



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR
DE DISTRIBUCIÓN AL CIRCUITO ALIMENTADOR DEL
EQUIPO DE RAYOS X AXIOM ICONOS R200 DEL
DEPARTAMENTO DE RADIOLOGÍA DEL INSTITUTO
AUTÓNOMO HOSPITAL UNIVERSITARIO LOS ANDES
(IAHULA)

Br. Carlos Eduardo Maldonado Márquez

Mérida, Enero 2019



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR DE
DISTRIBUCIÓN AL CIRCUITO ALIMENTADOR DEL EQUIPO
DE RAYOS X AXIOM ICONOS R200 DEL DEPARTAMENTO DE
RADIOLOGÍA DEL INSTITUTO AUTÓNOMO HOSPITAL
UNIVERSITARIO LOS ANDES (IAHULA)

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Electricista

Br. Carlos Eduardo Maldonado Márquez

Tutore: Ricardo Isaac Stephens

Asesor: Eduardo Contreras

Mérida, Enero 2019

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR DE
DISTRIBUCIÓN AL CIRCUITO ALIMENTADOR DEL EQUIPO
DE RAYOS X AXIOM ICONOS R200 DEL DEPARTAMENTO DE
RADIOLOGÍA DEL INSTITUTO AUTÓNOMO HOSPITAL
UNIVERSITARIO LOS ANDES (IAHULA)

www.bdigital.ula.ve

Br. Carlos Eduardo Maldonado Márquez

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente Jurado.

Prof. Juan Carlos Muñoz

Prof. Lelis Nelson Ballester Uzcátegui

Prof. Ricardo Isaac Stephens

Reconocimiento-No comercial- Compartir igual

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado a dos grandes personas en mi vida, mi nona **Carmen Pereira** que siempre me apoyo en todo momento que estuvo a mi lado y a mi amada madre **Yolanda Márquez** que ha estado presente dándome apoyo y aliento para seguir adelante en cualquier circunstancia.

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTO

Agradezco tanto a Dios como a la Virgen por su bendición y protección.

A mi madre por darme apoyo, comprensión y cariño a pesar de los pesares.

A mi familia que de una u otra forma pusieron un granito para culminar mis estudios.

A mi novia Ana Avellaneda por estar presente apoyándome en este trabajo.

A mis amigos, compañeros de estudio como de vida, por darnos apoyo haciendo que fuera más amenos la estadía en la universidad.

A mi tutor Ricardo Isaac Stephens, gracias por su dedicación, orientación, confianza y por guiarme en realizar este trabajo.

A mi tutor industrial Eduardo Contreras, gracias por la orientación, apoyo y confianza para la realización de este trabajo.

Al ingeniero Jhon Díaz, gracias por su orientación al momento de encontrar la solución mas viable para el problema que presentaba este trabajo.

Al Doctor Pedro Pablo Ramírez y personal del IAHULA por su disposición y colaboración al momento de realizar este trabajo.

Br. Carlos Eduardo Maldonado Márquez. **Factibilidad de conexión del transformador de distribución al circuito alimentador del equipo de rayos X AXIOM Iconos R200 del Departamento de Radiología del Instituto Autónomo Hospital Universitario de Los Andes (IAHULA)**. Universidad de Los Andes. Tutor: Prof. Ricardo Stephens. Enero 2019

Resumen

El siguiente proyecto de grado consiste determinar la factibilidad de conexión del transformador de potencia marca General Electric, disponible para la puesta en marcha de un equipo de rayos X, Siemens AXION Iconos R200, lo cual conlleva a realizar investigaciones y documentación sobre los requerimientos del equipo médico, posterior a lo cual, se analiza los datos de placa, así como los datos proporcionados por el fabricante del transformador de potencia, de esta manera se procura comprobar la posibilidad de su interconexión con el equipo médico para alimentarlo. Así pues, una vez comprobado que si puede realizarse la conexión, se elabora un protocolo de pruebas de funcionamiento, el cual consiste en mediciones de aislamiento, medición de los bobinados, además de ensayo a tensión reducida y circuito abierto, proceso este que se realiza para comprobar su óptimo funcionamiento y estado, de igual forma, se desarrolla recomendaciones de interconexiones para lo cual se requiere una serie de materiales eléctricos para realizarlas y la elaboración de algunos planos que servirían posteriormente como material de orientación.

Descriptores: Transformador de distribución, equipos hospitalarios, instalaciones baja tensión

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1

Capítulo	pp.
1. PROBLEMÁTICA ACTUAL	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.5 ALCANCE Y LIMITACIÓN.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL EQUIPO DE RAYOS X	6
2.1.1 Fluoroscopia.....	6
2.1.2 Fluoroscopio.....	6
2.1.3 Diferencias entre equipo de rayos X convencional y Fluoroscopio.....	7
2.1.4 Partes y elementos del Fluoroscopio.....	7
2.1.5 Tipos de Fluoroscopio según sus componentes	8
2.1.6 Diferentes tipos de equipos.....	9
2.1.7 Modos de aplicación.....	9
2.1.8 Principios de la fluoroscopia.....	9
2.1.9 Beneficios de la fluoroscopia	10
2.1.10 Usos de la fluoroscopia	10
2.1.11 Telemandos	10
2.1.12 Rayos X por mesa Tele Comando.....	11
2.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	11
2.2.1 Transformador.....	11
2.2.2 Transformador Trifásico	12
2.2.3 Tipos de Transformadores.....	12
2.2.4 Sistema de Alimentación ininterrumpida (UPS).....	14
2.2.5 Tipos de UPS (ISAI)	15
2.2.6 Breaker	16
2.2.7 Características de los Breakers.....	16
2.2.8 Transfer o conmutador eléctrico	17

2.2.9	Tablero de Potencia.....	17
2.2.10	Tablero de Control	17
2.2.11	Cable.....	18
2.2.12	Cables eléctricos.....	18
2.2.13	Componentes de los cables eléctricos	18
2.3	NIVELES DE TENSIÓN	19
2.3.1	Tensión Nominal	19
2.3.2	Tensión Máxima.....	19
2.3.3	Tensión Mínima	19
2.3.4	Variación de tensión.....	19
2.3.5	Frecuencia Nominal	20
2.3.6	Variación de Frecuencia.....	20
2.3.7	Caída de Tensión.....	20
3.	ANÁLISIS DE LA INSTALACIONES ELÉCTRICAS	21
3.1	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	21
3.2	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.....	22
3.3	RED PRINCIPAL DE ALIMENTACIÓN	22
3.4	TABLERO DE TRANSFERENCIA.....	22
3.5	GABINETE DE CONTROL.....	24
3.6	REVISIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS DATOS	23
3.7	ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA DISPONIBLE EN EL HOSPITAL.....	25
3.8	POSIBLES SOLUCIONES.....	26
3.8.1	Información por el fabricante y agente autorizado.....	26
3.8.2	Revisión de información con profesores y técnicos especialistas en el área ...	26
3.8.3	Conexión sin neutro	28
3.8.4	Transformador del equipo de rayos X modelo KX0.50S/W9.....	29
4.	PROPUESTA DE PROTOCOLO EN LA INSTALACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN PARA EL EQUIPO MÉDICO.....	30
4.1	SOLUCIÓN TÉCNICA.....	30
4.2	PROTOCOLO DE INSTALACIÓN.....	30
4.2.1	Pruebas de resistencia de aislamiento	31
4.2.2	Pruebas de impedancia de bobina	31
4.2.3	Componentes eléctricos para instalación	32
4.2.4	Medir a tensión reducida a circuito abierto.....	38
4.2.5	Instalación de transformador de distribución.....	40
4.2.6	Instalación del equipo médico.....	40
	CONCLUSIONES.....	43
	REFERENCIA	43
	ANEXO	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	pp.
2.1 Rayos X Siemens, AXIOM Iconos R200	6
2.2 Transformador monofásico	11
2.3 Transformador trifásico Δ de entrada Y de salida	12
2.4 Transformador trifásico tipo Acorazado	13
2.5 Breaker	16
2.6 Transfer	17
2.6 Cables Eléctricos	18
3.1 Circuito Unifilar de transferencia	23
3.2 Circuito Unifilar de alimentación	25
3.3 Tap disponibles	27
3.4 Plano dado por SIEMENS	28
4.1 Diagrama en bloque de instalación de protecciones	37
4.2 Conexión a tensión reducida	38
4.3 Esquema de referencia para interconexión	39
4.4 Esquema de interconexión vista lateral	40
4.5 Plano de planta	41

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	pp.
3.1 Valores de los requerimientos del equipo médico	24
3.2 Datos de la placa del transformador G. E. disponible	24
3.3 Valores de medición de la alimentación disponible	26
3.4 Valores de tensiones disponibles	27
3.5 Datos de placa del transformador	29
3.6 Requisitos por el equipo	29
4.1 Valores de aislamiento medidos	31
4.2 Valores de impedancia medidos	31
4.3 Conductor de cobre para acometida N° 1	33
4.4 Conductor de aluminio para acometida N° 1	33
4.5 Conductor por cálculo de cobre para acometida N° 2	34
4.6 Conductor cálculo de cobre para acometida N° 2	34
4.7 Conductor de cobre para acometida N° 2	34
4.8 Conductor de aluminio para acometida N° 2	35
4.9 Conductor de cobre para acometida N.° 3	35
4.10 Conductor de aluminio para acometida N° 3	35
4.11 Conductor de cobre para acometida N° 4	36
4.12 Conductor de aluminio para acometida N° 4	36
4.13 Protecciones termomagnéticas	37
4.14 Lista de materiales eléctricos	38

INTRODUCCIÓN

El objeto de la presente investigación, se orienta a la realización del estudio de un transformador de distribución, con el fin de verificar si las características de construcción del equipo, así como las conexiones y/o embobinados, pueden aprovecharse y/o modificarse de forma tal que permitan poder conectarlo con un equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, el cual se encuentra instalado en el Instituto Autónomo Hospital Los Andes (IAHULA) Mérida y que pueda alimentarlo de energía eléctrica, lo cual constituiría un proceso de vital importancia para el centro asistencial, considerando que el mismo presta servicio de manera gratuita, tanto a los pacientes que acuden allí para ser objeto de estudio de rayos x, como también aquellos que acuden por consulta general, además para aquellos que ingresan en el área de emergencia, en cuyos casos, se requiere la práctica de un estudio con el mencionado equipo para obtener un diagnóstico rápido y veraz.

Cabe acotar que, primeramente, se trazarán una serie de objetivos tanto generales como específicos, con el fin de conocer las necesidades de la unidad médica en la parte de electricidad y las especificaciones del transformador de distribución. Para conseguir todos estos aspectos técnicos se analizarán los manuales suministrados por el fabricante del equipo de rayos X, así como los del transformador, con el objeto de poder conocer las necesidades y posibilidades para realizar la conexión de ambos equipos, de forma tal que el primero mencionado, pueda ser utilizado de forma óptima.

Aunado a ello, se pretende estudiar las bases teóricas relacionadas con el transformador de potencia y el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, a fin de documentarse sobre todas las aplicaciones del equipo de rayos X y sobre todo las del transformador que servirá para brindarle energía para su funcionamiento, considerándose necesario este proceso para poder establecer un punto de arranque del mecanismo.

Dentro del mismo orden de ideas, luego se comenzará a documentar las posibles soluciones con respecto a las conexiones y modificaciones al transformador, para lo cual es necesario entrevistar a una serie de personas especialistas en el área de construcción y modificación de transformadores, además de especialistas en el área de equipos médicos, cuyo propósito es la documentación del sistema que se pretende instalar y utilizar en el IAHULA.

De allí pues que, se analizarán todas las posibles soluciones seleccionando la más viable para el óptimo funcionamiento, se recomendará un protocolo de instalación del transformador de distribución, así como los requerimientos de materiales necesarios para su instalación y puesta en funcionamiento y prevenir fallas a futuro.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA ACTUAL

La carencia de equipos modernos totalmente operativos como el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, para lograr un diagnóstico preciso sobre las patologías que puedan presentar los pacientes que acuden al centro asistencial en procura de poder mejorar su salud hace que los pacientes busquen soluciones alternativas a las que pueden tener localmente, con el consecuente aumento de los gastos de salud.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que la salud de las personas es una de las prioridades del Estado Venezolano, el Instituto Autónomo Hospital Universitario de Los Andes (IAHULA) Mérida, que constituye parte de la estructura de asistencia médica gratuita a la población, requiere contar con insumos y equipos que le permitan poder atender a las necesidades de los pacientes, pudiendo establecer unos diagnósticos precisos en cuanto a las patologías que presentan quienes acuden al centro asistencial en procura de alivio para las mismas y mejorar de forma integral su salud.

Entre los planes para brindar asistencia médica de calidad a la población, en el año 2012, la institución IAHULA Mérida, recibió por parte de la entidad encargada de la salud pública, un equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** para el mejoramiento en la calidad de sus servicios.

Dicho equipo nunca estuvo operativo, dado que se instaló un transformador de distribución que no era compatible con las exigencias técnicas que requiere dicho equipo, por lo que hay que realizar una adecuación de las instalaciones y los equipos eléctricos para que opere correctamente.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se fundamenta en la necesidad de establecer la factibilidad de conexión de un transformador para alimentar de energía eléctrica el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** con que cuenta el Departamento de Radiología del IAHULA, el cual actualmente se encuentra inoperativo por problemas técnicos, los cuales se basan en que el transformador de potencia adquirido para alimentar este equipo no cumple con las especificaciones técnicas mínimas requeridas establecidas en el manual de instalación suministrado por el fabricante, lo que incide de forma negativa en la realización de diagnósticos muchos más precisos sobre las patologías que puedan presentar los pacientes de la comunidad del estado Mérida y sectores aledaños que acuden a dicho centro.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Desarrollar el proyecto de factibilidad de conexión del transformador de distribución al circuito alimentador del equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, para la puesta en servicio.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar las condiciones de las instalaciones eléctricas necesarias para la realización de la puesta en servicio del equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**.
- Analizar las especificaciones técnicas y los requerimientos mínimos necesarios de las instalaciones eléctricas para la instalación y puesta en funcionamiento del equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** ubicado en el área de radiología del IAHULA.
- Identificar los equipos existentes conectados en su instalación previa.
- Definir un protocolo de pruebas de acuerdo con las evaluaciones previas y conocimientos del equipo para su puesta en servicio.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología a seguir en este trabajo es de tipo combinada que integra la recolección de información en campo, el análisis, comprobaciones, aplicaciones prácticas, dando como resultado recomendaciones que contribuyan a la solución del problema planteado.

1.5 ALCANCE Y LIMITACIÓN

El objeto de la presente investigación es determinar la posibilidad de conexión de un transformador al equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, con que cuenta el Departamento de Radiología del IAHULA, realizando para ello las respectivas pruebas técnicas en cuanto a ambos equipos, el análisis de manuales de los mismos, así como la realización de un instructivo que sirva como guía para posteriores ocasiones que se requiera.

Como en todo trabajo de investigación, se presentan algunas limitaciones, en este caso específico, se puede hacer referencia a la difícil accesibilidad a información sobre el tema por el temor de los miembros de la organización a aportar cualquier tipo de datos ante posibles sanciones por parte de sus superiores, las constantes fallas del servicio de energía eléctrica que pueda afectar la realización de las pruebas técnicas, la cantidad y calidad del material bibliográfico con se pueda contar con relación a la realización de las pruebas técnicas, manuales de usuario y de procedimientos, la disposición de las autoridades del centro asistencial a colaborar, la falta de recursos para adquirir materiales necesarios para realizar las pruebas y posteriormente para poner en funcionamiento el transformador y el equipo de rayos X.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL EQUIPO DE RAYOS X

2.1.1 Fluoroscopia

Es una técnica de imagen que permite en el área de la medicina obtener imágenes en tiempo real de las estructuras internas en los pacientes, mediante el uso de un fluoroscopio, donde se utilizan medios de contrastes que permite documentar los tejidos blandos por medio de sustancias de alta densidad física [1].

2.1.2 Fluoroscopio

Un fluoroscopio es una máquina de rayos X que hace posible la obtención de imágenes del interior del cuerpo, o de alguna de sus partes aun estando estas en movimiento. Con relación a los inicios de los fluoroscopios, se puede declarar que estos consistían en una fuente de rayos X y una pantalla fluorescente entre las que se situaba al paciente. Cuando los rayos X pasan a través del paciente son atenuados en diversos grados a medida que interactúan con las diferentes estructuras internas del cuerpo arrojando una sombra de estas sobre la pantalla fluorescente [1].



Figura 2.1 rayos X Siemens, AXIOM Iconos R200

Fuente: <http://www.medipment.pl>

2.1.3 Diferencias entre equipo de rayos X convencional y Fluoroscopia

Rayos X Convencional: Es el método más utilizado para observar el sistema óseo, su revelado es entregado al especialista que va a realizar el diagnóstico, este tipo de rayos x es impreso en una placa la cual tarda un tiempo definido.

Fluoroscopios: Son diagnósticos a tiempo real que se ven en un monitor. Son utilizados para diagnosticar u observar órganos en movimiento o cualquier tipo de estructura o tejidos blandos.
[1]

2.1.4 Partes y elementos del Fluoroscopia

Consola: Es el instrumento desde el cual se puede controlar todos los parámetros que definen las características del haz y del tiempo de irradiación. Mediante esta se pueden manipular también los movimientos de la mesa además el tubo de rayos X y también de programar la tensión de operación del mismo.

Tubos de rayos X: Están ubicados dentro de la carcasa protectora por lo tanto no se pueden acceder a ellos. Básicamente es una ampolla de cristal, en su interior se encuentra un electrodo cátodo y ánodo. Su estructura externa está constituida por: soporte mecánico, carcasa protectora y envoltura de cristal. La estructura interna del tubo de RX se dividiría en el ánodo el que puede ser estacionario y giratorio y el cátodo que se comprende por su filamento y copa de enfoque.

Intensificador de imágenes o Tubo Intensificador: Es un tubo al vacío que se emplea para convertir los rayos provenientes del paciente al que se le realiza el estudio en una imagen visible. La imagen se puede mostrar a través de un sistema de televisión o monitor óptico. Dispositivo electrónico de unos 50 cm de largo que recibe el haz de radiación remanente (la que atraviesa el cuerpo) y lo transforma en luz visible e intensifica esta imagen. Entre el fotocátodo y el ánodo se mantiene una diferencia de potencial de 25.000V para que los electrones emitidos por el fotocátodo se aceleren en dirección al ánodo.

Está constituido de la siguiente manera:

- *Tubo de vidrio:* Se le hace el vacío y proporciona dureza
- *Carcasa metálica:* Protege de golpes y de posibles roturas.

- *Elemento fosforescente de entrada (EFE)*: Formado de yoduro de cesio que es de donde chocan los Rx y se convierten en fotones de luz visible. Actúa igual que una pantalla intensificadora.
- *Fotocátodo*: Pegado al (EFE) y es una tapa metálica de cesio y antimonio que al recibir la luz la transforma en electrones y se denomina fotoemisión. El número de electrones es directamente proporcional a la cantidad de Rx incidentes.
- *Elemento fosforescente de salida (EFS)*: Formado por cristales de sulfuro de cadmio y zinc. Contra el chocan electrones y producen luz visible.
- *Monitores*: Es el sistema receptor de imagen. Existen monitores ópticos y monitores de televisión:
- *Monitor Óptico*: Es un sistema de lentes y espejos que aumentan la imagen del EFS y la muestra en una pantalla de cristal. Recibe el nombre de sistema de espejos ópticos.
- *Monitor de Televisión*: Este resulta ser más costoso que el monitor antes mencionado, pero se usa con mucha frecuencia. Al emplearlos el EFS del tubo intensificador de imagen se conecta directamente al tubo de una cámara de tv. [1]

2.1.5 Tipos de Fluoroscopia según sus componentes

Fluoroscopia convencional: Está conformado por consola, camilla, tubo de rayos x, intensificador de imágenes y un monitor [1].

Fluoroscopia digital: Es más rápida en la obtención de la imagen y la posibilidad del post procesamiento de la imagen para mejorar su definición. En fluoroscopios digitales la resolución espacial está determinada por la matriz de la imagen y el tamaño del intensificador de imagen. La resolución espacial está truncada por la dimensión del píxel. A diferencia del convencional este se le añadió un ordenador, dos monitores de televisión y una consola de operación más compleja [1].

2.1.6 Diferentes tipos de equipos

Equipos estáticos: Son máquinas instaladas en un área determinada, es decir que no es posible su movilidad a otro lugar.

Equipos portátiles o móviles: Son aquellos que se pueden movilizar a varios lugares, dependiendo de la necesidad. Estos equipos normalmente se desarrollan su utilidad en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) [1].

2.1.7 Modos de aplicación

La técnica de fluoroscopia se puede utilizar de dos maneras diferentes: continua o pulsada en ambas aplicaciones se incluyen protocolos de estudios en los factores de exposición, tanto de kvp como de mA para los que están programados, activándose directamente los parámetros al seleccionar el estudio. Normalmente estos protocolos asignan cierta cantidad de kV, según el grosor de la región, de manera que los mA son controlados por exposimetría automática desde el intensificador, aunque también de manera manual se puede seleccionar los kvp [1].

Fluoroscopia continua: Es cuando el equipo de rayos X está emitiendo en forma continua por lo que el paciente está sometido a una alta dosis, de igual manera el filamento del tubo es sometido a un mayor uso, calor y desgaste. Se emplea para obtener una buena imagen cuando se ha localizado la zona de interés o el momento adecuado para lograr la imagen. Solo se guardan la última imagen en la memoria del ordenador [1].

Fluoroscopia pulsada: La máquina de rayos X emite solo en forma pulsada según la frecuencia pulsátil. Esto minimiza el uso del filamento, aumentando su vida útil, disminuyendo la generación de calor. Sin embargo, la calidad de la imagen no es óptima por la reducción de la intensidad de los RX. De esta manera, se emplea la fluoroscopia pulsada cuando se desea observar en modo dinámico (cine o video) un evento particular (motilidad digestiva, tránsitos esofágicos o intestinales, invaginaciones, etc.) o cuando se desea localizar una región anatómica de interés particular para luego hacer una imagen radiográfica [1].

2.1.8 Principios de la fluoroscopia

En un monitor es mostrada la imagen proveniente de un intensificador de imágenes, en él incide la radiación que sale del paciente [1].

2.1.9 Beneficios de la fluoroscopia

Uno de los principales beneficios es la visualización de estructuras internas del cuerpo Humano en movimiento y en vivo, la observación en un monitor donde se encuentra todo un equipo interdisciplinario tales como, enfermera, radiólogo, especialista lo cual logra un mejor y posible diagnóstico. Utilizándolo también por medio de contraste [1].

2.1.10 Usos de la fluoroscopia

Se utiliza en una extensa variedad de exámenes y procedimientos, pudiendo ser tanto como ambulatoria u hospitalaria. El tiempo específico de cada procedimiento determinará si se necesita preparación para el examen. El médico debe ser el que le de las instrucciones previas del procedimiento al paciente, aunque cada hospital puede tener sus procedimientos. El más común es el siguiente:

- Se introduce vía intravenosa un agente o medio de contraste en la mano o brazo del paciente.
- Paciente colocado en la mesa de rayos X.
- Los procedimientos que requieran de la inserción de un catéter, como la cateterización cardiaca, pueden usar una zona de inserción adicional como la ingle, codo u otra zona.
- Se usa un escáner de rayos X especial para producir las imágenes fluoroscópicas.
- El tipo de cuidado requerido después del estudio dependerá del tipo de procedimiento realizado.

El médico le dará una serie de cuidados a seguir después de realizar el procedimiento o estudio [1].

2.1.11 Telemandos

Estos equipos aparecieron cuando, en los estudios con fluoroscopia, se le agregó una cámara de video al intensificador de imagen. Así con la obtención de la señal de video se posibilitó la visualización de la imagen en un monitor de televisión permitiendo así que ya no fuera imprescindible la presencia del operador en la sala [1].

2.1.12 Rayos X por mesa Tele Comando

Es un equipo radiológico de fluoroscopia que se puede manipular desde afuera a través de una consola y de igual manera de adentro de la sala, incluyendo los movimientos de la mesa, el tubo, así como también la visualización y la toma de la misma radiografía [1].

2.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

2.2.1 Transformador

Se le denomina transformador a un equipo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores [2].

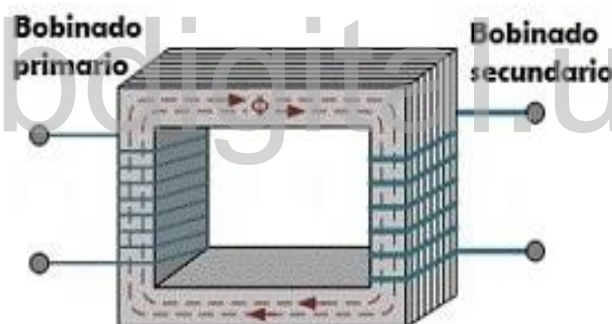


Figura 2.2 transformador monofásico

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre si eléctricamente [2].

Transformador ideal: Se considera un transformador ideal aquel que no tiene pérdidas de ningún tipo. En la práctica no es posible encontrarlos, pero es útil para comprender el funcionamiento de los transformadores reales [2].

En un transformador ideal, debido a la inducción electromagnética, las tensiones en los devanados son proporcionales a la variación del flujo magnético que las atraviesa y al número de devanados.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} V_s = \frac{N_s}{N_p} * V_p \quad \text{EC. 2.1}$$

Se denomina relación de transformación m a la relación de tensión entre el primario y el secundario. También se puede expresar en función del número de espiras de los devanados [2].

$$m = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad \text{EC. 2.2}$$

2.2.2 Transformador Trifásico:

Un sistema trifásico que se puede transformar utilizando 3 transformadores monofásicos a esto se le llama transformador trifásico. Los circuitos magnéticos son completamente independientes, sin que se produzca reacción o interferencia alguna entre los flujos respectivos [3].

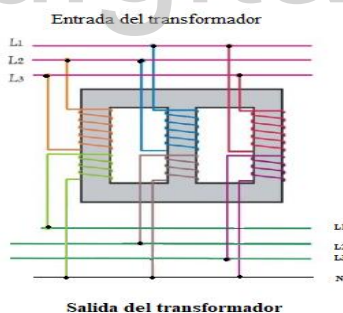


Figura 2.3 Transformador trifásico Δ de entrada Y de salida

De otra forma para construirlo es utilizar un único núcleo magnético en el que se han dispuesto tres columnas sobre las que sitúan los arrollamientos primarios y secundarios de cada una de las fases, obteniendo así un transformador trifásico [3].

2.2.3 Tipos de Transformadores:

Transformador de Potencia: Se utiliza para subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Estos son utilizados en subestaciones transformadoras, centrales de

generación y usuarios de gran consumo. Se construyen en potencias normalizadas desde 1.25 MVA hasta 20 MVA, en tensiones de (13.8, 34.5, 115) kV y frecuencias de 50 Hz y 60 Hz [3].

Transformador de Distribución: Se denomina transformadores de distribución, generalmente los transformadores de potencia iguales o inferiores a 500kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 kV, tanto monofásicas como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales. Se utilizan en intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en media tensión [3].

Transformadores Secos Encapsulados en Resina Epoxi: Es usados para distribución de energía eléctrica en media tensión en interiores, en lugares donde los espacios reducidos y los requerimientos de seguridad en caso de incendio imposibilitan la utilización de transformadores refrigerados en aceite [3].

Transformador Trifásico tipo Acorazado: Puede considerarse como tres transformadores monofásicos de tipo acorazado, colocados uno junto a otro tal como se muestra en la figura 2.1. La diferencia entre esta disposición, que corresponde a un transformador trifásico, es que las láminas del núcleo de este último están entrelazadas, es decir las tres partes del núcleo no están separadas. Esto hace que los flujos en el núcleo, correspondientes a fases diferentes, se superpongan en las partes indicadas por D-E-F y G [3].

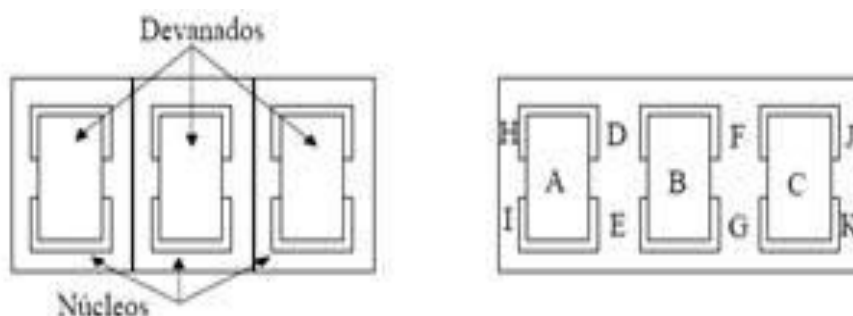


Figura 2.4 transformador trifásico tipo Acorazado

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/13713717/>

Transformador de tipo poste: Este tipo de transformadores consta de núcleo y bobinas montados, de manera segura, en un tanque lleno con aceite, llevan hacia afuera las terminales requeridas que pasan a través de bujes.

Los bujes de alto voltaje pueden ser dos, pero lo más utilizado es usar un solo buje además de un terminal de tierra en la pared del tanque conectada al extremo de tierra del devanado de alto voltaje para usarse en circuitos de varias tierras. El tipo convencional incluye solo la estructura básica del transformador sin equipo de protección alguna.

La protección deseada por sobre voltaje, sobrecarga y cortocircuito se obtiene usando para rayos e interrupciones primarias de fusibles montados separadamente en el poste o en la cruceta muy cerca del transformador [3].

Transformador auto protegido: Estos transformadores son similares a las unidades monofásicas, con la diferencia de que utilizan un cortocircuito de tres polos, el cortocircuito está dispuesto de manera que abra los tres polos en caso de una sobrecarga seria o de falla en alguna de las fases [3].

2.2.4 Sistema de Alimentación ininterrumpida (UPS)

Es un dispositivo que, gracias a sus baterías de cualquier otro elemento capaz de guardar energía, durante una falta de energía eléctrico puede proporcionar electricidad por un tiempo limitado a todos los dispositivos que estén conectados a él. De igual manera estos equipos pueden mejorar la calidad de energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red en caso de usar corriente alterna [4].

Los UPS (ISAI) proporcionan energía eléctrica a equipos llamados cargas críticas, como aparatos médicos, industriales o informáticos que requieren alimentación permanente y de calidad, para estar siempre operativos sin fallos (picos o caídas de tensión) [4].

La unidad de potencia para configurar un UPS es el voltamperio (VA), que es la potencia aparente, o el vatio (W), que es la potencia activa, también denominada potencia efectiva o eficaz, consumida por el sistema. Para calcular cuanta energía requiere un equipo de ISAI, se debe conocer su consumo. Si la que se conoce es la potencia efectiva o eficaz, en vatios, se

multiplica la cantidad de vatios por un factor de 1,4 para tener en cuenta el pico máximo de potencia que puede alcanzar el equipo [4].

2.2.5 Tipos de UPS (ISAI)

UPS offline corrige los siguientes fallos eléctricos

- Fallos de alimentación
- Caídas de tensión
- Picos de corriente, sobretensiones y subtensiones

UPS Line Interactive Corrige:

- Fallos de alimentación
- Caídas de tensión
- Picos de corriente, sobretensiones y subtensiones
- Infratensiones prolongadas.
- Sobretensiones prolongadas

UPS online. Este tipo de UPS es el más seguro y el que más fallos eléctricos corrige.

- Fallos de alimentación
- Caídas de tensión
- Picos de corrientes, sobretensiones y subtensiones.
- Infratensiones prolongadas
- Sobretensiones prolongadas
- Distorsiones en la onda de línea
- Variaciones en las frecuencias
- Microcortes
- Distorsión armónica

2.2.6 Breaker

Es un equipo capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula sobre pasa de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos. Se distingue de los fusibles, los cuales deben ser reemplazados tras un único uso, el breaker puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática [5].



Figura 2.5 Breaker

Fuente: <https://anz.geindustrial.com>

2.2.7 Características de los Breakers

Calibre o corriente nominal: Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo.

Tensión de trabajo: Tensión para la cual está elaborado el disyuntor.

Poder de corte: Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arcos eléctricos o la fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito

Poder de cierre: Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo al momento del cierre

Número de polos: Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático [5].

2.2.8 Transfer o conmutador eléctrico

Es un dispositivo eléctrico o electrónico que permite modificar el camino que deben de seguir los electrones. Son típicos los manuales, como los utilizados en las viviendas y en dispositivos eléctricos, y los poseen algunos componentes eléctricos o electrónicos como el relé [6].



Figura 2.6 Transfer

Fuente: <http://www.grupoelectrostocks.com>

2.2.9 Tablero de Potencia

Son gabinetes de distribución de energía eléctrica en baja tensión, con altos amperaje y voltajes de operación hasta 600 voltios en corriente alterna, de 4 hilos. Están diseñados con 5 barras de cobre o aluminio (3 barras portadoras de corriente, una del neutro y la última de tierra física). La estructura de soporte internas, o los soportes de los paneles pueden utilizarse para la instalación del interruptor principal, de los diversos dispositivos de interrupción juntamente con todas sus conexiones [7].

2.2.10 Tablero de Control

Es el encargado de controlar sistemas de bombes, plantas de tratamiento, sistemas de transferencia de tensión, censar corriente, niveles de tensión entre otros, contiene en su interior una serie de equipos electrónicos tales como: contactores, transformadores de tensión, sensores de corrientes, transfer, plc, todo acorde y necesario para la puesta en marcha, apagado, detención de alto o bajo voltaje, los cuales optimizan y automatizan sistemas eléctricos.

2.2.11 Cable

Se llama cable a la unión de varios conductores o uno solo de ellos, generalmente recubierto de un material aislante o protector, si bien también se usa el nombre de cable para transmisores de luz (cable de fibra óptica) o esfuerzo mecánico (cable mecánico).

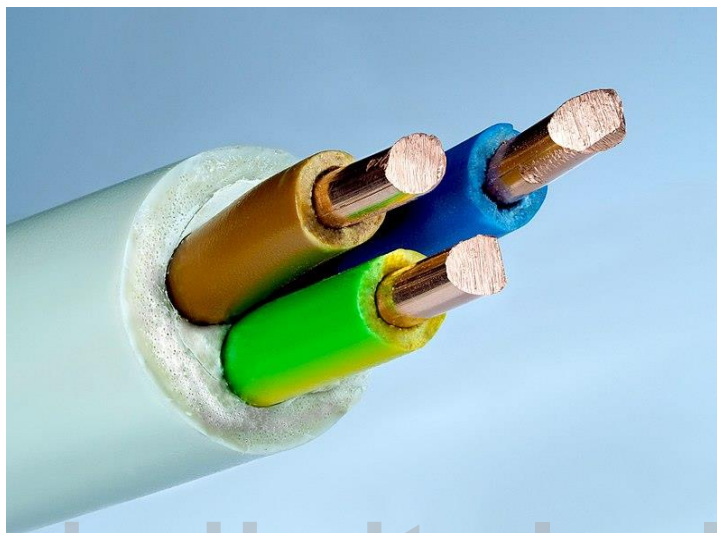


Figura 2.6 Cables Eléctricos

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cable>

2.2.12 Cables eléctricos

Los cables que se utilizan para conducir se construyen generalmente de cobre, debido a la buena conductividad de este material, o de aluminio que, aunque posee menor conductividad es más ligero para la misma capacidad y normalmente más económico que el cobre [8].

2.2.13 Componentes de los cables eléctricos

Conductor: Elemento que conduce la corriente eléctrica y puede ser de diversos materiales metálicos. Puede estar formado por uno o varios hilos.

Aislamiento: Recubrimiento que envuelve al conductor, para evitar la circulación de corriente eléctrica fuera del mismo.

Capa de relleno: Material aislante que envuelve a los conductores para mantener la sección circular del conjunto.

Cubierta: Está hecha de materiales que protejan mecánicamente al cable. Tiene como función proteger el aislamiento de los conductores de la acción de la temperatura, sol, lluvia, etc. [8].

2.3 NIVELES DE TENSION

2.3.1 Tensión Nominal

Es valor asignado al circuito o sistema para la denominación de su clase de tensión. La tensión real a la cual funciona el circuito varía dentro de una banda que permita un funcionamiento satisfactorio del equipo [9].

2.3.2 Tensión Máxima

Es el mayor valor de la tensión que aparece en cualquier instante y en cualquier punto del sistema en condiciones normales de funcionamiento. Esto no incluye los valores por las variaciones momentáneas de la tensión, como aquellas debidas a maniobras en el sistema, causas accidentales [9].

2.3.3 Tensión Mínima

Es el de más bajo valor de tensión que aparece en cualquier instante y en cualquier punto del sistema, en condiciones de normal funcionamiento.

Esto no de toma los valores de las variaciones momentáneas de la tensión, como aquellas debidas a maniobras en el sistema, causas accidentales o cambios bruscos del régimen de carga [9].

2.3.4 Variación de tensión

Es el valor, en unidades de tensión, en cualquier momento, de la diferencia entre la tensión mayor y menor valor en un punto del sistema, con respecto a la tensión nominal. Este valor se puede expresar en tanto por ciento (%) con su signo, con relación a la tensión nominal del sistema [9].

2.3.5 Frecuencia Nominal

Es el valor nominal asignado al circuito o asignado para la denominación de su clase de frecuencia Y se expresa en Hz [9].

2.3.6 Variación de Frecuencia

Es el valor en Hertz de las diferencias entre el mayor y mínimo valor de la frecuencia del sistema en cualquier momento, con respecto a la frecuencia nominal del mismo. Este valor se puede expresar en tanto por ciento, su signo, con relación a la frecuencia nominal del sistema [9].

2.3.7 Caída de Tensión

Es el valor en unidades de tensión de la diferencia entre la tensión en cualquier punto del sistema con la de otro punto más próximo a la fuente, tomado como referencia u origen, debido a la impedancia del circuito eléctrico. Este valor se puede expresar en tanto por ciento con relación a la tensión nominal del sistema [9].

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En el desarrollo del presente trabajo de grado se evaluará las condiciones de las instalaciones eléctricas del equipo médico “**Rayos X Siemens, AXIOM Iconos R200**”, como también de los transformadores disponibles para su puesta en funcionamiento, por lo tanto se requiere amplia información de las instalaciones eléctricas existentes en el área de trabajo y realizar una recopilación de datos e investigación, esto es con la ayuda del personal técnico del hospital universitario y del Ing. Eduardo Contreras el cual es el tutor por parte de CORPOELEC.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** se encuentra en el departamento de diagnóstico por imágenes del hospital universitario de Mérida, específicamente en la unidad de radiología general en la habitación C, dentro de la habitación está un módulo de control de operación con el cual manejan y controlan el equipo, uno módulo de visualización que está compuesto por dos monitores mediante el cual se visualiza en vivo a los órganos del paciente que se le realiza el estudio médico, un gabinete de potencia en el cual entra la red proporcionada por la sub estación del hospital (3f/N/PE) y dentro de ella se encuentra las protecciones principales eléctricas y luego se deriva hacia el gabinete de control; que se encarga de censar las líneas de alimentación y realizar la conmutación entre la red y el sistema UPS que es el soporte de energía para el equipo médico, dos transformadores de distribución, uno encargado de alimentar y cargar el sistema UPS y el otro encargado de alimentar el equipo médico y un tercer gabinete de control el cual sería el cerebro.

3.2 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

En el área donde se encuentra el equipo médico hay dos transformadores de potencia, uno de ellos es un reductor de tensión de 480 voltios de línea de entrada con tap variable y reduce a un voltaje de 120 voltios de fase, 208 voltios tensión de línea. En el cual se podría usar reversiblemente obteniendo en la salida la tensión de 480 voltios, que sería el voltaje requerido por el gabinete de control y el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** para un correcto y eficiente funcionamiento. Además, que en la salida del transformador quedaría la conexión delta por lo que dificulta de esta manera tener un neutro en la salida, el cual es un requerimiento del fabricante siemens para que el equipo pueda estar en funcionamiento. Asimismo, se encuentra un segundo transformador de la marca siemens el cual sería encargado de alimentar el sistema auxiliar por lo cual se revisará sus datos de placas para así constatar si es posible usarlo para energizar el equipo de rayos x.

3.3 RED PRINCIPAL DE ALIMENTACIÓN

En el sitio se encuentra una alimentación disponible de 120V, 118V, 121V por fase, un neutro más una entrada de tierra. Los valores de voltaje se obtuvieron mediante una medición con un multímetro digital, esta red tiene una capacidad de 150 amperios por fase debido a que cuenta con un cable de alimentación AWG número 1/0, esta se encuentra desconectada ya que en el tablero de potencia no hay equipamiento disponible y necesario para su debida conexión.

3.4 TABLERO DE TRANSFERENCIA

Está ubicado en el lado derecho de la habitación, en el debería entrar una alimentación principal proveniente del tablero de distribución, esta consta de tres fases, un neutro y un cable de tierra. En este tablero se estará censando constantemente las fases para así verificar que su voltaje y corriente sean las requeridas. Del tablero de transferencia sale una acometida para el gabinete de control ubicado en la sección izquierda de la habitación. De haber fallas en unas de las fases de alimentación principal entraría en funcionamiento la alimentación de respaldo, la que entra en el tablero de transferencia proveniente del gabinete de UPS que cuenta con un transformador de distribución morocho para la alimentación del mismo, cargando de esta maneras la baterías, también su función es elevar la tensión de salida del UPS para alimentar el equipo médico,

sirviendo de respaldo para que el equipo no salga de funcionamiento y se pueda terminar de realizar el estudio si en el momento de la falla se estuviera utilizando. Esta transferencia se realizará con un transfer automático el cual será controlado por un PLC (Controlador Lógico Programable en inglés), este estará encargado de registrar y dar la señal de conmutación al transfer si es necesario mediante un sistema lógico que se encuentra en el programado previamente. En la figura 3.1 se muestra un diagrama unifilar de lo ante descrito.

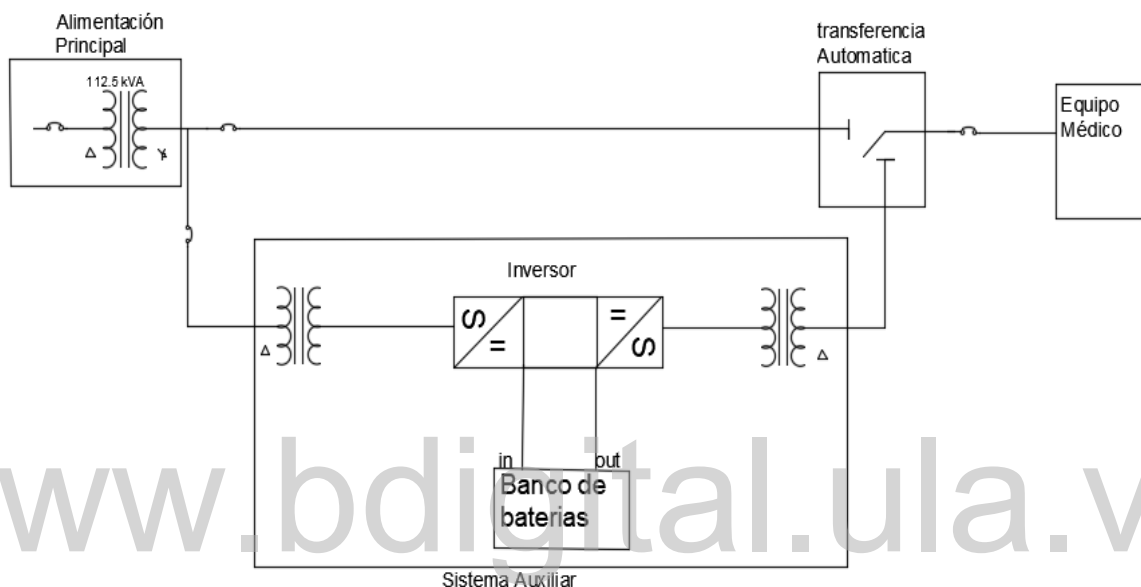


Figura 3.1 Circuito Unifilar de transferencia

3.5 GABINETE DE CONTROL

El equipo médico de rayos x tiene un gabinete de control con el nombre **Polydoros SX**, el cual se encarga de recibir y enviar las señales de mando y del mismo modo también se encarga de distribuir la alimentación del equipo, recibiendo una alimentación de entrada de 480V proveniente del tablero de control. Además, se encarga de enviar las imágenes a los monitores para la visualización de las partes internas del paciente al cual se realiza el estudio en tiempo real.

3.6 REVISIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS DATOS

En el área donde se encuentra el transformador de distribución y el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** se tomaron una serie de datos para un estudio a fondo de las necesidades

y requerimiento de la máquina de rayos X, donde se estudiaron los manuales dados por el proveedor para su instalación la cual recomiendan que la alimentación sea de 480 voltios y al menos una potencia aparente de 41.6 kVA, de manera que el transformador de distribución que suministrara energía eléctrica a este equipo debería contar con estos requerimientos de voltaje y por lo menos ese valor de potencia para suministrar. En la tabla 3.1 se puede observar los requerimientos del equipo médico.

Tabla 3.1 Valores de los requerimientos del equipo médico

Requerimiento del equipo médico	
Conexiones	3 fases/Neutro/Tierra
Niveles de tensión	480 voltios + o – 10% a 60 Hz
Potencia requerida	41.6 kVA

Al momento de leer los datos de placas en el equipo transformación de distribución, se obtuvo que, si cumple con el valor de potencia requerido estando muy por encima de él, mientras que en los niveles de tensión no cumple ya que es un reductor que va de un valor de tensión de 480 V en el primario conectado en delta a 120 tensión de fase, 208 tensión de línea. Ver tabla 3.2.

Tabla 3.2 Datos de la placa del transformador G. E. disponible

Primario	Conexión Δ con un tap variable de 12 voltios que va desde 432 voltios a 504 voltios
Secundario	Conexión Y nivel de tensión de línea 208 voltios, tensión de fase 120 voltios
Potencia	112.5 kVA a 60 Hz

Luego de realizar investigaciones mediante el uso de la web acerca de los distintos proveedores del equipo de transformación de distribución se pudo constatar que era viable la conexión de modo reversible, de manera tal que ahora cumple con la función de elevador de tensión, llevando de un nivel de 208 voltios a 480 voltios, prescindiendo de la conexión del cable neutro, siendo este un requerimiento indispensable para la alimentación de la máquina de rayos X.

3.7 ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA DISPONIBLE EN EL HOSPITAL

El IAHULA es alimentado por una subestación eléctrica que se encuentra en el sótano de éste, el cual cuenta con dos transformadores reductores de tensión de 13800 voltios a una tensión de línea de 208 voltios, con una capacidad de (750 a 1000) kVA que son los encargados de alimentar todo el edificio. También cuenta con dos plantas eléctricas con una potencia para entregar de 525 kVA la cuales sirven de respaldo en momentos en que el proveedor del servicio presente fallas o exista un corte el suministro eléctrico. Este sistema de respaldo entra en funcionamiento gracias a un equipo de operarios que son los encargados de encender la planta eléctrica al momento de no tener energía proveniente de CORPOELEC. Seguidamente de una señal de aviso, el operario que se está en la subestación realiza la transferencia manualmente, de tal forma que el edificio queda siendo alimentado por la planta eléctrica.

Luego de la etapa de transformación de tensión se encuentran dos tableros de distribución que son los encargados de distribuir la energía eléctrica en circuitos independientes por cada sector del hospital, marcando en el tablero los circuitos de primordial importancia para el momento de hacer la transferencia de energía entre CORPOELEC y las plantas generadoras de energía eléctrica, ya que estas cargas se van conectando seccionadas y por su importancia, se conectarían en primer lugar. Cada circuito consta de una protección trifásica antes de llevar cada circuito a su sector correspondiente, en cada sector que llegan se encuentra con un subtablero de potencia del cual se derivan más circuitos, contando con protecciones cada derivación. Ver figura 3.2

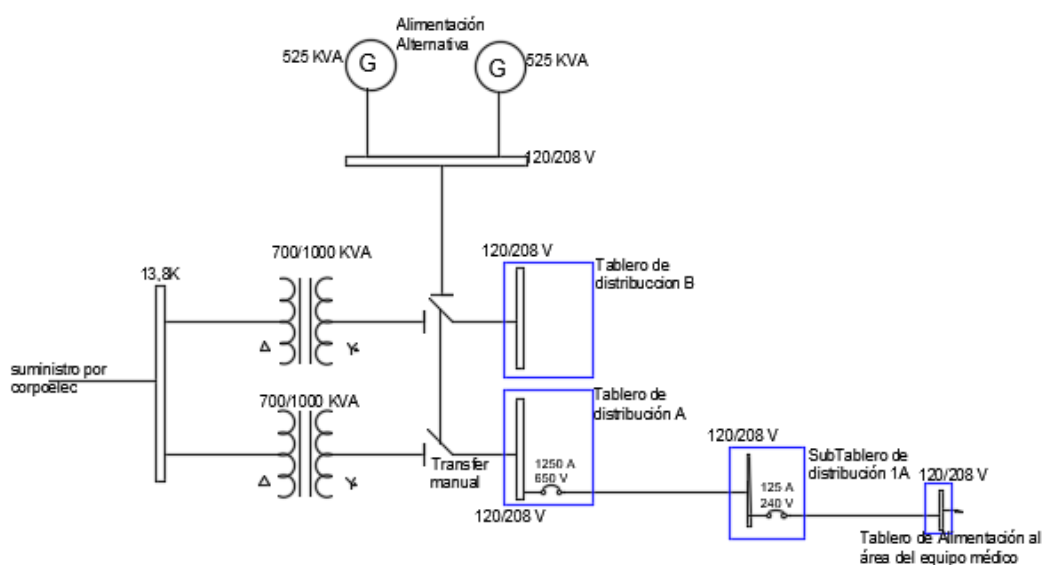


Figura 3.2 Circuito Unifilar de alimentación

En nuestro caso la alimentación del equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** estarían en esta etapa de la alimentación, la medición de dichos valores se hizo con la ayuda de un multímetro digital en la presencia del tutor industrial, los valores se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Valores de medición de la alimentación disponible

Medido	Valor de tensión de fase medido
Fase 1	121 voltios
Fase 2	118 voltios
Fase 3	120 voltios

3.8 POSIBLES SOLUCIONES

3.8.1 Información por el fabricante y agente autorizado

Se tomó la tarea de recoger información sobre el transformador de distribución disponible en el área del departamento de diagnóstico por imágenes, el cual es de la marca General Electric, dicha marca tiene una serie de fabricantes autorizados por ellos para producir y distribuir transformadores de diseño perteneciente a ellos, a unos de los cuales se visitó su sitio web para la descarga del manual de uso e instalación de la máquina transformadora de distribución. Dentro de esta información se pudo constatar que era posible conectar el transformador de manera reversible es decir como un elevador de tensión, que en principio es uno de los requisitos solicitados por el fabricante del equipo de rayos x para alimentarlo. Sin embargo, con esta característica faltaría la conexión del neutro.

3.8.2 Revisión de información con profesores y técnicos especialistas en el área

Se realizaron investigaciones teóricas, para localizar soluciones puntuales sabiendo la configuración del transformador de distribución disponible. Una de las posibles soluciones es la disponibilidad de conexión en el centro de las bobinas que conformarían el lado secundario, este está con una conexión de tipo delta y al tener una posible conexión en la mitad del bobinado se estaría solucionando la conexión del neutro, por lo que se construiría un tap central en el bobinado. Teniendo esta información se dirigió al lugar de instalación del transformador, destapándolo para revisar los tap disponible en los devanados, en este momento se tuvo

conocimiento de que los tap disponibles no contaban con el valor de tensión 277 V el cual debería estar en el centro de las bobinas para que sirva como tap central y utilizarlo como conexión de neutro, los tap que se encontraron se muestra en la siguiente figura 3.3.

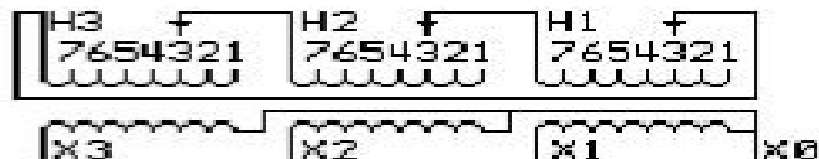


Figura 3.3 Tap disponibles

En la siguiente tabla 3.4 se pueden ver los valores que arrojan cada uno de los tap al realizar las conexiones

Tabla 3.4 Valores de tensiones disponibles

Tap	Voltios
1	504
2	492
3	480
4	468
5	456
6	444
7	432

Seguidamente se investigó y se consultó al profesor Carlos Muñoz para una asesoría sobre un cambio de conexión del transformador, cambiando las condiciones traídas por el de fábrica, lo cual consta de modificar las conexión de Y a Δ del lado primario y de igual forma cambiar el lado secundario de Δ a Y, esta investigación dio como resultado que al realizar las modificaciones de conexión, era posible pero el transformador modificara gran mayoría de sus valores dados por el fabricante, sufriría una pérdida drástica de la potencia nominal que podría entregar ya que al realizar estas modificaciones las pérdidas de hierro y las de cobre cambiarían, siendo un riesgo a corto y largo plazo de que el transformador trabajando por encima de sus nuevas capacidades, llevando a este equipo a un desgaste prematuro del esmalte de las bobinas causando daños a tal forma de que quedaría fuera de servicio.

Posteriormente se obtuvieron los datos de hacer los ensayos a circuito abierto con el cambio de conexión al transformador de estudio, resultando que la salida aumentaba en la tensión $\sqrt{3}$ veces, arrojando como valor medido 828 voltios tensión de línea.

3.8.3 Conexión sin neutro

Se estudió la posibilidad de realizar la conexión del transformador de distribución al equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, para lo cual se consultó al ingeniero Jhon Díaz quien tiene experiencia con la instalación y mantenimiento de equipos médicos en general. Él planteó un seguimiento de la conexión del cable neutro, para determinar si la unidad de diagnóstico por imagen utiliza niveles de tensión 277 voltios. Con la lectura de planos proporcionados por el fabricante (SIEMENS) más el uso de un multímetro digital (Marca: UNI-T Modelo: UT50B) se siguió la línea del neutro, y se observó que dicha línea llega a un punto en el cual no se deriva ni se observa posibles conexiones, dando así la posibilidad de conectar el fluoroscopio al transformador sin fallas aparentes.

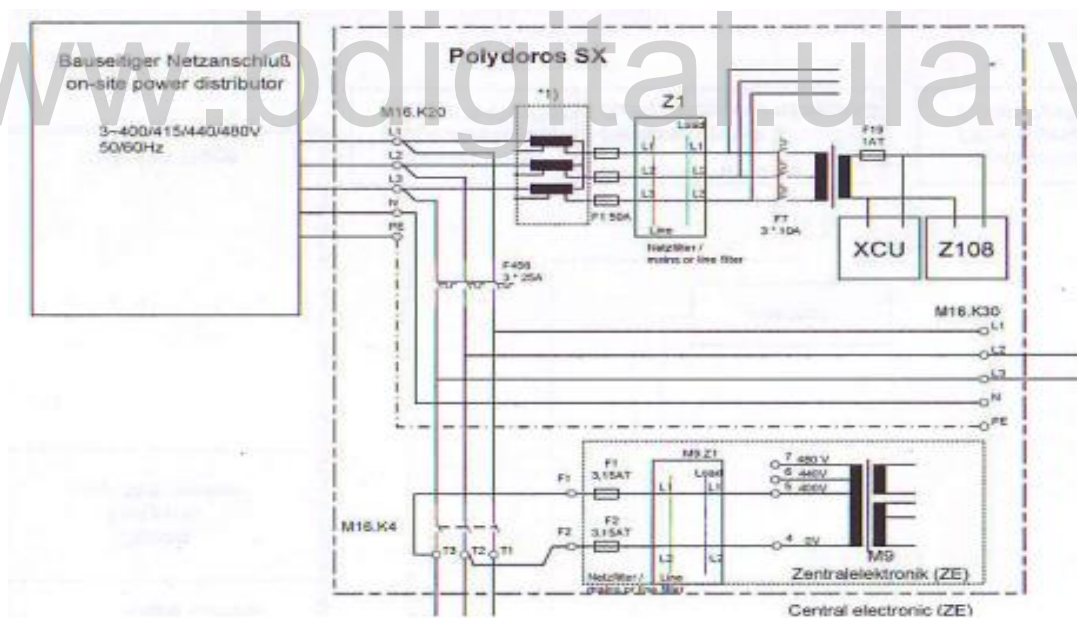


Figura 3.4 Plano dado por SIEMENS

Fuente: SIEMENS

En la figura 3.4 se observa el recorrido que se hizo para determinar si se utiliza la tensión 277 voltios dentro de los circuitos del equipo médico.

3.8.4 Transformador del equipo de rayos X modelo KX0.50S/W9

Después de realizar todos los estudios anteriores, los encargados del área de diagnóstico por imágenes, pusieron en disposición la posibilidad de intercambiar el transformador de distribución del equipo de rayos x modelo **KX0-50S/W9**, con el que se encuentra disponible para el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, habiendo esta posibilidad se tomaron los datos de placa mostrados en la tabla 3.5, en esos datos se muestran que el transformador cuenta con una conexión estrella en la parte de alta tensión dando así la opción de conexión del neutro.

Tabla 3.5 Datos de placa del transformador

Transformador usado por el equipo de rayos X modelo KX0-50S/W9	
Baja tensión	208 voltios Y 120 voltios
Alta tensión	440 voltios Y 254 voltios
	400 voltios Y 231 voltios
	380 voltios Y 219 voltios
Potencia	75 kVA a 60 Hz

Esta sería una opción muy viable, ya que cuenta con uno de los niveles de tensión dados por el fabricante de la unidad médica para su uso y también cuenta con la conexión de neutro. De igual forma las necesidades del equipo de rayos X modelo **KX0-50S/W9** mostradas en la tabla 3.6 se observa que al intercambiar transformadores de distribución quedarían los dos equipos médicos en óptimas condiciones para su uso por el personal del Hospital Universitario.

Tabla 3.6 Requisitos por el equipo

Requerimientos del equipo de rayos X modelo KX0-50S/W9	
Niveles de tensión de Entrada	400 V, 415 V, 440 V, 480 V
Potencia	70 kVA a 60 Hz

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE PROTOCOLO EN LA INSTALACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN PARA EL EQUIPO MÉDICO

En el siguiente capítulo se expone la solución determinada para la puesta en marcha del equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** en estudio, perteneciente al hospital universitario y un protocolo que servirá de prueba antes de su instalación.

4.1 SOLUCIÓN TÉCNICA

De todas las soluciones planteadas dos son bastante viable, una es la de conectar el transformador disponible sin la conexión a neutro, la otra sería la del intercambio de transformadores ya que cuenta con todos los requerimientos solicitados. De las cuales se eligió culminar la instalación del equipo médico con el transformador disponible desde un principio de marca General Electric, ya que por recomendaciones del ingeniero Jhon Díaz es el más indicado puesto que este cuenta con filtros en el embobinado aparte de eso al ser una conexión delta en la alta tensión filtraría los armónicos que podría introducir desde la red principal.

4.2 PROTOCOLO DE INSTALACIÓN

Para la instalación del transformador de distribución se realizará un protocolo, con el cual se verifica las condiciones de este.

4.2.1 Pruebas de resistencia de aislamiento

Se realiza con el fin de verificar los aislamientos del transformador, si cumple con las resistencias mínimas soportables bajo el uso que será sometido, para esto se debe medir

con un equipo medidor de resistencia de aislamiento las resistencias entre los devanados de alta contra los de baja tensión, las bobinas de alta tensión y baja tensión versus tierra, también neutro versus tierra en caso de que no estén conectadas entre sí. Este ensayo dio los siguientes valores.

Tabla 4.1 Valores de aislamiento medidos

Conexión	Valor Medido
Bobina de alta tensión Vs Bobina de baja tensión	∞
Bobina de alta tensión Vs Tierra	∞
Bobina de Baja tensión Vs Tierra	∞
Neutro Vs Tierra	∞

Como se puede observar en la tabla 4.1 los valores dan infinito tales datos concuerda con valores de aislamientos en buen estado

4.2.2 Pruebas de impedancia de bobina

En esta prueba se realiza medición en las bobinas 1, 2, 3 de alta tensión con la ayuda de un multímetro digital luego también realiza la misma entre las bobinas de baja tensión anotando sus valores, aquí se comprueba que estas no se encuentran en corto circuito. Esta prueba da los datos mostrados en la siguiente tabla 4.2.

Tabla 4.2 Valores de impedancia medidos

Conexión	Valor Medido
Bobinas de alta tensión 1 y 2	0.3 Ω
Bobinas de alta tensión 1 y 3	0.3 Ω
Bobinas de alta tensión 2 y 3	0.3 Ω
Bobinas de baja tensión 1 y 2	0.2 Ω
Bobinas de baja tensión 1 y 3	0.2 Ω
Bobinas de baja tensión 2 y 3	0.2 Ω
Bobinas de baja tensión con neutro	0.1 Ω

Se puede observar que en la tabla 4.2 las bobinas en el momento de hacer las mediciones no se encuentran en corto entre ellas.

4.2.3 Componentes eléctricos para instalación

Al realizar una serie de pruebas preliminares al transformador sin tensión de alimentación se debería instalar el transformador a la red de alimentación para continuar con las pruebas de funcionamiento, para ello se verifica la disponibilidad de materiales eléctricos para su conexión, tanto como cables, conectores, uniones, breakers y demás componentes, de no contar con ellos se deberá realizar los cómputos métricos para solicitarlos con un informe formalmente a las autoridades competentes.

Cálculos para la Acometida N.º 1: Se realiza el cálculo de una acometida de conductores adecuados para el funcionamiento del transformador seleccionado, esta acometida se denomina **Acometida N.º 1** (desde el tablero de distribución ubicado en el pasillo principal y que se alimenta con uno de los transformadores de distribución principal de la Sub Estación hasta la entrada de alimentación del transformador TX1).

Esta acometida eléctrica debe responder a las condiciones iniciales de demanda (trabajo) del equipo que son:

Tensión de línea: 208V

Tensión de fase: 120V

Potencia del TX1 (kVA): 112,5

Potencia consumida por el equipo médico (kVA): 41,6

Ya que:

$$P(kVA) = V * I * 1,73 * \cos \phi \quad \text{EC. 4.1}$$

Por tanto, deberán tener una capacidad de corriente de:

$$I(A) = \frac{P(kVA)}{V * 1,73 * \cos \phi} \quad \text{EC. 4.2}$$

Entonces se tiene que el consumo por parte del TX1 sería: $I(A) = 312,64 \text{ Amperios}$

El consumo real del equipo médico sería: $I(A) = 115,61 \text{ Amperios}$

Aun cuando se debe tener un factor de seguridad de 1.25 veces el valor nominal, con lo este sería de 144,51 A, en el caso actual se estima un factor de seguridad de + o -15 Amperios, ya que este equipo no presenta arranques abruptos que puedan generar considerables variaciones de corriente, así mismo, la capacidad nominal del consumo del equipo ya posee un factor de seguridad, por cuanto, se aproxima el conductor calculado por capacidad de corriente al conductor THHN N.º 2 AWG.

Por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

Tabla 4.3 Conductor de cobre para acometida N.º 1

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	2	600 v	Cobre	7	75°C	130

O su equivalente en Aluminio

Tabla 4.4 Conductor de aluminio para acometida N.º 1

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	1/0	600 v	Aluminio	7	75°C	135

Cálculos para la Acometida N.º 2: Se calcula una acometida que se denominará **Acometida N.º 2** desde el transformador de distribución TX1 hasta el tablero de control encargado de la transferencia automática.

Esta acometida eléctrica debe responder a las condiciones diferentes de trabajo, las cuales serán las del equipo, que son:

Tensión de línea: 480V

Tensión de fase: 277V

Potencia (kVA): 41,6

Usando la ecuación EC. 2 se tiene que: $I(A) = 50,10 A$

Se debe tener un factor de seguridad de 1.25 veces el valor nominal, por lo cual, el valor nominal de la corriente a ser estimada es de 62,62 A.

Se considera el mismo criterio de seguridad que en el caso anterior, por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

Tabla 4.5 Conductor por cálculo de cobre para acometida N.º 2

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPER- ATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	6	600 v	Cobre	7	75°c	75

O su equivalente en Aluminio

Tabla 4.6 Conductor cálculo de cobre para acometida N.º 2

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPER- ATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	4	600 v	Aluminio	7	75°c	75

Debido a la cercanía a la Sub Estación de energía Eléctrica ubicada en las inmediaciones área de rayos X del IAHULA, se desprecia la caída de tensión de estos.

En el sitio de la instalación se encuentra una preinstalación de alimentación para el equipo de cable **calibre 2 AWG** por lo que se sugiere seguir con este mismo calibre para la acometida número 2.

Por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

Tabla 4.7 Conductor de cobre para acometida N.º 2

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPER- ATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	2	600 v	Cobre	7	75°c	130

O su equivalente en Aluminio

Tabla 4.8 Conductor de aluminio para acometida N.º 2

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPER- ATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	1/0	600 v	Aluminio	7	75°c	135

Cálculos para la Acometida N.º 3: Se calcula una acometida que se denominará **Acometida N.º 3** desde el transformador de distribución TX1 al sistema auxiliar luego hasta el tablero de control encargado de la transferencia eléctrica automática.

Esta acometida eléctrica debe responder a las condiciones diferentes de trabajo, las cuales serán las del equipo, que son:

Tensión de línea: 480V

Tensión de fase: 277V

Potencia (kVA): 41,6

Usando la ecuación EC. 2 se tiene que: $I(A) = 50,10 A$

Se debe tener un factor de seguridad de 1.25 veces el valor nominal, por lo cual, el valor nominal de la corriente a ser estimada es de 62,62 A.

Se considera el mismo criterio de seguridad que en el caso anterior, por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

Tabla 4.9 Conductor de cobre para acometida N.º 3

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPER- ATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	2	600 v	Cobre	7	75°c	130

O su equivalente en Aluminio

Tabla 4.10 Conductor de aluminio para acometida N.º 3

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPER- ATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	1/0	600 v	Aluminio	7	75°c	135

Cálculos para la Acometida N.º 4: Se calcula una acometida que se denominará **Acometida N.º 4** desde el de control encargado de la transferencia automática hasta el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**.

Esta acometida eléctrica debe responder a las condiciones diferentes de trabajo, las cuales serán las del equipo, que son:

Tensión de línea: 480V

Tensión de fase: 277V

Potencia (kVA): 41,6

Usando la ecuación EC. 2 se tiene que: $I(A) = 50,10 A$

Se debe tener un factor de seguridad de 1.25 veces el valor nominal, por lo cual, el valor nominal de la corriente a ser estimada es de 62,62 A.

Se considera el mismo criterio de seguridad que en el caso anterior, por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

Tabla 4.11 Conductor de cobre para acometida N.º 4

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	2	600 v	Cobre	7	75°C	130

O su equivalente en Aluminio

Tabla 4.12 Conductor de aluminio para acometida N.º 4

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	1/0	600 v	Aluminio	7	75°C	135

Protecciones eléctricas requeridas: Se requerirá protecciones mediante interruptores termomagnéticos (breakers) para proteger conductores y equipos a instalar, se deberá instalar protecciones de acuerdo con el esquema que se muestra en la figura 4.

De acuerdo con el siguiente diagrama se requiere de tres protecciones termomagnéticas la cuales se muestran en tabla 4.13.

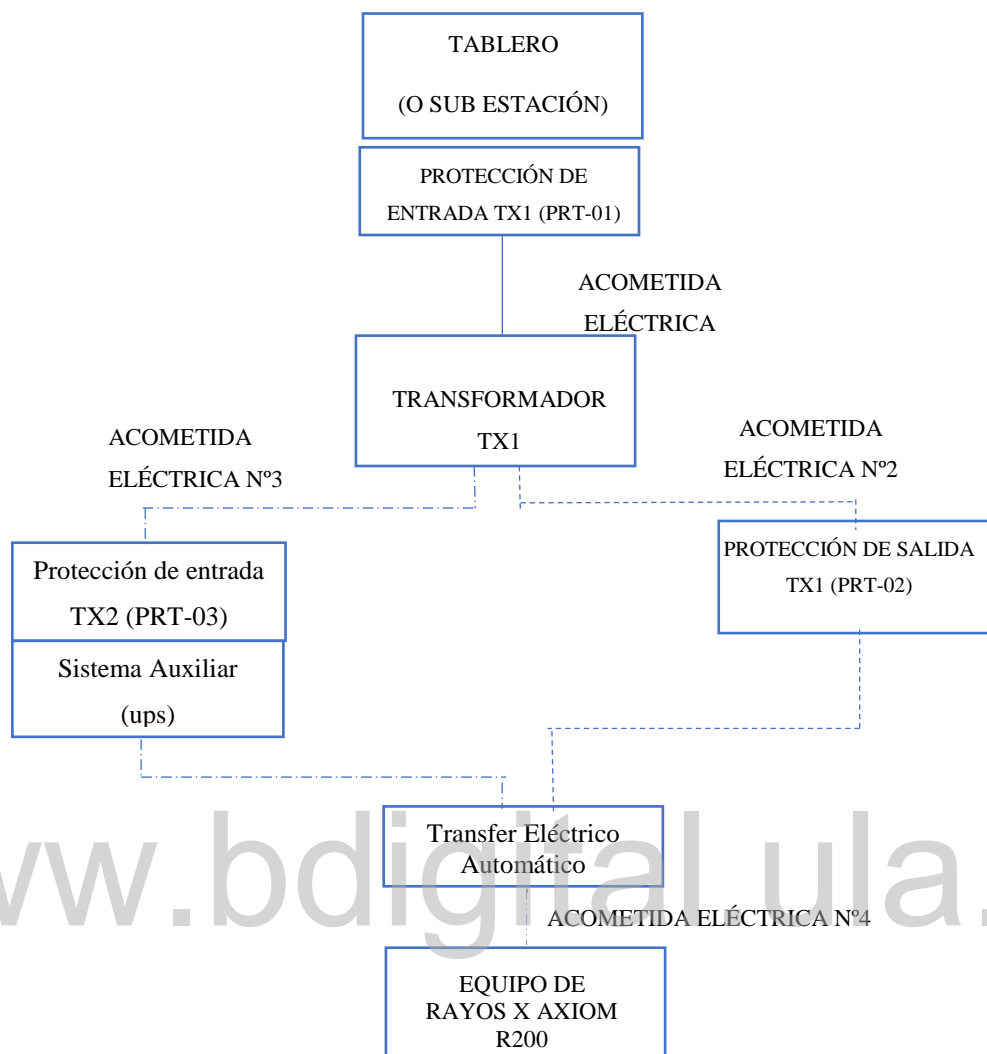


Figura 4.1 Diagrama en bloque de instalación de protecciones

Tabla 4.13 Protecciones termomagnéticas

Protecciones Recomendadas (Breakers)				
Lugar de instalación	Corriente	Tensión	Tipo	NOMBRE
Entrada del transformador	130 A	220 V	TEB	PRT-01
Salida del transformador	70 A	480 V	TEB	PRT-02
Entrada al transformador del sistema Auxiliar	70 A	480V	TEB	PRT-03

Materiales eléctricos Faltantes: Se solicitará varios componentes eléctricos los cuales son indispensables para la interconexión de la red eléctrica principal con el transformador de distribución y el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, luego de los cálculos métricos se obtuvo la siguiente lista de componentes requeridos.

Tabla 4.14 Lista de materiales eléctricos

ítem	Descripción	cantidad	Unidad
1	Conductor de cobre THHN, calibre 2 AWG, 7 hilos 75°C	100	m
2	Conductor de cobre THHN, calibre 6 AWG, 7 hilos 75°C	15	m
3	Interruptor termomagnético 3p, 130 A, caja moldeada, tipo TEB	1	pieza
4	Interruptor termomagnético 3p, 70 A, caja moldeada, tipo TEB	2	pieza
5	Conector a compresión tipo barracuda o similar 1 ojo, para conductor calibre 2 AWG	12	pieza
6	Conector mecánico ks-29 para conductor (2 a 2) AWG bimetálico	8	pieza
7	Tornillo de máquina galvanizado d=1/4" con tuerca	8	pieza
8	Tubería metálica flexible d=2" para adosar en pared	6	m
9	Conector para cajetín d=2" EMT (para conectar tubería flexible)	4	pieza
10	Tubería metálica flexible d=1 1/2" para adosar en pared	4	m
11	Conector para cajetín d=1 1/2" EMT (para conectar tubería flexible)	1	pieza
12	Anillo d=1 1/2" EMT (para conectar tubería flexible con la existente)	1	pieza

4.2.4 Medir a tensión reducida a circuito abierto

Se conecta el transformador a un nivel de tensión inferior a la nominal en el bobinado de baja tensión luego se mide con la ayuda de un voltímetro en el bobinado de alta tensión, con esto podemos verificar que la relación de transformación se estaría cumpliendo es decir que los datos de voltajes dados en la placa del transformador se estarían entregando, en la figura 4.1 se muestra la conexión.

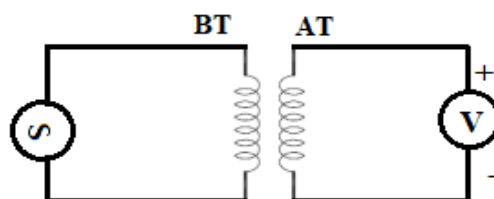


Figura 4.2 Conexión a tensión reducida

4.2.5 Instalación de transformador de distribución

Al tener los componentes eléctricos solicitados se debe conectar la protección trifásica entre la red disponible y la entrada al transformador en tensión 120 V, luego de la salida del transformador se deriva a dos protecciones en niveles de tensión de 480 V, uno de ellos va a alimentar el sistema auxiliar que tiene un transformador morocho, uno de los cuales energiza la parte de carga de baterías del ups, el otro va en la salida de ups para estar conectado en el tablero de control, el otro breaker es para proteger la entrada del transformador principal, de este breaker sale un cable de alimentación el cual será la principal toma para energizar el equipo médico, después de realizar los empalmes e interconexiones se revisará todo con detenimiento de que haya quedado en óptimas condiciones, por último se encenderá el equipo médico para realizar la prueba de funcionamiento.

4.2.6 Instalación del equipo médico

Luego de los ensayo y pruebas de funcionamiento del transformador de distribución General Electric, se deberá realizar la instalación del equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** para ponerlo en servicio al Instituto Autónomo Hospital Universitario Los Andes, para realizar las conexiones se recomienda utilizar, el manual dado por el fabricante Siemens, de igual forma para la instalación de las acometidas se hace la recomendación de utilizar el diagrama de la figura 4.3 y figura 4.4 siendo esta la vista lateral de la instalación.

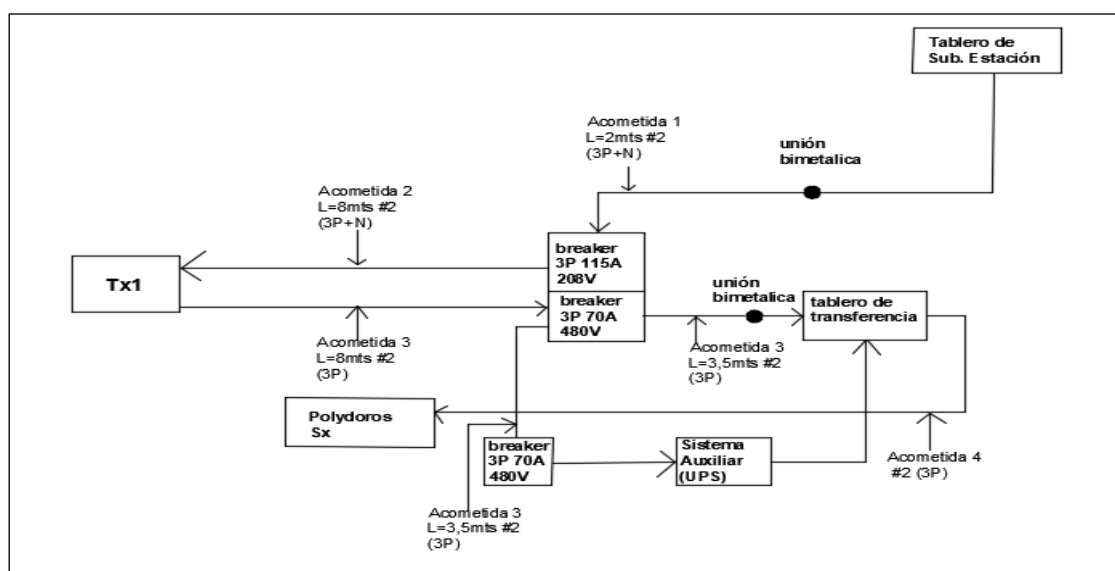


Figura 4.3 Esquema de referencia para interconexión

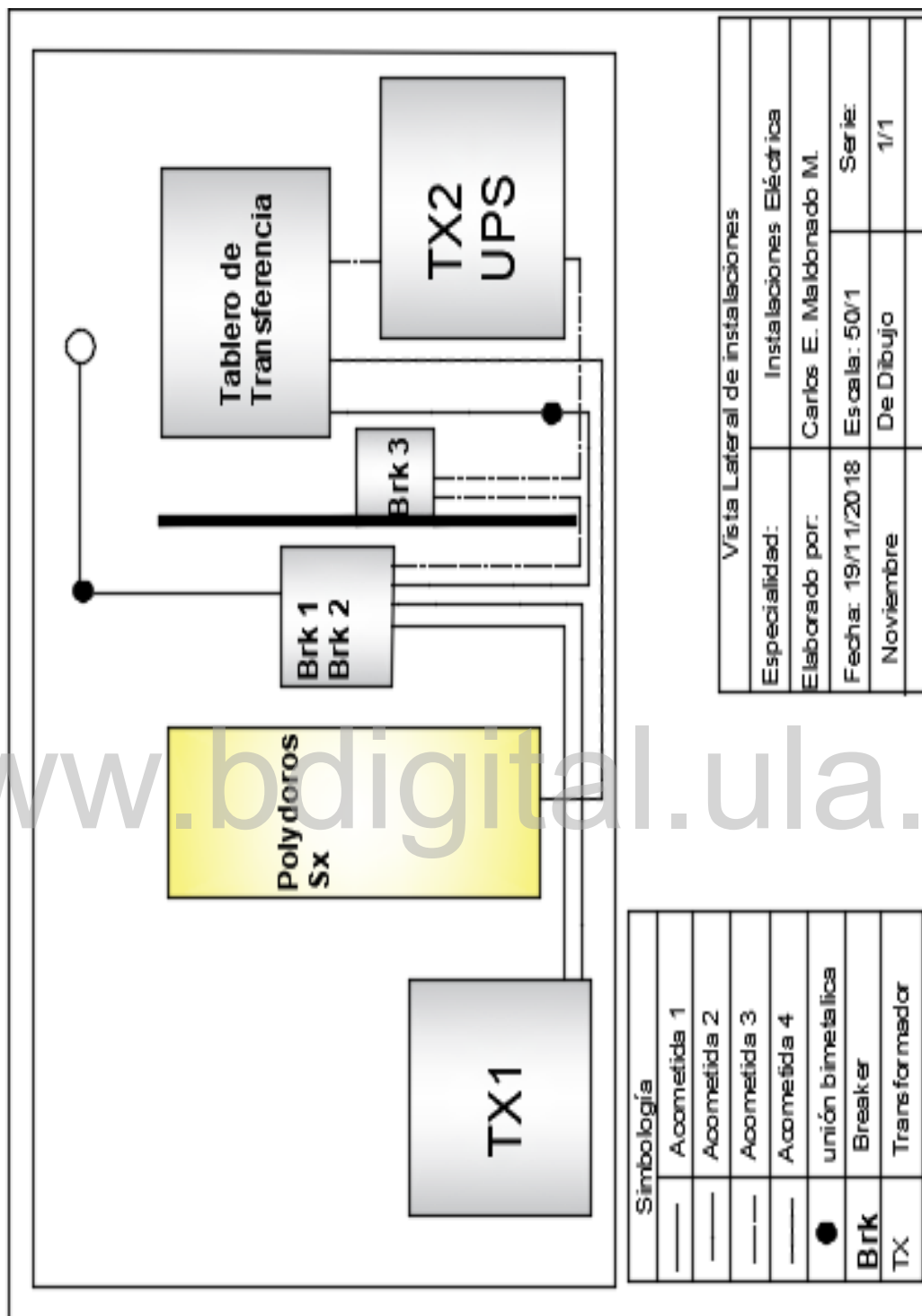


Figura 4.4 Esquema de interconexión vista lateral

Plano de planta: En el plano de la figura 4.5 se muestra una vista de donde está ubicado el área de instalación del equipo médico, siendo un bosquejo en general de toda la interconexión de los equipos que ahí se encuentran.

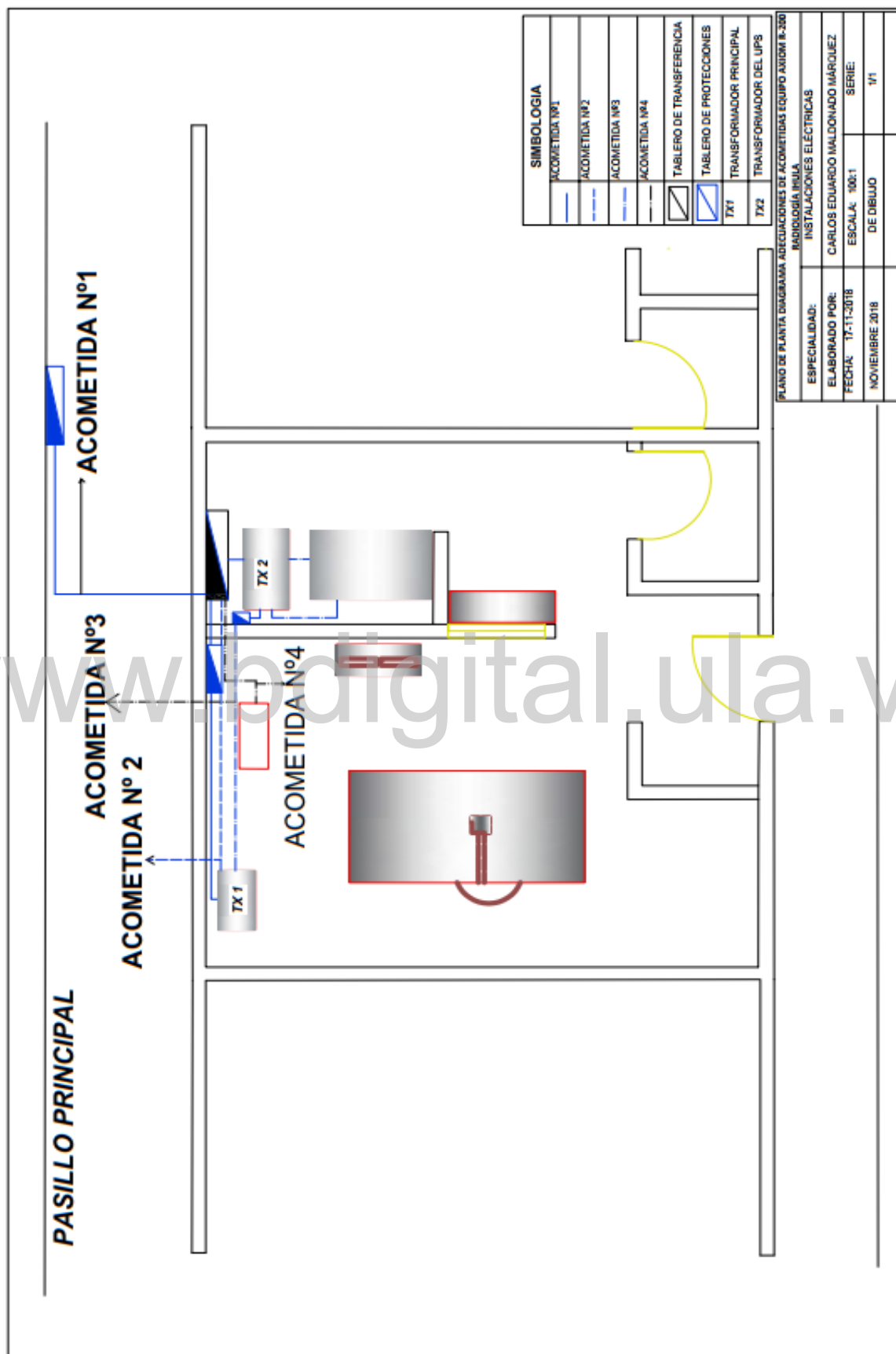


Figura 4.5 Plano de planta

CONCLUSIONES

Los centros hospitalarios de la red pública prestan servicio de diagnóstico por imagen, atendiendo a los pacientes por consulta general y por emergencia que requieren de una evaluación precisa de su estado de salud, para ello requieren y utilizan equipos médicos avanzados, siendo necesario que los mismos se encuentren en buen estado de uso y funcionamiento.

Dado que el transformador disponible solo disponía de las tres fases con la tierra, careciendo del neutro para complementar los requerimientos de conexión, se analizaron varias soluciones, las cuales consistían en modificar las conexiones de fábrica del transformador de manera que se pudiera obtener el voltaje requerido en la salida con las tres fases y el neutro. Luego de una investigación más a fondo de los planos eléctricos del equipo médico y asesoría por parte de un ingeniero especialista en el área, se llegó al resultado que era posible la alimentación del equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, con el transformador de distribución disponible, la cual se rige por la norma **IEC, 60601-1** que especifica que los equipos médicos europeos requieren 3Polos+Neutro+Tierra en la entrada de alimentación de estos. Por lo que, al momento de verificar la conexión interna del equipo médico con la ayuda de un multímetro digital, se pudo determinar que la conexión de neutro no presentaba ningún tipo de derivación que hiciera uso de ella, por lo tanto, no utiliza tensión del nivel de 277 voltios, es decir, que solo requiere la tensión de 480 voltios y la conexión a tierra para su debida protección.

El transformador cumple con las necesidades para realizar la conexión y poder poner en funcionamiento el equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**. Aunado a ello, se estableció un protocolo de prueba y de instalación para su activación, elaborando igualmente un informe detallado con los cálculos métricos y planos que servirán de referencia.

REFERENCIA

- [1] J. M. G. R., «documentslides,» noviembre 2014. [En línea]. Available: https://documentslides.org/the-philosophy-of-money.html?utm_source=siemens-axiom-icnos-2000-espanol. [Último acceso: 15 septiembre 2018].
- [2] c. d. wikipedia, «wikipedia,» la enciclopedia libre, 28 9 2018. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Transformador&oldid=110929497>. [Último acceso: 02 10 2018].
- [3] V. T. G. O., «monografia,» 23 01 2010. [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos78/tipos-transformadores-trifasicos/tipos-transformadores-trifasicos.shtml>. [Último acceso: 23 9 2018].
- [4] C. d. Wikipedia, «wikipedia,» la enciclopedia libre, 13 9 2018. [En línea]. Available: : https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_alimentaci%C3%B3n_ininterrumpida&oldid=111261517. [Último acceso: 20 9 2018].
- [5] c. d. wikipedia, «wikipedia,» la enciclopedia libre, 15 05 2018. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Disyuntor&oldid=107813934>. [Último acceso: 23 09 2018].
- [6] H. Sanchez, «Prezi,» 09 04 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/4tcir40z-hdj/conmutadores-y-fuentes-de-voltaje/>. [Último acceso: 27 10 2018].
- [7] R. Gonzales, «scribd,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/168900967/Tableros-de-Potencia>. [Último acceso: 27 10 2018].

- [8] C. d. wikipedia, «wikipedia,» la enciclopedia libre, 06 08 2018. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cable&oldid=111174978>. [Último acceso: 25 09 2018].
- [9] c. d. e. d. venezuela, «sencamer,» 1997. [En línea]. Available: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/159-97.pdf>. [Último acceso: 25 09 2018].
- [10] «caspianing,» [En línea]. Available: <http://caspianing.com/producto/tablero-de-control-y-potencia/>. [Último acceso: 28 10 2018].

www.bdigital.ula.ve

ANEXO

Informe entregado a las autoridades del Instituto Autónomo Hospital Universitario de Los Andes, en el cual se especifica la solución y las recomendaciones técnicas

www.bdigital.ula.ve



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

FECHA: Mérida 20 de noviembre del 2018

Para: Dr. Pedro Pablo Ramírez

De: Br. Carlos Eduardo Maldonado M.

ASUNTO: Realizar instalación de tablero de potencia y cambio de transformador de distribución por otro dejando los dos en correcto estado de funcionamiento.

ANTECEDENTES:

En el **Instituto Autónomo Hospital Universitario los Andes**, se cuenta con un equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, el cual fue donado por el estado hace más de 8 años, siendo ubicado en la unidad de radiología general en la habitación C del mencionado departamento, este equipo no se ha podido poner en uso, debido a que a pesar de que se realizó su instalación física, no se efectuó su puesta en marcha, por lo cual el IAHULA, realizó la solicitud de apoyo para la activación del equipo médico.

SITUACIÓN ACTUAL:

Luego de varias visitas al área donde se encuentra el equipo de rayos X y de realizar estudios sobre las necesidades eléctricas para la activación del equipo médico, se logró constatar que el

transformador de distribución que se encuentra disponible es capaz de poner en marcha al equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, luego de la lectura de los planos e inspección de los circuitos internamente, con la asesoría del ingeniero electricista Jhon Díaz, especialista en el área.

Tabla N°1 Datos de placa Transformador Disponible (TX1).

Baja tensión	208 voltios de línea, 120 voltios de fase
Alta tensión	480 voltios de línea con un tap variable de 12 voltios que va de (432 a 504) voltios
Potencia	112.5 KVA a 60 Hz

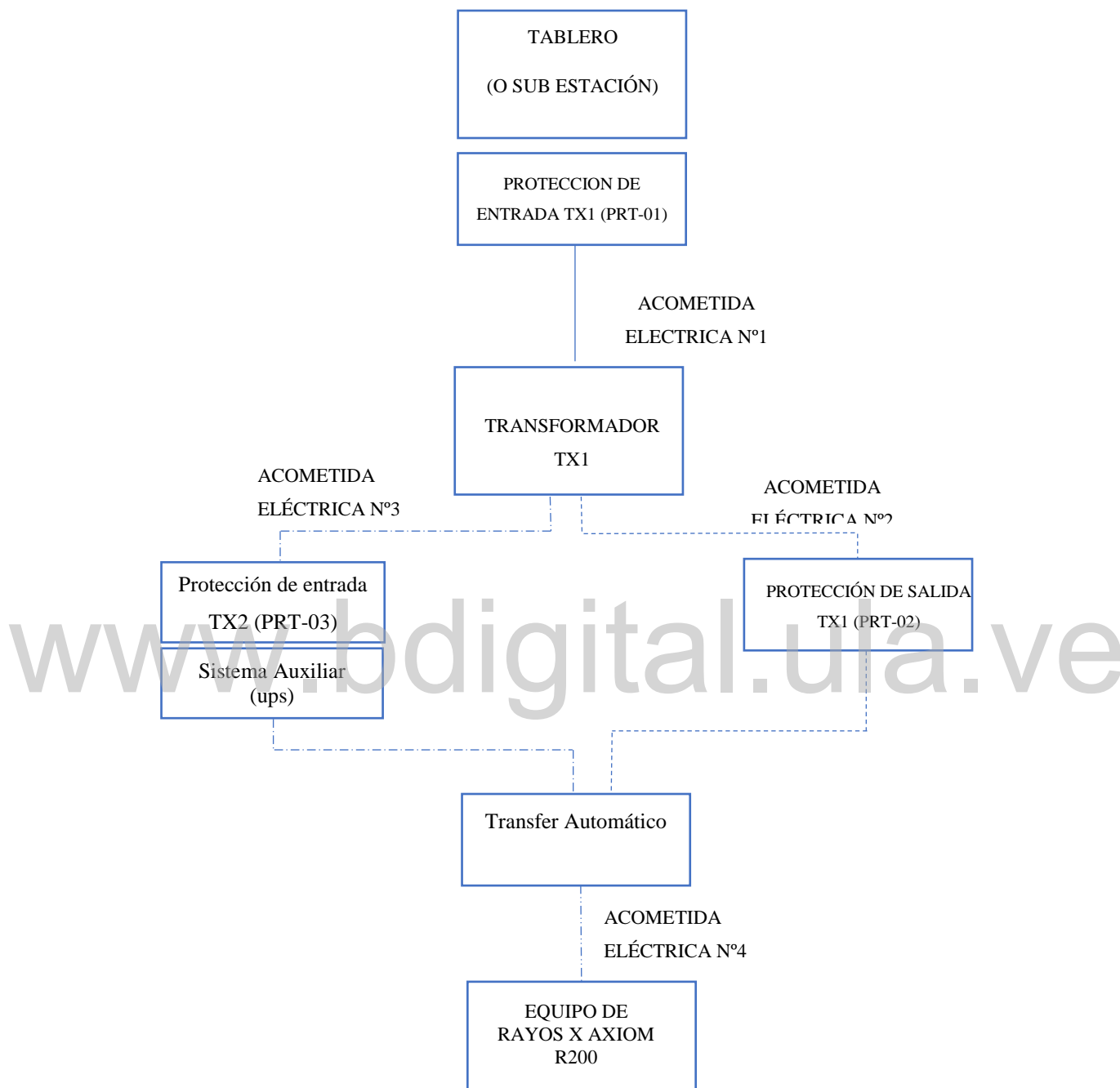
Luego de la realización de revisiones y análisis de los transformadores de distribución, documentación y normas relacionadas, se determinó que el equipo médico responde al funcionamiento por normas europeas, las IEC, 60601-1, las cuales tienen como requisito primordial que todo equipo médico deberá contar con cuatro líneas de entrada más la conexión a tierra, es decir, 3 polos, Neutro más la conexión a tierra mencionada con anterioridad.

OBSERVACIONES.

Luego de la inspección en el área de la unidad de radiología general a los equipos que se encuentran en el recinto, se determinó que es viable la activación del equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200**, con el transformador de distribución disponible en el área (el cual denominamos TX1 anteriormente), ello mediante la realización de algunas adecuaciones técnicas en los cableados e instalación de acometidas, las cuales proporcionarán la energía necesaria para tal fin.

A continuación, se presenta un diagrama en el cual se plantea la interconexión ideal entre los equipos existentes y tableros, teniendo en cuenta los tableros y protecciones.

Diagrama N°1 Esquema de interconexión entre equipos.



Dentro de las adecuaciones a realizar se encuentran las siguientes:

1.- Instalación de acometida N°.1.- Se realiza el cálculo e Instalación de una acometida de conductores adecuados para el funcionamiento del transformador de distribución seleccionado, esta acometida se denominará **Acometida N°. 1** (desde el tablero de distribución ubicado en el

pasillo principal y que se alimenta con el transformador de distribución principal de la Sub estación) hasta la alimentación del transformador TX1.

Esta acometida eléctrica debe responder a las condiciones iniciales de demanda (trabajo) del equipo que son:

Tensión de línea: 208V

Tensión de fase: 120V

Potencia del TX1 (kVA): 112,5

Potencia consumida por el equipo médico (kVA): 41,6

Ya que $P(kVA) = V * I * 1,73 * \cos \phi$

Por tanto, deberán tener una capacidad de corriente de:

$$I(A) = \frac{P(kVA)}{V * 1,73 * \cos \phi}$$

Entonces se tiene que el consumo por parte del TX1 sería:

$$I(A) = 312,64 \text{ Amperios}$$

El consumo real del equipo médico sería

$$I(A) = 115,61 \text{ Amperios}$$

Aun cuando se debe tener un factor de seguridad de 1.25 veces el valor nominal, con lo que este sería de 144,51 A, en el caso actual se estima un factor de seguridad de + o -15 Amperios, ya que este equipo no presenta arranques abruptos que puedan generar variaciones considerables de corrientes, así mismo, la capacidad nominal del consumo del equipo ya posee un factor de seguridad, por cuanto, se aproxima el conductor calculado por capacidad de corriente al conductor THHN número 2 AWG.

Por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	2	600 v	Cobre	7	75°c	130

O su equivalente en Aluminio

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	1/0	600 v	Aluminio	7	75°c	135

2.- Instalación de acometida N°.2. Se calcula una acometida que se denominará **Acometida N°.2** desde el transformador TX1 hasta el tablero de control encargado de la transferencia automática.

Esta acometida eléctrica debe responder a las condiciones diferentes de trabajo, las cuales serán las del equipo, que son:

Tensión de línea: 480V

Tensión de fase: 277V

Potencia (kVA): 41,6

Ya que $P(kVA) = V * I * 1,73 * \cos \phi$

Por tanto, deberán tener una capacidad de corriente de:

$$I(A) = \frac{P(kVA)}{V * 1,73 * \cos \phi}$$

Entonces se tiene que:

$$I(A) = 50,10 \text{ Amperios}$$

Se debe tener un factor de seguridad de 1.25 veces el valor nominal, por lo cual, el valor nominal de la corriente a ser estimada es de 62,62 A.

Se considera el mismo criterio de seguridad que en el caso anterior, por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	6	600 v	Cobre	7	75°C	75

O su equivalente en Aluminio

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	4	600 v	Aluminio	7	75°C	75

Debido a la cercanía a la Sub Estación de energía Eléctrica ubicada en las inmediaciones área de rayos X del IAHULA, se desprecia la caída de tensión de los mismos.

En el sitio de la instalación del equipo se encuentra una acometida eléctrica preinstalada de conductor **calibre #2 AWG** por lo que se recomienda continuar con este mismo calibre de conductor para la acometida número 2.

Por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	2	600 v	Cobre	7	75°C	130

O su equivalente en Aluminio

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	1/0	600 v	Aluminio	7	75°C	135

3.- Instalación de acometida N.º 3. Se calcula una acometida que se denominará **Acometida N.º 3** desde el transformador TX1 al sistema auxiliar, luego hasta el tablero de control encargado de la transferencia automática.

Esta acometida eléctrica debe responder a las condiciones diferentes de trabajo, las cuales serán las del equipo, que son:

Tensión de línea: 480V

Tensión de fase: 277V

Potencia (kVA): 41,6

Ya que $P(kVA) = V * I * 1,73 * \cos \phi$

Por tanto, deberán tener una capacidad de corriente de:

$$I(A) = \frac{P(kVA)}{V * 1,73 * \cos \phi}$$

Entonces se tiene que:

$$I(A) = 50,10 \text{ Amperios}$$

Se debe tener un factor de seguridad de 1.25 veces el valor nominal, por lo cual, el valor nominal de la corriente a ser estimada es de 62,62 A.

Se considera el mismo criterio de seguridad que en el caso anterior, por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	6	600 v	Cobre	7	75°c	75

O su equivalente en Aluminio

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	4	600 v	Aluminio	7	75°c	75

Debido a la cercanía a la Sub Estación de energía Eléctrica ubicada en las inmediaciones área de rayos X del IAHULA, se desprecia la caída de tensión de estos.

En el sitio de la instalación se encuentra una preinstalación de alimentación para el equipo de cable **calibre 2 AWG** por lo que se sugiere seguir con este mismo calibre para la acometida número 2.

Por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	2	600 v	Cobre	7	75°C	130

O su equivalente en Aluminio

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	1/0	600 v	Aluminio	7	75°C	135

4.- Instalación de acometida N.º 4. Se calcula una acometida que se denominará **Acometida N.º 4** desde el de control encargado de la transferencia eléctrica automática hasta el equipo médico **AXIOM Iconos R200**.

Esta acometida eléctrica debe responder a las condiciones diferentes de trabajo, las cuales serán las del equipo, que son:

Tensión de línea: 480V

Tensión de fase: 277V

Potencia (kVA): 41,6

Ya que $P(kVA) = V * I * 1,73 * \cos \phi$

Por tanto, deberán tener una capacidad de corriente de:

$$I(A) = \frac{P(kVA)}{V * 1,73 * \cos \phi}$$

Entonces se tiene que:

$$I(A) = 50,10 \text{ Amperios}$$

Se debe tener un factor de seguridad de 1.25 veces el valor nominal, por lo cual, el valor nominal de la corriente a ser estimada es de 62,62 A.

Se considera el mismo criterio de seguridad que en el caso anterior, por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	6	600 v	Cobre	7	75°C	75

O su equivalente en Aluminio

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	4	600 v	Aluminio	7	75°C	75

Debido a la cercanía a la subestación de energía eléctrica ubicada en las inmediaciones área de rayos X del IAHULA, se desprecia la caída de tensión de estos.

En el sitio de la instalación se encuentra una preinstalación de alimentación para el equipo de cable **calibre 2 AWG** por lo que se sugiere seguir con este mismo calibre para la acometida número 2.

Por consiguiente, corresponde el siguiente conductor:

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHN	2	600 v	Cobre	7	75°C	130

O su equivalente en Aluminio

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE AWG	VOLTAJE NOMINAL	MATERIAL DE FABRICACIÓN	NUMERO DE HILOS	TEMPERATURA	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
THHW	1/0	600 v	Aluminio	7	75°C	135

5.- Instalación de protecciones eléctricas. - Instalación de protecciones mediante interruptores termomagnéticos (breakers) para proteger los conductores y equipos a instalar. En cuanto a las

protecciones a instalar, se deberá instalar protecciones de acuerdo con el esquema planteado en la pagina 3:

Protecciones Recomendadas (Breakers)				
Lugar de instalación	Corriente	Tensión	Tipo	NOMBRE
Entrada del trasformador	130 A	220 V	TEB	PRT-01
Salida del trasformador	70 A	480 V	TEB	PRT-02
Entrada al transformador del sistema Auxiliar	70 A	480V	TEB	PRT-03

Las adecuaciones para realizar se corresponden con el Plano que se encuentra en anexos diagrama n°2.

Recomendaciones:

1. Se recomienda la adquisición de los distintos materiales a ser estimados en la realización de las adecuaciones, los cuales se presentan a continuación:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	CONDUCTOR DE COBRE THHN, CALIBRE 2 AWG, 7 HILOS 75°C	100	m
2	CONDUCTOR DE COBRE THHN, CALIBRE 6 AWG, 7 HILOS 75°C	15	m
3	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P, 130 A, CAJA MOLDEADA, TIPO TEB	1	pieza
4	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3P, 70 A, CAJA MOLDEADA, TIPO TEB	2	pieza
5	CONECTOR A COMPRESIÓN TIPO BARRACUDA O SIMILAR 1 OJO, PARA CONDUCTOR CALIBRE 2 AWG	12	pieza
6	CONECTOR MECÁNICO KS-26 PARA CONDUCTOR (2 A 2/0) AWG BIMETÁLICO	8	pieza
7	TORNILLO DE MAQUINA GALVANIZADO D=1/4" CN TUERCA	8	pieza
8	TUBERÍA METÁLICA FLEXIBLE D=2" PARA ADOSAR EN PARED	6	m
9	CONECTOR PARA CAJETIN D=2" EMT (PARA CONECTAR TUBERÍA FLEXIBLE)	4	pieza

10	TUBERÍA METÁLICA FLEXIBLE D=1 1/2" PARA ADOSAR EN PARED	4	m
11	CONECTOR PARA CAJETIN D=1 1/2" EMT (PARA CONECTAR TUBERÍA FLEXIBLE)	1	pieza
12	ANILLO D=1 1/2" EMT (PARA CONECTAR TUBERÍA FLEXIBLE CON LA EXISTENTE)	1	pieza

2. Realización de Medición de las salidas del transformador de distribución, para de esta manera constatar los niveles de tensión entregados por él y su óptimo funcionamiento.
3. Conectar transformador al equipo de rayos X Siemens, **AXIOM Iconos R200** para ponerlo en funcionamiento utilizando de referencia el diagrama N°3 que se encuentra al final del informe
4. La conexión de puesta a tierra debería al menos tener un cable de calibre N. ° 6 AWG si es de cobre el conductor y de calibre N. ° 4 AWG si es de aluminio el conductor, según las normas **COVENIN Tabla 250.122.**

www.bdigital.ula.ve

ANEXOS

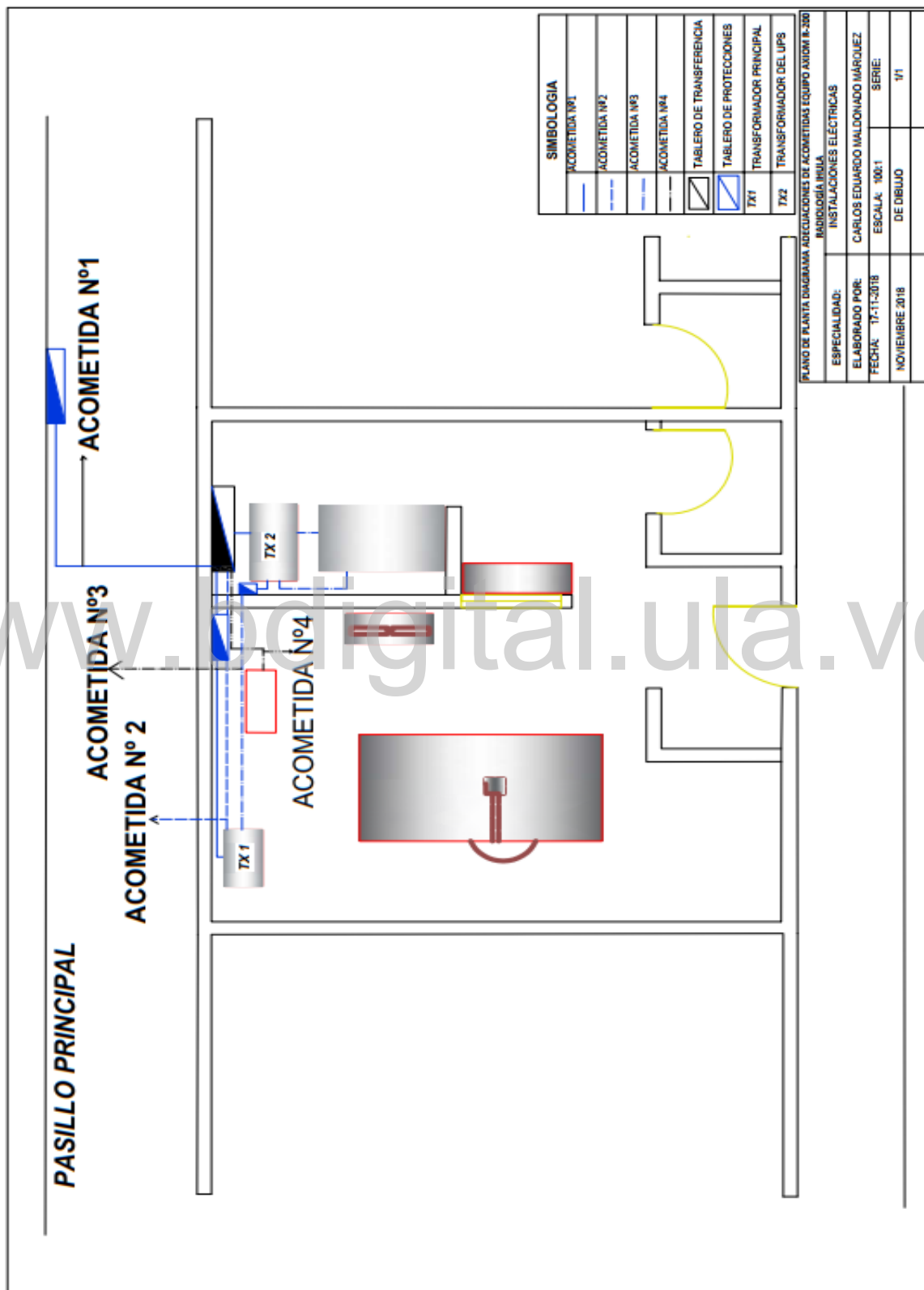


Diagrama N°2 Plano de planta

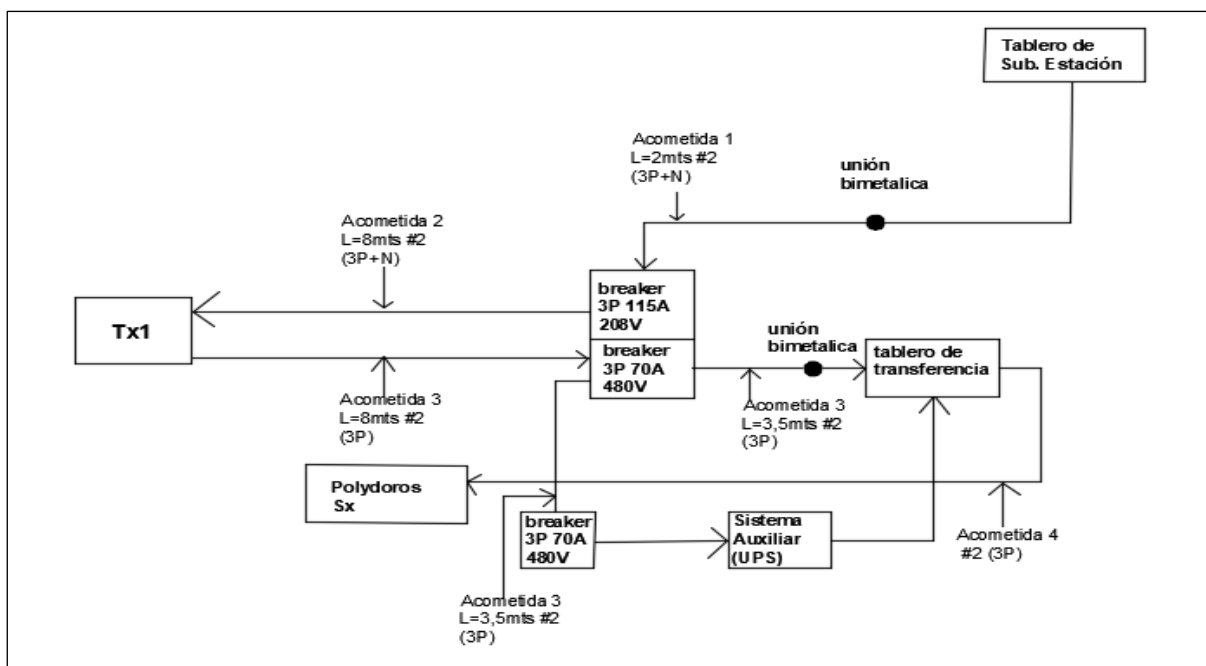


Diagrama N°3 Esquema de referencia para interconexión entre equipos

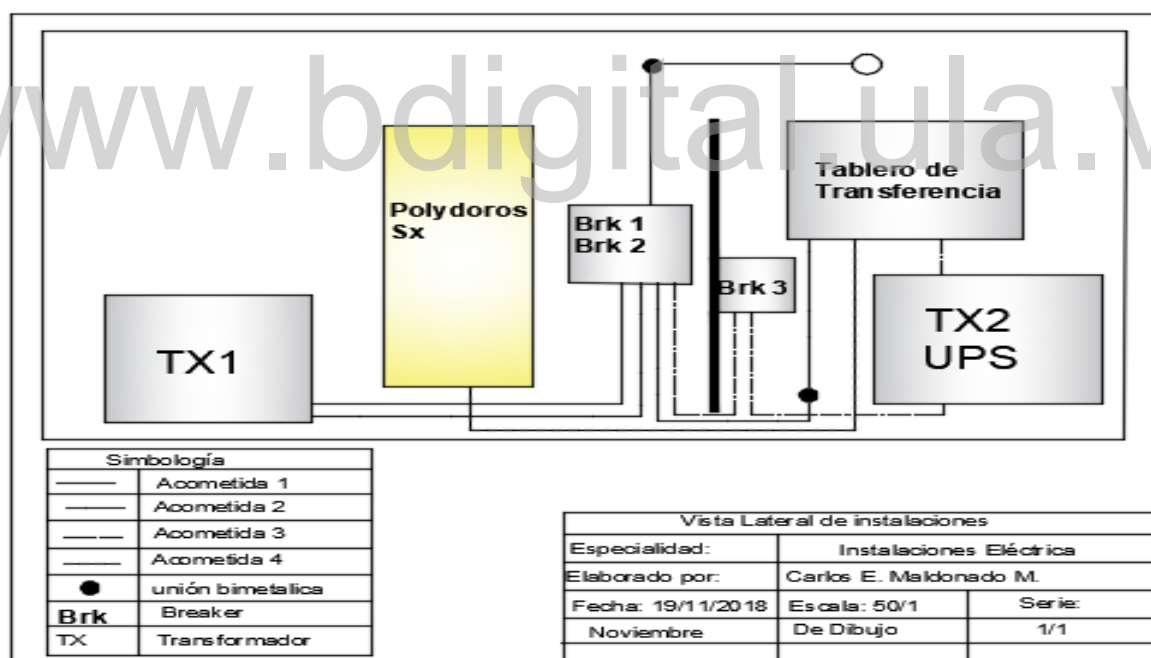


Diagrama N°4 vista lateral de interconexión

BR. CARLOS E. MALDONADO M.
TESISTA ING ELÉCTRICA

Vo. Bo. Ing. Eduardo Contreras