento por medio del control de la corriente de fuga resultante.

La empresa Matelpa S.A. cuenta con este servicio para los clientes, por lo que al momento de hacer la instalación de media tensión es preciso llevar a cabo dicha prueba. Además, según lo exige el ICE durante la inspección de las redes subterráneas se debe de presentar la aprobación de dichas pruebas.

## 4.2. Distribución Aérea Existente

Para realizar la conexión al circuito Industrias (ver Figura 17), es necesaria la modificación de la red de media tensión aérea que se extiende en las afueras del sector sur del hospital. Por este motivo, se requiere también rediseñar el posteo aéreo que bordea al hospital, ya que actualmente se tiene un circuito primario monofásico a 19.9 KV y lo que se necesita para la ampliación del hospital es una alimentación trifásica de 34.5 KV.



**Figura 17. Conexión monofásica para Circuito Industrias.**

Fuente: Propia.

Para esta modificación de la red de distribución aérea, es necesario cumplir con la normativa ICE y ejecutar un rediseño utilizando el manual de montajes que esta institución establece para redes de distribución aéreas. Este manual de montajes define cuáles son las configuraciones aceptadas, así como los materiales y las cantidades necesarias para cada montaje, dependiendo del tipo de aplicación.

Cuando se menciona *montaje*, se refiere al conjunto de elementos (aisladores, cableado, herrajes, entre otros) que conforman el sistema que permita instalar de manera funcional el poste. El fin de los montajes es facilitar la selección de materiales y establecer los elementos mínimos que permitan sujetar de manera segura las líneas.

Las líneas de distribución eléctrica que se manejan comúnmente en el país se encuentran entre 13800 y 34500 V. Debido a la peligrosidad de estos sistemas, se deben de manipular e instalar de manera segura en las vías públicas para asegurar la protección de la población.

Las líneas de distribución eléctrica son las encargadas de llevar la potencia eléctrica a los hogares, ahí radica su importancia. Al localizarse en vías públicas y privadas en todo el territorio nacional, es preciso realizar instalaciones seguras y que cumplan con las normativas estándar.



**Figura 18. Distribución Aérea Monofásica Actual.**

Fuente: Propia.

Parte de la distribución aérea actual cuenta con dos transformadores monofásicos existentes para la escuela de la zona. Estos transformadores son de 15 y 25 KVA cada uno, por lo que se deben de tomar en cuenta para reubicar cuando se cambie la distribución actual.

También, tiene una extensión de 197 m en cable 1/0 AAAC a 19.9 KV. Actualmente se utilizan postes de concreto de 11 metros, y aisladores tipo poste de cerámica. A esto se debe de sumar que se tiene una línea secundaria existente en cable #1/0 AAAC a 120/240V y un neutro con cable #2 AAAC. La configuración actual del cableado no permite realizar una toma segura del circuito Industrias.

#### **4.3. Celda de Media Tensión Existente.**

Recordando que la alimentación principal ICE 1 se encuentra conectada por una transición aéreo-subterránea al Hospital. La misma se dirige hasta la celda de media tensión ubicada en el cuarto eléctrico contiguo al edificio principal del Hospital. De esta celda de medición se derivan los ramales en media tensión de 34.5 KV hacia los transformadores tanto existentes como a los que están prontos a instalar.



**Figura 19. Celda de medición existente del Hospital.**

Fuente: Propia.

Esta celda de medición se utiliza para realizar las maniobras de conexión y desconexión del sistema de media tensión. La finalidad es poder realizar cambios en la configuración para manejar las cargas y ejecutar mantenimientos.

La celda es marca Schneider de la línea Square-D, es según la norma IEC 62271-200 del tipo de celda “Metal Enclosed”. Además, cuenta con interruptores automáticos modelo NT y NW para lo que son protecciones de la subestación. A esta subestación se le agregarán nuevos módulos para ampliar la capacidad de la celda MT, con el fin de lograr instalar los nuevos transformadores de tipo pedestal.



**Figura 20. Ampliación del cuarto de subestación.**

Fuente: Propia.

## CAPITULO 5. REMODELACIÓN EN MEDIA TENSIÓN

Luego de analizar el sistema de media tensión actual del hospital en el capítulo anterior, se procede a realizar la propuesta tanto de extensión aérea como también de distribución subterránea. Es importante indicar que para esto se debe de respetar la normativa que establece el ICE por ser la empresa suplidora del servicio eléctrico. Esta normativa está regulada por los estándares de la IEEE, ARESEP, IEC, entre otras.

En caso de que se tuviera algún otro proveedor de servicio, se deben de utilizar los montajes y los procedimientos correspondientes a dicha compañía. Lo anterior se deba a que no todas los proveedores de servicio eléctrico utilizan la misma nomenclatura en los montajes y la tramitación de permisos y planos es distinta.

### 5.1. Modificación de Línea Aérea

El rediseño de media tensión inicia desde la parte exterior del Hospital, ya que se debe de cambiar la distribución aérea monofásica de 19.9 KV. Debido a la estructura y los equipos que se requieren en un hospital (cargas trifásicas y monofásicas), no es posible continuar con la red monofásica existente que se ubica en las afueras del Hospital.

La nueva toma aérea realizada en el *Circuito Industrias* será con un circuito primario trifásico a 19.9/34.5 KV, cuya extensión es de aproximadamente 240 metros. Esta distancia se establece desde la toma del circuito del ICE ya mencionado hasta el poste 4 de transición que alimenta al Hospital.

Para establecer las distancias y las ubicaciones de los postes, es preciso realizar una visita de campo que permita mediante un sistema de posicionamiento global (GPS) definir la localización. Para esto se deben establecer los puntos del posteo, y luego se deben de indicar en los planos con las mismas distancias que se definieron en sitio.

Para realizar la conexión al Circuito Industrias, se propone lo que se conoce como un “conexión al vuelo”. En la Figura 21 se muestra un croquis de esta propuesta para aclarar cualquier duda. Para este tipo de conexiones, se recomienda dejar un espaciamiento mínimo de 60 cm. Esta distancia de seguridad, evita que la oscilación de las líneas aéreas provoque un cortocircuito al entrecruzarse las fases.

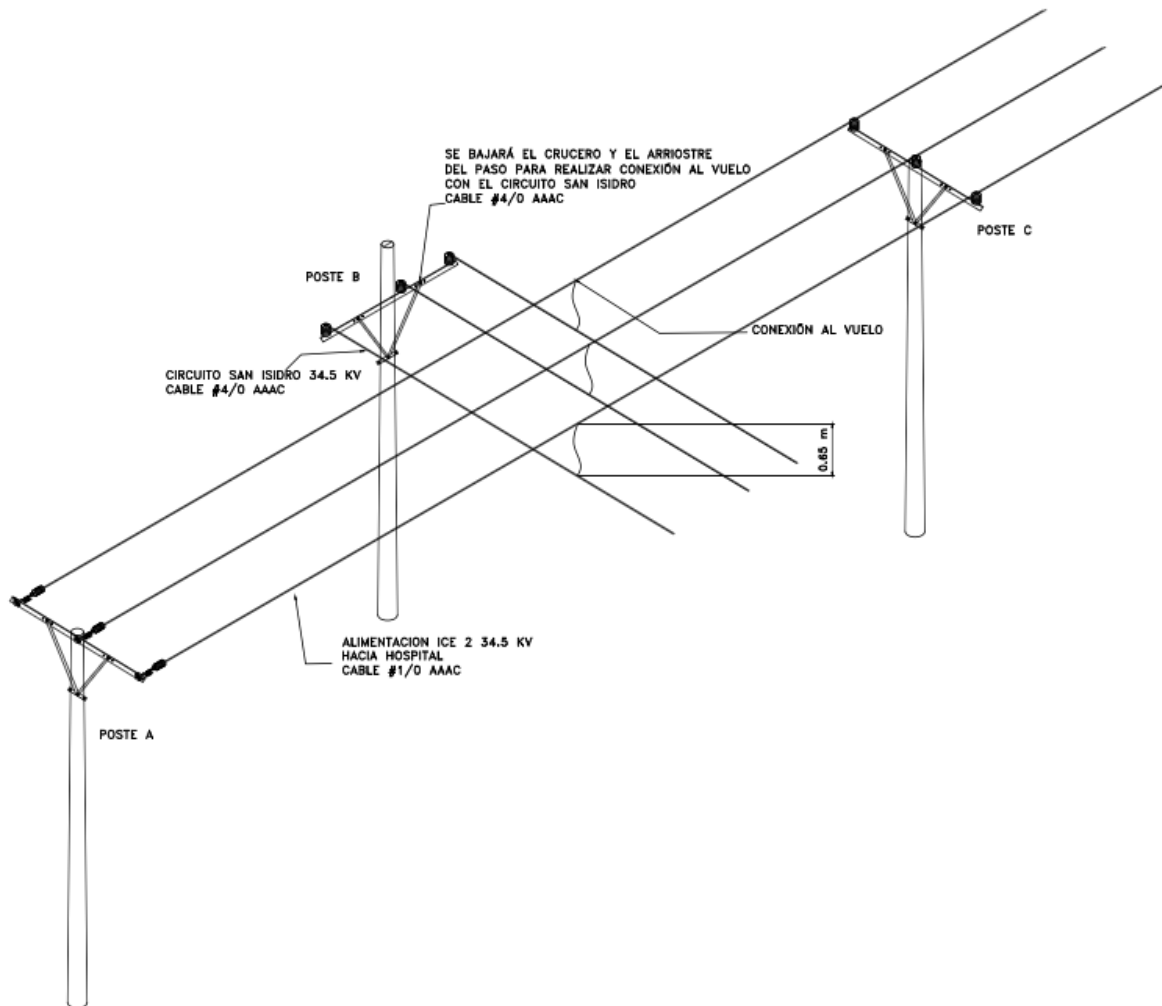


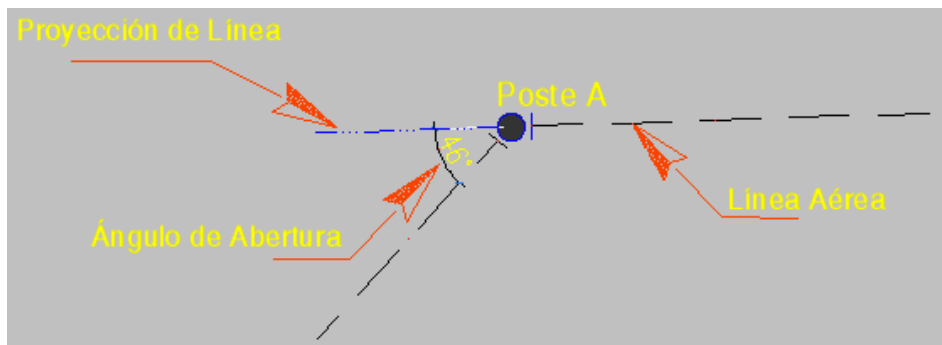
Figura 21. Conexión al vuelo para circuito trifásico.

Fuente: Elaboración Propia, Autocad 2010.

### 5.1.1. Identificación de Postes

De acuerdo con el Manual de Construcción del ICE, Tomo II “Montajes Normalizados”, se establece el tipo de montaje correcto para cada poste. Los montajes pueden ser desde sujeciones o soportes para líneas eléctricas, puestas a tierra, montajes de transformadores, anclajes y retenidas para postes, entre otros.

Se debe mencionar, que la principal variante en las líneas eléctricas aéreas es el ángulo de apertura de la línea. Este ángulo es el que se forma entre la dirección de la línea antes del poste, con la proyección de la línea que continúa después del poste. En la Figura 22 se ilustra el ángulo de apertura de la línea.



**Figura 22. Ángulo de Abertura en Línea Aérea Eléctrica.**

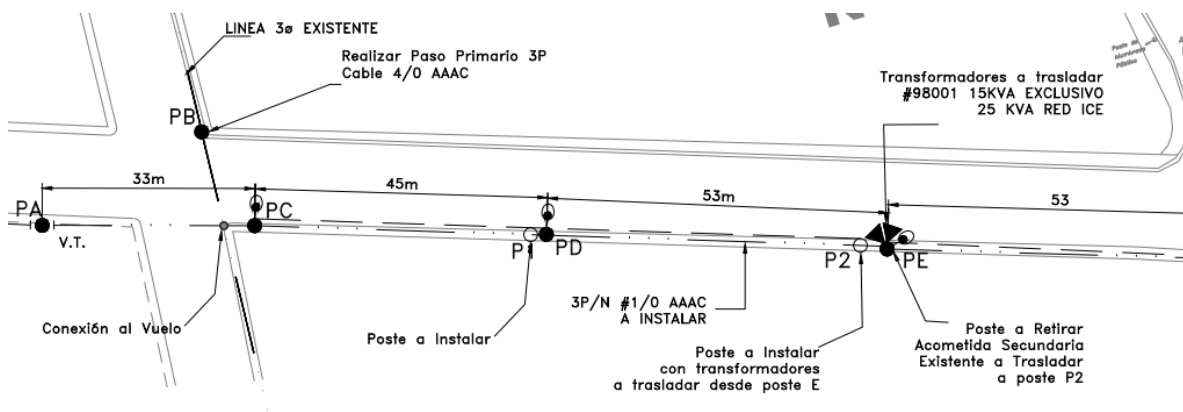
Fuente: Elaboración Propia, Autocad 2010.

Además, se debe de considerar el tipo de circuito (monofásico o trifásico) y la tensión de operación de la línea para así definir el tipo y la cantidad de montajes por cada poste. En este caso, se tiene un circuito primario trifásico de 34.5 /19.9 KV, otro circuito secundario de 240/120 V y la línea del cable neutro. Estos son los elementos para los cuales se instalará cada uno de los montajes.

Los circuitos que funcionan en media tensión 34 500, 19 920 y 13 800 V se conocen como *Circuitos Primarios*. Por otro lado, los circuitos que funcionan a baja tensión como a 120 / 240 V para distribución de hogares, se les llaman *Circuitos Secundarios*.

Se debe mencionar que el conductor neutro no se puede interrumpir por ningún motivo, ya que el mismo es el que mantiene la referencia de los dos circuitos anteriormente mencionados.

Se debe señalar también que para efectos de identificación de postes en planos, se nombran con letras los postes existentes, y se escriben con números los postes a nuevos a instalar. Para este caso, se tienen cuatro postes existentes (A,B,C,D) y tres postes nuevos a instalar (1,2,3).



**Figura 23. Sección del Circuito Aéreo Propuesto.**

Fuente: Elaboración Propia, Autocad 2010.

En la Figura 23 se ilustra una sección de la distribución propuesta. En el plano, la línea discontinua se refiere al circuito secundario monofásico, mientras que la línea discontinua con tres puntos hace referencia al circuito primario trifásico. En el Apéndice 3 se presenta la tabla de simbología correspondiente para redes de media tensión.

También se debe señalar que, a manera de guía y para una mejor identificación en los planos, los elementos existentes (postes, lámparas, transformadores) se identifican con figuras rellenas en negro. Los elementos y equipos nuevos a instalar se ilustran con figuras sin relleno o vacías, por ejemplo los postes 1 y 2.

### **5.1.2. Selección de Montajes**

Los montajes son el conjunto de materiales y elementos que se definen para distintas configuraciones en cada poste. Esto quiere decir, que cada montaje ayuda a facilitar a la empresa contratista y al mismo ICE el ensamblaje de los elementos que requiere cada poste.

A manera de ejemplo, se explicarán los montajes seleccionados para los postes 2 y 3, para así no desarrollar la selección de cada uno los montajes establecidos en el diseño. Luego se presentará una tabla resumen con cada uno de los montajes para cada poste, ya sea existente o nuevo a instalar.

Iniciando con el poste número 2, se establece el montaje C8 1313. Esto quiere decir, que se tiene un poste de concreto, con 13 m de altura y 13 cm de cúspide. Según la Tabla 14.a del Manual de Montajes del ICE, se establece un claro mínimo vertical bajo el conductor de 6,7 m para una tensión de 34.5 KV entre la carretera y el conductor eléctrico.

Además, se indica en la Tabla 2.a del mismo manual, que para un poste de concreto de 13 m, la profundidad de enterramiento es de 1,8 m. Con esto, se tiene una altura de 11,2 m (de poste enterrado) y por lo tanto se cumple con la separación mínima vertical entre el conductor y la carretera.

Para el circuito primario trifásico en el poste 2, se selecciona un montaje J8-P1/0 (ver Figura 24). Este montaje es un *“Soporte Primario Trifásico para ángulos de 0° a 10°”* con cable 1/0 de aluminio desnudo.

El ángulo de apertura que se forma en este poste es aproximadamente 5° según planos, por lo que se justifica el tipo de montaje. Para mayor claridad acerca de los montajes, se recomienda consultar el Manual de Normas de Construcción del ICE que se referencia.

Para el cable neutro se utiliza un montaje B2-2, que corresponde según el manual a un “Soporte para Neutro” con cable #2 de aluminio desnudo. Lo soportes para neutro se utilizan para ángulos menores a los 10°.

En el caso del circuito secundario monofásico se selecciona un montaje B6-1/0, correspondiente a un “Soporte Secundario con abrazaderas, para ángulos hasta 60°”, con cable de aluminio 1/0 desnudo.

Si se calcula la corriente máxima que demandaría el sistema se obtiene lo siguiente:

$$I_{max} = \frac{2150KVA}{34.5KV \times \sqrt{3}}$$

$$I_{max} = 36 A$$

Según la Tabla de Ampacidades para conductores de Aluminio desnudos (ver Apéndice 2), la corriente que puede soportar este conductor es de 235 A. Por lo que la selección de este conductor estaría sobredimensionada. Sin embargo, debido a la diversidad de cargas que pueden presentarse en la práctica; el ICE define este conductor como base para dimensionar las redes de distribución, de manera que se pueda soportar una amplia variedad de cargas.

En caso de que el ángulo de abertura sea mayor a 60° se debe de utilizar un montaje Tipo Apertura que permita dicha variación en el ángulo de la dirección de la línea. Se debe señalar que por órdenes del ICE, al cambiar la distribución aérea, se deben de cambiar los montajes que la conforman, y por lo tanto se instalaran nuevos elementos a la red.

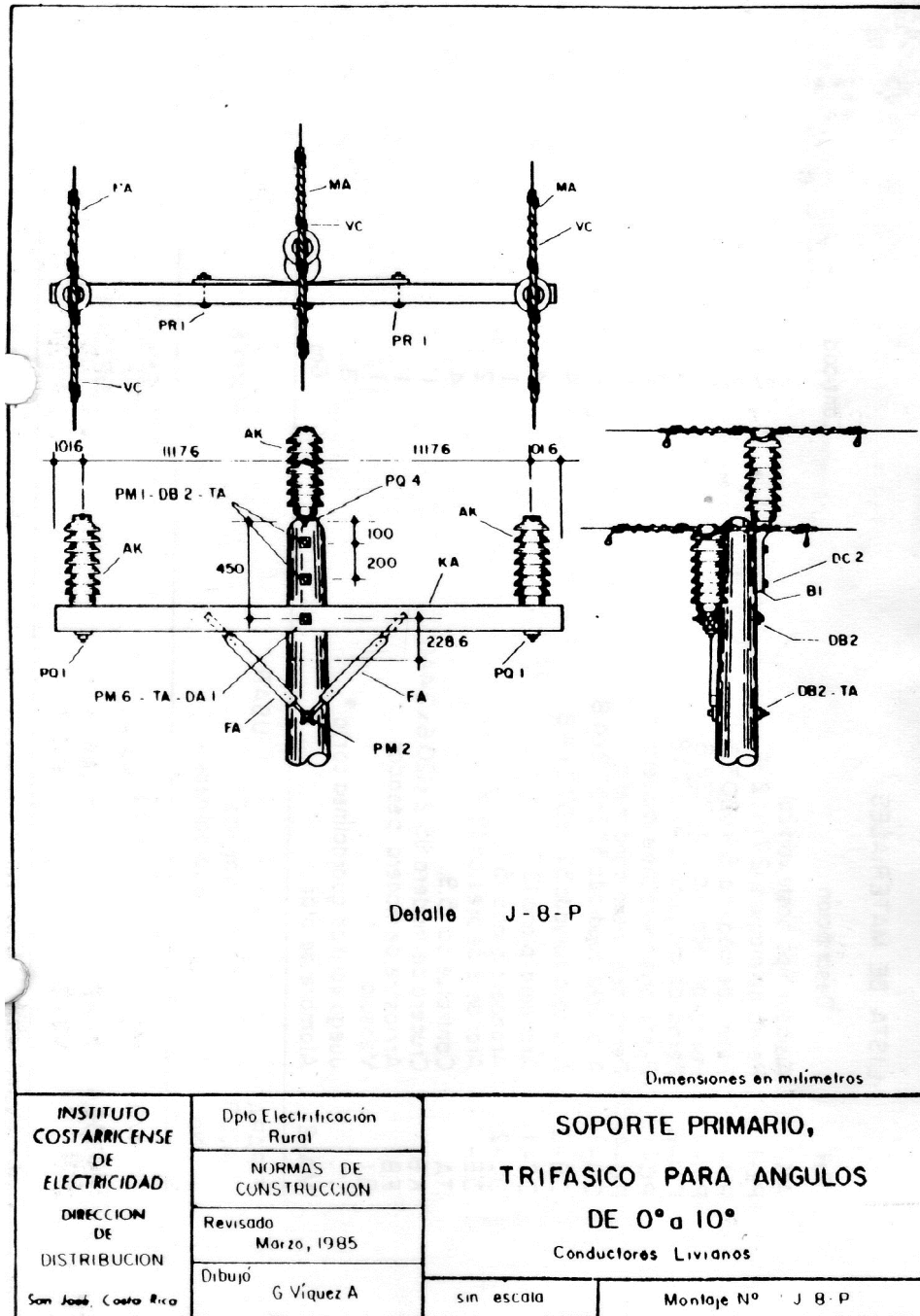


Figura 24. Montaje ICE Número J8 P.

Fuente: (ICE, Manual de Normas de Construcción, 1992).

En este caso el poste cuenta con dos transformadores existentes a reubicar en un poste nuevo, por lo tanto se seleccionan dos montajes tipo D1, “Montaje de un transformador monofásico autoprotegido”. Además, para la protección de los transformadores y la referencia a tierra, se deben de instalar dos montajes tipo D10 C, que corresponde a una “Varilla para tierra en poste de concreto”.

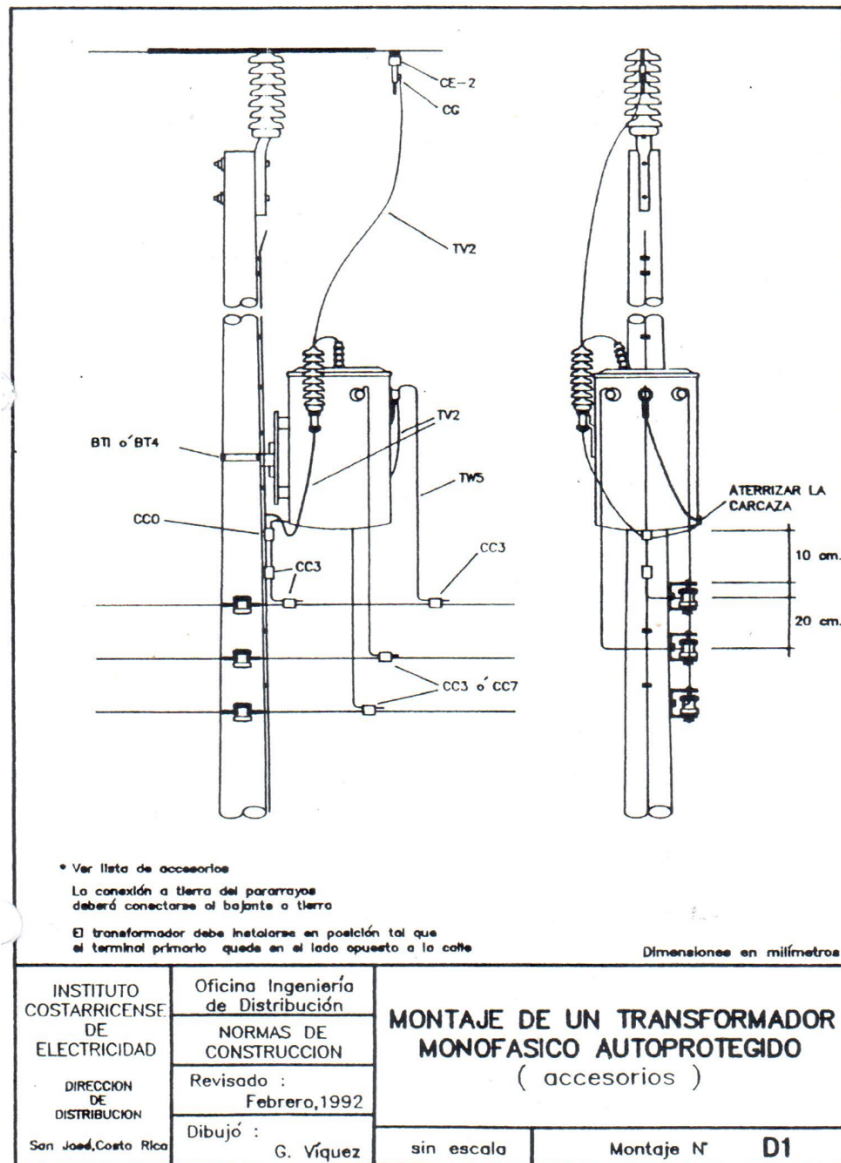


Figura 25. Montaje para transformador monofásico.

Fuente: (ICE, Manual de Normas de Construcción, 1992).

El vano es la distancia o extensión de la línea aérea de poste a poste, que para este caso del poste 2 es de 56 metros aproximadamente. Este dato se obtiene al verificar mediante GPS la ubicación de los postes en el sitio para establecer sus posiciones correctas en los planos.

Esta selección de montajes se realiza para cada poste según corresponda. Es importante aclarar que aún para los postes existentes, se deben de instalar los montajes que se van a cambiar. Por ejemplo, para los postes A, B, C y D se tuvieron que modificar los montajes para la línea primaria debido, al cambio del circuito monofásico 19,9 KV por uno trifásico de 34.5 KV.

Además, para algunos postes se deben de agregar otros materiales que se requieren para complementar o modificar levemente la instalación del poste. Tal es el caso del A, al cual se le tuvieron que agregar los materiales que se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2. Materiales Extra para Montaje en Poste A.**

<b>Montaje</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
AK	3	Aislador tipo poste vertical
PQ	3	Perno prisionero
MA	6	Alambre de atar de aluminio #4 AWG
VC	3	Juego de varillas guarda línea corta

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez ejemplificada la selección para el diseño de la distribución eléctrica aérea de la red, se presentan en la Tabla 3 los montajes correspondientes a cada poste. Para una mejor comprensión, se establece una clasificación de acuerdo al tipo de aplicación.

La primera columna señala el tipo de poste para el tendido eléctrico. La columna del vano describe la distancia de cable que se tiene de un poste a otro. La columna primario hace referencia al tipo de montaje para el circuito principal de 34.5 KV, de igual manera para el conductor neutro y el circuito secundario.

Las columnas de ancla y retenidas no tienen montajes porque los postes a instalar son en su mayoría pasos, por lo que se contrarrestan las tensiones. Las protecciones de los transformadores existentes se conservarán.

**Tabla 3. Tabla resumen de montajes aéreos.**

Nº	POSTE	VANO (m)	PRIMARIO	NEUTRO	SECUNDARIO	ANCLA	RETENIDA	TIERRA	PROTECCION	OTROS
A	EXISTENTE	-	J30	-	-	-	-	-	-	3 AK, 3 PQ1, 6 MA, 3 VC
B	EXISTENTE	-	J22 P4/0	-	-	-	-	-	-	-
C	EXISTENTE	33	J23 P1/0	-	-	-	-	-	-	-
D	EXISTENTE	-	J1 P1/0	B4 2	-	-	-	-	-	-
1	C81313	45	J8 P2	B2 2	B6 1/0	-	-	-	-	CC-8, LF, LS
2	C81313	53	J8 P2	B2 2	B6 1/0	-	-	D10 N	-	2D-1
3	C81313	53	J8 P2	B2 2	B6 1/0	-	-	-	-	-
4	C815, AUTOPORT	56	J30 R1/0	B4 2	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2010.

A continuación se presenta una tabla con la descripción de cada uno de los montajes que se utilizaron para este diseño:

**Tabla 4. Descripción de los Tipos de Montajes Aéreos.**

Montaje	Nombre	Descripción
<b>C81313</b>	Poste de concreto con 13 m de altura y 13 cm de cúspide.	Elevar el tendido eléctrico de distribución
<b>C815 AUTOPOR</b>	Poste autoportante de 15 m de altura para transición.	Elevar el tendido eléctrico de distribución
<b>J30 R1/0</b>	Remate Primario Trifásico Horizontal para conductores livianos	Inicio y final de línea aérea trifásica, a 34.5 KV.
<b>J22 P4/0</b>	Soporte Primario Trifásico Horizontal de 0 a 10° para conductores pesados, cable 4/0 AAAC	Se usa en pasos donde el ángulo de abertura es menor a 10°.
<b>J23 P1/0</b>	Soporte Primario Trifásico Horizontal de 10 a 30° para conductores livianos, cable 1/0 AAAC	Se usa en pasos donde el ángulo de abertura es menor a 30°.
<b>J21 P1/0</b>	Soporte Primario Trifásico Horizontal de 0 a 10° para conductores livianos, cable 1/0 AAAC	Se usa en pasos donde el ángulo de abertura es menor a 10°.
<b>J8 P1/0</b>	Soporte Primario Trifásico para ángulos de 0 a 10°, conductores livianos	Se usa en pasos donde el ángulo de abertura es menor a 10°.
<b>B4 2</b>	Remate Neutro con Abrazadera para cable #2	Inicio y final de línea neutro.
<b>B2 2</b>	Soporte Neutro o Hilo Guarda con Abrazadera	Se usa para pasos de cables neutros.
<b>B6 1/0</b>	Soporte Secundario con Abrazaderas para ángulos hasta 60 grados cable 1/0 AAAC.	Se utiliza en pasos para circuito secundarios a 120/240 V.
<b>D10 N</b>	Varilla para Tierra en poste de concreto	Aterrizar transformadores o aberturas de líneas.
<b>D-1</b>	Montaje de un Transformador Monofásico Autoprotegido (accesorios)	Herrajes necesarios para la instalación de transformadores.

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2010.

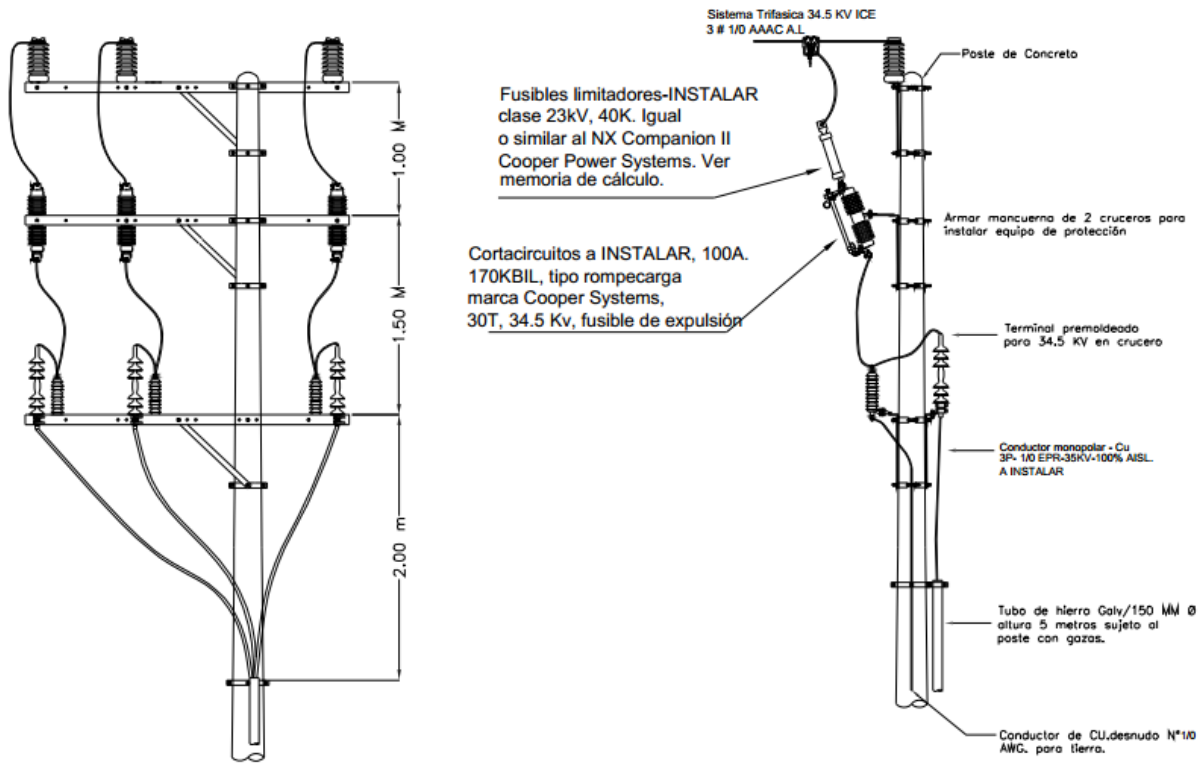
## 5.2. Rediseño del Sistema Subterráneo

Esta segunda parte de la remodelación inicia a partir del poste 4, enfatizando en que este es el último poste del sistema aéreo. Por tal motivo, el mismo cuenta con toda la instalación de la transición aéreo-subterránea. La transición debe contar con los siguientes elementos de protección según la normativa del ICE:

- Cortacircuitos y fusible eslabón.
- Fusible Limitador de corriente.
- Pararrayos de distribución.
- Seccionadores.
- Terminales premoldeadas (mufas).

Para este caso, al estudiar el ángulo del poste 4, el anclaje queda dentro de propiedad privada, con lo cual no se cumpliría con la normativa del ICE. Los sistemas de distribución no deben invadir espacios privados, lo que quiere decir que deben limitarse a la vía pública.

Por ende, se propone instalar un poste autoportante o autosoportado, que consiste en un poste de mayor diámetro (más robusto) y que no requiere de ningún tipo de remate y anclaje contra el suelo, ya que también cuenta con una base de concreto más estable que los postes convencionales.



**Figura 26. Poste de Transición Aéreo-Subterránea.**

Fuente: Matelpa S.A., Autocad 2010.

Este poste autoportante será de una altura de 15 metros, porque se requiere una mayor distancia para instalar los demás elementos de protección que se mencionaron anteriormente. Como se puede ver en la Figura 26 la transición cuenta con el fusible limitador, los cortacircuitos, el pararrayos y las terminales tipo mufa.

De acuerdo con el Manual de Redes Subterráneas, todo punto de transición debe usar pararrayos que encapsulados en hule siliconado de tipo óxido metálico para una tensión máxima de operación continua (MCOV) de 22 kV y un rango de pararrayo de 27 kV, 10kA, de acuerdo con la norma NEMA ANSI C-62.11.

La tensión de operación entre la línea y el neutro es de 19.9 KV para este sistema. Por esta razón, se selecciona un pararrayos de 27 KV que soporte la tensión por fase del sistema. Es importante que no se confunda la tensión de la red entre líneas de 34.5 KV, con la tensión por fase de 19.9 KV.

### **5.3. Memoria de Cálculo**

A continuación se detallarán los principales criterios y cálculos que se solicitan por parte del ICE para un proyecto subterráneo en media tensión. El proyecto comprende una ampliación de las áreas de emergencia, salas de rayos x y administración del Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla. Actualmente el hospital cuenta con una subestación tipo unitaria con barras de 600 A en 19.9/34.5 KV marca Schneider Electric, modelo Metal Enclosed Switch Gear.

#### **5.3.1. Descripción General del Servicio Eléctrico**

El sistema eléctrico del proyecto se conectará a la red pública de 19.9/34.5KV, según se muestra en planos adjuntos. Este proyecto contará con la instalación de transformadores tipo pedestal de 150 KVA, y 750 KVA, Y-Y sólidamente aterrizado, 120/480 VAC, mismos para la distribución eléctrica interna del proyecto. La conexión al primario se hará desde un poste a instalar según estudio de ingeniería # 2016-16-018.

#### **5.3.2. Red de Media Tensión**

Se asumirá que la red primaria de la compañía suministradora del servicio eléctrico opera a un voltaje nominal 19,9/34.5KV para efectos de cálculos en esta memoria. La toma se realizará del Circuito Industrias el cual cuenta con un conductor 4/0 de Aluminio desnudo AAAC.

Para este proyecto se propone entrar con un sistema trifásico por todo el recorrido del conductor de media tensión. De esta manera se nombran los transformadores T-02 que equivale al de 750KVA y T-03 que sería el de 150 KVA, según designación de los planos adjuntos.

### **5.3.3. Características de los Transformadores de Pedestal**

En el proyecto se instalarán transformadores de pedestal marca Cooper System con capacidades de 150kVA y 750KVA, para tensión primaria de 19.9/34.5 KV y secundaria en estrella de 277/480 V. Además, se cuenta con un transformador existente del mismo tipo con una capacidad de 500 KVA, con tensiones de operación primaria de 19.9/34.5 KV y secundaria en estrella de 277/480 V.

### **5.3.4. Impedancia en Transformador**

De acuerdo con la información que se muestra en la tabla de especificaciones técnicas del transformador de pedestal a instalar (ver Apéndice 1), se puede ver que la impedancia del transformador de 150 KVA es de 2.27 interpolando los valores dados. Con respecto al transformador de 750 KVA se tiene una impedancia nominal de 5.75 %.

Con respecto a la posibilidad de regular la tensión secundaria de los transformadores en caso de ser necesario, según datos técnicos del fabricante el transformador tiene la posibilidad de variar la tensión secundaria en un 5% tanto en incremento como en decremento, ambas en dos pasos de 2.5%.

### **5.3.5. Ampacidad**

Para el cálculo de la ampacidad, se tomará en cuenta la demanda máxima de los transformadores a instalar en el proyecto, para así considerar la condición más crítica de funcionamiento. Esto con el fin de poder dimensionar el conductor para las acometidas subterráneas.

Las corrientes máximas en el primario de cada uno de los transformadores serían las siguientes de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$I_{T0X} = \frac{(KVA \times 1000)}{34\,500 \times \sqrt{3}}$$

**Tabla 5. Valores de Corriente en el Primario del transformador.**

Transformador	Corriente (A)
T-750 KVA	12.6
T-150 KVA	2.5

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2010.

Como se puede observar, las corrientes del lado del primario de los transformadores son bastante bajas debido a que la tensión elevada de 34 500 V. Sin embargo si se observan las corrientes en el secundario de los transformadores, se notará la diferencia que corresponde a la relación de transformación del mismo. En la siguiente sección se elegirán los calibres de cable correspondientes.

Las corrientes máximas en el secundario de cada uno de los transformadores, según la misma ecuación:

$$I_{T0X} = \frac{(KVA \times 1000)}{480 \times \sqrt{3}}$$

**Tabla 6. Valores de Corriente en el Secundario del Transformador.**

Transformador	Corriente (A)
T-750 KVA	902
T-150 KVA	180

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2010.

### 5.3.6. Calibre del Conductor

De acuerdo con las indicaciones del capítulo 5 del Manual para Redes de Distribución Eléctrica Subterránea, se pueden utilizar conductores con secciones transversales de 240mm<sup>2</sup>, 120mm<sup>2</sup> o 50mm<sup>2</sup>, siendo este último el que se selecciona dado que su capacidad de conducción supera el requerimiento específico de este proyecto en cualquiera de los tramos a instalar, ver características del cable en el apéndice 4.

El conductor a utilizar será calibre 1/0 AWG (50mm<sup>2</sup>) en cobre, aislamiento EPR, para 35KV, 100% AISL., 1/3 Neutro concéntrico, cinta hidrocópica contra humedad. Este será de cobre recocido sin estañar, redondo y comprimido. Su pantalla metálica será construida por medio de hilos de cobre.

Deberá tener pantallas de bloqueo contra humedad longitudinal y transversal, cubierta protectora exterior de polietileno de alta densidad de color negro, y será monopolar. Este tipo de cable está permitido por la normativa del ICE.

Según se indica en el manual para redes subterráneas, la fabricación, pruebas de calidad y aceptación deberá cumplir con las normas ICEA S-94-649 en su última revisión. Se aclara en este punto que ningún cable desnudo acompañará el cable de potencia de media tensión en la canalización.

### 5.3.7. Aislamiento del Conductor

El aislamiento del conductor será de goma etilopropilénica (EPR) al 100%, ya que el sistema está sólidamente conectado a tierra.

La resistencia del aislamiento se calcula por medio de la fórmula

$$R = K \times F_c \times \log\left(\frac{D}{d}\right) \times L$$

Dónde:

R: Resistencia del aislamiento en megaohm

K: Constante de aislamiento para el EPR igual a 20000 megaohm x km a 15.6°C

D: Diámetro sobre el aislamiento en milímetros

d: Diámetro bajo el aislamiento en milímetros

L: Longitud del conductor

Fc: Factor de corrección por temperatura

Se utilizará el cable Vulcanel de Condumex con aislamiento tipo EPR el factor  $K=5240$ , El factor de corrección por temperatura  $f_c$  es de 2.65 a una temperatura de 30°C según la figura del manual de redes subterráneas, el diámetro exterior del aislamiento es de 27,2mm y el interior de 8,5mm. Con base a los datos anteriores se calculan los siguientes tramos de cable:

- Tramo 1:  $R= 7496$  megaohm/ Poste de Transición – Celda MT
- Tramo 2 :  $R= 5354$  megaohm/ Celda MT – TP 02
- Tramo 3 :  $R= 535$  megaohm/ TP02 – TP03
- Tramo 4 :  $R= 1713$  megaohm/ Celda MT – TP 01

### **5.3.8. Calculo de la Corriente de Cortocircuito**

Según la información recibida de parte del Departamento de Control de Distribución del ICE, los circuitos de mediana tensión, al cual se deberá conectar la red del proyecto, son el Circuito Industrias y el Circuito San Isidro, los cuales operan a una tensión de 34.5KV y tiene los siguientes datos en cuanto a su capacidad de corto circuito:

**Tabla 7. Valores de Corrientes de CortoCircuito.**

<b>Tipo</b>	<b>Icc Circuito San Isidro (A)</b>	<b>Icc Circuito Industrias (A)</b>
Monofásica	2664	2491
Trifásica	2782	2174

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores de capacidades de cortocircuito fueron obtenidos de la base de datos del Instituto Costarricense de Electricidad en correo recibido el día 17 de marzo del 2016. El cálculo de corriente de cortocircuito se ha realizado por medio del software SKM Power Tools.

El resumen del cálculo de corrientes de corto circuito sería el siguiente

**Tabla 8. Valores de Cortocircuito para transformadores.**

<b>Equipo</b>	<b>Icc (KA)</b>	<b>Comentario</b>
T-750 KVA	7.307	Secundario del Transformador
T-150 KVA	3.564	Secundario del Transformador

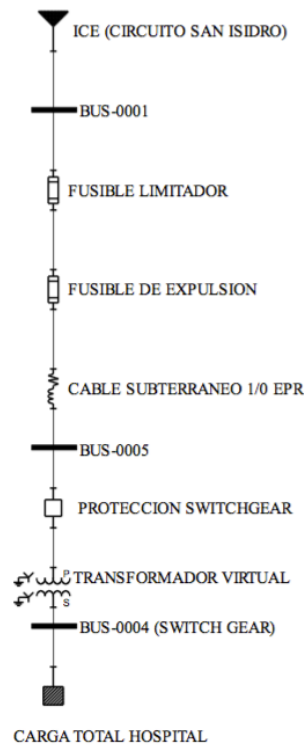
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: el cálculo de corriente de corto circuito total deberá revisarse en los diseños de baja tensión el dato proporcionado en este documento solo hace referencia a la corriente de corto del lado secundario de los transformadores a instalar.

### **5.3.9. Coordinación de Protecciones**

El cálculo de coordinación de protecciones será para la protección de toda la red primaria trifásica, 19.9/34.5KV. Para esta coordinación de protecciones, se realizará una simulación de toda la red trifásica del hospital utilizando un solo transformador "virtual". Este único transformador simulará la carga al 100% del Hospital, lo que equivalen a 2150 KVA.

Con esta simulación se puede establecer un diagrama unifilar como el que se presenta en la Figura 27, que permita realizar la coordinación de las protecciones que requiere el poste de transición. Como se detalla más adelante, las protecciones necesarias son el Fusible Limitador de Corriente, el Fusible de Expulsión y la Protección Switchgear de la celda MT



**Figura 27. Diagrama Unifilar para Transición Aéreo-Subterráneo.**

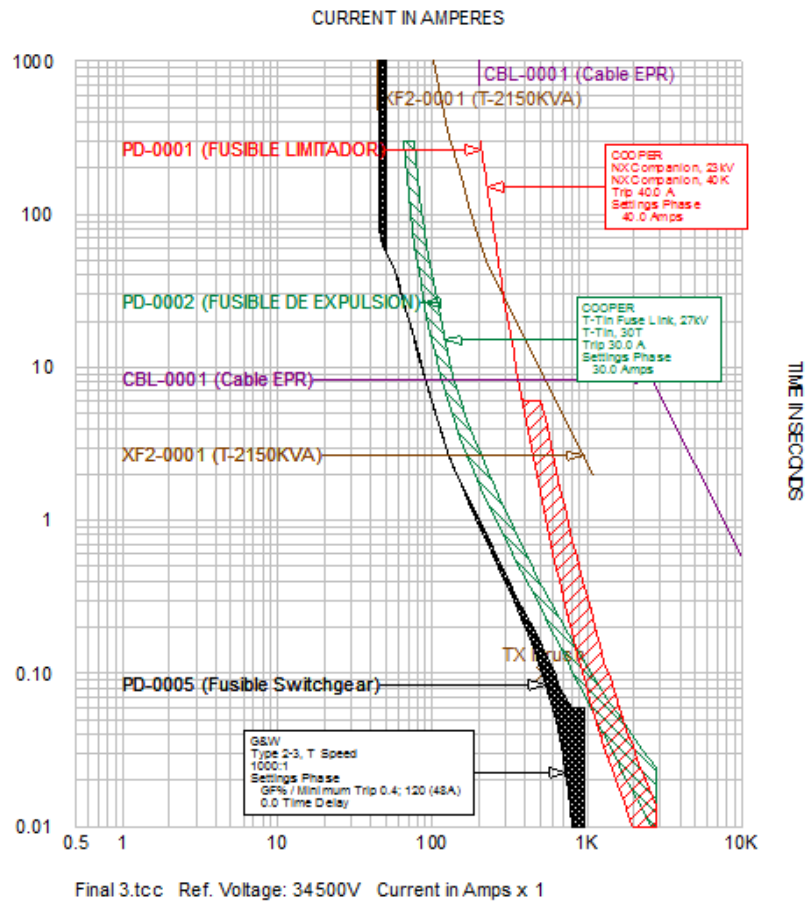
Fuente: Elaboración Propia.

El fusible limitador de corriente se encarga de, como su nombre lo indica, limitar o ajustar la corriente de cortocircuito. Con este fusible se disminuye la corriente de cortocircuito, de esta forma la segunda protección, que en este caso es el fusible de expulsión, desconecta el circuito en caso de una eventual emergencia.

Además, el fusible de expulsión protege al sistema también en caso de una sobrecarga. Sin embargo, ambos fusibles deben permitir la corriente de arranque del transformador, lo que se conoce con el nombre de “*inrush*”. Por otra parte se tiene la protección de switch gear de la celda MT, esta es una protección que debe de colocarse para la seguridad de la subestación.

De acuerdo con las curvas de protección (ver Figura 28), los elementos que mejor se comportan para esta coordinación de protecciones en el poste de transición serían los siguientes:

- Fusible de expulsión similar a COOPER T-Tin Fuse Link, 23KV, 30T.
- Fusible limitador similar a Cooper NX (C-Rated), 27 KV, 40K.



**Figura 28. Curvas para Coordinación de Protecciones.**

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, la primera protección en entrar sería el fusible Switchgear de la celda MT. Luego, en caso de una sobrecarga mayor sería el fusible limitador el encargado de disminuir la corriente de cortocircuito, para que por último sea el fusible de expulsión quien abra el circuito.

Según los datos de la Figura 28 se tiene una protección de 30 A para el fusible de expulsión y otra de 40 A para el fusible limitador de corriente. Ambas protecciones permiten la corriente de arranque máxima del transformador, y continúan protegiendo el equipo.

Si se calcula la corriente máxima del transformador virtual con la carga total de 2150 KVA con una tensión de 34.5 KV se obtiene una corriente de 36 A, lo cual está por encima del fusible de expulsión. Sin embargo, hay que recordar que esto sería en el caso hipotético en que se tiene el 100 % de la carga en el transformador, lo cual es poco común.

Con el fin de ahorrar costos y evitar el sobredimensionamiento de las protecciones, se puede seleccionar la protección de 30 A para el fusible de expulsión y este soportaría el transformador cargado a un 80 %.

De acuerdo a las especificaciones del fabricante los transformadores a instalar, las protecciones en su lado interno están compuestos de lo siguiente:

- **750 KVA, 34.5KV - 480 VAC**

Fusible Bayoneta Marca Cooper C5, 25A. Fusible limitador ELSP 130A.

- **150 KVA, 34.5KV - 480 VAC**

Fusible Bayoneta Marca Cooper C5, 8A. Fusible limitador ELSP 30A.

- **500 KVA, 34.5KV -480 VAC**

Fusible Bayoneta Marca Cooper C5, 15A. Fusible limitador ELSP 80A.

De igual manera que el transformador virtual, los transformadores tipo pedestal cuentan con una protección doble. El primer fusible sería el encargado de proteger contra una sobrecarga o una falla secundaria y se conoce como fusible tipo bayoneta. La segunda protección sería el fusible limitador de corriente ELSP que protege al equipo contra las corrientes de falla.

Los fusibles de tipo bayoneta y limitador ELSP se encuentran ubicados dentro de los transformadores. Es importante mencionar que estas protecciones se sumergen dentro del aceite del transformador, por lo que vienen dispuestas por el fabricante.

### **5.3.10. Tensiones Máximas de Tirado de los Cables**

La tensión requerida para instalar un cable dentro de una red subterráneo de ductos, dependerá del peso del cable, longitud del circuito, coeficiente de fricción entre el ducto y los cables, geometría de la trayectoria, (recta, curva, etc.) y del acomodo de los cables. Según el manual eléctrico de Viakon, la fuerza máxima de jalado se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T = LxWx\mu_c$$

Dónde:

T: tensión de jalado (kg).

L: longitud del circuito (m).

W: peso del cable (kg/m).

$\mu_c$ : coeficiente de fricción.

Para este proyecto la longitud del circuito más largo es de 280 metros, la cual sería desde el poste P4 de transición proveniente del circuito Industrias hasta la celda MT. El peso del cable calibre 1/0 con aislamiento EPR para 35 KV es de 1.895 kg/m según la tabla de datos técnicos del fabricante Phelps Dodge (ver apéndice 4).

El coeficiente de fricción para el ducto plástico (PVC SDR 41) es de 0,3. En la siguiente tabla se desglosan las tensiones de jalado para cada tramo de la instalación.

**Tabla 9. Tensiones Máximas de Jalado para Cables Subterráneos.**

<b>Tramo</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Tensión Máx. Jalado (kgf)</b>
P4 - celda MT	280	159.18
Celda MT- T750KVA	200	113.70
Celda MT- T150KVA	20	11.37
Celda MT- T500KVA	64	36.38

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2010.

### **5.3.11. Temperatura de Operación Real**

Durante la operación normal del transformador, el funcionamiento genera en el equipo un aumento de la temperatura en general, esto según datos del fabricante. Esta elevación de la temperatura tanto del aceite del transformador como también del conductor de cobre sobre la temperatura ambiente promedio de 30°C es de:

- Aceite superior: 60°C
- Promedio del cobre: 65°C.

### **5.3.12. Canalización de Acometida**

Según está estipulado en el manual de redes subterráneas, la tubería a seleccionar para instalar la transición aérea – subterránea es una canalización con dos tubos de PVC SDR 41 de 150mm de diámetro. De estos dos tubos se utiliza uno para la canalización de los tres conductores trifásicos en el posta hasta la Primer Caja de Registro, la cual no puede estar a más de 30 m de distancia.



A partir de este punto todos los tramos de canalización primarios deberán contener como mínimo cuatro ductos PVC de 100mm SDR-41 y un ducto PVC de 51mm SDR-41 (Ver Diagrama de Obra Civil en lámina MT-06). De estas cuatro tuberías de 100 mm, tres de ellas son para cada una de las líneas trifásicas, mientras que la restante se deja de prevista en caso de ser requerida en algún caso emergente.

La tubería de 51 mm tiene como fin canalizar un cable de control, sin embargo hasta el momento no se conoce de algún uso real o de peso que se le esté dando a esta tubería.

### **5.3.13. Ubicación de los Transformadores**

Los transformadores de pedestal están ubicados en su totalidad a más de 1.50 metros de cualquier edificación, en este caso del edificio de Servicio de Urgencias. La localización exacta de los transformadores se puede observar en los planos adjunto.

### **5.3.14. Puesta a Tierra Sistemas de Media Tensión**

Basándose en la ARESEP AR-NTACO-2002 sobre "Instalación y equipamiento de acometidas", se considera una puesta a tierra realizada con varillas recubiertas de cobre de 2.44 metros de largo y 19 milímetros de diámetro, normativa UL/CSA. El calibre del cable conductor debe ser mínimo 1/0 en cobre desnudo.

*“Se conectará al neutro del sistema aéreo y a la pantalla de neutro del cable de media tensión expuesto en la base de la Terminal por medio de un conductor sólido de cobre calibre 4 AWG.” (ICE, Manual para Redes de Distribución Eléctrica Subterránea, 2008)*

La medición de la puesta a tierra deberá ser inferior a 10.0 ohmios, en caso de no lograr el valor mínimo requerido se deberá colocar un electrodo adicional o implementar aditivos al terreno.

Los transformadores a instalar deberán contar con una puesta a tierra igual a la mencionada anteriormente, pero enterrada cerca de la fosa del transformador. Esta malla de tierra se debe conectar al neutro del sistema. Los puntos de unión serán con soldadura tipo exotérmica, 90G-UL.

## **CAPITULO 6. COSTO DEL PROYECTO**

Una vez realizado el rediseño y habiendo seleccionado los elementos del sistema de media tensión, es posible establecer el presupuesto que se requiere para la construcción del proyecto. Para este tipo de proyectos de construcción se debe de presentar un costo total de la obra para la aceptación del cliente.

Este presupuesto incluye el costo de los materiales de obra eléctrica como por ejemplo postes, cableado, herrajes, protecciones, entre otros. Además, al costo total del proyecto se le debe de asociar también los costos por traslado de material y la mano de obra que se necesita.

Para el caso del Desglose en la Parte B de la transición se adicionan los “Costos de Fundición” que corresponde a los trabajos para los cimientos y la base de concreto para instalar el poste autoportante. Esta oferta de media tensión incluye el suministro y la instalación de 3 postes de concreto de 13 metros y un poste autoportado de 15 metros.

Con respecto a la Parte C del desglose de presupuesto se incluye la mano de obra por la instalación de dos transformadores de tipo pedestal y sus respectivas terminales tipo codo. Además, se instalará la acometida subterránea del Hospital en cable EPR 1/0, 100% aislamiento y 1/3 de neutro en cobre.

De la misma manera, se incluye el suministro e instalación de 740 m de cable 1/0 de Aluminio desnudo AAAC para las líneas trifásicas y 230 m de cable #2 del mismo cable para el neutro, aproximadamente.

También, para el presupuesto de las líneas subterráneas se suma un costo por pruebas HI POT, debido a que es un procedimiento indicado por la norma IEEE-400. Esa prueba consiste en aplicar una tensión de corriente directa 100 kV., que se incrementa en etapas y se mantiene durante un período de 15 minutos.

**Tabla 10. Desglose de Presupuesto para Transición Aéreo - Subterráneo**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unit.</b>	<b>Precio Total</b>
6	Arandela redonda plana de 12.7 mm diametro	0,27	1,62
12	Arriostre metálico tipo ICE 28"	7,15	85,80
4	Bandas de 6"	10,59	42,36
2	Bandas de 7"	11,38	22,76
2	Bandas de 8"	11,91	23,82
6	Cinta metalica de 9.5 mm de ancho	1,14	6,84
6	Conector de compresión para # 4	1,86	11,16
3	Cortacircuitos para 35KV Rompecargas	357,15	1.071,45
6	Crucero metálico de 2 m ICE	47,62	285,72
3	Fusible limitador	126,99	380,97
3	Fusible de expulsión	31,75	95,25
3	Grapa con estribo	42,33	126,99
3	Grapa línea en caliente	11,91	35,73
6	Hebilla de 9.5 mm de ancho	0,27	1,62
3	Pararrayos para 27KV	126,99	380,97
3	Platina adaptadora	11,91	35,73
6	Perno acero inox. 1/2 x 1 1/2	4,77	28,62
2	Adapter PVC hembra de 150 mm.	39,11	78,22
20	Amarra plástica de 20"	0,53	10,60
3	Conector de barril # 1/0	3,71	11,13
3	Kit de limpieza para cable	13,23	39,69
1	Lata de poliuretano	18,52	18,52
25	Metros de cable No. 1/0 THHN (Malla tierra transición)	7,94	198,50
2	Tape 23	15,88	31,76
2	Tape 33	5,30	10,60
2	Tape Scotchfill	15,88	31,76
1	Tapón PVC de registro de 150mm.	21,92	21,92
1	Terminal de entallar de 1 ojo para cable 1/0	5,30	5,30
3	Terminal premoldeada tipo mufa 35 KV.	251,33	753,99
2	Tubo H.G. de 150 mm.	343,92	687,84
3	Varilla coperweld de 3mts	22,49	67,47
3	Soldadura exotermica de 110 Gramos	11,91	35,73
35	Alambre de cobre #4	4,77	166,95
6	Grapa 3 pernos	7,94	47,64
1	Poste de concreto de 15 metros, AUTOPORTANTE	3.968,26	3.968,26
1	Global	300,00	300,00

<b>Subtotal Material A.</b>	<b>\$ 9.123,29</b>
13% I.V.	\$ 1.186,03
<b>Total Material A.</b>	<b>\$ 10.309,32</b>
Imprevistos y otros	\$ 309,28
Mano de obra, cargas sociales, viáticos, administración y utilidad	\$ 2.000,00
Traslados	\$ 1.500,00
Costo por Fundición	\$ 1.500,00
<b>TOTAL GENERAL A.</b>	<b>\$ 15.618,60</b>

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2010.

**Tabla 11. Desglose de Presupuesto para Media Tensión Subterránea**

<b>Cant.</b>	<b>Decripción</b>	<b>Precio Unit.</b>	<b>Precio Total</b>
1900	Metros de cable EPR 1/0, 100% aislamiento 33% neutro C	18,58	35.302,00
3	Codo conector para 34.5 KV	225,00	675,00
4	Regleta de derivación tipo Mole de 8 espacios	142,86	571,44
2	Tape Scotchfill	15,88	31,76
2	Tape 33	5,30	10,60
15	Kit de limpieza	13,23	198,45
50	Metros de cable No. 1/0 THHN (Malla tierra equipos)	7,94	397,00
6	Varilla para puesta a tierra 3m	22,49	134,94
3	Indicadores de falla	171,96	515,88
6	Conectores de barril #1/0 AWG	3,97	23,82
10	Soldaduras exotermicas de 110 gramos	11,91	119,10
6	Perno de anclaje hilty de 5/8" x 3"	1,33	7,98
22	Soporte plástico MM10	42,33	931,26
2	Espuma de poliuretano	18,52	37,04
2	Duretan	10,59	21,18
50	Gazas plástica de 20"	0,53	26,50
6	Registro de concreto para varilla	10,59	63,54
1	Tubo PVC SDR 41 de 150 mm	109,57	109,57
5	Tubo PVC SDR 41 de 100 mm	92,60	463,00
5	Tubo PVC SDR 41 de 50 mm	13,32	66,60
2	Curva RL PVC de 150 mm	143,26	286,52
1	Curva RL PVC de 50 mm	17,60	17,60
2	Uniones PVC de 150 mm	17,89	35,78
1	Global	400,00	400,00
<b>Subtotal Material B</b>			<b>\$ 40.446,56</b>
13% I.V.			\$ 5.258,05
<b>Total Material B</b>			<b>\$ 45.704,61</b>
Imprevistos y otros			\$ 1.371,14
Mano de obra, cargas sociales, viáticos, administración y utilidad			\$ 5.000,00
Traslados			\$ 1.000,00
Hipot			\$ 1.000,00
<b>TOTAL GENERAL B</b>			<b>\$ 54.075,75</b>

Fuente: Elaboración Propia Excel 2010.

**Tabla 12. Desglose de Presupuesto para Extensión de Línea Eléctrica Aérea**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unit.</b>	<b>Precio Total</b>
8	Abrazadera aislada	7,15	57,20
8	Aislador de carrete de 75 mm.	1,27	10,16
19	Aislador tipo poste para 45KV	41,41	786,79
6	Aislador tipo remate epoxico de 45 KV	26,46	158,76
6	Alambre de aluminio desnudo # 4 AWG	0,80	4,80
38	Alambre de aluminio desnudo # 6 AWG	0,53	20,14
12	Alambre de cobre desnudo # 6 AWG	3,18	38,16
34	Arandela cuadrada de 76.2 x 76.2 x 6.3 mm	1,37	46,58
24	Arandela curvada de 57.2 x 57.2 x 4.8 mm	0,96	23,04
2	Arandela de presion de 15.9 mm	0,27	0,54
8	Arandela plana redonda 15.9 mm.	0,27	2,16
2	Arriostre de 1525 mm (60")	7,15	14,30
18	Arriostre de 812.8 (32")	7,15	128,70
2	Banda para transformador de 5 - 50 KVA	74,08	148,16
740	Cable 1/0 desnudo de Aluminio AAAC	1,06	784,40
230	Cable #2 desnudo de Aluminio AAAC	0,80	184,00
10	Cable de cobre # 1/0 THHN	7,81	78,10
6	Cable de cobre # 6 THHN	1,99	11,94
2	Clevis de extension	10,59	21,18
2	Conector de compresion # 1	0,80	1,60
3	Conector de compresion # 2	0,93	2,79
6	Conector de compresion # 4	1,06	6,36
1	Conector para varilla de puesta a tierra	1,86	1,86
50	Contratuercas de 15.9 mm	0,40	20,00
10	Crucero metalico de 2.44 mts	79,37	793,70
3	Fondo de concreto para poste	7,43	22,29
2	Grapa con estribo	42,33	84,66
2	Grapa para línea en caliente	11,91	23,82
6	Guardacabo de acero prensado	7,41	44,46
10	Guardalíneas cortas 1/0	3,97	39,70
3	Guardalíneas largas 1/0	6,62	19,86
3	Guardalíneas largas 336	10,59	31,77
6	Manguito de neopreno # 1/0	1,33	7,98
4	Mensula convencional	17,20	68,80
18	Perno carruaje de 63.5 mm de largo	5,30	95,40
2	Perno de acero inox. 12.7 x 63.5 mm	5,30	10,60
8	Perno de maquina de 15.9 x 203 mm	1,14	9,12
3	Perno de maquina de 15.9 x 228 mm	1,22	3,66
12	Perno de maquina de 15.9 x 254 mm	1,38	16,56
3	Perno de maquina de 15.9 x 304.8 mm	1,54	4,62
19	Perno prisionero para metal	2,92	55,48
1	Perno todo rosca de 15.9 x 406.4 mm.	2,65	2,65
9	Perno todo rosca de 15.9 x 457 mm.	4,77	42,93
3	Poste de concreto de 13 metros, 16 cm cuspide	704,45	2.113,35
8	Remate preformado de aluminio #1/0	4,50	36,00
6	Tuerca de ojo de 15.9 mm.	2,65	15,90
2	Varilla para tierra 15.9 x 3048 mm	22,49	44,98
1	Global	200,00	200,00
<b>Subtotal Material C</b>			<b>\$ 6.340,01</b>
13% I.V.			\$ 824,20
<b>Total Material C</b>			<b>\$ 7.164,21</b>
Imprevistos y otros			\$ 214,93
Mano de obra, cargas sociales, viáticos, administración y utilidad			\$ 2.400,00
Traslados			\$ 1.500,00
<b>TOTAL GENERAL C</b>			<b>\$ 11.279,14</b>

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2010.

A continuación se presenta en la Tabla 13 un resumen del costo de cada una de las partes del sistema. El monto que respecta a los materiales representa un 78 % del costo total de la obra, lo cual indica que es el punto de mayor valor en el presupuesto general. Sin embargo, se tiene para parte del sistema un rubro de imprevistos para en caso de algo que se haya dejado por fuera.

**Tabla 13. Tabla Resumen sobre Desglose de Presupuesto**

Actividad	Material	Imprevistos y otros	Mano de obra	Otros indirectos	Subtotal	TOTAL
A. Transición Aéreo - Subterránea	10.309,32	309,28	2.000,00	3.000,00	15.618,60	15.618,60
B. Media tensión subterránea	45.704,61	1.371,14	5.000,00	2.000,00	54.075,75	54.075,75
C. Línea Eléctrica Aérea Trifásica	7.164,21	214,93	2.400,00	1.500,00	11.279,14	11.279,14
<b>Totales</b>	<b>\$ 63.178,14</b>	<b>\$ 1.895,34</b>	<b>\$ 9.400,00</b>	<b>\$ 6.500,00</b>	<b>\$ 80.973,49</b>	<b>\$ 80.973,49</b>
<b>Porcentajes</b>	<b>78,02%</b>	<b>2,34%</b>	<b>11,61%</b>	<b>8,03%</b>	<b>100,00%</b>	

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2010.

Es importante mencionar, que la lista de materiales para el sistema aéreo se detalla en el Manual de Normas de Construcción del ICE, este de acuerdo a cada montaje. En lo que concierne a los materiales subterráneos se escogen con base en las justificaciones técnicas ya mencionadas, como por ejemplo el tipo de cable, tubería, puestas a tierra, entre otros.

El costo por mano de obra es el segundo de mayor importancia y le siguen los gastos indirectos, que corresponden a gastos ya mencionados como la fundición de concreto para el poste 4 y las pruebas HI POT. Con todo esto, se obtiene un costo total del proyecto de media tensión de \$ 80 973 (ochenta mil novecientos setenta y tres *US dólares*). Aunque este parece ser un monto elevado, es una inversión que requiere hacer la CCSS porque la ampliación para el sector de emergencia del Hospital así lo demanda.

## CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones

- Se analizó la situación actual de la red de media tensión que alimenta al Servicio de Urgencias, para determinar las condiciones del sistema existente y definir el sistema de media tensión que mejor se acoplara a las nuevas condiciones que requiere el Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla.
- Se estableció una memoria de cálculo y los estándares de montajes necesarios para justificar el dimensionamiento correcto y seguro de los elementos que componen el sistema de media tensión en 19.9/34.5 KV, de manera que se respete la normativa vigente.
- Se diseñaron los planos de distribución eléctrica para la red eléctrica trifásica de acuerdo con los lineamientos que la normativa del ICE establece para redes de media tensión tanto aérea como subterránea, quedando a la espera de la aprobación de los planos por parte del ICE.
- Se realizó la evaluación económica del proyecto para la remodelación eléctrica del Hospital mediante un presupuesto que evidencia el costo total de la obra con un valor de ochenta mil novecientos setenta y tres *US dólares*.

## 7.2. Recomendaciones

- Analizar la utilidad que se tiene para la tubería 51 mm que se deja prevista en las transiciones y la canalización subterránea del sistema, ya que esto representa un gasto innecesario para el cliente.
- Utilizar un dinamómetro para realizar el jalado de los cables para así medir la tensión de jalado con mayor precisión y evitar con esto daños en los conductores.
- Verificar la secuencia de las fases en las líneas al momento de realizar la instalación tanto aérea como subterránea para evitar un intercambio de las líneas que pueda afectar el funcionamiento de los equipos.
- Verificar el dimensionamiento de los transformadores y las cargas asociadas a instalar para evitar el sobredimensionamiento, según los datos suministrados por la CCSS los transformadores trabajarían con una carga menor a la instalada.
- Analizar más a detalle las implicaciones de las pruebas HIPOT que se realizan al cable subterráneo para conocer los alcances y efectos de esta prueba sobre los conductores.
- Revisar el cálculo de la corriente de cortocircuito para el sistema de baja tensión debido a que en este documento se referencia solo la corriente de corto del lado del secundario del transformador.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARESEP. (13 de Abril de 2015). *Autoridad Reguladora de Servicios Públicos*.  
Obtenido de aresep.go.cr: <http://aresep.go.cr/images/documentos/AR-NT-SUCAL-2015.pdf>
- Cataño, S. R. (2004). *Rede de Distribución de Energía*. Manizales: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
- CELSA. (s.f.). *CELSA*. Recuperado el 24 de Marzo de 2016, de celsa.com:  
<http://www.celsa.com.co/index.php/es/proteccion-y-maniobra/pararrayos/pararrayostipodistribucion>
- Escalante, S. (3 de Marzo de 2016). *El Reconectador en los Sistemas de Distribución Eléctrica*. Argentina.
- ICE. (1992). *Manual de Normas de Construcción*. San José.
- ICE. (2008). *Manual para Redes de Distribución Eléctrica Subterránea*. San José.
- Júdez, G. Z. (1982). *Estaciones transformadoras y de distribución: su estudio, montaje, regulación y ensayo*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.
- NFPA70. (2008). *Código Eléctrico Nacional*. Boston: NFPA.
- PhelpsDodge. (20 de Marzo de 2016). *Cables de Media Tensión*. San José, San José, Costa Rica.
- Riba, J.-R. (2004). Visualización del campo magnético creado por las líneas eléctricas de media tensión. *Metalurgia y Electricidad*, 38-41.
- UNAM. (5 de Marzo de 2016). *Sistemas de Distribución*. México, México, México.
- Viakon. (6 de Marzo de 2016). *Manual Eléctrico Capítulo 2 Conductores Eléctricos*. San José, San José, Costa Rica.

## APÉNDICES

### APENDICE 1. Especificaciones Técnicas de los transformadores Cooper System

















Primary Voltage	BIL (kV)		Secondary Voltage	BIL (kV)
2400 Delta	60		208Y/120	All 30 kV
4160 Delta	60		480Y/277	
4800 Delta	60		575Y/332	
7200 Delta	75		600Y/347	
12000 Delta	95		690Y/398	
12470 Delta	95		240 Delta	
13200 Delta	95		480 Delta	
13800 Delta	95		240 Delta with 120 Mid-Tap	
14400 Delta	95		480 Delta with 240 Mid-Tap	
16430 Delta	125			
34500 Delta	150		See left column for voltages over 700 V	
43800 Delta	250			
4160GrdY/2400	60			
8320GrdY/4800	75			
12470GrdY/7200	95			
13200GrdY/7620	95			
13800GrdY/7970	95			
22860GrdY/13200	125			
23900GrdY/13800	125			
24940GrdY/14400	125			
34500GrdY/19920	150			
43800GrdY/25300	250			

KVA Rating (Low voltage < 700 V)	Impedance
75	1.10 - 5.75
112.5-300	1.40 - 5.75
500	1.70 - 5.75
750-3750	5.75 nominal

**APENDICE 2. Capacidad de conducción de corriente (A) en conductores cobre, aluminio y ACSR desnudos.**

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	CALIBRE AWG o Kcmil	COBRE*	ALUMINIO	ACSR
8.367	8	90	---	---
13.30	6	130	98	100
21.15	4	180	130	140
33.62	2	240	180	180
53.48	1/0	310	235	230
67.43	2/0	360	275	270
85.01	3/0	420	325	300
107.2	4/0	490	375	340
135.2	266.8	---	445	460
170.5	336.4	---	520	530
241.7	477.0	---	650	670
322.3	636.0	---	---	780
402.8	795.0	---	---	910
483.4	954.0	---	---	1 010
564.0	1 113.0	---	---	1 110
684.6	1 351.0	---	---	1 250
765.4	1 510.5	---	---	1 340
805.7	1 590.0	---	---	1 380

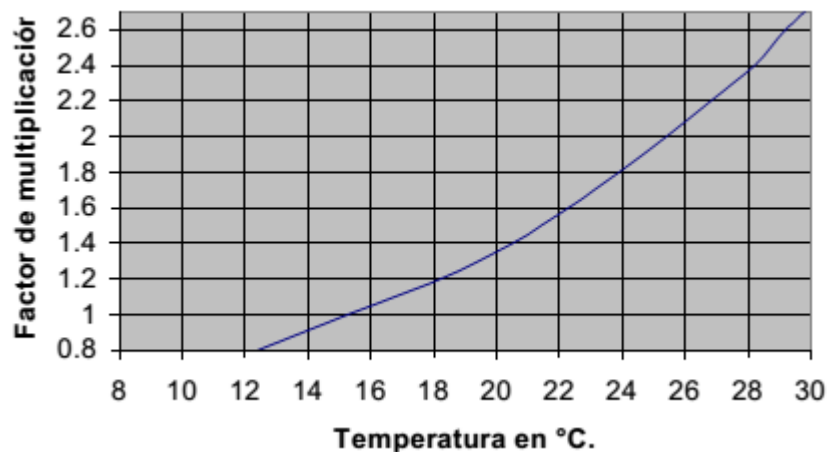
### APENDICE 3. Simbología de planos en media tensión.

SIMBOLOGIA	
ELEMENTOS	SIMBOLO
LINEA SUBTERRANEA MEDIA TENSION MONOFASICA	— · — · — · — · —
LINEA SUBTERRANEA MEDIA TENSION TRIFASICA- 0.CIVIL	— · — · — · — · —
LINEA SUBTERRANEA SECUNDARIA TRIFASICA	— // —
LINEA SUBTERRANEA SECUNDARIA MONOFASICA	— / —
ACOMETIDA SUBTERRANEA BAJA TENSION TRIFASICA	— // —
ACOMETIDA SUBTERRANEA BAJA TENSION MONOFASICA	— / —
CANALIZACIÓN DE MEDIA TENSION 34.5 KV.	— — — — —
POSTE EXISTENTE	●
POSTE A INSTALAR	○
CORTA CIRCUITOS ROMPECARGA	— — — — —
PUESTA A TIERRA	⊥
LINEA AEREA MEDIA TENSION	— — — — —
PARARRAYOS PARA TRANSICIONES DE AEREO- SUBTERRANEO	— — — — —
PARARRAYOS PARA LINEAS MEDIA TENSION SUBTERRANEAS	← — — — — —
CAJA DE REGISTRO PRIMARIA TRIFASICA	
CODO DERIVADOR 600A(BOL-T)	— — — — —
TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL TR No -KVA- 3F6 1F	
CAJA DE REGISTRO PRIMARIA TRIFASICA	
CAJA DE REGISTRO PRIMARIA MONOFASICA	
CAJA DE DERIVACION PRIMARIA TRIFASICA	
CAJA DE DERIVACION PRIMARIA TRIFASICA	
CAJA DE DERIVACION SECUNDARIA	
FOSA PARA TRANSFORMADOR FT No INDICADO	
FOSA PARA SECCIONADOR Y MEDICION PRIMARIA 3F, 2 VIAS	
REGLETA DE DERIVACION SECUNDARIA ( Indicar No de vias)	
REGLETA DE DERIVACION M TENSION ( Indicar No de vias)	
CODO APERTURA BAJO CARGA	
INDICADOR DE FALLA PARA CODOS	
EMPALME DE MEDIA TENSION RECTO	— — — — —
EQUIPO DE MEDICION PRIMARIA EN POSTE EXISTENTE-34.5KV	
LAMPARA DE VAPOR DE SODIO	
INTERRUPTOR PRINCIPAL-BAJA TENSION	
TAPONES AISLADOS PARA BOQUILLA INTEGRAL	▷
TAPONES AISLADOS PARA BOQUILLA TIPO POZO	▷
TAPONES P/PUESTA A TIERRA EN BOQUILLA INTEGRAL	⊥▷
TAPONES P/PUESTA A TIERRA EN BOQUILLA TIPO POZO	⊥▷
BOQUILLA PARA DERIVACION (feedthru)	— — — — —
PUESTA A TIERRA	⊥
BOQUILLA PARQUEO(Standoff bushing)	— — — — —
REGLETA DE DERIVACION PORTATIL ( Indicar No de vias)	— — — — —
TERMINAL DE CABLE AISLADO DE MEDIA TENSION.	— — — — —

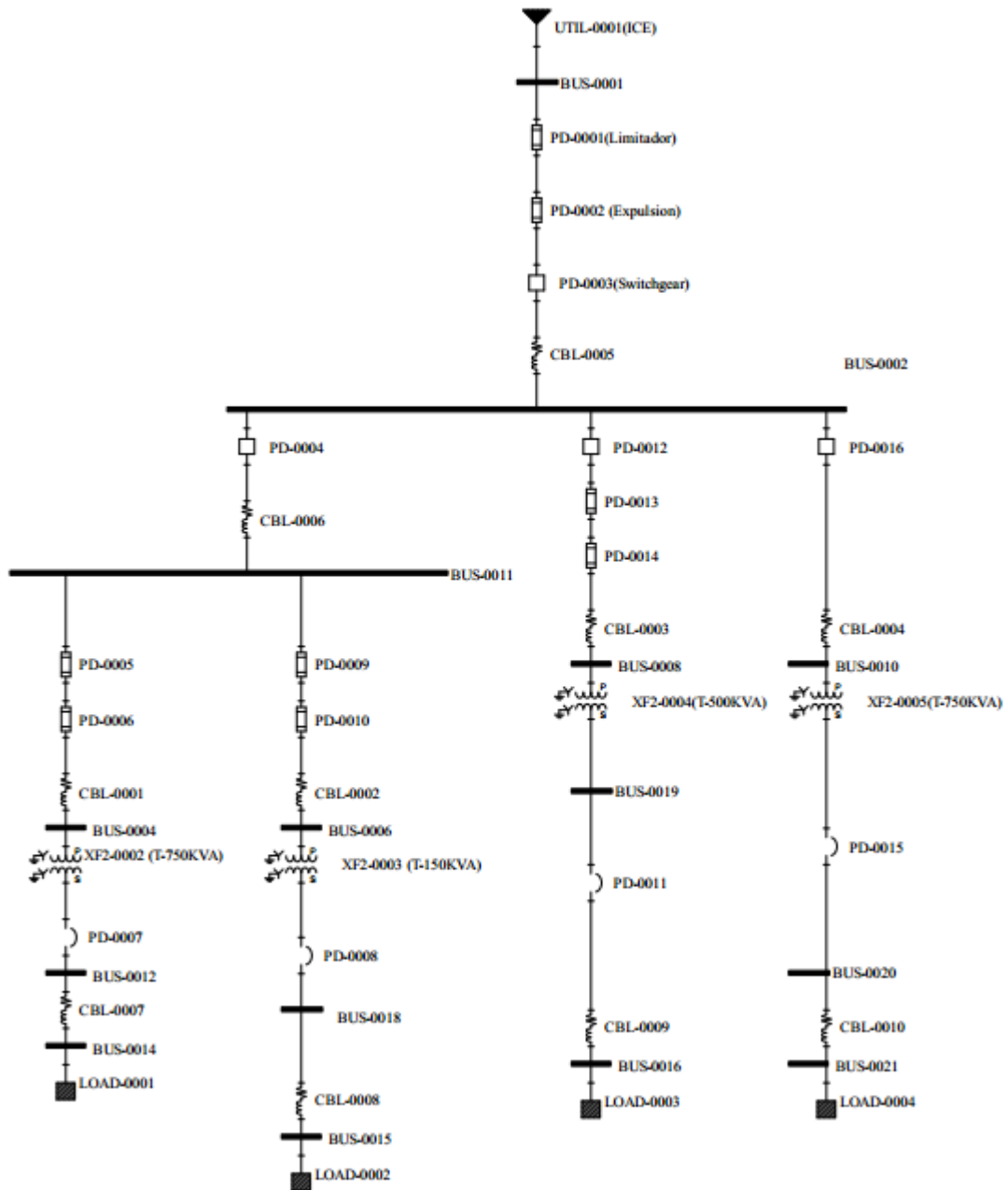
**APENDICE 4. Características para cable de cobre EPR 1/0 AWG, 35 kV, NC1/3.**

Datos Técnicos		
Voltaje	kV	35
Nivel de Aislación	%	100
Temperatura de Operación	°C	90
Peso aprox.	kg/km	1,895
Diámetro exterior aproximado	mm	40
Espesor nominal de la pantalla semiconductora del conductor	mm	0.7
Espesor mínimo de aislación EPR	mm	8.33
Espesor máximo de aislación EPR	mm	9.53
Espesor nominal pantalla semiconductor de la aislación	mm	1.2
Espesor mínimo de la cubierta	mm	1.78
Radio de curvatura mínimo de instalación final	mm	320
Resistencia máxima del conductor CC a 20°C	Ω/km	0.335
Capacidad de corriente máxima de 3 conductores en un ducto enterrado a 20°C, NEC tabla 310.77	A	200
Capacidad de corriente máxima de 3 conductores directamente enterrados a 20°C, NEC tabla 310.81	A	275
Capacidad de corriente máxima de 3 conductores triplexados en un conduit al aire libre a 40°C, NEC tabla 310.73	A	195

**APENDICE 5. Factores de corrección por temperatura para el cálculo de resistencia del aislamiento.**

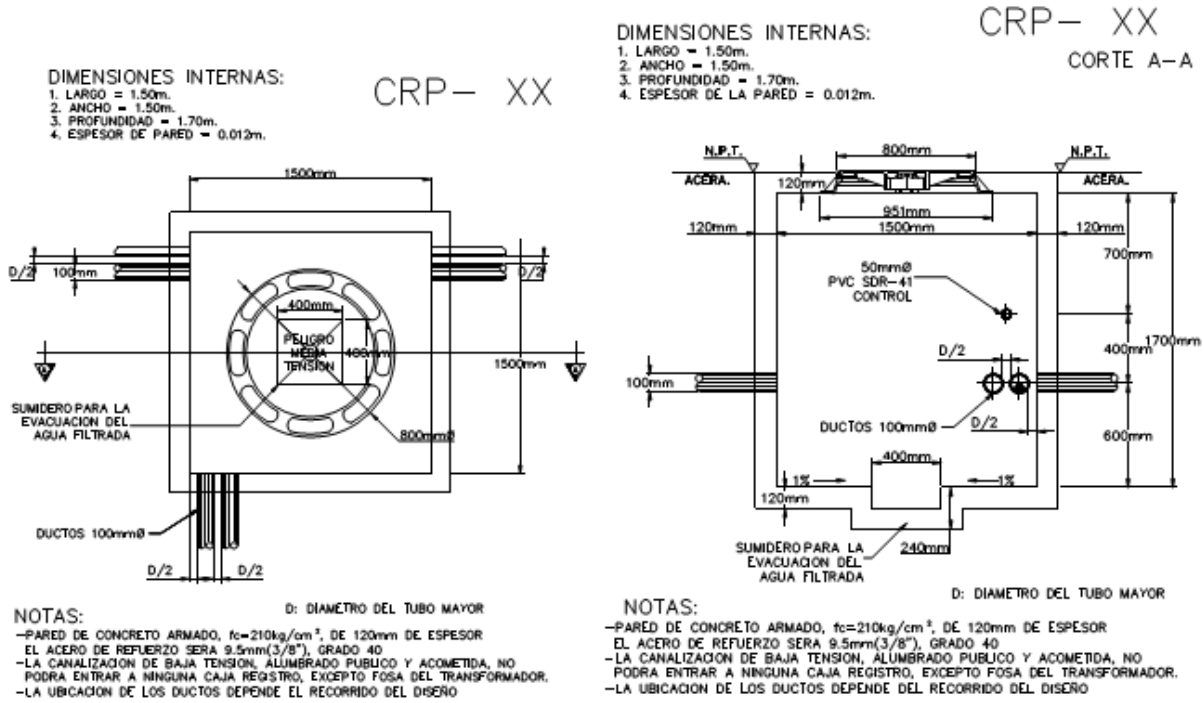


**APENDICE 6. Diagrama Unifilar del Sistema de Media Tensión del Hospital Dr. Fernando Escalante Pradilla.**

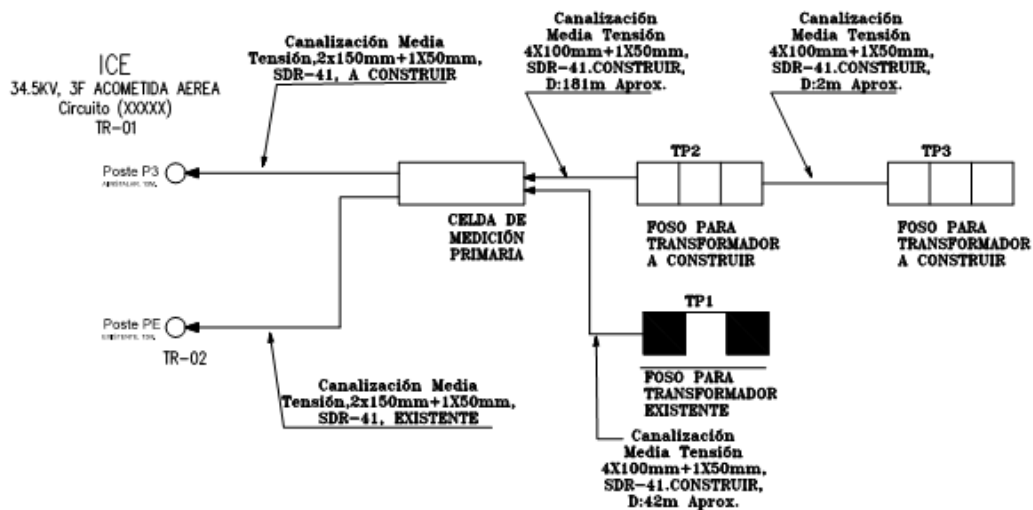


# ANÉXOS

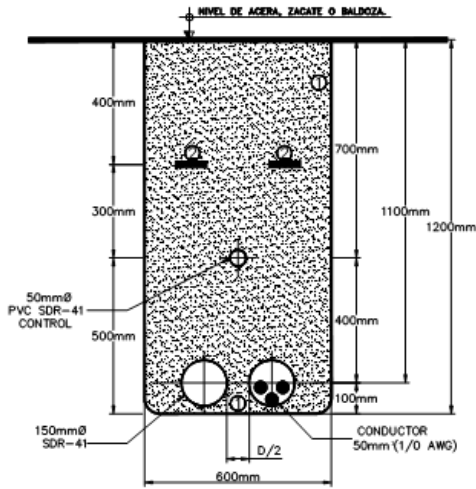
## ANEXO 1. Detalle de Caja de Registro Primaria.



## ANEXO 2. Diagrama Unifilar de Obra Civil.



### ANEXO 3. Detalle de Canalización Subterránea.

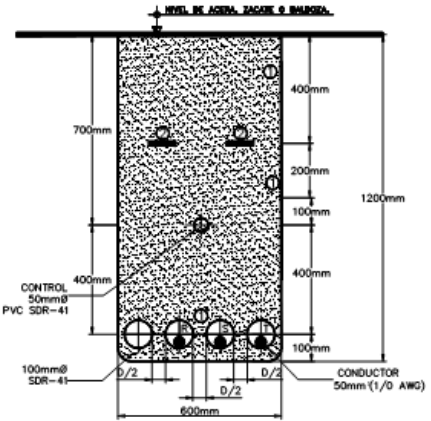


DETALLE CANALIZACION MEDIA TENSION TRIF. PARA DISTANCIAS NO MAYORES DE 30M (DUCTOS DE 150mmØ) EN LA ACERA O ZONAS VERDES

SIN ESCALA

- ① SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES GRANULAR PUEDE SER ARENA DE RIO O DE TAJO COMPACTADO AL 90% PROCTOR MODIFICADO. SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES MATERIAL DEL SITIO DEBE COMPACTARSE AL 90% DEL PROCTOR ESTANDARD.
- ② CINTA DE AVISO (PELIGRO ALTO VOLTAJE) DEBE CUBRIR UN 1/3 ANCHO DE ZANJA

D: DIAMETRO DEL TUBO MAYOR



DETALLE CANALIZACION MEDIA TENSION TRIFASICA Y (DUCTOS DE 100mmØ) EN LA ACERA O ZONAS VERDES

SIN ESCALA

- ① SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES GRANULAR PUEDE SER ARENA DE RIO O DE TAJO COMPACTADO AL 90% PROCTOR MODIFICADO. SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES MATERIAL DEL SITIO DEBE COMPACTARSE AL 90% DEL PROCTOR ESTANDARD.
- ② CINTA DE AVISO (PELIGRO ALTO VOLTAJE) DEBE CUBRIR UN 1/3 ANCHO DE ZANJA

D: DIAMETRO DEL TUBO MAYOR