

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**DISEÑO FOTOVOLTAICO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

SANTOS ADOLFO CHAVARRIA DE PAZ

HENRY ALEXANDER ZEPEDA MARÍN

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIA GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

PHD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR INTERNO:

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título :

**DISEÑO FOTOVOLTAICO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA DE LA FACULTAD MULTIDICIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

Presentado por :

**SANTOS ADOLFO CHAVARRIA DE PAZ
HENRY ALEXANDER ZEPEDA MARÍN**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS

San Salvador, Noviembre de 2019

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios primero por darme la salud, fortaleza y perseverancia para poder terminar este logro.

A mis padres Ascensión del Carmen de Paz de Chavarría y Santos Adolfo Chavarría Hernández por todo el esfuerzo y ser mi apoyo siempre en cada momento que lo necesito, por haber confiado en mí y darme la oportunidad de estudiar y así poder cumplir este logro en mi vida.

A mi abuelo Manuel Antonio Muñoz por el apoyo que me ha brindado durante la carrera.

A mis hermanos que en todo momento estuvieron apoyándome para poder seguir adelante y así poder culminar este logro.

A Génesis Chavarría de Paz por ser una de las personas en mi vida que me ha dado la fortaleza para poder seguir adelante y no decaer en todo este tiempo de la carrera.

A mi abuela Leonor de Paz por todo su apoyo y consejos que me ha brindado.

A niña reinita por el apoyo y la buena atención que me ha brindado en todo este tiempo de mi carrera.

A cada uno de mis amigos que me han dado su apoyo en cada momento.

Santos Adolfo Chavarría de Paz

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al creador que sin él todo esto no estuviera sucediendo, a la fuerza que decidió que habitara en cada ser para enfrentar las dificultades de este universo.

A mi madre Guadalupe y padre Roberto quienes en todo momento de mi vida estuvieron dispuestos a apoyarme y los cuales depositaron su confianza en mí para salir triunfante y culminar esta carrera.

A mi tía Ángela quien mostró su apoyo en todo momento y fue fortaleza en los momentos de retos y aprendizaje.

De igual manera a mi prima Rosalía quien fue apoyo y aliento como si de una hermana se tratase que cuida, provee de valentía y astucia en situaciones que fueron en su momento desconocidas para mí.

Agradezco a mis familiares y amigos quienes siempre dando la mejor de sus sonrisas y palabras fueron fraternidad y confianza.

En especial agradecimiento a niña Reinita, quien además de demostrar su amistad y fe en cada uno de los estudiantes, fue quien más se preocupó y veló por todos nuestros procesos se llevarán a cabo de la mejor manera.

En especial agradecimiento a la empresa ENSOSAL S.A. de C.V. y sus representantes Ing. Ruddy, Lic. Margarita y Lic. Fernando, quienes siempre mostraron su apoyo para poder finalizar mis estudios y mostraron apoyo en mi formación profesional y personal.

A los amigos Juancito y Posada, quienes siempre fueron amenos en el trato con los estudiantes y mostraron apoyo en momentos difíciles en los años universitarios.

Agradecimientos a todos los compañeros durante la carrera con los cuales tuve la dicha de batallar junto a ellos.

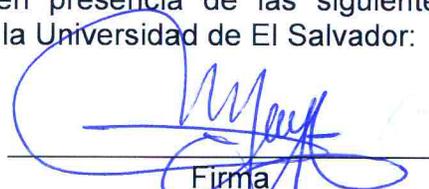
Gracias a todas las personas que directa o indirectamente fueron parte de este proyecto.

Henry Alexander Zepeda Marín

NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, jueves 7 de noviembre de 2019, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 4:00 p.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Armando Martínez Calderón
Director



Firma

2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario



Firma

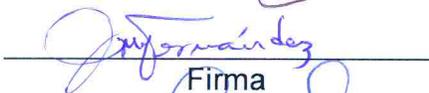
Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS
(Docente Asesor)



Firma

- ING. JOSE MIGUEL HERNANDEZ



Firma

- ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNANDEZ



Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

A cargo de los Bachilleres:

- CHAVARRIA DE PAZ SANTOS ADOLFO

- ZEPEDA MARÍN HENRY ALEXANDER

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.6

(Ocho punto seis.)

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	6
GENERAL.....	6
ESPECIFICO.....	6
ALCANCES.....	7
ANTECEDENTES.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
JUSTIFICACION.....	11
CAPITULO I.....	11
1.DISEÑO FOTOVOLTAICO.....	11
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION:	11
1.2 MARCO TEORICO:	13
1.3 ESTUDIO DEL CAMPO DE TRABAJO.....	16
1.3.1 DESCRIPCION DE LA INSTALACION:	16
1.4 DISEÑO FOTOVOLTAICO PARA CADA EDIFICIO:	17
1.4.1 CRITERIO PARA DISEÑO Y ELECCIÓN DE EQUIPO:.....	17
1.5 ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS A USAR.....	18
1.5.1 INVERSOR:	18
1.5.2 PANEL SOLAR.....	21
1.5.3 EQUIPO DE COMUNICACIÓN:	22
1.6 ANALISIS TECNICO:.....	23
1.6.1 CALCULO PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO:.....	24
1.7 DISEÑO PARA EL EDIFICIO BIBLIOTECA CENTRAL.....	25

1.8 DISEÑO PARA EL EDIFICIO DE MEDICINA I.....	27
1.9 DISEÑO PARA EL EDIFICIO DE MEDICINA II:	29
1.10 DISEÑO PARA EL EDIFICIO NUEVO DE INGENIERIA Y ARQUIT.....	32
1.11 RESUMEN GENERAL DE LAS INSTALACIONES EN LA FMO.....	34
1.12 COSTOS DEL SISTEMA.....	34
1.13 DETALLE DE PRECIOS POR WATT INSTALADO	37
1.14 PRODUCCION DEL SISTEMA.....	38
1.15 AHORRO ENERGETICO.....	39
CAPITULO 2.....	41
2.1 CONFIGURACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCION.....	41
2.2 CONFIGURACIÓN RADIAL.....	41
2.3 CONFIGURACIÓN EN ANILLO	41
2.4 CONFIGURACIÓN EN ANILLO CON DOS FUENTES DE ALIMENTACIÓN.....	43
2.5 CONFIGURACIÓN EN ANILLO CON UNA FUENTES DE ALIMENTACIÓN.....	43
2.6 CONFIGURACIÓN EN ANILLO CON TRES FUENTES DE ALIMENTACIÓN.....	44
2.7 EQUIPOS ELECTRICOS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	44
2.8 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.....	44
2.9 TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL.....	45
2.10 TRANSFORMADOR DE PEDESTAL TIPO EN ANILLO.....	45
2.11 INTERRUPTOR DE DISTRIBUCIÓN SWITCHGEAR.....	47
2.11.1 SEGURIDAD.....	49
2.11.2 MANTENIMIENTO.....	49
2.11.3 FIABILIDAD	49
2.11.4 FACILIDAD DE USO.....	48
2.11.5 PERSONALIZACIÓN.....	49

2.11.6 COMPACIDAD.....	49
2.12 SFC. UNIDAD CON INTERRIPTOR SECCIONADOR Y FUSIBLE.....	50
2.13 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE PARA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN EN MEDIA TENSIÓN.....	52
2.13 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN EN MEDIA TENSIÓN.....	53
2.14 MEDICION EN BAJA TENSION.....	54
2.15 FUSIBLES.....	57
2.16 ACCESORIOS PARA EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA.....	58
2.17 TRANSICIONES DE LÍNEA ÁEREA A SUBTERRANEA.....	59
2.18 DERIVADOR MULTIPLE.....	60
2.19 TERMINALES EN SISTEMAS DE 200A.....	62
2.20 CABLE DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN.....	63
2.21 EL CONDUCTOR.....	65
2.22 OBRA CIVIL.....	71
2.23 POZOS DE REGSITRO.....	71
2.24 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN DE LOS.....	72
2.25 CANALIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN.....	73
2.26 TENSIONES Y LONGITUD MÁXIMA DE JALADO.....	74
2.27 RECOMENDACIONES.....	75
2.28 GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO DE ELÉCTRICO DE LA RED PRIMARIA SUBTERRÁNEA.....	86
CAPITULO 3.....	97
3.1 CARACTERISTICAS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA.....	97
3.3 EQUIPO DE MEIDCIÓN.....	97

3.4 RESUMEN DE PERFILES DE CARGA DE LOS TRANSFORMADORES DE LA FACULTAD.	98
CAPITULO 4.....	122
4.1 PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA RED SUBTERRÁNEA.....	122
4.2 CALCULO DEL ALIMENTADOR.....	123
4.3 TENSIONES DE JALADO	124
4.4 DISTRIBUCIÓN DE RED ELÉCTRICA SECUNDARIA.....	130
4.5 EFECTOS A LA RESISTENCIA ALTERNA EN EL CABLE.....	132
4.6 IMPEDNACIA DE SECUENCIA CERO.....	139
4.7 ESTUDIO DE FALLAS.....	143
4.8 PROTECCIONES EN LOS DERIVADORES.....	148
4.9 COORDINACIÓN ENTRE FUSIBLES LIMITADORES Y FUSIBLES VISIGAP..	149
4.10 DISÑO DE RED DE TIERRA.....	150
CONCLUSIONES.....	153
RECOMENDACIONES.....	155
ANEXOS.....	156
PRESUPUESTO FOTVOLTAICO.....	169
PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEO.....	181

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene el diseño de un sistema de generación fotovoltaica del tipo conectado a red y el diseño de una red de distribución eléctrica subterránea para la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, además se detallan los costes, presupuestos y materiales a utilizar para dichos diseños.

La función del sistema de generación eléctrica fotovoltaica del tipo conectada a red es sin duda uno de las mejores opciones para reducir los costes de energía eléctrica de operación en la facultad, en el primer capítulo se trabaja este tema, diseñando el sistema de generación en lugares aptos para colocación de paneles, los cuales son las áreas de techo de los edificios donde reciban la mayor Irradiancia durante el año. Al final del capítulo se muestra el presupuesto y tiempo de recuperación de la inversión.

En el capítulo dos, se presenta lo referente a la red de distribución eléctrica subterránea, se ahonda acerca de la teoría en esta y se hace énfasis en la configuración anillo, los equipos eléctricos utilizados en dicho diseño y sus accesorios para su correcto funcionamiento, cabe adelantar que dicho tipo de sistema mejora considerablemente la confiabilidad del sistema de distribución eléctrica.

El siguiente tercer capítulo se muestra el estudio exhaustivo que se hizo en la facultad, la medición del perfil de carga es fundamental para poder diseñar la nueva red eléctrica de distribución y además conocer los límites de generación del sistema fotovoltaico, además de conocer el estado actual de consumo y factor de utilización de los transformadores actuales.

Cuarto capítulo se presenta el diseño de la red eléctrica de distribución subterránea, en la cual se utilizó equipos de transformadores ya existentes y nuevos por adquirir. Se realizó un cálculo detallado de las tensiones de jalado de cable; además, se realizó estudio de protecciones y cortocircuito en el simulador ETAP, con el fin de seleccionar los equipos que serán parte de la nueva de eléctrica de distribución. Al final de este capítulo se muestra detalladamente el cálculo del presupuesto por partida de la obra.

OBJETIVOS:

General

- Diseñar un red de distribución eléctrica subterránea y un sistema de generación eléctrica fotovoltaica conectada a red para la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador

Específicos

- Elaborar los perfiles de carga de las edificaciones que se encuentran en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador.
- Realizar con detalles el presupuesto del diseño de distribución subterránea para la facultad.
- Elaborar un documento con especificaciones técnicas.
- Diseñar la instalación eléctrica de la red primaria y secundaria, detalles de construcción y su respectivo diagrama unifilar.
- Realizar el cálculo adecuado para aprovechar al máximo la energía solar.
- Seleccionar los componentes eléctricos garanticen la estabilidad y calidad de energía por parte del sistema fotovoltaico.
- Calcular el presupuesto total del sistema fotovoltaico integrado.

ALCANCES:

Para la investigación se realizará un estudio del perfil de carga, así como la capacidad instalada actualmente en la facultad, con esto se realizará el diseño de la nueva red de distribución eléctrica subterránea, esto con el fin de mejorar la confiabilidad en la red de distribución eléctrica y además contribuir a la conservación del medio ambiente de la universidad gracias a la naturaleza de la red la cual no necesita retirar árboles o la poda de estos mismos. Con el diseño y elección de los nuevos transformadores de distribución eléctrica subterránea y además el área de techos existente en la facultad que estén aptas, se realizará el diseño de un sistema de generación fotovoltaica conectado a red. Agregando a cada diseño se agregarán especificaciones técnicas de los sistemas, equipos a usar así como presupuesto de las obras.

ANTECEDENTES

Las ventajas de un sistema de distribución eléctrica subterráneo comparado con un sistema de distribución eléctrica aéreo son bastante considerables; por lo tanto, en los últimos años en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, se vienen realizando trabajos de tesis relacionados con el tema, existen trabajos y estudios como “Distribución eléctrica Subterránea, plan de desarrollo de la facultad de Ingeniería y Arquitectura”, correspondiente a la acometida del polideportivo, “Diseño de la red de distribución primaria subterránea para la universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente” realizado en Santa Ana, y más recientemente “Diseño fotovoltaico y distribución eléctrica subterránea para las facultades de ciencias y humanidades y ciencias económicas de la Universidad de El Salvador” correspondientes a dicha acometida. En esta ocasión el estudio se desarrollará en la Universidad de El Salvador, en la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se sabe, la red eléctrica aérea en la Facultad Multidisciplinaria Oriental está expuesta a muchísimas fallas de diversos tipos, entre las más comunes tenemos fallas por sobrecarga, fallas por contacto animal, falla por postes caídos, falla causadas por la flora del lugar, falla por descargas atmosféricas, etc. En vista de ello, se observa la necesidad de un sistema de distribución eléctrica subterránea, ya que este tipo de instalación está exenta de muchas de estas fallas, lo cual mejoraría en gran medida el servicio eléctrico dentro de la facultad y disminuiría el riesgo eléctrico para las personas que realizan sus actividades dentro del recinto. Otra de las mejoras que tendría la facultad es al medio ambiente, ya que al tener líneas aéreas las fallas por contacto con ramas obligan a realizar poda de árboles como mantenimiento preventivo; con el nuevo sistema de distribución subterránea esto ya no sería un problema, mejorando indirectamente el aspecto visual en el campus. La distribución eléctrica subterránea es una solución viable a todos los problemas ya mencionados.

Actualmente en dicho campus se suele pagar un recibo de energía eléctrica alrededor de \$15,000 mensuales, para reducir estos costes se quiere implementar un red fotovoltaica, aprovechando los techos aptos de los edificios en el campus.

JUSTIFICACIÓN

Con la red de distribución subterránea se pretende mejorar la confiabilidad en la distribución de energía eléctrica en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, así como reducir considerablemente el riesgo eléctrico que representa para las personas y equipos eléctricos, también reducir la probabilidad de accidentes por contacto eléctrico por flora y/o fauna residente en el medio ambiente de la Universidad, además mejorar la de confiabilidad y calidad energética en el sistema de distribución eléctrica en el lugar. En este punto se evita la poda de árboles por mantenimiento de la red aérea, además la fauna que habita en el campus muchas veces muere al hacer contacto con estas. El proyecto contribuirá a cuidar tanto la fauna como la flora de la Universidad. Mediante el diseño fotovoltaico se pretende reducir el costo de la energía eléctrica del campus, además se quiere aprovechar el buen nivel de irradiación que se tiene en el recinto. El sistema será integrado a la distribución subterránea diseñada en este trabajo de graduación para la localidad de la facultad.

CAPITULO 1

DISEÑO FOTOVOLTAICO

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

De acuerdo con el CNE, al cierre del año 2011 se contabilizan 5 mil Sistemas Solares Aislados instalados a lo largo del país. Dichos sistemas fueron implementados como una solución viable a la necesidad de energía eléctrica de las comunidades rurales, para iluminación, recarga de baterías de teléfonos móviles, entretenimiento etc. Este fue el inicio de la trayectoria de la implementación de sistemas de producción de energía eléctrica basados en tecnología fotovoltaica.

Para mayo del 2016 como se observa en la siguiente gráfica proporcionada por el sitio web del CNE, la dependencia del bunker para producir energía es la más marcada, tomando un total del 42.4% de la matriz energética nacional, no se observa aporte de las energías renovables solo hasta el final del grafico entre los meses de marzo y abril del 2017 se muestra una pequeña parte del aporte de la nueva opción renovable.



Figura 1. Grafica de matriz energética nacional 2016

Más adelante, desde enero hasta diciembre de 2018 vemos un cambio abrupto de esta matriz energética.



Figura 2. Grafica de matriz energética nacional 2018

En primer lugar se observa que el bunker pasa de un 42.2% a un 25.5%, y la inyección de potencia fotovoltaica pasa de no tener presencia en el mercado a tener un 2.7% de la matriz energética en el país, y se proyecta que esta última área siga en aumento.

El alto coste que se ha estado pagando por la energía según se muestra en la siguiente gráfica:



Figura 3. Precios de energía 2018

Podemos observar que aunque se esté invirtiendo en energía solar fotovoltaica los precios siempre siguen al alza debido a que siempre es necesario recurrir al bunker para poder sustentarnos de energía y según las regulaciones del mercado cada MWh de energía se paga según el precio de la maquina más cara que entro al final, al no ser suficiente la energía geotérmica, biomasa, hidroeléctrica y solar fotovoltaica; siempre se recurre a utilizar bunker, y al ser este el último en entrar a todas las generadoras mencionadas anterior mente se les paga al precio del bunker, de aquí parte la necesidad de diversificar en mayor medida la matriz energética y depender lo menos posible del bunker, también a partir de aquí nace la iniciativa de aprovechar el recurso solar en los lugares para poder reducir los costes de operación.

Los costes del recibo energético de la Facultad Multidisciplinaria Oriental ronda los \$15,000.00 estadounidenses, lo cual es una suma considerable que fácilmente podría ser reducida con la implementación de un sistema fotovoltaico en las edificaciones con condiciones aptas para la implementación de dicho sistema.

Abonando la reducción de los precios de los sistemas fotovoltaicos se á tomado a bien la implementación de dichos sistemas en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador para ayudar a minimizar la facturación de la energía eléctrica utilizada en el lugar.

MARCO TEORICO

Gracias a investigaciones se sabe que en el sol genera energía mediante reacciones nucleares de fusión que ocurren en su núcleo. Esta forma de energía la llamamos radiación solar la cual llega desde el sol hacia nuestro planeta en forma de radiación electromagnética, muchas de estas se son reflejadas por nuestra atmosfera de regreso al espacio pero otras si logran penetrar.

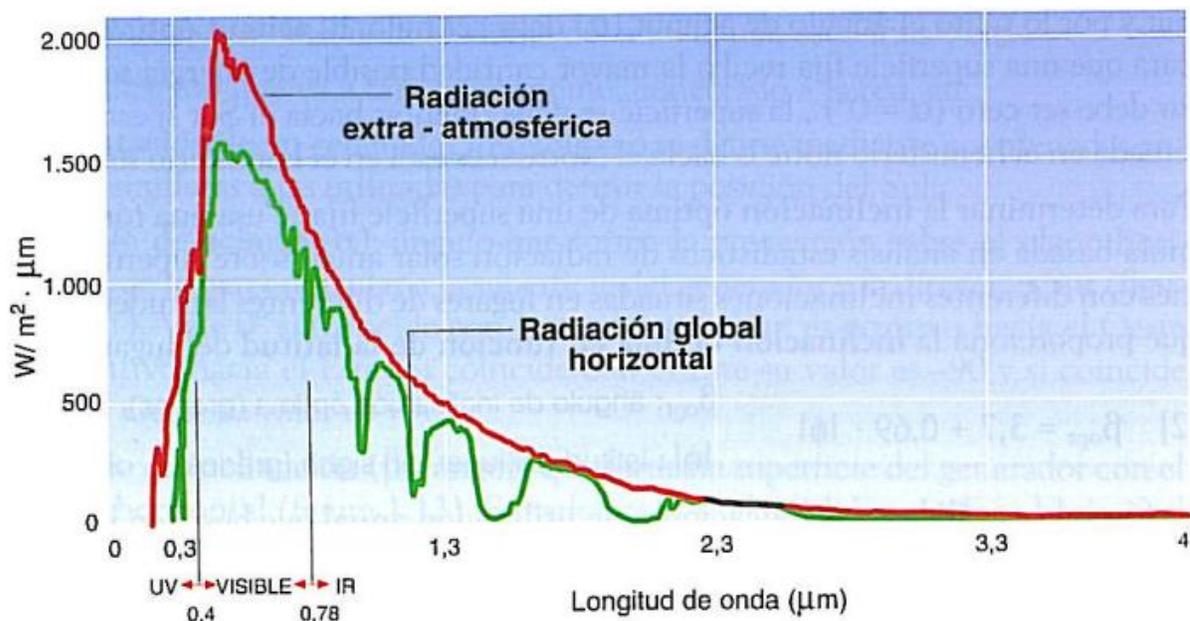


Figura 4. Espectro de radiación solar.

La Irradiancia que genera el sol es aproximadamente $6.35 \times 10^7 W/m^2$, a nuestra atmosfera solo logra llegar $1,367 W/m^2$ aproximadamente. Por la absorción de la atmósfera y otros factores de la misma, la irradiancia que llega a la superficie terrestre es de $1,000 W/m^2$, dicho valor se utiliza por norma para definir los parámetros nominales de los módulos fotovoltaicos.

Los módulos fotovoltaicos o los paneles solares son los dispositivos encargados de convertir la energía en forma de fotón en energía eléctrica en forma de corriente continua que circula por el circuito del panel solar.

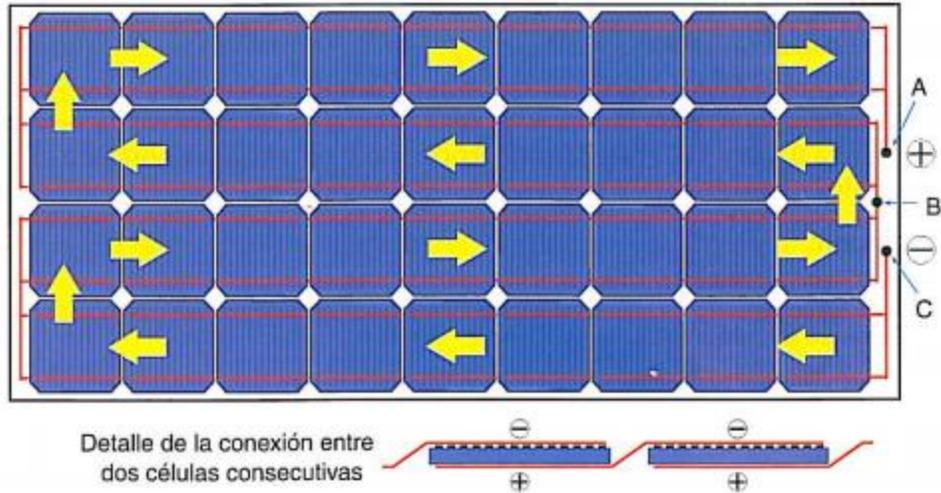


Figura 5. Conexión entre dos células

Circuito DC de las células de un módulo fotovoltaico indicando el sentido del a corriente.

Como sabemos, la mayoría de los equipos utilizados necesitan energía de corriente alterna o AC, por lo tanto no podemos conectar directamente los paneles solares a nuestra instalación eléctrica, es ahí donde entra en escena el inversor.

El propósito del inversor además de convertir la corriente DC generada por los paneles en corriente AC, también es lograr que los paneles solares trabajen en el punto MPPT que es el punto de máxima potencia.

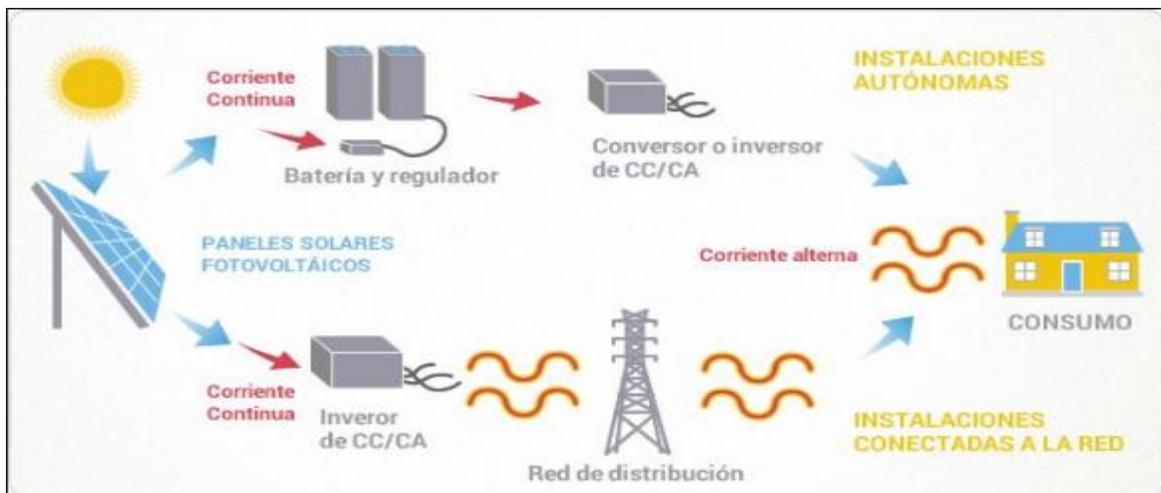


Figura 6. Dinámica de generación fotovoltaica

Como se observa en la figura anterior el inversor produce una señal senoidal igual a la que muestrea de la señal de la red eléctrica y en efecto reproduce esta señal tal y como lo hace un generador AC.

ESTUDIO DEL CAMPO DE TRABAJO

Descripción de la instalación.

La Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, se encuentra ubicada en el departamento de San Miguel al oriente del país en el km. 144, Carretera litoral salida al Cuco, Cantón El Jute, con un total de 108 manzanas de extensión a 6.5km al sur oriente de la ciudad de San Miguel; el cual como su nombre lo indica alberga múltiples disciplinas entre ellas están los departamentos de Física y Matemática, Ciencias Biológicas y Químicas, Ciencias Sociales, Filosofía y Letras, y el departamento de Ingeniería y arquitectura entre otras.

El campus es distribuido por una única compañía de energía eléctrica EEO, que actualmente sirve el servicio eléctrico por una única acometida de 13.2kV, con medición primaria y medidor #30056331.



Figura 7. Edificios a trabajar en facultad multidisciplinaria oriental UES.

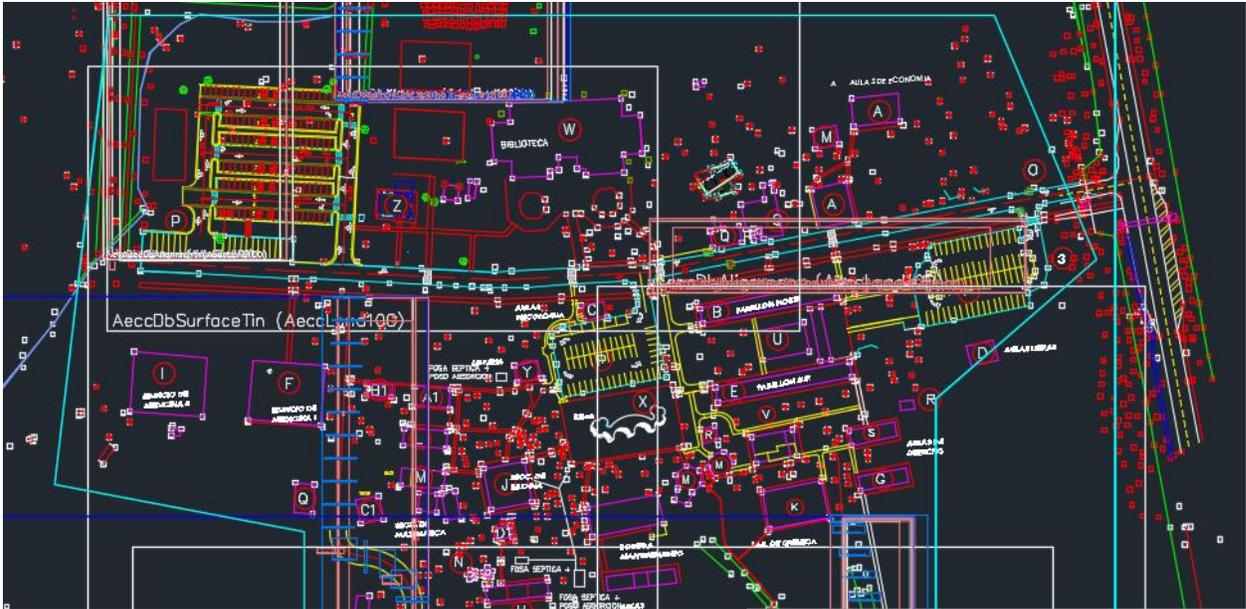


Figura 8.Plano en AUTOCAD de la edificación FMO proporcionado por departamento de desarrollo físico.

DISEÑO FOTOVOLTAICO PARA CADA EDIFICIO

Criterios para el diseño y elección de equipos:

- Se escogerá el panel solar de mayor potencia que se encuentre en el mercado siendo el más conveniente para importarlo o en existencia en El Salvador.
- Todos los arreglos fotovoltaicos estarán orientados al Sur para una mayor captación de energía durante el año.
- Se recomendará el uso de poda no invasiva en ciertas áreas para evitar sombras.
- Todos los arreglos de paneles irán en techo, en los edificios seleccionados aptos para implementar dicho sistema.
- Los inversores a usar deberán ser trifásicos para adaptarse al sistema de distribución subterráneo en configuración de anillo.
- Se tomará en cuenta los rangos de MPPT, los voltajes máximos en OC y las corrientes de corto circuito para el dimensionamiento del arreglo de fotovoltaico y sus respectivas protecciones.
- Se tomará en cuenta los rangos de voltaje de operación de la red eléctrica para la elección de los inversores.
- La temperatura de operación de los módulos puede alcanzar los 70°C de temperatura en El Salvador y decaer hasta los 5°C dependiendo de la zona, para este estudio usaremos un rango de operación normal entre 75°C y 10°C.

- Las protecciones contra transitorios de sobretensión por descargas eléctricas y de conmutación se colocarán en el MAIN principal de cada edificio, mismo en el cual se conectarán los inversores cuya salida será AC.
- Los arreglos de los MFV se escogerán de tal forma que la relación kWp/área de techo sea la máxima posible.
- La potencia del sistema no deberá sobrepasar la potencia del transformador que sirve al edificio en cuestión.
- Todos los chasis y contactos metálicos deben estar equipotenciados a la red de tierra del edificio.
- El cableado entre el arreglo fotovoltaico debe ser lo más corto posible, de esta forma reduciremos las posibles problemas por cables muy cortos y también ayudar a anular el campo magnético producido por la corriente circulante en los conductores.

ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS A USAR

Inversor



blueplanet 29.0 TL3 LV

Transformerless, three-phase string inverter.



Figura 9. Inversor a utilizar en el sistema fotovoltaico

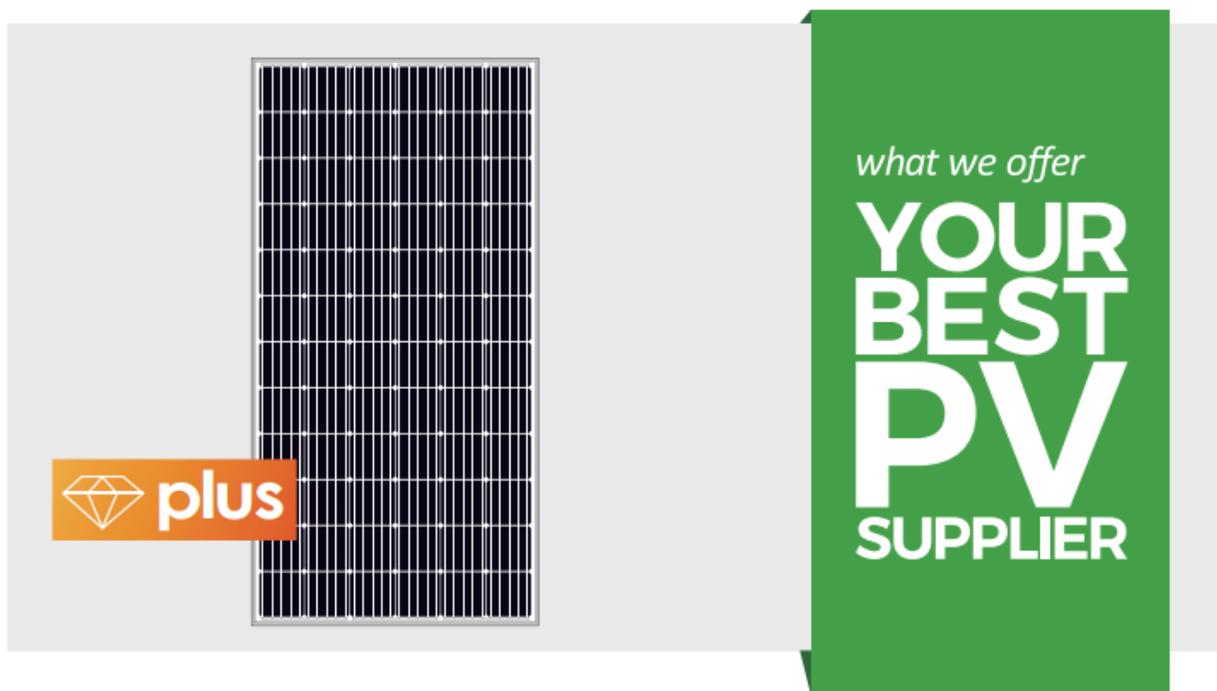
Technical Data

DC input data		29.0 TL3 LV
Max. recommended PV generator power		43 500 W
MPP range		360 – 900 V
Operating range		360 – 1050 V
Rated DC voltage / start voltage		410 V / 460 V
Max. no-load voltage		1 100 V
Max. input current		85 A
Max. short circuit current $I_{sc,max}$		190 A
Number of MPP tracker		1
Connection per tracker		S / B / M: 1; XL: 6
AC output data		
Rated output		29 000 VA @ 138 V / 240 V 29 000 VA @ 127 V / 220 V 27 500 VA @ 120 V / 208 V
Max. power		30 100 VA
Line voltage		138 V / 240 V (3 / N / PE; 3 / PEN) 127 V / 220 V (3 / N / PE; 3 / PEN) 120 V / 208 V (3 / N / PE; 3 / PEN)
Voltage range (Ph-Ph)		166 - 346 V
Rated frequency (range)		50 Hz / 60 Hz (42 - 68 Hz)
Rated current		3 x 69.8 A @ 240 V 3 x 76.1 A @ 220 V 3 x 76.5 A @ 208 V
Max. current		3 x 76.5 A
Reactive power / cos phi		0 – 100 % S_{nom} / 0.30 ind. – 0.30 cap.
Max. total harmonic distortion (THD)		1.6 %
Number of grid phases		3
General data		
Max. efficiency		97.3 %
Europ. efficiency		96.9 %
CEC efficiency		97.0 %
Standby consumption		2.5 W
Circuitry topology		transformerless
Mechanical data		
Display		graphical display + LEDs
Control units		4-way navigation + 2 buttons
Interfaces		Ethernet, USB, RS485, optional: 4-DI
Fault signalling relay		potential-free NOC max. 30 V / 1 A
DC connection		S / B / M: max.120 mm ² cable plug, Cu / Al XL: DC plugs (SUNCLIX)
AC connection		screw terminals, max. 95 mm ² , Cu / Al
Ambient temperature		-20 °C – +60 °C ¹⁾
Humidity		0 – 100%
Max. installation elevation (above MSL)		3 000 m
Min. distance from coast		2 000 m / 500 m (OD+ version)
Cooling		temperature controlled fan
Protection class		IP65
Noise emission		< 61 db(A)
H x W x D		760 x 500 x 425 mm
Weight		70 kg (S), 71 kg (B / M), 73 kg (XL)
Certifications		
Safety		IEC 62109-1/-2, EN 61000-6-1/-2/-3, EN 61000-3-11/-12
Grid connection rule		overview see homepage / download area

¹⁾ Power derating at high ambient temperatures

Figura 10. Tabla de especificaciones el inversor

Panel Solar



BSM400M-72/5BB
Monocrystalline 72 cells 370w-400w

Figura 11. Modulo fotovoltaico a usar

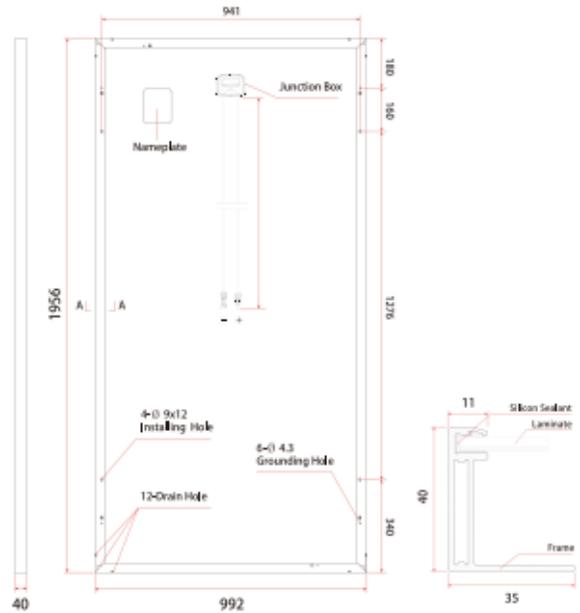
Mechanical Parameters

Cell (mm)	Mono 156.75 x 156.75
Weight (kg)	21.5(approx)
Glass Thickness	4/3.2mm
Dimensions (LxWxH) (mm)	1956x992x35/40
Cable Cross Section Size (mm ²)	3.2
No. of Cells and Connections	72 (6x12)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	MC4 Compatible
Packaging Configuration	26 Per Pallet

Working Conditions

Maximum System Voltage	DC 1000V/1500V (IEC)
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load, Front (e.g., snow and wind)	5400Pa (112 lb/ft ²)
Maximum Static Load, Back (e.g., wind)	2400Pa (50 lb/ft ²)
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

Engineering Drawings



Electrical Parameters

Module	BSM370M-72	BSM380M-72	BSM390M-72	BSM400M-72
Peak Power Watts-P _{max} (Wp)*	370	380	390	400
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	39.51	39.95	40.39	40.78
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	9.37	9.52	9.67	9.82
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	48.23	48.67	49.11	49.55
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	10.03	10.22	10.41	10.59
Module Efficiency η _m (%)	19.06	19.58	20.09	20.61
Power Tolerance (W)			-0 ~ +5W	
Temperature Coefficient of I _{sc} (αI _{sc})			+0.059%/°C	
Temperature Coefficient of V _{oc} (βV _{oc})			-0.330%/°C	
Temperature Coefficient of P _{max} (γP _{mp})			-0.410%/°C	
STC	Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5			

I-V Curve

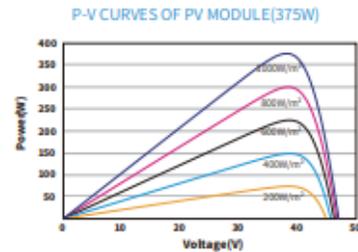
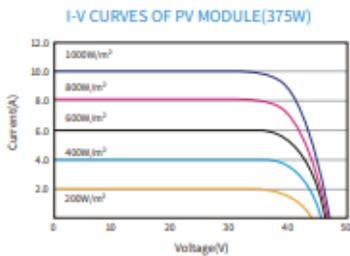


Figura 12. Especificaciones del módulo fotovoltaico

COMUNICACIÓN

BLUE'LOG XM / XC



TECHNICAL DATA

Power supply	24 V DC
Power consumption	Typically 5 W max. 80 W, incl. MX module
ESD protection	Tested in accordance with DIN EN 61000-4-2 (4 kV contact discharge, 8 kV air discharge)
Operating temperature	-20 °C to 60 °C
Storage and transport temperature	-20 °C to 75 °C
Protection class	IP 20
Elevation	max. 2,000 m
Rel. air humidity	max. 80 %
Degree of soiling	max. 2
Installation	Top-hat rail (35 mm) and wall mounting
Dimensions (H x W x D)	110 x 146 x 63 mm (including side parts)
Weight	385 g
Storage	16 GB (>100 days of data storage)

DISPLAY / OPERATION

Display	1 (291 x 118 pixels)
LED display	3
Operating buttons / directional pad	2 / 1
Reset button	1
DIP switches (bus termination)	3 (2 x RS485 / 1 x CAN)

Figura 13. Comunicación del inversor y sus especificaciones técnicas

Características:

- **Monitorización de hasta 100 equipos**
- **100 días de almacenamiento**
- **100% de disponibilidad de datos gracias a un funcionamiento continuo con intervalos de 1 minuto.**
- **Gestión de alarmas flexible**
- **Visualización local por medio de un generador de diagramas, entre otras...**

ANALISIS TECNICO

Cálculos para el sistema fotovoltaico.

Se requiere un sistema fotovoltaico conectado a la red para poder disminuir el costo de la energía eléctrica consumida por el edificio en cuestión.

- Inversor: KACO blueplanet 29.0 TL3 LV
- Datos DC
 - Potencia de entrada máxima = 43,500W
 - Voltaje máximo de entrada = 1,100V
 - Corriente máxima de entrada = 85 A
 - Número de entradas MPPT = 1
 - Rango de MPPT $360V \leq V_{mppt} \leq 900V$
 - Start Voltaje = 360 V
- Datos AC
 - Potencia de salida = 27,500 VA 120/208V (3/N/PE)
 - Corriente de salida: 76.5 A
 - Rango de voltaje Vout: 166 V a 346 V
 - Frecuencia de operación: 60 Hz

- Panel BSM400M-72
 - P máx: 400W
 - Imp: 9.82A
 - Vmp: 40.78V
 - Isc: 10.59A
 - Voc: 49.55V
 - Coef. Pmax: -0.410%/°C
 - Coef. Voc: -0.330%/°C
 - Coef. Isc: 0.059 %/°C
 - Temp. San Miguel:
 - Tmin: 10°C
 - Tmax: 75°C
 - ΔT_{min} : -15°C = (15-25)°C
 - ΔT_{max} : 50°C = (75-25)°C

Para obtener las variaciones de parámetros del panel a diferentes temperaturas en los paneles, usaremos las siguientes formulas:

$$Voc \text{ a } 10^{\circ}C = Voc * \Delta T_{min} * \frac{Coef.Voc}{100} + Voc = 52.00 V$$

$$Voc \text{ a } 75^{\circ}C = Voc * \Delta T_{max} * \frac{Coef.Voc}{100} + Voc = 41.37 V$$

$$Isc \text{ a } 10^{\circ}C = \Delta T_{min} * \frac{Coef.Isc}{100} + Isc = 10.58 A$$

$$Isc \text{ a } 75^{\circ}C = \Delta T_{max} * \frac{Coef.Isc}{100} + Isc = 10.62 A$$

$$Vmp \text{ a } 10^{\circ}C = Vmp * \Delta T_{min} * \frac{Coef.Pmax}{100} + Vmp = 43.29 V$$

$$Vmp \text{ a } 75^{\circ}C = Vmp * \Delta T_{max} * \frac{Coef.Pmax}{100} + Vmp = 32.42 V$$

$$Pmax \text{ a } 10^{\circ}C = Pmax * \Delta T_{min} * \frac{Coef.Pmax}{100} + Pmax = 424.6 W$$

$$Pmax \text{ a } 75^{\circ}C = Pmax * \Delta T_{max} * \frac{Coef.Pmax}{100} + Pmax = 318 W$$

Calculando # de MFV por inversor de 27.5kW:

$$\frac{Wp \text{ de entrada}}{0.98 * Pmax} = \frac{30100}{0.98 * 424.6} = 72 \text{ aprox. paneles por inversor}$$

Definimos 4 Strings de 18 paneles por String y comprobamos la conveniencia técnica de este de la siguiente forma:

Vmax-array = 18 * Voc a 10°C = 936 V; Por lo tanto, no superamos el voltaje máximo de entrada de 1,100V máximos.

Vmax-mppt-array = 18 * Vmp a 10°C = 779.22 V; Por lo tanto, no superamos el voltaje máximo del punto mppt de 900V máximos.

$V_{\text{min-array}} = 18 * V_{\text{oc}} \text{ a } 75^{\circ}\text{C} = 744.66 \text{ V.}$

$V_{\text{min-mppt-array}} = 18 * V_{\text{mp}} \text{ a } 75^{\circ}\text{C} = 583.56 \text{ V;}$

Con estos dos últimos valores superamos el voltaje mínimo del punto mppt y de arranque del inversor que es de 360V mínimo.

$I_{\text{max-array}} = \Delta I_{\text{sc}} \text{ a } 75^{\circ}\text{C} * 4 = 42.48 \text{ A ; Por lo tanto no superamos la corriente máxima de entrada del inversor igual a 82A.}$

$P_{\text{max-array}} = 4 * 18 * \Delta P_{\text{max}} \text{ a } 10^{\circ}\text{C} = 30,571.2 \text{ W; Como observamos no superamos la potencia de entrada DC máxima de 43,500W.}$

Por lo tanto, es viable un arreglo de 4 String de 18 paneles cada uno por cada inversor.

DISEÑO PARA EL EDIFICIO “BIBLIOTECA CENTRAL”

El edificio cuenta con un techo de lámina galvanizada el cual tiene una pared perimetral de 0.8 m de altura, este podría representar una posible sombra en los MFV durante su operación. Se realizará un análisis de sombra en los puntos más críticos, además se toma a bien dejar una distancia mínima entre el panel más cercano al borde del edificio es de 1.25m.

A continuación se presenta una opción de la distribución de los paneles solares sobre el edificio de la biblioteca central:

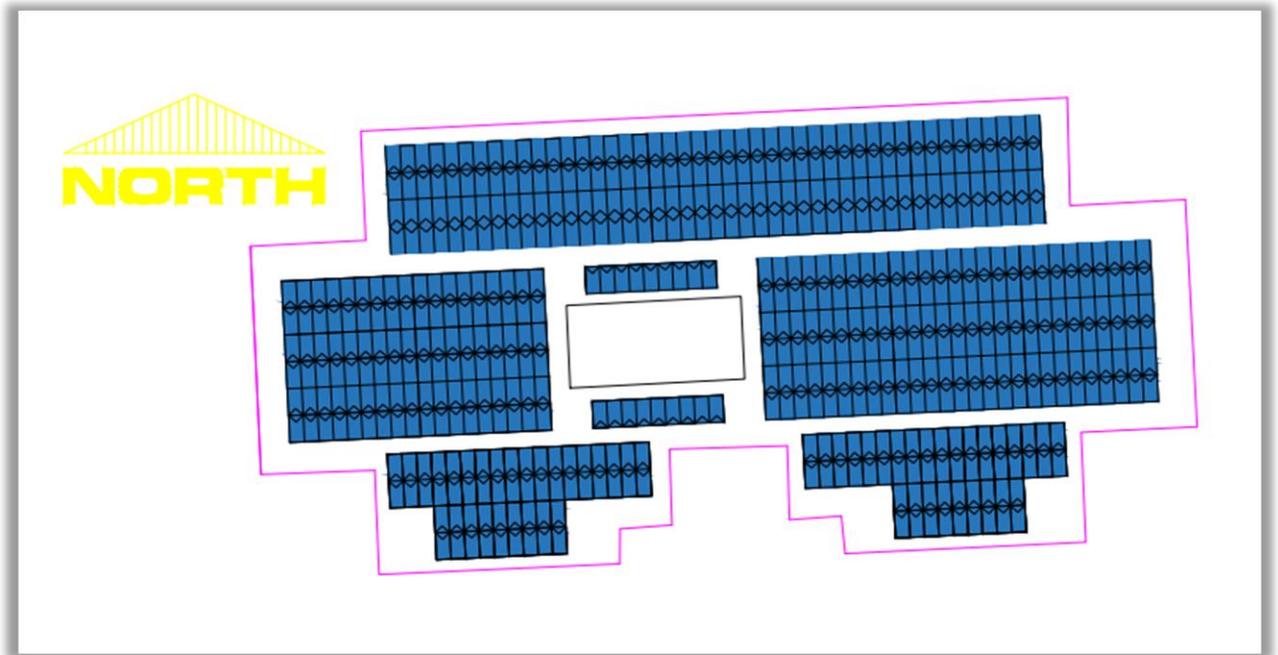


Figura 14. Distribución de los módulos fotovoltaicos para la biblioteca

Para el diseño del edificio en AutoCAD se necesitaron un total de 8 Inversores, con un total de 576 módulos fotovoltaicos.

En este diseño se utilizó 4 Strings con 18 paneles cada uno por inversor, con estos en paralelo logramos una corriente máxima de 42.48A, el cual no sobrepasa la corriente máxima nominal de la entrada del inversor que es de 82A.

Para este diseño se utilizará fusibles de 12A en cada String, para evitar las corrientes de reversa.

Se necesitará poda ya que existe un árbol que genera sombra considerable sobre los MFV en horas tempranas de la mañana.

La inclinación de la lámina del edificio es 10°, los paneles estarán directamente empotrados en lámina sin agregarle ningún ángulo adicional.

El edificio está ligeramente desorientado al sur, con una diferencia de 3°; los paneles fueron orientados con respecto al edificio, ya que el ángulo de desfase es insignificante.

La potencia del banco de transformadores que sirve al edificio es de **225kVA**, con nuestro arreglo tenemos una capacidad de paneles instalada de:

$$P = 8 * 27.5kW = 220kW$$

Con lo cual no se sobrecargará al transformador cuando la planta fotovoltaica esté produciendo a su máxima capacidad.

La distribución de los Strings será como se muestra en la siguiente imagen:

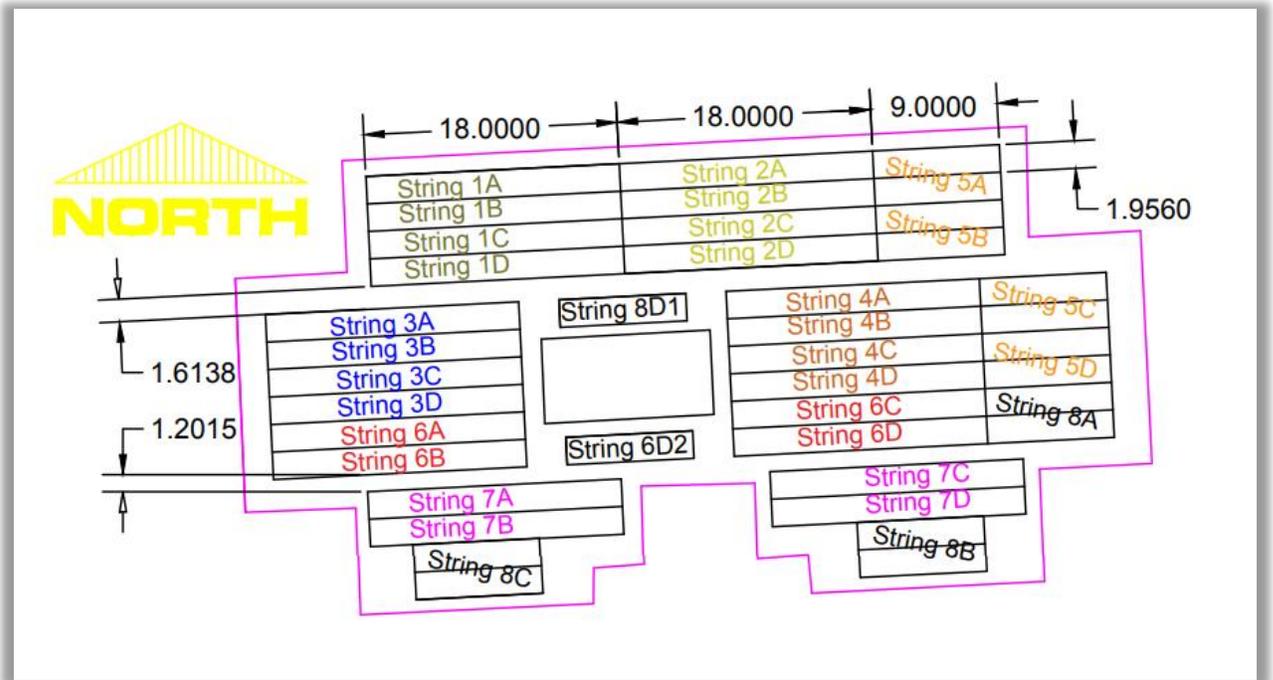


Figura 15. Distribución de los string para medicina

DISEÑO PARA EL EDIFICIO DE MEDICINA I

El edificio cuenta con un techo plafón el cual solo tendrá un borde de 0.4 m de altura, este no representa ninguna posible sombra en los MFV durante su operación. De todas formas la distancia entre el panel más cercano al borde del edificio es de 1.25m.

A continuación se presenta una opción de la distribución de los paneles solares sobre el edificio de medicina I:

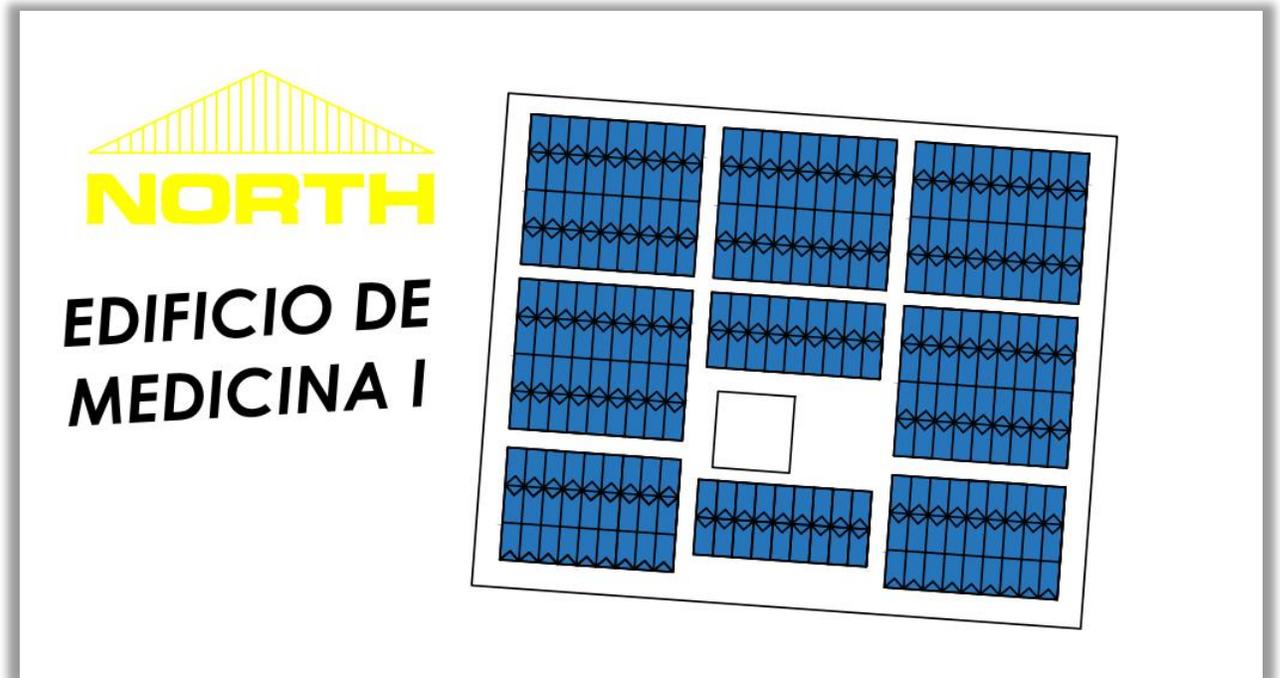


Figura 16. Distribución de los módulos fotovoltaicos para medicina

Para el diseño del edificio en AutoCAD se necesitaron un total de 3 Inversores, con un total de 270 módulos fotovoltaicos.

En este diseño se utilizó 5 Strings con 18 paneles cada uno por inversor, con estos en paralelo logramos una corriente máxima de 53.1A, el cual no sobrepasa la corriente máxima nominal de la entrada del inversor que es de 82A.

Para este diseño se utilizará fusibles de 12A en cada String, para evitar las corrientes de reversa.

No se necesitará poda ya que no existen árboles que generen sombra considerable sobre los MFV.

La inclinación de la loza del edificio es 0° por lo tanto los paneles tendrán una inclinación igual a la loza.

El edificio está ligeramente desorientado al sur, alrededor de 4° , esta desorientación no nos afecta significativamente, por lo tanto los paneles están paralelos a las paredes del techo de loza.

La potencia del único transformador que sirve al edificio es de **175kVA**, con nuestro arreglo tenemos una capacidad de paneles instalada de:

$$P = 3 * 27.5kW = 82.5kW$$

Con lo cual no se sobrecargará al transformador cuando la planta fotovoltaica esté produciendo a su máxima capacidad.

La distribución de los Strings será como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 17. Distribución de los string para medicina

DISEÑO PARA EL EDIFICIO DE MEDICINA II

El edificio cuenta con un techo plafón el cual solo tendrá un borde de 0.4 m de altura, este no representa ninguna posible sombra en los MFV durante su operación. De todas formas la distancia entre el panel más cercano al borde del edificio es de 1.25m, eliminando toda posibilidad de sombra en las horas útiles de generación.

A continuación se presenta una opción de la distribución de los paneles solares sobre el edificio de medicina II:

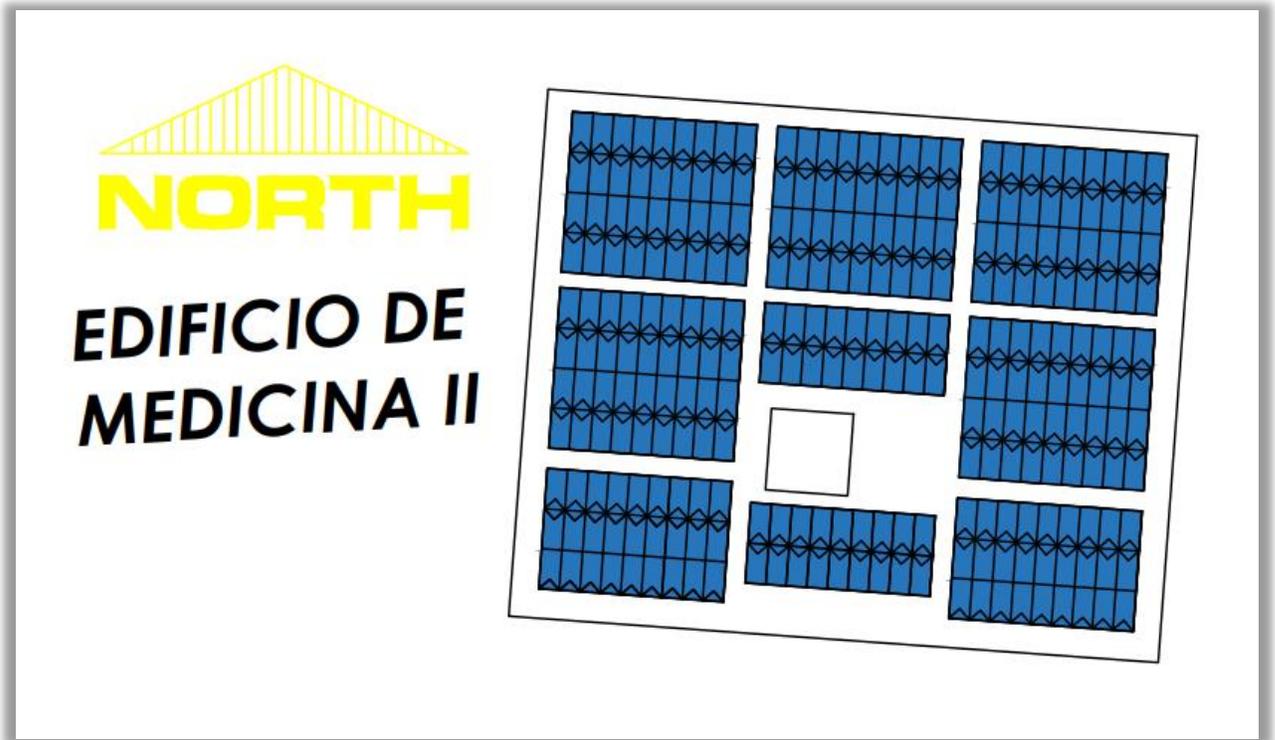


Figura 18. Distribución de los módulos fotovoltaicos para medicina

Para el diseño del edificio en AutoCAD se necesitaron un total de 3 Inversores, con un total de 270 módulos fotovoltaicos.

En este diseño se utilizó 5 Strings con 18 paneles cada uno por inversor, con estos en paralelo logramos una corriente máxima de 53.1A, el cual no sobrepasa la corriente máxima nominal de la entrada del inversor que es de 82A.

Para este diseño se utilizará fusibles de 12A en cada String, para evitar las corrientes de reversa.

No se necesitará poda ya que no existen árboles que generen sombra considerable sobre los MFV.

La inclinación de la loza del edificio es 0° por lo tanto los paneles tendrán una inclinación igual a la loza.

El edificio está ligeramente desorientado al sur, alrededor de 4° , esta desorientación no nos afecta significativamente, por lo tanto los paneles están paralelos a las paredes del techo de loza.

La potencia del único transformador que sirve al edificio es de **175kVA**, con nuestro arreglo tenemos una capacidad de paneles instalada de:

$$P = 3 * 27.5kW = 82.5kW$$

Con lo cual no se sobrecargará al transformador cuando la planta fotovoltaica esté produciendo a su máxima capacidad.

LA COMBINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA INYECTADA A LA RED ENTRE EL EDIFICIO I Y EDIFICIO II DE MEDICINA SERÁ DE 165KVA NO SOBREPASA LA MÁXIMA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR QUE ES DE 175KVA.

La distribución de los Strings será como se muestra en la siguiente imagen:

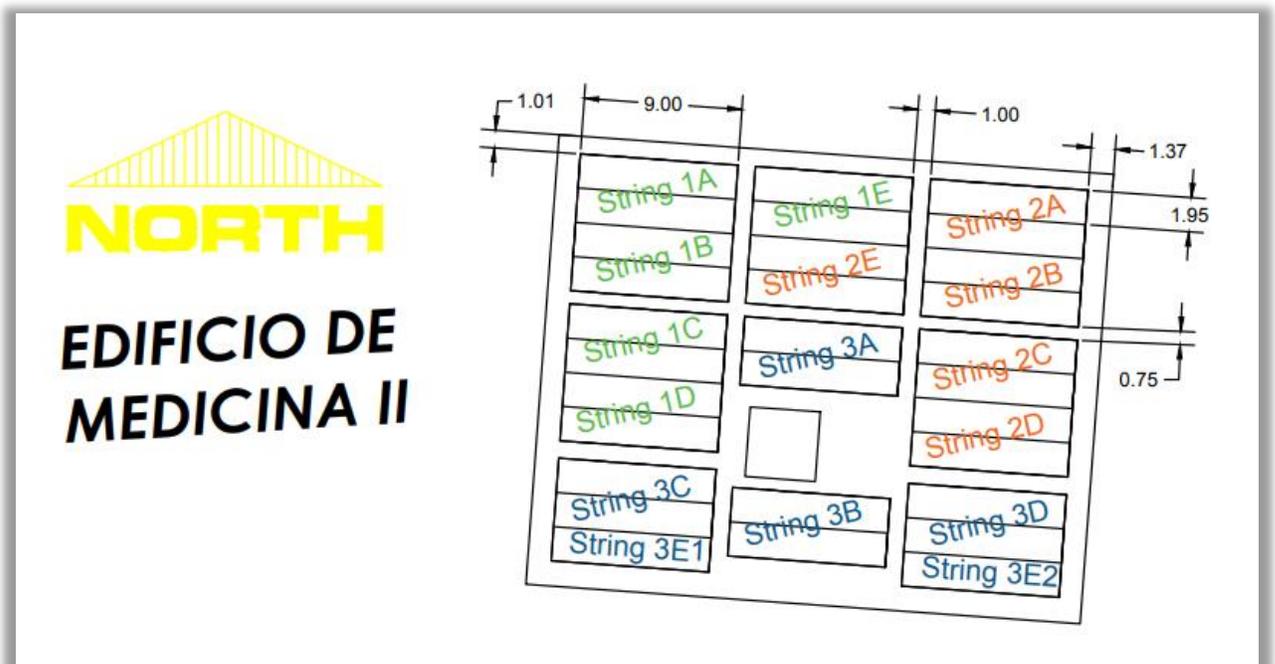


Figura 19. Distribución de los Sting para medicina II

DISEÑO PARA EL EDIFICIO NUEVO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

El edificio está en etapa de construcción a fecha de presentación del informe. El edificio contará con un techo plafón el cual solo tendrá un borde de 0.2 m de altura, este no representa ninguna posible sombra en los MFV durante su operación. A continuación se presenta una opción de la distribución de los paneles solares sobre el edificio nuevo de ingeniería y arquitectura:

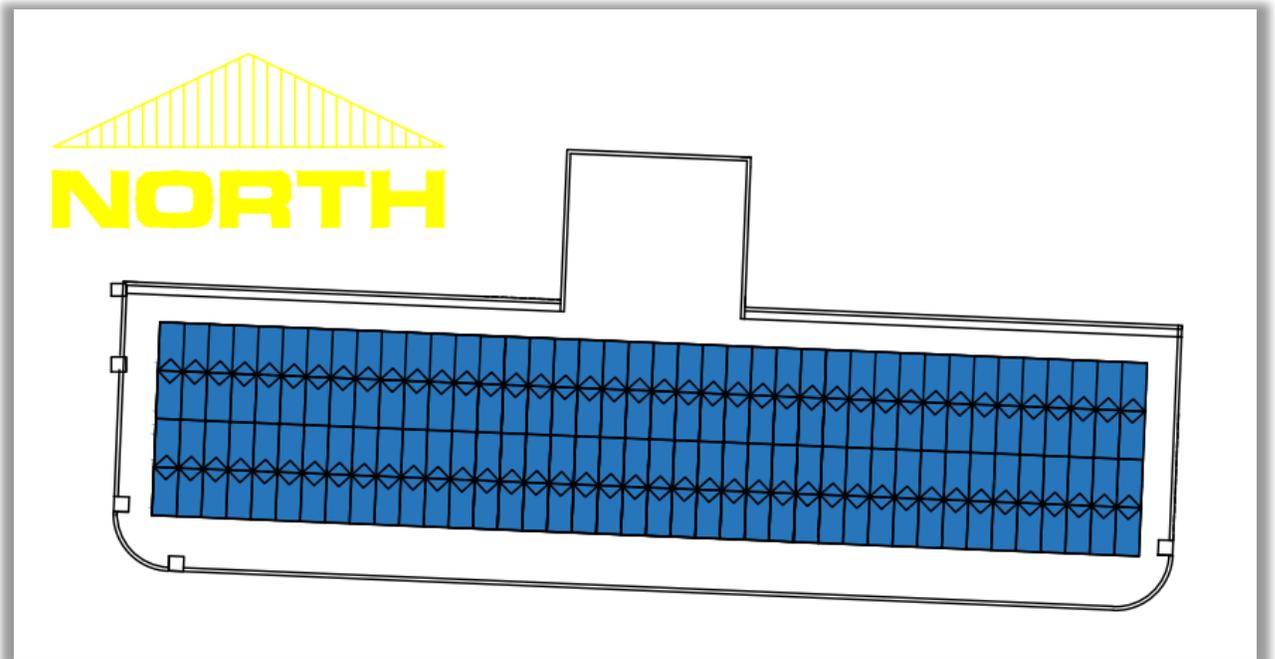


Figura 20. Distribución de los módulos fotovoltaicos para edificio de ingeniería y arquitectura

Como se observa, el edificio presenta una ligera desorientación con respecto al norte geográfico, alrededor de 2° , se tomó a bien la decisión de posicionar los paneles solares de acuerdo con la orientación del edificio, por lo general los paneles se orientan al sur geográfico para máxima absorción de potencia, pero al ser mínima la desorientación y

más conveniente aprovechar el espacio de techo se propone ordenarlos de la forma mostrada.

Para el diseño del edificio en AutoCAD se necesitaron un total de 2 Inversores, con un total de 160 módulos fotovoltaicos.

En este diseño se utilizó 4 Strings con 20 paneles cada uno por inversor, con estos en paralelo logramos una corriente máxima de 42.48A, el cual no sobrepasa la corriente máxima nominal de la entrada del inversor que es de 82A.

Para este diseño se utilizará fusibles de 12A en cada String, para evitar las corrientes de reversa.

No se necesitará poda ya que no existen árboles que generen sombra considerable sobre los MFV.

La inclinación de la loza del edificio es 0° por lo tanto los paneles tendrán una inclinación igual a la loza.

La potencia del único transformador que sirve al edificio es de **75kVA**, con nuestro arreglo tenemos una capacidad de paneles instalada de:

$$P = 2 * 27.5kW = 55kW$$

Con lo cual no se sobrecargará al transformador cuando la planta fotovoltaica esté produciendo a su máxima capacidad.

La distribución de los Strings será como se muestra en la siguiente imagen:

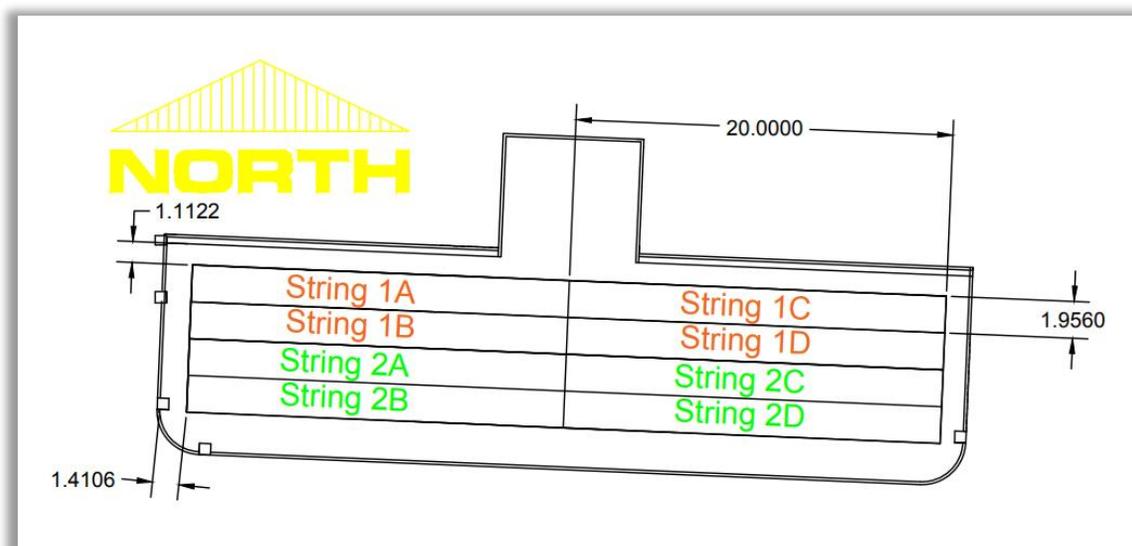


Figura 21. Distribución de los string para ingeniería y arquitectura

RESUMEN GENERAL DE LAS INSTALACIONES EN LA FMO

FACULTAD MULTIDISCIPLIARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR						
Edificio	MFV	Potencia pico FV	Inversores	P. Out Max.	Subestación	Voltaje 3Ph.
Biblioteca	576	230.4kW	8	220kW	225kVA	120/208 V
Medicina I	270	108kW	3	82.5kW	175kVA	120/208 V
Medicina II	270	108kW	3	82.5kW		120/208 V
Ingeniería	160	64kW	2	55kW	75kVA	120/208 V
Total	1,276	510.4kW	16	440kW	475kVA	

Tabla 1. Resumen de las instalaciones en la FMO

COSTOS DEL SISTEMA

Desglose de costos del para el edificio de Biblioteca

EDIFICIO DE BIBLIOTECA								
ITEM	Descripción	Cantidad	U	P.U. Mat.	P.U. M.O.	P.U. Adm	P.U	P. Total
1	Suministro de Equipos Importados							
1.1	Módulos FV 400Wp	576	U	\$136.32			\$136.32	\$78,520.00
1.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	8	U	\$5,420.63			\$5,420.63	\$43,365.00
1.3	Blue'Log X-series communication	1	U	\$400.00			\$400.00	\$400.00
1.4	Gastos de transporte, seguros y administración	1	S.G	\$5,300.00			\$5,300.00	\$5,300.00
2	Instalación de equipos importados							
2.1	Módulos FV 400Wp	576	U		\$12.00	3.00	\$15.00	\$8,640.00
2.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	8	U		\$175.00	\$52.50	\$227.50	\$1,820.00
2.3	Blue'Log X-series communication	1	U		\$150.00	\$45.00	\$195.00	\$195.00
3	Sistema DC Suministro e Instalación							
3.1	Rack o estructura de montaje de MFV	1204	U	\$5.83	\$6.99	\$3.20	\$16.02	\$19,289.59

3.2	Impermeabilización de techo para evitar futuras goteras despues de colocar el rack	1	SG	\$1,500.00	\$1,500.00	\$750.00	\$ 3,750.00	\$3,750.00
3.3	Sub tablero Combiner Box intemperie, protecciones fusible y supresor de transitorios	8	U	\$634.00	\$230.00	\$216.00	\$1,080.00	\$ 8,640.00
3.4	Alimentador desde cada String de MFV a cada Box Combiner con cable de polarización de paneles más 2 cables fotovoltaicos 1.5mm2 cross section aislados para 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut con sus protecciones respectivas	65	Mts	\$42.81	\$ 21.00	\$ 15.95	\$79.76	\$5,184.56
3.5	Instalación de bornera de tierra contiguo a combiner box y conexiones a este	8	U	\$211.00	\$100.00	\$ 77.75	\$ 388.75	\$3,110.00
3.6	Instalación de bornera de tierra general y unificación de todas las tierras de borneras dedicadas a cada arreglo de String por inversor	1	U	\$ 176.40	\$100.00	\$69.10	\$345.50	\$ 345.50
3.7	Alimentador desde las 8 Combiner Box a DC Disconnect y posteriormente a inversor respectivo con cable de polarización y 2 cables de 4mm2 cross section a 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut y luego acople a tablero en canalea plástica de 4"	352	Mts	\$26.84	\$12.43	\$9.82	\$49.09	\$ 17,280.12
4	Sistema AC Suministro e Instalación							

4.1	Alimentador de los 8 inversores de 29kW a TI1 y TI2, con 4 THHN #4+ 1 THHN #8 en tubería IMC de 1 1/4" IMC	25	Mts	\$91.89	\$ 18.70	\$27.65	\$138.24	\$3,455.94
4.2	Sub tablero TI1 y TI2, trifásico, de 16 espacios cada uno con Main principal de 325/3P y protecciones, AIC 10 kAmp	2	U	\$2,886.40	\$800.00	\$921.60	\$4,608.00	\$9,216.00
4.3	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100kAmp. Trifásico, uno conectado a cada uno de los Subtableros TI1 y TI2 y a puesta a tierra con cable 1/0	2	U	\$761.60	\$160.00	\$230.40	\$1,152.00	\$2,304.00
4.4	Alimentadores de Subtableros TI1 y TI2 a TG, con 8 THHN #1/0 (2xF+2xN) + 1 THHN #4 en tubería IMC de 3" soportada en riel Strut	20	Mts	\$154.35	\$ 30.00	\$ 46.09	\$230.44	\$4,608.75
4.5	Protección de 325/3p, AIC 22 kAmp en TG	1	U	\$821.24	\$100.00	\$230.31	\$1,151.55	\$ 1,151.55
4.6	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200kAmp en TG, con protección 15/3p, 18kAmp conexión a TG a puesta a tierra con cable 1/0.	1	U	\$1,723.20	\$120.00	\$460.80	\$2,304.00	\$2,304.00
							SUMA	\$218,880.00

Tabla 2. Desglose de costos edificio de Biblioteca

Detalle de precios por watt instalado.

Precio del Watt Instalado en Edificio de Ingeniería		Potencia en Watt:	64000
Partida	Precio \$/watt instalado	Precio detallado del sistema en \$	
Paneles	0.4	\$25,600.00	
Inversores	0.2	\$12,800.00	
Rack	0.1	\$6,400.00	
Cableado DC	0.15	\$9,600.00	
Cableado AC	0.1	\$6,400.00	
	Subtotal de proyecto	\$60,800.00	
Utilidad	0.25	\$16,000.00	
Total	1.2	\$76,800.00	

Precio del Watt Instalado en Edificio Biblioteca		Potencia en Watt:	230400
Partida	Precio \$/watt instalado	Precio detallado del sistema en \$	
Paneles	0.4	\$92,160.00	
Inversores	0.2	\$46,080.00	
Rack	0.1	\$23,040.00	
Cableado DC	0.15	\$34,560.00	
Cableado AC	0.1	\$23,040.00	
	Subtotal de proyecto	\$218,880.00	
Utilidad	0.25	\$57,600.00	
Total	1.2	\$276,480.00	

Precio del Watt Instalado en Edificio de Medicina I		Potencia en Watt:	108000
Partida	Precio \$/watt instalado	Precio detallado del sistema en \$	
Paneles	0.4	\$43,200.00	
Inversores	0.2	\$21,600.00	
Rack	0.1	\$10,800.00	
Cableado DC	0.15	\$16,200.00	
Cableado AC	0.1	\$10,800.00	
	Subtotal de proyecto	\$102,600.00	
Utilidad	0.25	\$27,000.00	
Total	1.2	\$129,600.00	

Precio del Watt Instalado en Edificio de Medicina II		Potencia en Watt:	108000
Partida	Precio \$/watt instalado	Precio detallado del sistema en \$	
Paneles	0.4	\$43,200.00	
Inversores	0.2	\$21,600.00	
Rack	0.1	\$10,800.00	
Cableado DC	0.15	\$16,200.00	
Cableado AC	0.1	\$10,800.00	
	Subtotal de proyecto	\$102,600.00	
Utilidad	0.25	\$27,000.00	
Total	1.2	\$129,600.00	

Precio del Watt Instalado Total		Potencia en Watt:	510400
Partida	Precio \$/watt instalado	Precio detallado del sistema	
Paneles	0.4	\$204,160.00	
Inversores	0.2	\$102,080.00	
Rack	0.1	\$51,040.00	
Cableado DC	0.15	\$76,560.00	
Cableado AC	0.1	\$51,040.00	
	Subtotal de proyecto	\$484,880.00	
Utilidad	0.25	\$127,600.00	
Total	1.2	\$612,480.00	

Tabla 3. Detalle de precios por watt instalados

Precio del Watt

$$\frac{\$}{W} = \frac{\$612,480.00}{510.4kW} = 1.2\$/W$$

PRODUCCIÓN DEL SISTEMA:

Usando el Yf que es el INDICE DE PRODUCCIÓN FINAL, el cual es obtenido por dispositivos de medición ya sea Piranometro u otras tecnologías ubicados en todos los centros de monitoreo meteorológico en el país, obtenemos un estimado de la producción anual de nuestro sistema.

$$Yf = 1500 \frac{kWh}{kWp}$$

$$kWp = 510,400Wp = 510.4kWp$$

Producción anual:

$$1500 = \frac{kWh}{510.4kWp} \rightarrow 1500 * 510.4kWp = kWh$$

Producción anual: 765,600kWh anual

$$Producción mensual: \frac{765,600kWh}{12} = 63,800kWh.$$

Ahorro Energético:

Precio estimado del kiloWatt en la universidad promedio según pliego tarifario vigente desde 15 de julio de 2019 = \$0.1552/kWh + IVA

$$Ahorro mensual teórico: 63,800kWh * \frac{\$0.1552 * 1.13}{kWh} = \$11,188.98$$

Por lo tanto, en teoría se tendría una disminución de \$11,188.98 en gastos de energía eléctrica.

Tiempo de recuperación de la inversión:

$$Tiempo = \frac{Costo del proyecto + IVA}{Ahorro mensual * 12} = \frac{\$692,102.4}{\$11,188.98 * 12} = 5.15 \text{ años.}$$

El costo del proyecto sin intereses y ya con IVA incluido se paga en aproximadamente 5.15 años.

El proyecto dura 25 años, por lo tanto suponiendo 20 años de producción continua después de haber pagado los costes y además manteniendo estático el precio de la energía tenemos:

$$Ahorro total a largo plazo: 20años * (\$11,188.98 * 12)/anual = \$2,685,357.31$$

Esto sin tomar en cuenta el incremento en el precio de la energía eléctrica año con año.

NOTA: El diseño que se presentó anterior mente es suponiendo que el sistema se implementara este año, pero es imposible predecir el comportamiento de los precios de los materiales, el precio de kWh y además para la realización de este se tendrían que respetar las normativas que SIGET impone a los usuarios catalogados como UPR (Unidad Productora Renovable) los cuales para la instalación máxima de paneles nos restringe a los kWp AC que se consumen en el lugar además; se debe cumplir en términos de producción el 90% de la energía mensual consumida en el lugar.

CAPITULO 2

CONFIGURACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Un sistema de distribución eléctrica se entiende como al conjunto de elementos encargados de suministrar la energía desde una subestación de potencia hasta el usuario por medio de conductores de forma aérea, subterránea o mixta. La función de una red de distribución, es el suministro de energía eléctrica desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales; esto comprende los alimentadores primarios que parten de las subestaciones de distribución, los transformadores de distribución para reducir la tensión al valor de utilización por los clientes y los circuitos secundarios hasta la entrada de la instalación del consumidor.

Las redes de distribución subterráneas tienen algunas características como lo son: el tipo de carga, el nivel de tensión en el sistema primario, en el secundario, la topología de la red primaria, la red secundaria y los equipos para su operación. Estos elementos son los más comunes para un diseño de distribución subterránea.

En la actualidad las redes de distribución subterránea son de dos tipos; radiales y en anillo, estas configuraciones se diseñan para operar con tensiones de 34.5kV, 23kV y 13.2kV.

Configuración radial.

Es aquella que cuya configuración en media tensión cuenta con una sola trayectoria para proporcionar el servicio de energía eléctrica.

Un sistema radial es aquel que tiene un simple camino sin regreso sobre el cual pasa la corriente, parte desde una subestación y se distribuye por forma de "rama", como se ve en la figura.

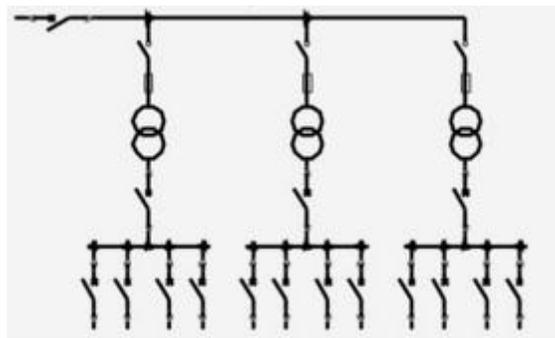


Figura 22. Diagrama unifilar radial

Configuración en anillo.

El sistema en anillo tiene mayores ventajas sobre el sistema radial. Tiene una mayor capacidad de permitir a un componente del sistema fallar, ya sea un transformador o

un cable de alimentador, sin que este cause la pérdida del servicio a todo el sistema. Se puede dar mantenimiento a una parte del sistema sin interrumpir el servicio. Este sistema tiene una desventaja lo que es el costo de construcción comparado al sistema radial pero menos confiable.

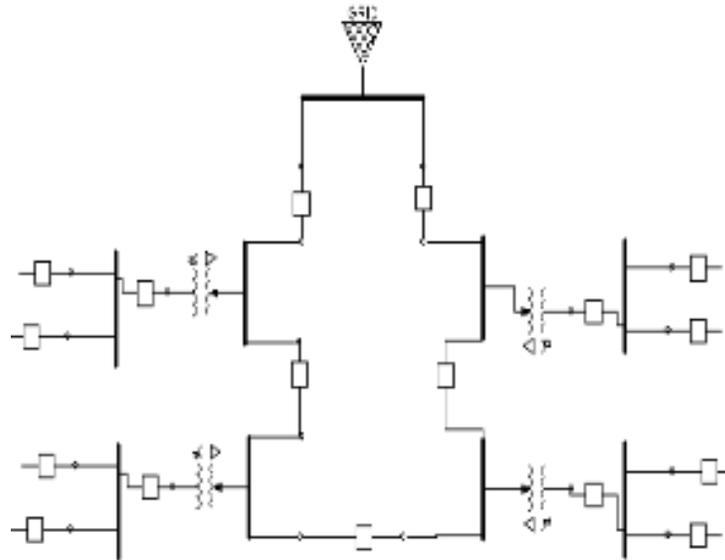


Figura 23. Diagrama unifilar en anillo alimentado de una fuente

En la figura se muestra el diagrama unifilar de un arreglo en anillo con dos fuentes de alimentación sin conexión a equipo y el punto de enlace normalmente abierto entre los transformadores E3 y E4.

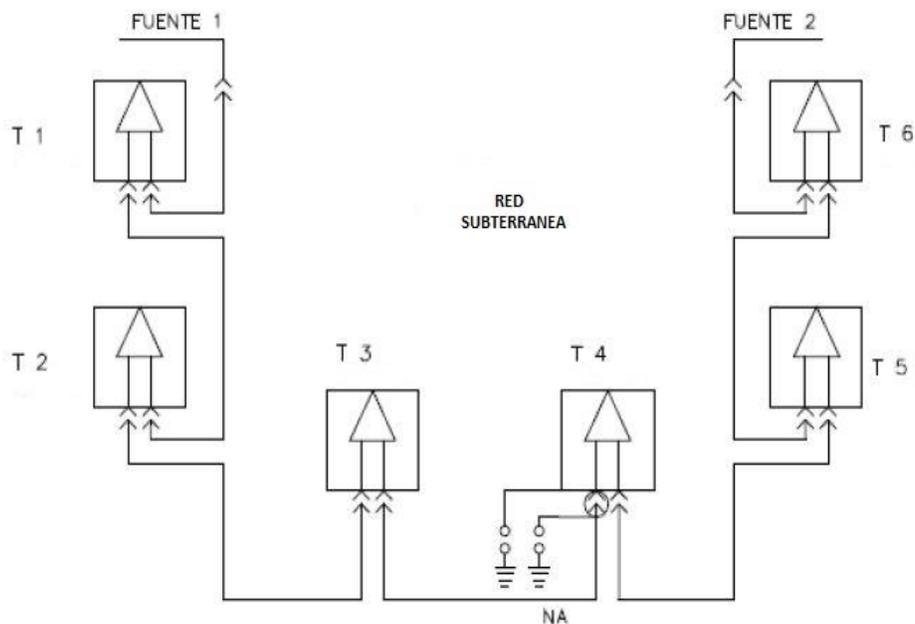


Figura 24. Anillo con dos fuentes de alimentación

Configuración en anillo con dos fuentes de alimentación

Este tipo de configuración cuenta con dos fuentes de alimentación, opera en forma radial con puntos de enlace normalmente abierto en el centro de la carga. En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar de un arreglo en anillo con dos fuentes de alimentación conectado a un equipo o accesorio de la red y el punto de enlace normalmente abierto entre los transformadores E3 y E4.

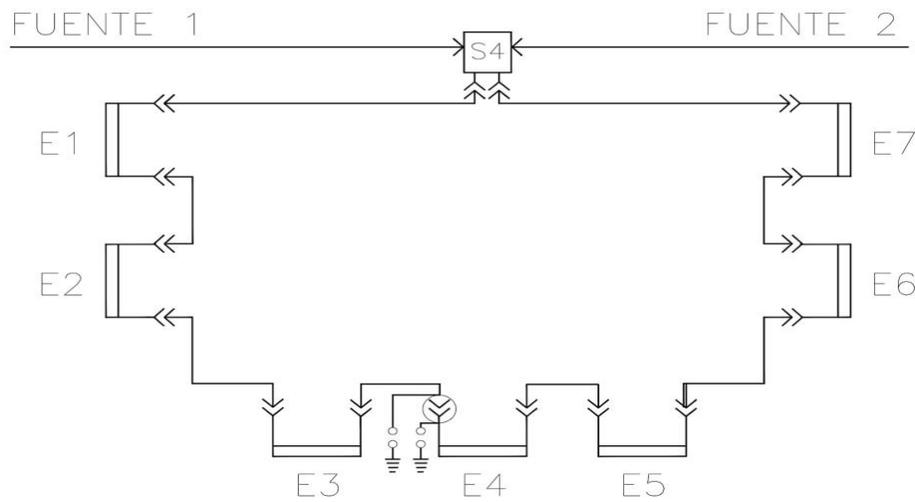
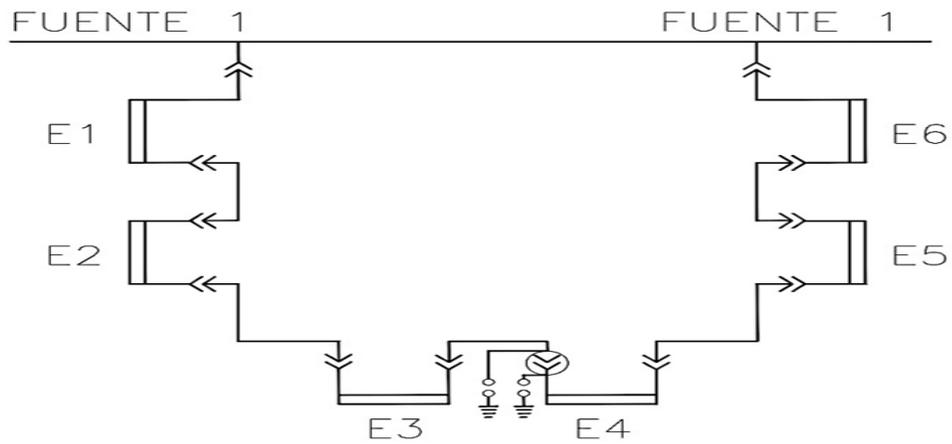


Figura 25. Configuración en anillo con dos fuentes de alimentación

Configuración en anillo con una fuente de alimentación.

Es la configuración que cuenta con una sola fuente de alimentación, está opera de forma radial con un punto de enlace normalmente abierto en el centro de la carga, como se en la figura uno.



Configuración en anillo con tres fuentes de alimentación

Cuenta con tres

Figura 26. Configuración en anillo con una fuente de alimentación

fuentes de

alimentación, está operando de forma radial con punto de enlace normalmente abierto en el centro de la carga. El diagrama unifilar se muestra la siguiente figura.

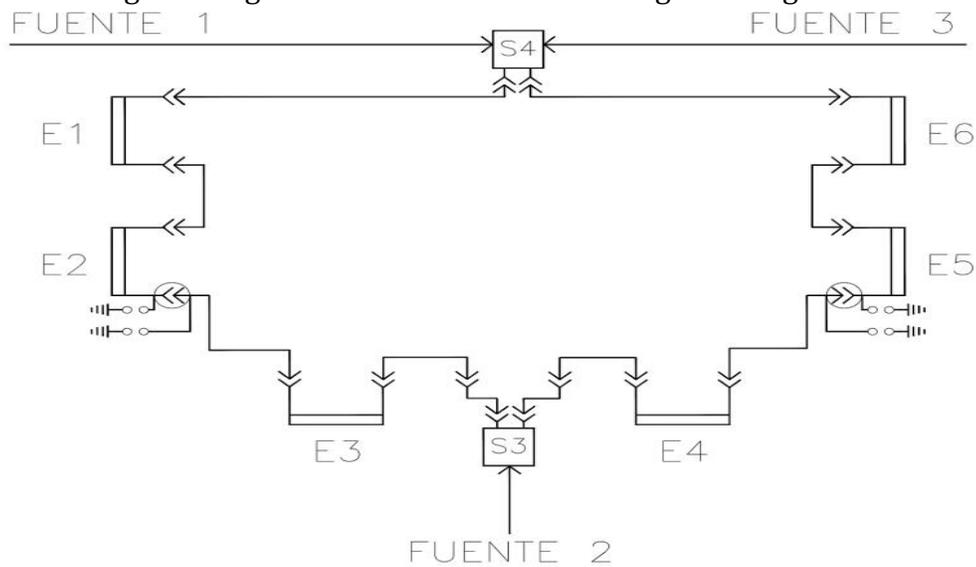


Figura 27. Arreglo en anillo con tres fuentes de alimentación con conectado al mismo equipo de red.

EQUIPOS ELECTRICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Transformadores de distribución

En general, los transformadores de distribución se utilizan para reducir los voltajes primarios del sistema (2.4-34.5 kV) a Tensiones de utilización (120-600 V). La tabla

12 proporciona capacidad de transformador estándar y valores de voltaje de acuerdo con la norma ANSI C57.12.20 para transformadores de distribución.

CAPACIDAD EN KVA DE TRANSFORMADOR ESTÁNDAR Y VALORES DE VOLTAJE					
KVA		Alto voltaje		Bajo voltaje	
Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico
5	30	2400/4160 Y	2400	120/240	208Y/120
10	45	4800/8320 Y	4160Y/2400	240/480	240
15	75	4800 Y 18320 YX	4160Y	2400	480
25	112.5	7200/112,470 Y	4800	2520	480Y/277
37.5	150	12,470GndY/7200	8320Y/4800	4800	240X480
50	225	7620/13,200 Y	8320Y	5040	2400

Tabla 4. Capacidad estándar de transformadores

TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL.

Los transformadores tipo pedestal son los más utilizados en instalaciones eléctricas subterráneas, algunas de las características de instalación y servicio que poseen estos transformadores son las siguientes:

- Requerimiento mínimo de espacio
- Seguridad de maniobras a su alrededor
- Mantenimiento mínimo por contaminación
- Auto protegido
- Facilidad de restablecimiento después de falla
- Detección de fallas, tanto de lado de la alimentación como de la carga
- Desconexión de la alimentación en forma rápida y segura
- Aspecto estético general agradable

TRANSFORMADOR PEDESTAL TIPO EN ANILLO.

El transformador puede formar parte de un sistema de alimentación que interconecte varios aparatos entre sí. La ventaja de este tipo de conexión es que si por alguna razón la alimentación principal se ve interrumpida, puede transferirse a una fuente de alimentación alterna, lo cual da la ventaja de tener energizado y funcionando el aparato, mientras es corregida la falla que interrumpió la alimentación original.

El Transformador Pedestal Tipo Anillo tiene las siguientes características que lo distinguen:

- Tiene seis boquillas en la alta tensión.
- Posee un seccionador del tipo anillo y en ocasiones, en serie con uno radial o dos seccionadores radiales.



Figura 28. Transformador pad-mounted a utilizar

Las dimensiones de un transformador varían según su capacidad y la cantidad de fases, las dimensiones para cada tipo de transformador son necesarias para seleccionar la base del transformador. En la siguiente figura se muestran un transformador tipo pedestal y la respectiva tabla con sus dimensiones.

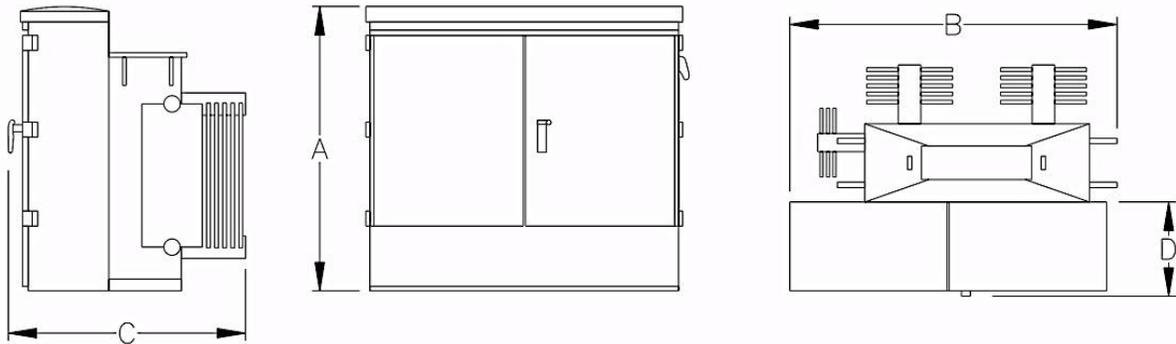


Figura 29. Transformador monofásico tipo sumergible

Kva	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]
30 a 150	1 050 a 1 400	1 320 a 1 565	1 120 a 1 160	770 a 1 600
225 a 300	1 430 a 1 445	1 580 a 1 675	1 450	2 020 a 2 335
500	1 585 a 1 600	1 845 a 2 055	1 525	3 090 a 3 125
750	1 675	2 070	1 650	4 080
1,000	1 675	1 880	2 560	4 095
1,500	1 820	2 330	2 110	5 050

Tabla 5. Dimensiones de transformadores tipo pedestal

Las dimensiones que se muestran en la tabla anterior, son necesarias para seleccionar la bóveda.

Interruptor de distribución (switchgear)

Las celdas UniSec de ABB a utilizar serán del tipo automático y de accionamiento manual.

El GSec es un interruptor seccionador de tres posiciones, aisladas en gas SF₆, idóneo para el uso en los cuadros de media tensión de distribución hasta 24KV, 800A, 25KA. El GSec se usa en los paneles de llegada/salida de línea, en los paneles con interruptor o bien combinados con fusibles. Las aplicaciones típicas son la alimentación de líneas, la protección de transformadores y el uso en redes de anillo. Gracias a sus dimensiones, el GSec puede ser instalado en paneles con ancho de 375mm o superiores.



Figura 30. Gabinete de switchgear Unisec de ABB

La envolvente del interruptor-seccionador GSec consta de dos partes, la superior de resina y la inferior de acero inoxidable

El aparato GSec es de conformidad con la normativa IEC 62271-1, es decir que la estanqueidad del gas está garantizada por un lapso de tiempo superior a los 30 años.

GSec posee una vasta gama de accesorios “plug&play” que puede instalarse y sustituirse directamente desde la parte frontal del aparato. La serie GSec ha sido diseñada y probada de conformidad con las normas IEC 62271-1, IEC 62271-102, IEC 62271-105, IEC 62271-103.

El interruptor-seccionador a sido además probado para el uso a bajas temperaturas y homologado para las aplicaciones navales.

Seguridad

- 1- La parte inferior del GSec, de acero inoxidable, permite una división metálica entre el compartimiento de cable y el compartimiento de barras, garantizando así la puesta a tierra del compartimiento de cables y por lo tanto una mayor seguridad para el personal.
- 2- El diseño del seccionador permite la realización de un cuadro clasificado como PM (Metallic Partitions) en cuanto a la segregación entre el compartimiento de barras y el compartimiento de cables.
- 3- Enclavamientos mecánicos para la seguridad del personal.
- 4- El bloqueo de la puerta impide la apertura de la puerta del panel cuando los contactos del GSec no están en la posición de tierra. Viceversa, el bloqueo impide también poner en posición de abierto o en línea el interruptor-seccionador cuando la puerta está abierta.
- 5- La palanca de maniobra cuenta con la función “anti-reflex”.

Mantenimiento

- 1- La envolvente del GSec está garantizada “sealed for life” por un lapso de tiempo superior a los 30 años, de conformidad con la normativa IEC 62271-1.
- 2- Hasta 5000 maniobras mecánicas sin mantenimiento para el GSec con mando 1s-Resorte simple.
- 3- Hasta 1000 mecánicas sin mantenimiento para el GSec con mando 2s-Doble resorte.

Fiabilidad

- 1- Posibilidad de alojar dispositivos indicadores de tensión del tipo VPIS, de conformidad con la normativa IEC 61958, para registrar la presencia de la tensión en el lado de cables.
- 2- La señalización mecánica del estado del aparato se activa directamente en el eje de maniobra.

Facilidad de uso

- 1- Ambos mandos del GSec cuentan con resortes, por lo tanto la velocidad de maniobra no depende el operador.

- 2- El mando prevé dos acoplamientos separados, uno para la maniobra de la línea y otro para la maniobra del seccionador de puesta a tierra.

Personalización

- 1- Una completa gama de accesorios “plug & play”, fácil de instalar directamente desde la parte frontal del actuador, permite adaptar el aparato para múltiples usos.
- 2- El GSec puede utilizarse para unidades de llegada/salida, combinado con fusibles, interruptor con mando lateral, transformadores de corriente y de tensión.

Compacidad

- 1- Gracias a la parte superior de resina es posible limitar las dimensiones del aparato y del panel, garantizando un elevado poder de aislamiento.

La toma capacitiva para los dispositivos indicadores de tensión y la fijación de los cables están integrados en los aisladores inferiores del aparato. Esto permite reducir el número de componentes internos del panel.

Escudo frontal del interruptor-seccionador

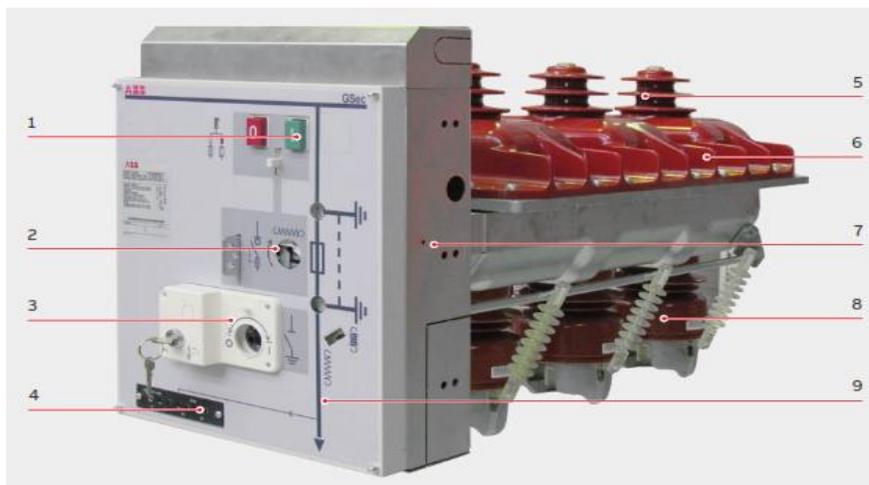


Figura 31. Interruptor-seccionador que se va a utilizar en el sistema subterráneo

- 1- Pulsadores de cierre y apertura.
- 2- Acoplamiento de la palanca para la maniobra de línea.
- 3- Acoplamiento de la palanca para la maniobra de tierra.
- 4- Indicador de tensión (si están previstos).

- 5- Aisladores superiores.
- 6- Envoltente (power part).
- 7- Alojamiento del mando.
- 8- Aisladores inferiores.
- 9- Esquema sinótico.

Envoltente del Interruptor-seccionador aislado en gas SF6

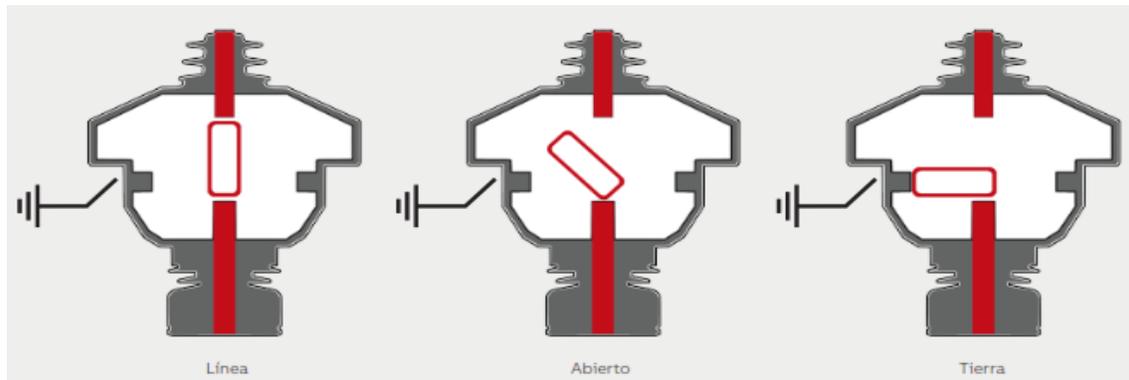
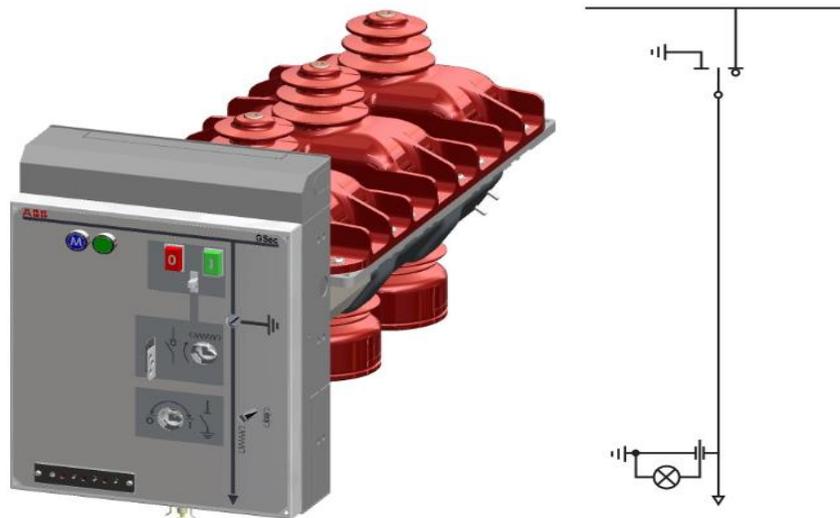


Figura 32. Las tres posiciones del interruptor-seccionador (línea, abierto y tierra).

SDS-Unidad de seccionamiento con interruptor-seccionador



Un	Ir	Ik
kV	A	kA
12	630/800	12,5/16 ⁽¹⁾ /20 ⁽²⁾ /25 ⁽³⁾ (3s)
17,5	630/800	12,5/16 ⁽¹⁾ /20 ⁽²⁾ (3s)
24	630	12,5/16 ⁽¹⁾ /20 ⁽²⁾ (3s)

Figura 33. Configuración en el lado de la entrada del switchgear con mando 2s-Doble resorte con acumulación de energía.

SFC-Unidad con interruptor-seccionador y fusible

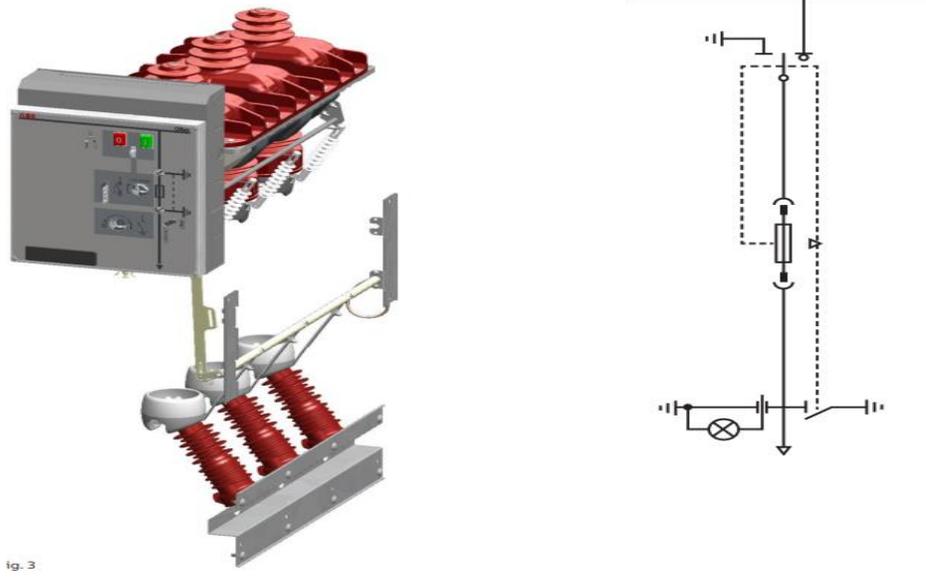


fig. 3

Un	Ik
kV	kA
12	12,5/16/20 ⁽¹⁾ /25 ⁽²⁾ (3s)
17,5	12,5/16/20 ⁽¹⁾ (3s)
24	12,5/16/20 ⁽¹⁾ (3s)

Figura 34. Configuración a la salida del switchgear con fusibles limitadores de corriente y mando 2s-Doble resorte con acumulación de energía.

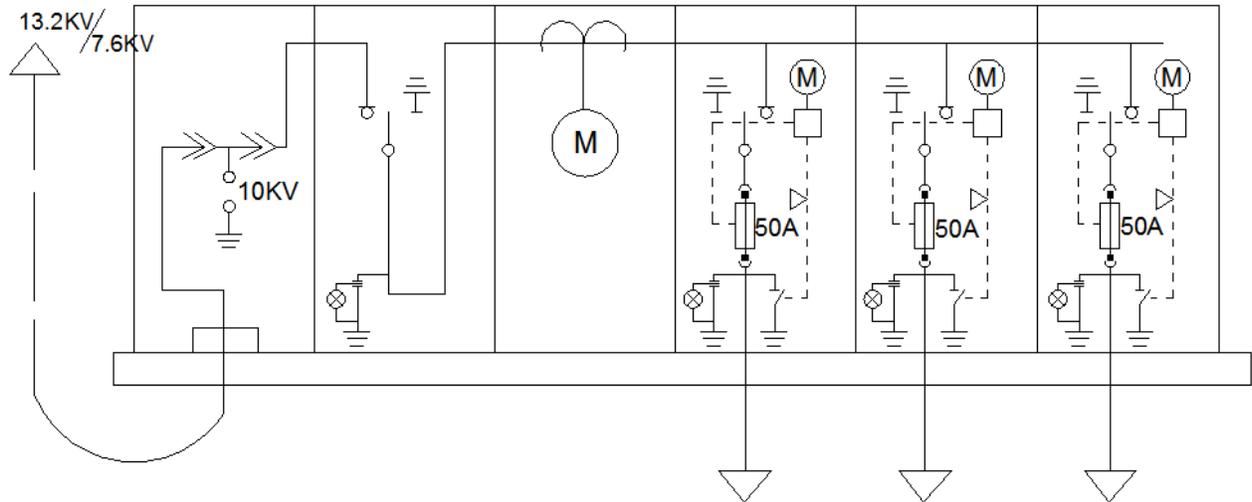


Figura 35. Diagrama unifilar del Switchgear que se va a utilizar en el sistema subterráneo

Transformador de corriente para instrumento de medición en media tensión

Transformadores de intensidad según norma DIN.

Los transformadores de intensidad DIN están aislados en resina y se utilizan para alimentar dispositivos de medida y protecciones. Estos transformadores pueden ser de núcleo enrollado, con uno o más núcleos, con prestaciones y clase de precisión idónea a la exigencia de la instalación.

Estos dispositivos responden a la norma IEC 61869-2.

Sus dimensiones normalmente son conforme con la norma DIN 42600 tipo angosto.

Los transformadores de intensidad pueden también ser equipados con toma capacitiva para la conexión a los testigo de presencia tensión.

La gama ABB de transformadores de intensidad se denominan TPU.

Transformador de intensidad – tipo TPU

Highest voltage for equipment	[kV]	13,8 up to 17,5
Power frequency test voltage, 1 min.	[kV]	34 up to 42
Lighting impulse test voltage	[kV]	up to 95
Rated primary current	[A]	10 - 3200
Rated short-time thermal current	[kA]	2 up to 100...1s
Burdens, classes	[VA/cl]	5-30 / 0.2-5 / 5P ; 10P (acc. to other param. - lth)
Reconnectable (primary till 400-800 A)		primary. or secondary



Figura 36. Transformador de corriente para instrumento de medición

Transformadores de tensión para instrumentos de medición en media tensión.

Los transformadores de tensión están aislados en resina epoxi y se utilizan para alimentar dispositivos de medidas y de protecciones. Están disponibles para montaje fijo o sobre una placa plug-in para paneles con interruptores extraíbles. En este caso los transformadores pueden equiparse con fusibles de protección de media tensión.

Respetan la norma IEC 61869-3.

Sus dimensiones son conforme con la norma DIN 42600 tipo angosto. Estos transformadores de tensión pueden estar provistos de uno o dos polos, con prestaciones y clase de precisión idónea con los requerimientos funcionales de los instrumentos a conectar.

La gama ABB de transformadores de tensión se denominan TJC, TDC, TJP.

TT fase-tierra – tipo TJC

Relacion (V)	7620-120 (63.5:1)
Max voltage de tensión (KV)	15.5
Potencia termica (VA)	1000
Norma	IEEE C57-13
Frecuencia (Hz)	60
Bil (KV)	110



Figura 37. Transformador de tensión para instrumento de medición

Medición en baja tensión

Para tener un registro controlado de la energía eléctrica consumida por cada una de las subestaciones de la Facultad Multidisciplinaria Oriental se instalara un equipo electrónico de medición eléctrica en cada tablero general de baja tensión que alimentar a cada edificio.

El equipo que se va a instalar será el Shark 200-S Sub Medidor WIFI Avanzado con memoria grabación interna facturación automatizada.

Algunas características del medidor:

- 1- Sub medidor de energía y demanda con certificación de facturación clase 0.2%.
- 2- Cumple con la clase ANSI C12.20 (0.2%) e IEC 687(0.2%).
- 3- Capacidad de medición multifuncional.
- 4- Pantalla led rojo brillante de 3 líneas de 0.56" cada una.
- 5- Barra de % de carga.
- 6- Ethernet RJ45 solido o wifi inalámbrico (Modbus TCP).
- 7- Comunicación serial RS485 (Modbus RTU/ASCII).

- 8- Interfaz directa con la mayoría de sistemas de administración de edificios.
- 9- Muy fácil de instalar.
- 10- Almacenamiento histórico y de alarma.



**Medición Precisa,
Tecnología Líder en Comunicación**

Figura 38. Submedidor electrónico Shark 200-S

<p>Entradas de Voltaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20-416 Voltios Línea a Neutro, (Sub Medidor Shark® 100-S), 20-576 Voltios Línea a Neutro, (Sub Medidor Shark® 200-S) • 0-721 Voltios Línea a Línea • Entradas de Voltaje Universales • Capacidad de Soporte de Entrada – Cumple IEEE C37.90.1 (Capacidad de Soporte de Surge) • Voltaje Programable a cualquier rango de TP • Soporta: Sistemas 3 Elementos WYE, 2.5 Elementos WYE, 2 Elementos Delta, 4 Hilos Delta • Burden: 0.36VA por fase Max a 600V, 0.014VA a 120 Voltios <p>Entradas de Corriente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clase 10: 5 Amp Nominal, 10 Amp Máximo • Clase 2: 1 Amp Nominal, 2 Amp Secundario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corriente Programable a cualquier ratio de TC • Burden 0.005VA por fase Máx. a 11Amps • Corriente de Arranque 5mA Pickup para Clase 10 • Corriente de Arranque 1mA Pickup para Clase 2 <p>Aislamiento</p> <p>Todas las Entradas/Salidas Galvanicamente aisladas a 2500 Voltios AC</p> <p>Medio Ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento: (-20 a +70)° C • Operación: (-20 a +70)° C • Humedad: a 95% HR (No-condensable) <p>Método de Registro</p> <ul style="list-style-type: none"> • RMS • 400+ Muestras/Ciclo En lecturas de todos los Canales simultáneamente 	<ul style="list-style-type: none"> • %THD Armónico (% de Distorsión Total Armónica)- Solo Sub Medidor Shark® 100-S <p>Tasa de Actualización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Watts, VAR y VA - cada 6 ciclos (e.g., 100ms @ 60Hz) • Los demás parámetros - cada 60 ciclos (e.g., 1s @ 60Hz)(1 segundo para medición solo de corriente, si no hay tensión de referencia) <p>Fuente de Poder</p> <ul style="list-style-type: none"> • (90 a 400) Voltios AC y (100 a 370) Voltios DC. Suministro Universal AC/DC • Burden: 16VA Máx. <p>Formato de Comunicación</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 Puertos de Comunicación • Puerto RS485 (Parte Posterior) • IrDA (Parte Frontal) • Protocolo Modbus RTU, Modbus ASCII • Velocidad de Puertos: (9600 a 57,600) 	<ul style="list-style-type: none"> • Direcciones de Puertos: 0-247 • 8 Bit, Sin Paridad • Protocolos Modbus RTU o ASCII Ethernet • 802.11b Inalámbrico • Ethernet 10BaseT (RJ45) • Protocolo Modbus <p>Dimensiones y Empaque</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso: 4 lbs <p>Precisión del Sub Medidor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ver página 3 <p>Cumplimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IEC 687 (Precisión 0.2%) • ANSI C12.20 (Precisión 0.2%) • ANSI (IEEE) C37.90.1 Capacidad Surge • ANSI C62.41 – Burst • IEC1000-4-2 – ESD • IEC1000-4-3 – Inmunidad Radioactiva • IEC 1000-4-4 – Transientes Rápidos • IEC 1000-4-5 – Inmunidad Surge
--	---	---	---

Figura 39. Especificaciones técnicas del medidor Shark 200-S

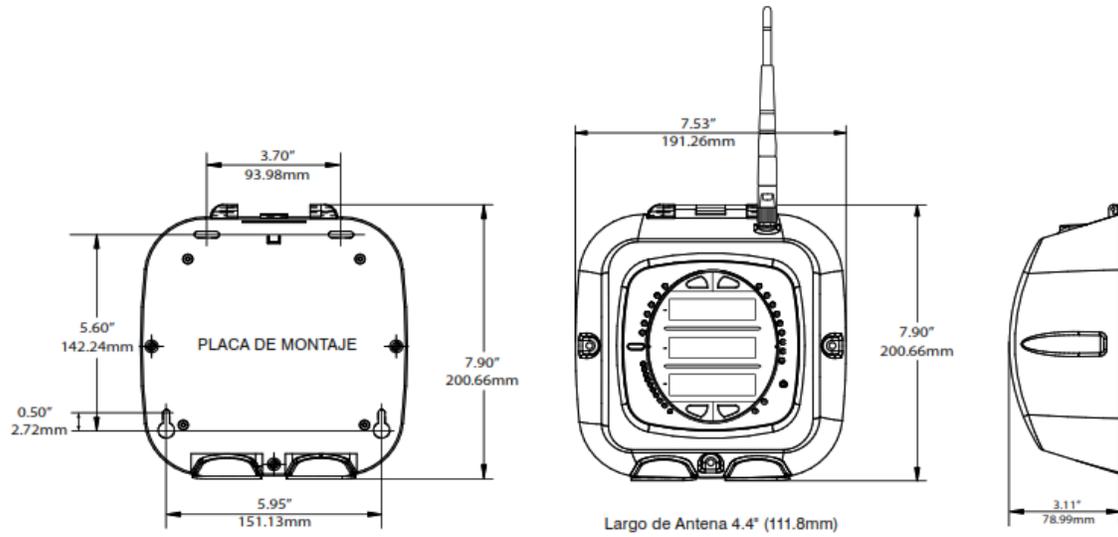


Figura 40. Dimensiones físicas del medidor 200-S

FUSIBLES

Los fusibles que se utilizarán serán tipo SMU-20, con capacidad de 200 amperios máximos continuos. Los Fusibles de SMU-20 se fabrican conforme a un sistema de calidad certificado para cumplir con las normas ISO9001:2000.

Tipo de fusible	Capacidad de 60 Hz*								
	kV			Corriente, amperios, RMS				Cortocircuito	
	Nom.	Máx.	Nivel básico de aislación (NBAI)	Fusible con Uni-Rupter		Interruptor Mini-Rupter			
				Máx.	Supresión de carga	Nominales	Supresión de carga	Amperios, RMS, sim.	MVA trifásico, sim. al voltaje nominal
SML-20	14.4	17.0	95	200E▼	200	600	600	14 000	350
	25	27	125	200E▼	200	600	600	12 500	540
SML-4Z	14.4	17.0	95	200E	200	600	600	12 500	310
	25	27	125	200E	200	600	600	12 500▲	540▲
Fault Fiter	14.4	17.0	95	200	200	600	600	14 000	350
	25	29	125	200	200	600	600	12 500	540

Tabla 6. Capacidades de los fusibles

Características

Los fusibles de potencia SML, como se mencionó anteriormente, incluyen Uni-Rupter , que proporciona el seccionamiento en vivo monofásico de 200 amperios de circuitos monofásicos o trifásicos en sistemas de distribución de hasta 25 kV. Uni-Rupter ofrece lo último en simplicidad de seccionamiento en vivo: un tirón firme y seguro en el fusible con una pértiga es todo lo que se necesita para la interrupción del circuito. Dado que la interrupción del circuito es interna a Uni-Rupter, no hay llama ni arco externo.

Capacidad

Para el diseño de la red primaria, se utilizarán fusibles SMU-20 de 14.4kV nominales y 17kV máximo y BIL de 95kV, y 20,000 amperes RMS asimétricos (14,000 amperes RMS simétricos) con capacidad de interrupción a los 17kV.

Interrupción de la falla

La interrupción de falla rápida y positiva de los fusibles SMU-20 se logra mediante la elongación de alta velocidad del arco en el barreno revestido de material sólido y por la eficiente acción des-ionizante de los gases generados a través de una reacción térmica del material sólido debido al calor del arco confinado.

ACCESORIOS PAR EQUIPOS ELECTRICOS DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEA

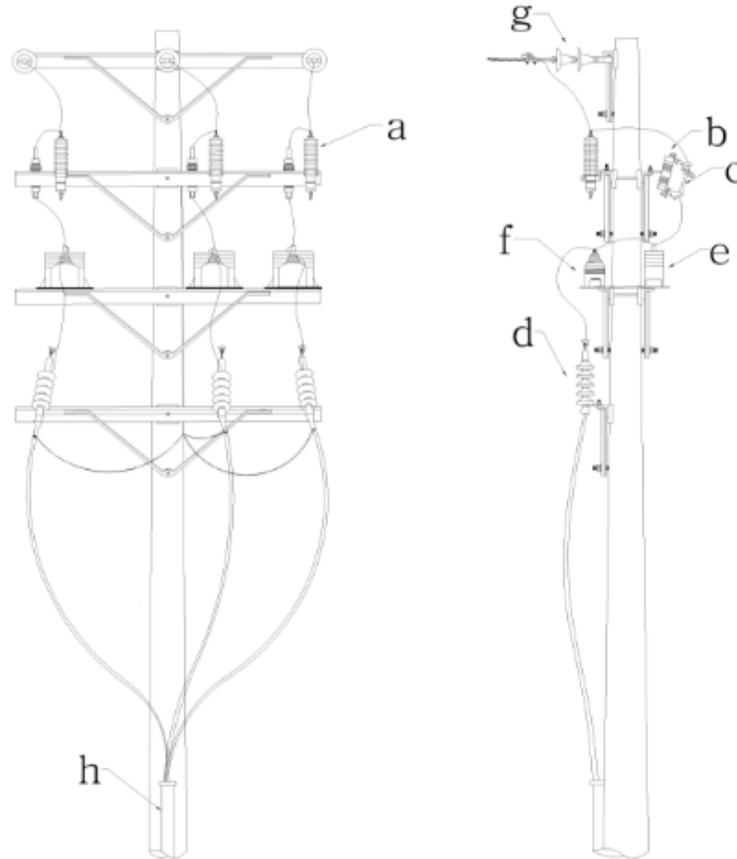


Figura 41. Poste de entrega de la acometida

No	Descripcion
a	Pararrayo de distribucion 10KV
b	Cortacircuito SMD-20 de 14.4KV, Vmax 17KV
c	Fusible SMD-20 140A, 14.4KV, V max 17KV tipo T Ok
d	Terminal contractil en frio de 4 faldones, 14KV
e	Transformador de voltaje tipo soporte para ext 13.2KV
f	Transformador de corriente tipo soprte para ext 13.2KV
g	Aislador de suspension 6" diametro tipo ANSI 52-4
h	Tubo de acero galvanizado 4"

Tabla 7. Componentes del poste de entrega de la acometida

Transiciones de línea aérea a subterránea

- a) En toda transición de línea aérea a subterránea (afloramiento) se instalarán descargadores de sobretensión de óxido de zinc tipo transición (riser pole).
- b) Se instalarán los cortacircuitos y descargadores de sobretensión en crucetas independientes.
- c) El puente de alimentación que proviene de los cortacircuitos irá primero al descargador de sobretensión (pararrayo) y luego al terminal premoldeado y el DPS estará ubicado en el mismo soporte que sujeta el terminal y a la menor distancia posible.
- d) Toda transición a primaria, se hará por ducto conduit metálico galvanizado de sección adecuada para disponer del 60% del área del mismo libre para ventilación, con longitud de 6 m, sujeto al poste mediante tres amarres de cinta band-it de 1/2", una de los cuales irá a 0.5 m de la superficie del terreno y otra a 0.50 m del extremo superior del tubo.
- e) En todos los casos en los puntos de conexión en la parte aérea se ubicarán terminales premoldeados para uso exterior, con las campanas tapagotas, adecuados al calibre del conductor.
- f) Las cintas metálicas que derivan la pantalla electrostática hacia el exterior de los terminales premoldeados irán siempre puestas a tierra.
- g) Siempre se requiere de la instalación terminal tipo NEMA 2 HOLE de compresión hermética al agua, que serán montados haciendo uso de la herramienta apropiada para tal fin, acorde con el calibre del conductor a empalmar. Sobre el conector de compresión se aplicará cinta adecuada para impedir ingreso de humedad al interior del cable, de acuerdo con el suministro y el instructivo del fabricante del terminal.
- h) Antes de introducir el conductor al tubo bajante, se proveerá al mismo de una curva adecuada al diámetro de la bajante y que proteja la canalización de la introducción del agua lluvia (capacidad para diámetros iguales o inferiores a 2.5").
- i) A 0.50 metros de la base del poste de derivación se construirá una cámara de paso acorde con las dimensiones antes citadas. Para acceder a la cámara, se ubicará una curva conduit con un tramo de tubo conduit de iguales especificaciones y embocadura tipo campana. Tal embocadura estará a mínimo 0.20 m de la base de la cámara.
- j) Esta curva irá embebida en concreto simple de 210 kgf/cm². No se admitirá empotrada directamente en tierra.

Derivador múltiple

Los derivadores múltiples son dispositivos que permiten hacer derivaciones en media tensión en 600 A - 600 A, 600 A - 200 A y 200 A - 200 A. A su vez estos derivadores tienen diferentes configuraciones según la cantidad de vías, siempre teniendo en cuenta que como mínimo es de tres vías, porque básicamente se necesita una entrada y una salida del alimentador y una tercera vía para el punto de acometida. Lo anterior se muestra en la siguiente figura.



Figura 42. Derivador múltiple 4 vías 600 A - 200 A

Los derivadores múltiples pueden ser de dos tipos operación con carga u operación sin carga, siendo el primero el más común debido a que se puede operar con tensión lo que permite hacer mantenimientos sin la necesidad de afectar al usuario. En estos derivadores es donde existe la conexión de las acometidas a los usuarios así como los puntos abiertos de los anillos. Son colocados principalmente dentro de los registros o en muretes, su colocación es mediante ménsulas.

Comúnmente sus diseños son ligeros y resistentes a los daños debidos a la corrosión y humedad, son construidos en hule EPDM, su fijación es mediante herrajes de acero inoxidable y resistente a la corrosión. Los puntos de conexión comúnmente no necesitan mantenimiento ya que se encuentran sellados herméticamente. Son ideales para aplicaciones sumergibles, estos dispositivos deben ser diseñados y aprobados por las normas IEEE 336, ANSI, C119.4.

Terminales en sistemas en 200 amperios

Las terminales en media tensión permiten conectar los cables de media tensión a transformadores o derivadores de forma segura. Están fabricados de hule EPDM moldeado lo que permite que la terminal sea resistente a la humedad y elimina la exposición de partes vivas hacia el operador. Hay dos tipos de terminales en 200 A según su tipo de operación:

- **Operación con carga.**
- **Operación sin carga.**

TERMINAL TIPO CODO

Este tipo de terminales permiten conectar los cables de energía a los diferentes tipos de equipos como pueden ser transformadores, seccionadores, interruptores, derivadores múltiples etc. La terminal tipo codo se usa para sistemas en 200 A con niveles de aislamiento para 15 kV, 25 kV y 35 kV.

Las terminales tipo codo permiten conectar cables de energía desde el calibre 1/0 AWG hasta el calibre 250 MCM con un nivel de aislamiento del 100% ,133% y 173%. En la siguiente figura se muestra las cotas de una terminal tipo codo 200 A, así como en la tabla las dimensiones de dicha terminal.

TERMINAL TIPO CODO PORTAFUSIBLE

Las terminales tipo codo porta fusible se utilizan para proteger sistemas de distribución en 200 A incluyendo los circuitos en anillo y radial, cajas derivadores, transformadores y otros equipos.

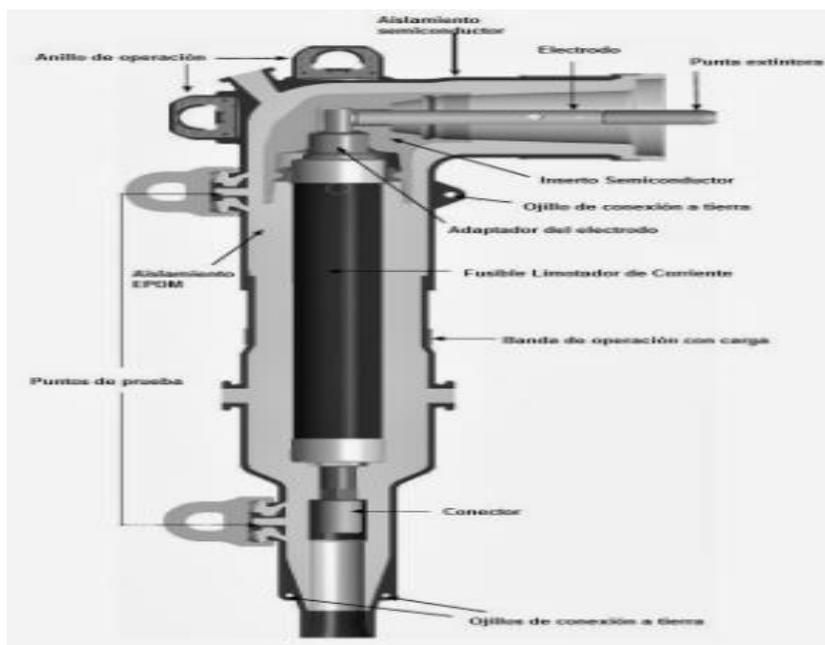


Figura 43. Terminal tipo codo porta fusible de operación con carga
200 A

Las

terminales tipo codo porta fusible son de cuerpo separable lo que permite extraer el fusible que trae en su interior.

Terminal tipo codo			
Dimensiones	15kV	25kV	35kV
A	74.3	8.2	80.2
B	192.3	221.0	241.1
C	99.6	100.9	100.8
D	32.8	41.2	41.2
E	191.4	192.1	192.1

Tabla 8. Dimensiones de terminal tipo codo 200 A

Especificaciones eléctricas, terminal tipo codo 200 A								
Nivel de tensión [kV]	Corriente de operación [A]	Corriente de corto circuito o 10 ciclos [kA]	Tensión de fase tierra [kV]	Tensión de fase a fase [kV]	Nivel básico de aislamiento BIL [kV]	Tensión máxima sostenida en un minuto [kV]	Tensión máxima sostenida en un minuto [kV]	Extinción de la corona [kV]
15	200	10	8.3	14.4	95	34	53	11
25	200	10	15.2	26.3	125	40	78	19
35	200	10	21.1	36.6	150	50	103	106

Tabla 9. Intervalos de operación de las terminales tipo codo 200 A

Hay dos tipos de terminales tipo codo; terminales de operación con carga y terminales de operación sin carga las cuales deben de cumplir con la norma IEEE STANDARD 386. Las terminales de operación con carga son las más utilizadas ya que permiten hacer maniobras sin interrumpir el suministro de energía eléctrica a los usuarios (lo contrario de las terminales de operación sin carga), está se opera mediante una pértiga que sirve como un punto de aislamiento entre el equipo energizado y el operador.

La forma correcta de instalar la terminal mediante una pértiga, se muestra en la siguiente figura.

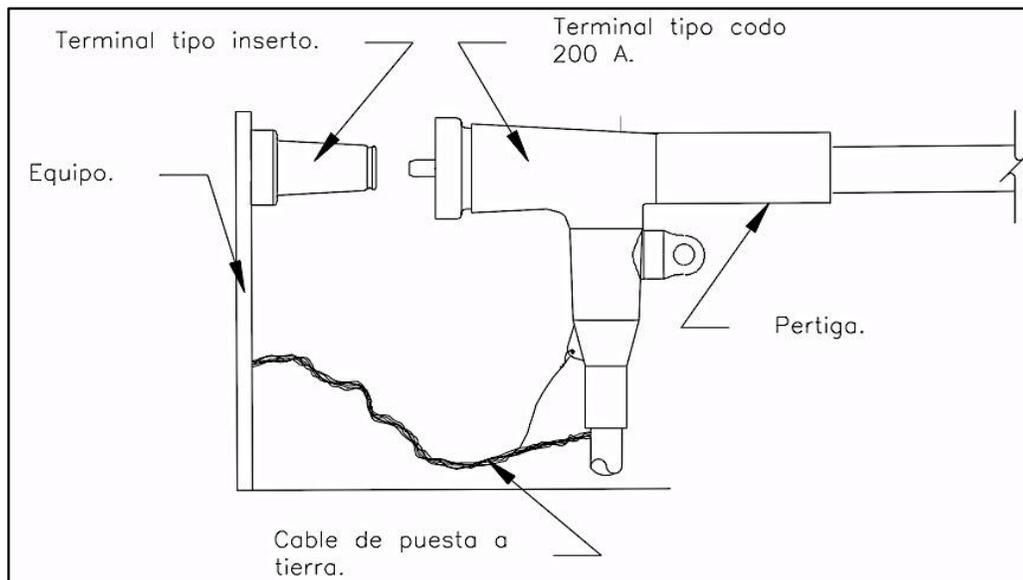


Figura 44. Colocación de terminal tipo codo 200 A equipo de media tensión

CABLE DE ENERGIA DE MEDIA TENSION

Los cables utilizados en líneas subterráneas, tanto en media como en baja tensión, deberán ser construidos con aislamiento adecuado para uso subterráneo, resistente al calor y a la humedad y con un alto grado de dureza ante los incrementos de temperatura.

Las líneas de distribución se construirán preferentemente con cables mono polares (de un solo conductor), con el fin de reducir la probabilidad de fallas fase a fase y facilitar la conexión a transformadores, dispositivos de seccionamiento, acometidas y empalmes en los mismos.

Deberán cumplir con especificaciones técnicas establecidas por AES-ES, las normas internacionales que aquí se indiquen y las especificaciones particulares que se presentan seguidamente.

Norma aplicable

La fabricación, pruebas de calidad y aceptación deberán cumplir con las Normas ANSI/ICEA S 94-649-

2004 "STANDARD FOR CONCENTRIC NEUTRAL CABLES RATED 5 THROUGH 46 KV", para los calibres denominados mediante AWG y alternativamente se utilizará la norma IEC-840. Las normas deberán estar vigentes en su última revisión.

Elementos que componen un cable

Material:	Hilos de cobre cableado recocido sin estañar, redondo comprimido ó compacto.
Pantalla metálica (neutro):	Hilos de cobre
Aislamiento:	Polietileno de cadena cruzada con retardante de arborescencias (XLPE - TR)
Tipo de conductor:	Monopolar
Marcas sobre la cubierta exterior:	Identificación del fabricante Tipo de aislamiento XLPE-TR Calibre del conductor Material del conductor (Cu) Voltaje nominal Año de fabricación Espesor del aislamiento
Temperaturas máximas de operación:	90 °C operación 130 °C sobrecarga 250 °C en cortocircuito.
Proceso de curado:	En seco

En la siguiente tabla se muestran los niveles de energía con sus respectivos valores de diseño de los cables.

NIVELES DE ENERGÍA	RANGO	VALORES DE DISEÑO
Baja tensión	300[V]-1.0[kV]	440[V]
Media tensión	1.1[kV]-35[kV]	5, 8, 15, 25 y 35[kV]
Alta tensión	69[kV]-161[kV]	69, 115, 138, 161 y170 [kV]
Extra alta tensión	230[kV]-500[kV]	230, 345, 400 y 500 [kV]

Tabla 10. Valores comerciales de tensión

En la siguiente figura se muestran cada una de las partes del cable de potencia

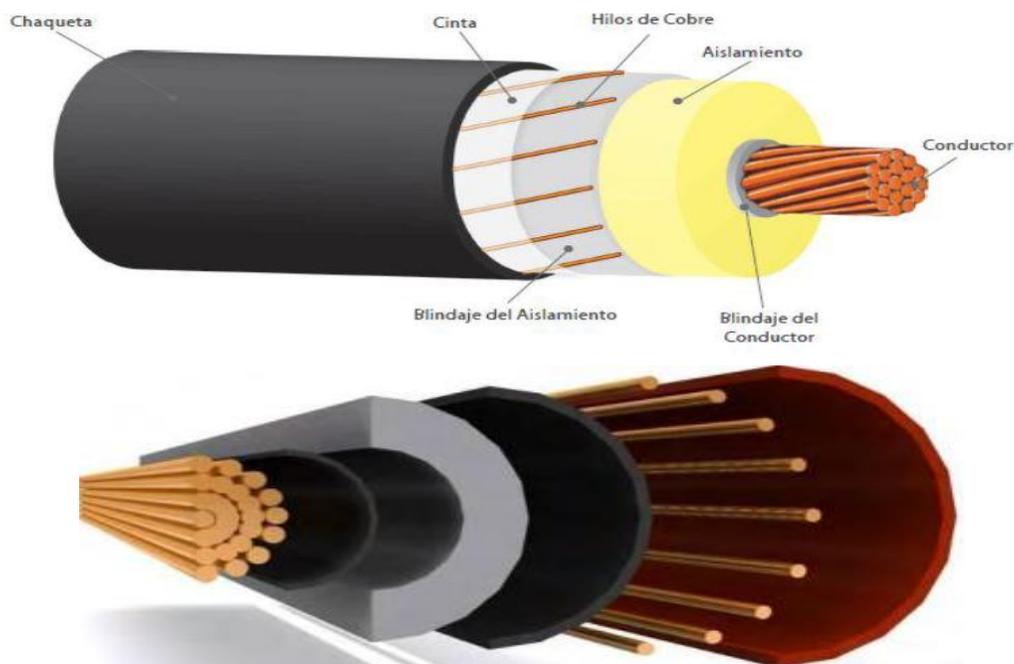


Figura 45. Conductor XLP-TR para media tensión

EL CONDUCTOR

Un conductor es todo aquel material que permite el flujo de la corriente o de cargas eléctricas en movimiento sin mucha oposición. Es un elemento metálico que permite con facilidad el paso de corriente eléctrica, es decir, posee baja resistencia y alta conductividad. Para efectos de un cable de potencia de media tensión solamente se utiliza cobre o aluminio, por lo cual a mayor área del conductor, mayor capacidad de transmisión de corriente eléctrica.

El conductor transmite la corriente eléctrica o la energía eléctrica de un lugar a otro.

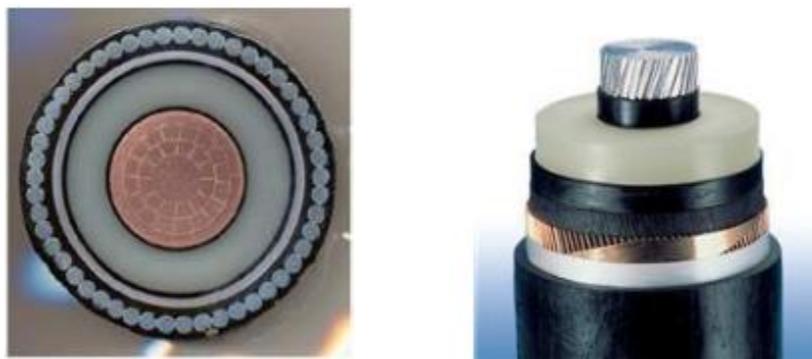


Figura 46. Conductor XLP-TR

FORMAS Y TIPOS DE CONDUCTORES

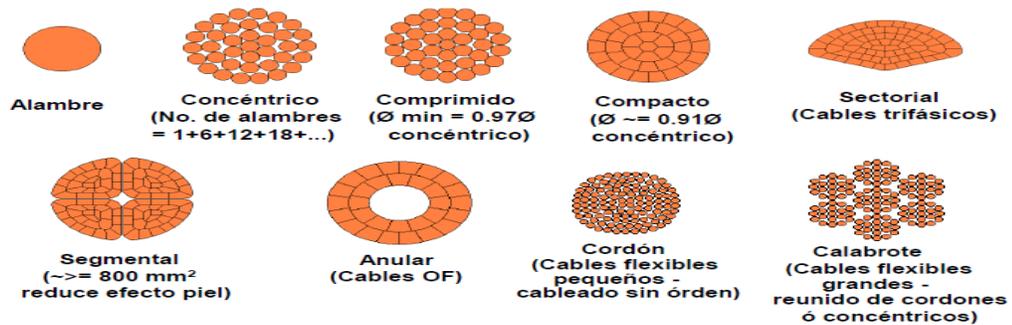


Figura 47. Formas y tipos de conductor

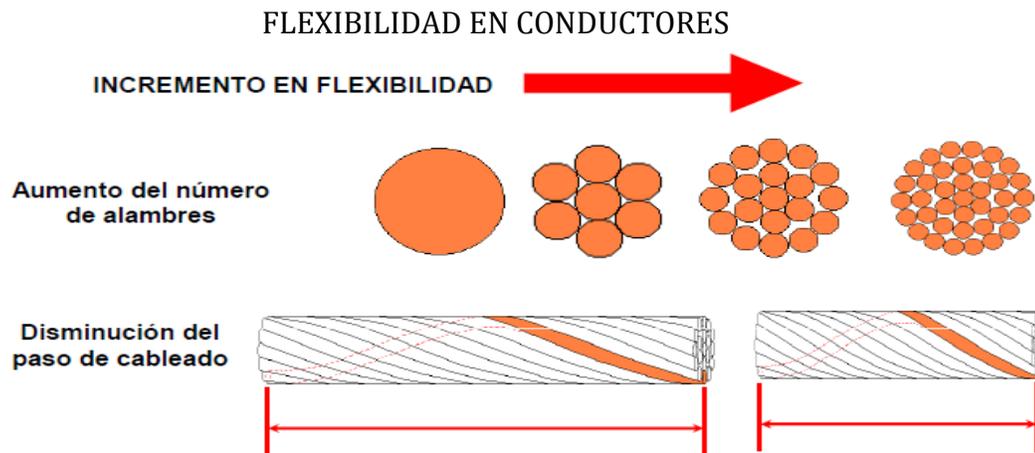


Figura 48. Flexibilidad del conductor

El espesor del aislamiento es importante que sea el apropiado para la tensión del conductor, ya que tiene la finalidad de que el campo eléctrico al que se somete al aislamiento sea menor a la rigidez dieléctrica del medio aislante. Las características eléctricas ya se han descrito, sin embargo también existen otro tipo de condiciones con las que debe de cumplir un aislamiento.



	PVC (Policloruro de Vinilo)	PE (Polietileno)	XLPE (Polietileno de Cadena Cruzada)	EPR (Etileno – Propileno)	Papel impregnado en aceite
Temperatura máxima de operación (°C)	75	75	90	90	85
Temperatura máxima de sobrecarga (°C)	105	85	130	130	100
Temperatura máxima de corto circuito (°C)	150	150	250	250	150
Constante Dielectrica (a 60 Hz y temperatura de operación)	4 – 8	2.3	2.5	3.0	3.9
Tan δ (a 60 Hz y temperatura de operación)	0.09	0.001	0.001	0.015	0.011
Constante K de resistencia de aislamiento (a 15.6 °C) (MΩ-km)	750	15 250	6 100	6 100	1 000

Figura 49. Características de los principales aislamientos empleados en cables

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES AISLAMIENTOS EMPLEADOS EN CABLES

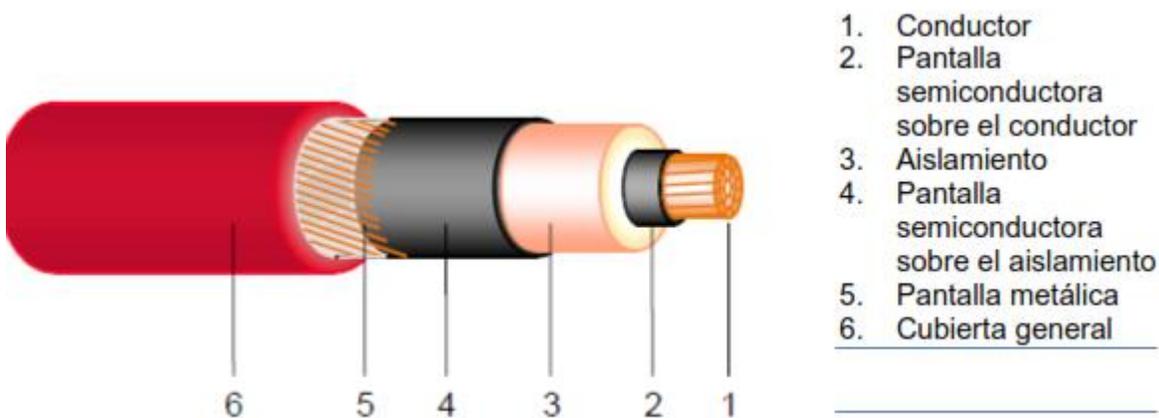


Figura 50. Partes que componen al conductor XLP-TR

CONDUCTOR

La función primordial de un cable de energía aislado es transmitir energía eléctrica a una corriente y tensión preestablecidas durante cierto tiempo. Es por ello que sus elementos constitutivos primordiales deben estar diseñados para soportar el efecto combinado producido por estos parámetros.

LA PANTALLA SEMICONDUCTORA SOBRE EL CONDUCTOR (PANTALLA INTERNA)

Se coloca sobre el conductor, es la capa de material sintético y de baja resistividad que tiene como función promover la disminución simétrica y radial del esfuerzo del campo eléctrico sobre el aislamiento, haciendo uniforme el gradiente eléctrico en la superficie del conductor. Es decir, alisa el campo eléctrico más cercano al conductor haciéndolo uniforme, disminuyendo de ésta manera el gradiente eléctrico y el riesgo

de la formación de puntos de ionización en la parte del aislamiento en la que el campo es más intenso.

LOS AISLAMIENTOS EXTRUIDOS. GENERALIDADES

Un material aislante es aquel que tiene fuertemente ligados los electrones de sus átomos a sus núcleos y por lo tanto no permite su fácil desplazamiento por lo que ante la acción de una diferencia de potencial, tales electrones no tienen la libertad de moverse. El aislamiento en un cable de potencia es una capa de material sintético de alta resistividad y tiene como función confinar el campo eléctrico.

LA PANTALLA SEMICONDUCTORA SOBRE EL AISLAMIENTO (PANTALLA EXTERNA)

Los cables de energía, bajo el potencial aplicado, quedan sometidos a esfuerzos eléctricos radiales, tangenciales y longitudinales. Los esfuerzos radiales están siempre presentes en el aislamiento de los cables energizados. El aislamiento cumplirá su función en forma eficiente si el campo eléctrico se distribuye uniformemente. Una distribución no uniforme conduce a un incremento de estos esfuerzos en porciones del cable, con el consecuente deterioro.

LA PANTALLA METÁLICA

Ésta pantalla está formada por hilos y cintas de cobre aplicadas en forma helicoidal sobre la semiconductora externa y su función es la de proteger la vida humana, pues sirve para realizar las conexiones de puesta a tierra, y para una instalación es recomendable aterrizar la pantalla en todos aquellos lugares en donde sea posible. Dicha pantalla también puede estar construida de plomo tal y como se observa en la Figura.

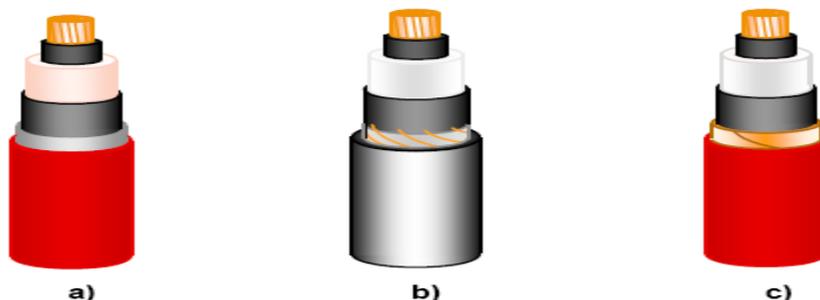


Figura 51. Variantes de pantallas metálicas. a) Plomo, b) Alambres de cobre, c) Cintas de cobre

De acuerdo al propósito de diseño, la pantalla metálica puede tener tres funciones:

- Para propósitos electrostáticos. Deben ser de metales no magnéticos y pueden consistir en cintas, alambres o cubiertas metálicas de plomo o aluminio.
- Para conducir corriente de falla. En ésta se requiere que tenga una conductancia mayor para conducir corriente de falla.
- Para ser utilizado como neutro en el caso de sistemas monofásicos de distribución residencial subterránea.

LA CUBIERTA EXTERNA OCHAQUETA

La cubierta externa proporciona protección contra los agentes mecánicos, intemperismos y agentes químicos externos. El forro debe de proteger mecánicamente al cable y es en éste en donde se graba la identificación del cable, así como del voltaje de operación, el calibre y algunos otros datos. Existen diversos materiales de la cubierta externa que se mencionan a continuación.

- Cubiertas termoplásticas
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Polietileno de alta densidad (HDPE)
- Cubiertas elastoméricas
- Policloropreno (Neopreno)
- Polietileno clorosulfonado (Hypalon)

CUBIERTAS METÁLICAS

En algunos casos por condiciones de operación y contaminación del terreno es indispensable utilizar otro tipo de cubiertas, las cuales pueden ser hechas de una capa de plomo, acero, o una malla de alambre de acero cubriendo la totalidad del cable.

La cubierta de plomo brinda una conductancia adicional que se puede aprovechar para conducir corriente de falla dado los espesores que se necesitan desde el punto de vista mecánico. De la misma manera, existen cubiertas metálicas tubulares, laminadas, engargoladas y combinadas, dependiendo del tipo de instalación y sobre todo de la protección que se desee brindar al sistema de cables.

POLIETILENO VULCANIZADO (XLPE)

También llamado polietileno de cadena cruzada o polietileno reticulado, se logra a través de la suma de un peróxido que al ser expuesto a una temperatura elevada en el proceso de vulcanización tiene una reacción con el polietileno provocando la liga de las cadenas moleculares de polietileno.

El proceso de vulcanización es importante, ya que aumenta la rigidez y eso conlleva una mayor dificultad para el manejo mecánico del cable. Éste material tiene una muy buena estabilidad térmica, lo que le permite soportar una temperatura de operación de hasta 90°C y soportar sobrecargas o cortocircuitos como un material termoestable. Como

desventaja, tiene una baja resistencia de ionización en presencia de humedad lo que se conoce como arborescencia.

Se aplica sobre el aislamiento con el fin de hacer que las líneas del campo eléctrico sean radiales haciendo trabajar en forma uniforme el aislamiento. Debe ser lo más tersa y lisa posible para evitar la formación de burbujas en la interface con el aislamiento. Se utiliza un material semiconductor para evitar que se produzca ionización a su vez producida por descargas eléctricas, las cuales son reducidas por dicho material semiconductor.

NIVELES DE AISLAMIENTO DE CABLES XLPE

El nivel de aislamiento es un criterio de selección del cable poco considerado, sin embargo de vital importancia ya que tiene que ver con el espesor que tendrá el cable, y sobre todo el tiempo en el que una falla se liberará, tomando como referencia el voltaje de operación entre fases y las características del sistema, existen tres tipos de niveles de aislamiento:

- ✓ **Categoría I: Nivel 100%:** Cables que no pueden operar más de un minuto con falla a tierra en el sistema, Se puede aplicar a la mayoría de los sistemas en estrella que tienen el neutro corrido y multiaterrizado.
- ✓ **Categoría II: Nivel 133%:** Se aplican éstos niveles de aislamiento en donde las condiciones de tiempo de operación de las protecciones liberan una falla que ocurra en un tiempo menor a una hora. Se puede utilizar éste nivel de aislamiento en las instalaciones en donde se desee un nivel de espesor mayor al 100%
- ✓ **Categoría III: Nivel 173%:** Cables que puede operar más de una hora con falla a tierra; en este caso el aislamiento del cable está diseñado para soportar continuamente el voltaje de línea del sistema.

La tabla 3 muestra los espesores de aislamiento de los cables para media tensión de acuerdo a las normas ICEA.

Tension de diseño [KV]	Calibre minimo [AWG o Kcmil]	NIVEL DE AISLAMIENTO		
		100%	133%	173%
		mm	mm	mm
5	8	2,29	2,92	4,45
8	6	2,92	3,56	5,59
15	2	4,45	5,59	8,13
25	1	6,6	8,13	11,3
35	1/0	8,76	10,7	16,51
46	4/0	11,3	14,73	19,6

Tabla 11. Espesores de Aislamiento para los Diferentes Voltajes y Niveles de

AISLAMIENTO

El 100% (Cat I) del aislamiento se requiere en sistemas estrella con neutro corrido multiaterrizado con dispositivos que despejen la falla en menos de 1 minuto, sin embargo es recomendable solicitarlo al 133% (Cat II) esto para aumentar la vida útil del cable.

Obra civil

POZOS DE REGISTRO

Se requerirán pozos de registro cuando existan cambios de dirección, en transiciones aéreas subterráneas, en bóvedas de transformadores, así como a lo largo de todos los tramos rectos de la ruta normal del circuito. Los pozos de registro deben cumplir los siguientes requerimientos:

- a) Ser lo suficientemente amplios para permitir al cable los radios de curvatura recomendados y realizar dentro de él las maniobras necesarias para tendido, fabricación de empalmes, etc...
- b) Estar contruidos de forma tal que sean capaces de soportar, con suficiente margen de seguridad, las cargas que se le impongan; esto es válido también para las tapaderas.
- c) Contar con un sistema de drenaje suficiente para manejar las filtraciones o condensaciones que pudieran darse.
- d) Se requerirá solamente una caja de registro ubicada bajo el transformador de pedestal, en tramos de líneas trifásicas o monofásicas no mayores a 40 metros de longitud, cuando se usen conductores calibre 1/0 AWG, en tal caso, se deberá dejar como reserva 2 metros de cable por fase.
- e) Tener argollas que faciliten fijar los equipos de halado. Deben proveerse soportes para soportar los cables y evitar que descansen en el suelo y puedan ser dañados.
- f) Si existe la posibilidad de realizar empalmes o derivaciones deberá colocarse en su interior como mínimo una barra de tierra, para aterrizar estructuras y pantallas de cables.
- g) Cuando el pozo de registro albergue empalmes, deberá tener espacio suficiente para éstos, además del espacio para maniobrarlos.
- h) Las bocas de los ductos deben estar emboquilladas y pulidas.
- i) En los pozos se deben colocar soportes para descansar el cable y empalmes. Estos soportes deben estar provistos de porcelanas o protegidos, con el objeto de que los cables puedan moverse libremente con los ciclos térmicos.
- j) Cuando la obra civil se hace con mucha anticipación a la instalación de los cables, se corre el riesgo de que se inunden los registros, por lo cual el conveniente colocar tapones provisionales (papel y yeso) para evitar que los ductos se obstruyan.

- k)** El interior de todas las cajas debe ser recubierto con un mortero impermeabilizante. Éste se debe aplicar en dos capas, gris la primera y blanca la segunda. Antes de su aplicación, todas las grietas o agujeros deberán ser rellenados con un sellador de poliuretano mono componente.
- l)** El espesor de las paredes será “como mínimo” de 12 centímetros.
- m)** El acero de refuerzo se armará en forma de malla con claro de 15 centímetros.
- n)** Las cajas deberán ser construidas de concreto colado.
- o)** Se debe utilizar vibrador para dar uniformidad al concreto.
- p)** El nivel de acceso a las cajas de registro, deberá estar a 10 cm sobre el nivel del suelo en zonas verdes. Si la caja se localiza en acera o calle, la tapa de ésta deberá quedar al nivel y será empotrada en la losa superior.

Diseño de pozo derivador eléctrico:

Para EL diseño se hace referencia al documento “Sistemas de distribución de líneas Subterráneas”, código SNE-EC-DS, de AES El Salvador. En la siguiente imagen se muestran un pozo derivador de línea primaria.



Figura 52. Pozo distribuidor media tensión

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN LOS DUCTOS

- a)** El material de los ductos debe ser resistente a esfuerzos mecánicos, a la humedad y al ataque de agentes químicos del medio donde quede instalado, de tal forma que una falla de un cable en un ducto no se propague a los cables de los ductos adyacentes.
- b)** El interior de los ductos debe tener un acabado libre de asperezas y filos; los extremos dentro de las cámaras deben tener los bordes redondeados y lisos; en las uniones de ductos se deben colocar acoples de tal forma que no queden escalones entre uno y otro tubo; se debe evitar el uso de materiales que puedan penetrar al interior de los ductos formando protuberancias que, al solidificarse puedan causar daño a los cables durante la instalación.

- c) Los ductos deben ser de asbesto cemento, PVC grado eléctrico o metálicos.
- d) En los cruces de calles o en lugares de tráfico pesado, será necesario colocar una loza de concreto armado sobre el banco de ductos.
- e) Los cambios de dirección en el plano horizontal y vertical se hará por medio de cámaras y la distancia entre ellas en tramos rectos no debe ser mayor de 80 mt, con una pendiente mínima de 0.3%.
- f) La sección transversal de los ductos debe ser tal que al instalar los cables estos solo ocupen el 40%.
- g) El diámetro mínimo de los ductos será de 4" y el número máximo de cables aislados será de 3 más el respectivo neutro. El mínimo de ductos a instalar será de 3.
- h) Los ductos deben quedar fijos por el material de relleno, en tal forma que se mantengan en su posición original bajo los esfuerzos impuestos durante la instalación, se debe evitar que los ductos pasen por terrenos inestables.
- i) Los ductos que atraviesan los muros de un edificio, deben estar provistos de sellos que eviten la entrada de gases o líquidos al edificio.
- j) A la entrada de cámaras o recintos deben quedar dichos ductos en terreno bien compactado o quedar soportados adecuadamente para evitar esfuerzos cortantes en los mismos.
- k) Cuando los ductos se crucen con alguna fuente de calor, será indispensable colocar entre ellos una barrera térmica adecuada.
- l) Sobre los ductos se colocará una banda plástica de 30 cm de ancho de color rojo, señalizando de esta forma que existe canalización de cables de alta tensión.

CANALIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN

- a) Se entiende por canalización la excavación a efectuarse dentro del área del Proyecto, para la colocación de los ductos (tubos de PVC lisos) donde serán instalados posteriormente los conductores.
- b) Los conductos en donde se colocarán los conductores tendrán un diámetro de pulgadas, con características mecánicas equivalentes y no menores a la tubería de PVC DB 120. Existiendo, además, un tubo adicional de iguales características, previsto como reserva. Para conservar una distancia uniforme, entre ellos, se deben usar separadores tipo yugo y podrán ser de madera, fibra de vidrio o plástico, colocados a una distancia máxima de tres metros entre ellos.

CÁMARAS DE EMPALME.

Son aquellas que se deben construir para efectuar instalación de empalmes premoldeados de entrada y salida, en derivación, rectos o en cinta. También se usa como cámara de paso para redes principales.

Sus dimensiones serán de 1.5 x 1.5 x 1.8 metros (largo, ancho y profundidad). Se hace necesario en este tipo de cámara el sifón de desagüe, debido a su función de conexión.

CÁMARAS DE EQUIPO.

Son aquellas donde se montará equipo de maniobra y / o transformador subterráneo. Sus dimensiones serán de 3 x 3 x 2 m.

Las cámaras antes anotadas deben estar ubicadas fuera de las áreas de circulación vehicular, a no ser que sea estrictamente necesario. Las canalizaciones deben ir sobre andenes y zonas verdes, evitando al máximo su ubicación sobre vías vehiculares. Si en una cámara de equipo van a ser instalados más equipos de los mencionados se debe construir una cámara especial

Todas y cada una de las cámaras mencionadas deberán tener:

- a) Fácil acceso para efectos de inspección y mantenimiento.
- b) Desagüe adecuado al tipo de cámara.
- c) Tapas y paredes resistentes.
- d) Ventilación adecuada.

Tensiones y longitud máxima de jalado.

Es difícil determinar la tensión máxima que un cable puede soportar sin dañarse, sin embargo el daño puede presentarse por varias causas, incluyendo la deformación del cable por alargamiento excesivo del conductor, por los jalones bruscos o por la presión que ejercen las paredes del ducto en secciones curvadas. En una trayectoria con una considerable cantidad de curvas es más complicado jalar el cable que en un tramo recto, la tensión es directamente proporcional a la longitud y al peso del cable.



Figura 53. Ilustración de tensión máxima de jalado

La tensión no debe exceder lo que resulte de la siguiente formula

$$T_m = T \cdot n \cdot A$$

T_m = Tension maxima permisible en kg

T = Tension del material que se esta utilizando

n = Numero de conductores

A = Area de cada conductor en

Para un conductor individual

$$T_{mi} = K * A (2)$$

T_{mi} = Tension maxima de jalado de un conductor individual en lb

K = Es una constante = 8lb/kcmil

A = Area de la seccion transversal de cada conductor en kcmil

Principio de básico de jalado de cable en ductos

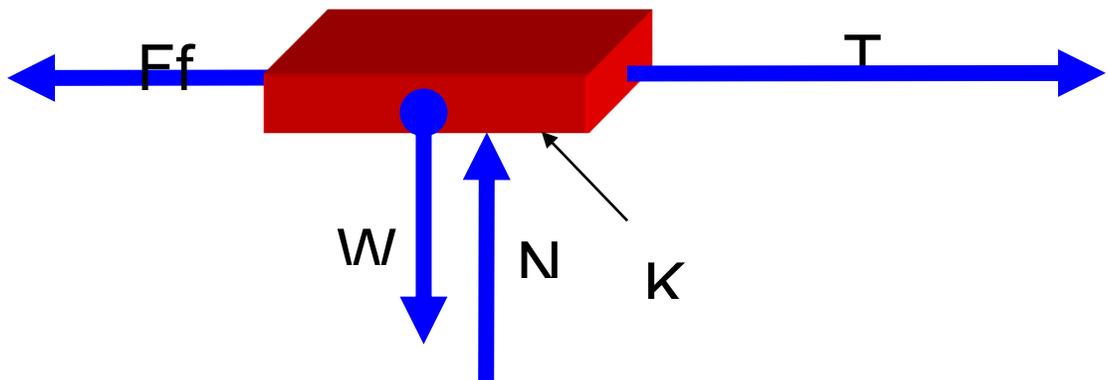


Figura 54. Diagrama de cuerpo libre para determinar la tensión de jalado

$$T = KW$$

Donde:

T = Tensión de jalado

W = Peso del cable

N = Fuerza Normal

Ff = Fuerza de fricción

K = Coeficiente de fricción que depende de las dos superficies en contacto.

FÓRMULAS PARA CALCULAR LA TENSIÓN DE JALADO

a) Jalado horizontal

Tramo recto:

$$T = wflW$$

Longitud máxima:

$$L_m = \frac{T_m}{wfW}$$

b) Jalado inclinado (donde A es el ángulo con la horizontal)

Hacia arriba: $T = Wl(\sin A + wf \cos A)$

Hacia abajo: $T = Wl(\sin A - wf \cos A)$

c) Curva horizontal (doble es el ángulo considerado).

$$T_s = T_e \cdot \cosh wf\theta + \sinh wf\theta \sqrt{T_e^2 + (WR)^2}$$

d) Curva vertical, jalado hacia arriba.

Cóncava con el ángulo hacia abajo:

$$T_s = T_e \cdot e^{wf\theta} + \frac{WR}{1 + (wf)^2} [2wfe^{wf\theta} \sin \theta + (1 - w^2f^2)(1 - e^{wf\theta} \cos \theta)]$$

Cóncava con el ángulo hacia arriba:

$$T_s = T_e \cdot e^{wf\theta} - \frac{WR}{1 + (wf)^2} [2wfe^{wf\theta} \sin \theta - (1 - w^2f^2)(e^{wf\theta} - \cos \theta)]$$

d) Curva vertical, jalado hacia abajo.

Cóncava con el ángulo hacia abajo:

$$T_s = T_e \cdot e^{wf\theta} + \frac{WR}{1 + (wf)^2} [2wf \sin \theta - (1 - w^2f^2)(e^{wf\theta} - \cos \theta)]$$

Cóncava con el ángulo hacia arriba:

$$T_s = T_e \cdot e^{wf\theta} + \frac{WR}{1 + (wf)^2} [2wfe^{wf\theta} \sin \theta + (1 - w^2f^2)(1 - e^{wf\theta} \cos \theta)]$$

e) Aproximaciones Para curvas.

Si $T_e > 10 WR$ entonces:

$$T_s = T_e e^{wf\theta}$$

Si $T_s < 0$ Usar cero para el siguiente tramo del tendido

Para las formulas

$T =$ Tensión de jalado en kg.

$l =$ Longitud del ducto en mm.

$W =$ Peso total del cable.

$T_m =$ Tensión máxima en kg.

$w =$ Factor de corrección por peso.

$A =$ Ángulo con la horizontal en radianes.

$f =$ Coeficiente de fricción (generalmente se toma como 0.5).

T_s = Tensión a la salida de la curva en kg.

T_e = Tensión a la entrada de la curva en kg.

θ = Ángulo de la curva en radianes.

R = Radio de la curva en m.

e = Base de los logaritmos naturales

En la siguiente tabla se muestran valores de $e^{wf\theta}$ para los ángulos más comunes y cuando $T_e > 10WR$ y $w = 1$

Angulo (Grados)	f = 0.4	f = 0.5	f = 0.5
15	1.11	1.14	1.22
30	1.23	1.3	1.48
45	1.37	1.48	1.81
60	1.52	1.68	2.2
75	1.7	1.93	2.68
90	1.88	2.19	3.24

Tabla 12. Valores para ángulos comunes

f) Otras fórmulas a utilizar.

Peso del montaje:

$$W = W_{1/c}(n + n/100)$$

Porcentaje de llenado para conductores redondos y cables de igual diámetro:

$$\% \text{ De relleno} = \frac{d^2}{D^2} \cdot n \cdot 100$$

Máxima tensión para conductores solos, jalados en paralelos:

$$T_m = T_{1/c} \cdot n \text{ para } n \leq 3$$

$$T_m = T_{1/c} \cdot n \cdot 0.8 \text{ para } n > 3$$

$$T_m = 4712t \cdot (d - t) \text{ Para cubierta de plomo}$$

Para varios conductores:

$$T_m = 0.8 \sum T_{1/c} \text{ Para cables sin disposición entrelazada}$$

$$T_m = 0.6 \sum T_{1/c} \text{ Para cables con disposición entrelazada}$$

Cuando se jalen directamente de los conductores metálicos de fase, se permite una tensión máxima de 0.008 lb/cmil, usando un factor de seguridad de 2.4. Sin embargo la tensión máxima no debe exceder las 5000 lb para un solo conductor y 6000lb para varios conductores calibre 8 o superior o 1000 libras para calibres inferiores a 8AWG

PRESIÓN LATERAL EN CURVAS

Cuando se excede la presión máxima permisible, existe la posibilidad que el cable se dañe por aplastamiento. Esta presión se denomina; presión lateral y es la fuerza radial ejercida en el aislamiento y cubierta de un cable.

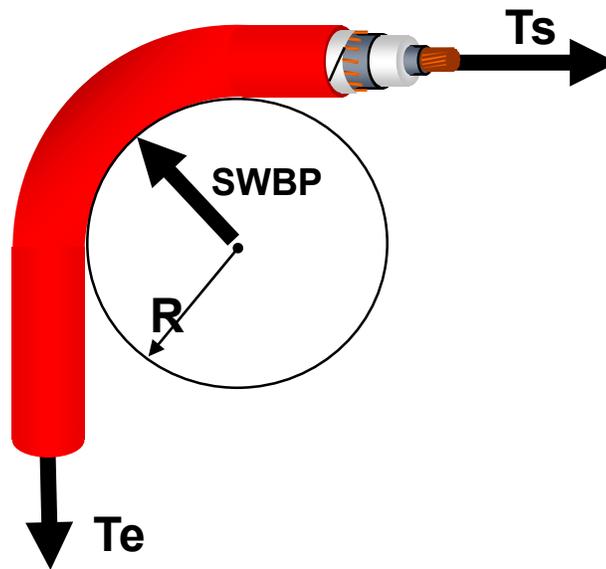


Figura 55. Ilustración de la presión lateral que sufre el cable

Como puede verse en la figura **SWBP**, es la presión lateral en **kg/m**, **Ts** la tensión de jalado, **Te** la tensión en la entrada de la curva y **R** es el radio de curvatura en **m**.

En la siguiente tabla se muestran valores de presión lateral máxima permitida para diferentes tipos de cables.

Pueden usarse las siguientes fórmulas para determinar la presión lateral, dependiendo de la geometría:

a) Un cable por ducto.

$$P_L = \frac{T_S}{R}$$

b) Tres cables acuñaados.

$$P_{La} = \frac{(3w_{3a} - 2)T_{3/A}}{3R}$$

c) Tres cables triplexados.

Donde $P_L = P_{La} = P_{Lt}$ = Presión total en curvas

$$P_{Lt} = \frac{3w_{3t}T_{3/T}}{2R}$$

T_S = Tensión a la salida de la curva en kg.

R = Radio de la curva en m.

$w_{3\theta}$ = Factor de corrección por peso en 3 cables acuñaados.

w_{3t} = Factor de corrección por peso para 3 cables triplexados.

$T_{3/A}$ = Tensión de jalado de 3 cables acuñaados a la salida de la curva en kg.

$T_{3/T}$ = Tensión de jalado de 3 cables triplexados a la salida de la curva en kg

c) Formación triplexada

$$W_{3-t} = 1 + \frac{4}{3} \left(\frac{d}{D-d} \right)^2 \text{ Con un limite inferior} = 2.155$$

Factor de corrección

Cuando se realiza el jalado de los cables a través de los ductos, en el momento de introducir más de un conductor se tiene que hacer una corrección de peso del cable, ya que al estar en contacto con otros se tiene una mayor fricción y por lo tanto una mayor dificultad para jalarlos, por lo cual se tiene que debe de corregirse dependiendo del número de conductores que han de instalarse en el mismo ducto

Donde D es el diámetro interior del ducto y d es el diámetro exterior de un cable monopolar.

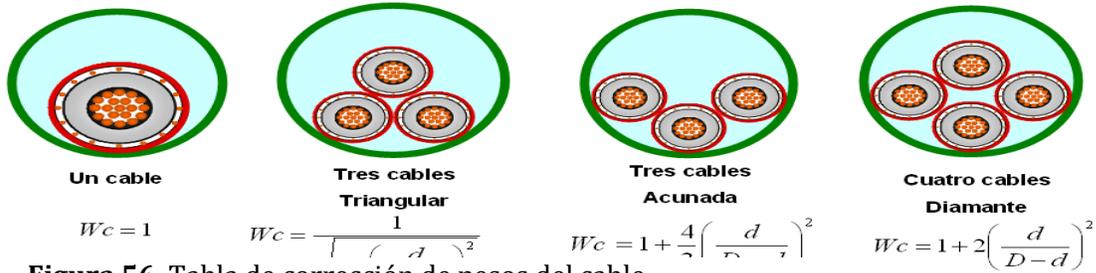


Figura 56. Tabla de corrección de pesos del cable

RECOMENDACIONES

- a) Verificar continuamente la tensión mecánica por medio de un dinamómetro colocado en el cable guía.
- b) Usar dispositivos que interrumpan la tensión si llegase a exceder los valores máximos permisibles.
- c) El cable de energía y el cable guía deben apoyarse por medio de poleas y rodillos, especialmente en las curvas para reducir la tensión de jalado. Los radios de curvatura de los dispositivos, deberán ser lo suficientemente grandes para evitar que sufra daño el cable.
- d) Usar lubricantes adecuados en la instalación del cable para reducir la tensión.

RADIOS MÍNIMOS DE CURVATURA

En la instalación de cables de energía es muy frecuente que el doblado dado al cable al ser introducido en un banco de ductos, o al existir una curva en la trayectoria, sea menor que el radio mínimo de curvatura especificado por el fabricante; así mismo, cuando un cable se retira para ponerlo o recorrerlo hacia otro lugar, generalmente el tambor que se usa para enrollarlo no es del diámetro adecuado.

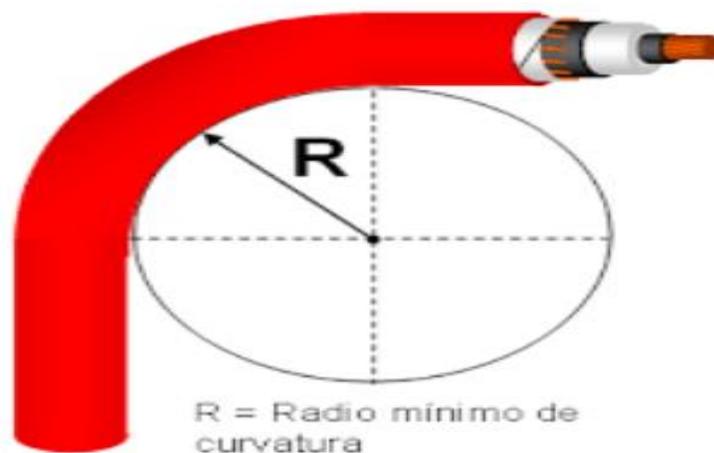


Figura 57. Radio mínimo de curvatura en un cable de energía.

Estos dobleces ocasionan graves lesiones al aislamiento, a las cintas de la pantalla metálica o a la cubierta de plomo, si se usa. El daño que se le ocasiona al aislamiento es producto de un esfuerzo de tensión mayor que su límite elástico, teniendo como consecuencia su posible fractura o debilitamiento, cuando el cable tiene cintas metálicas como pantalla, estas sufren deslizamiento de una sobre otra, ocasionando que no vuelvan a su estado original.

En la siguiente tabla se muestra los radios mínimos de curvatura para espesores de aislamiento.

Espesor del aislamiento (mm)	25.4 y menores		Diámetro total del cable (mm)	
			25.4 a 50.8	50.8 y mayores
3.94 y menores	4D		5D	6D
4.32 a 7.87	5D		6D	7D
8.26 y mayores			7D	8D

Tabla 13. Radios mínimos de curvatura

El tipo de cable que se utiliza en líneas subterráneas puede ser de cobre o aluminio, con un recubrimiento aislante XLPE, en el caso del diseño presentado para este proyecto, el cable que se utilizara está formado por hilos de cobre, distribuidos de forma concéntrica con una cubierta exterior que se construye en polietileno color negro de alta densidad y cuyo apantallamiento será de neutro concéntrico.

Obra eléctrica

INTERRUPTOR DE MEDIA TENSIÓN TIPO PEDESTAL (SWICHGEAR)

Tipo de diseño: Manual y Automático

Modelo: Unisec ABB

Frecuencia: 60 Hertz

Barra principal: 600 Amperios

Capacidad interruptora mínima: 12.5 kA Simétricos

Capacidades Nomina: 17.5akv

Numero de vías: 3

Interruptores: 3 de carga y 1 de maniobra

Tipos de interruptor: interruptor-seccionador aislado en gas SF6

Material del tanque y/o gabinete: Acero inoxidable tipo AISI 304. Los de tipo pedestal de color verde oliva.

Fusibles: tipo SMU-20, con capacidad para 14.4kV nominales y 17kV máximo y BIL de 95kV, y 20,000 amperes RMS asimétricos (14,000 amperes RMS simétricos) con capacidad de interrupción a los 17 kV.

TRANSFORMADOR PADMONTED

Frecuencia de Operación: 60 Hz.

Fases: 3ϕ

Capacidades Nominales: desde 45 kVA hasta 225 kVA

Voltaje nominal media tensión: 13,200 Volts.

Voltaje nominal baja tensión: 120/208 GrdY.

Conexiones: Las conexiones de media tensión serán en “delta” y baja tensión deben ser en “estrella” sólidamente aterrizadas.

Núcleo: El núcleo deberá quedar eléctricamente conectado al tanque

Corriente de excitación: No deberá ser mayor al 2% de la corriente nominal.

Derivaciones (Taps): Deberán tener cinco derivaciones en el lado de media tensión, con una diferencia del 2.5% por cada derivación, por abajo del voltaje nominal.

Impedancia: La impedancia deberá cumplir con la norma ANSI C57.12.26

Configuración: En lazo (loop feed). Todos los componentes para este tipo de configuración deben ser operables bajo carga.

Seccionador: Deberá contar con un seccionador de 4 posiciones, con corriente nominal de 200 A, voltaje máximo de operación de 15 kV, corriente momentánea simétrica RMS de 10 kA.

Terminales primarios: Los transformadores trifásicos deben tener un total de seis terminales en media tensión, que cumplan los estándares ANSI / IEEE 386 y cuatro tipo espada n el lado de baja tensión, aterrizamiento y conexión de neutro Ho-Xo.

Pérdidas: Las pérdidas permisibles deben de ser de acuerdo a la norma ANSI / IEEE C57.12.00 y se detallan a continuación.

Nivel básico de Impulso (BIL): 125 kV en media tensión y 30 kV en baja tensión.

Temperatura: Deberá ser diseñado para que opere a una temperatura ambiente máxima de 40 °C.

Elevación de temperatura: No debe exceder a los 65 °C sobre la temperatura ambiente según la norma ANSI / IEEE C57.12.00.

Aceite Aislante: Puede ser dieléctrico de origen mineral según norma ASTM D3487 y de origen vegetal según norma ASTM D6871-3.

Material de los devanados: Puede ser aluminio o cobre.

Protecciones: Deben estar protegidos por cada fase con dos fusibles conectados en serie y coordinados entre sí. El primero debe de ser tipo “expulsión”, de doble elemento tipo “bayoneta” (dual sensing) de operación interna, reemplazable exteriormente por medio de pértiga. Y el segundo debe ser un fusible limitador de corriente “FLC” de arena plata de rango parcial.

Construcción: Debe ser construido en su totalidad de acero inoxidable tipo AISI 304. Los compartimientos deben ser separados por una barrera de metal, de dos puertas y cumplir con lo estipulado en norma ANSI C.57.12.28.

Compartimientos: Visto de frente, el compartimiento de media tensión debe estar al lado izquierdo y los de baja tensión al lado derecho. El compartimiento de media tensión sólo puede ser abierto, hasta que el compartimiento de baja tensión haya sido abierto. Bisagras, pines y demás componentes deben ser anticorrosivos equivalentes al tipo AISI 304. Se debe proveer medios para su bloqueo como candados y tornillo con cabeza pentagonal.

Placa de datos: Debe tener la información descrita en las placas definidas por ANSI/IEEE C57.12.00 colocada en el compartimiento de baja tensión. Construida con acero inoxidable o aluminio resistente a la corrosión e indeleble. Los datos que deben aparecer en dicha placa son los siguientes:

- .Número de serie
- Clase de ventilación
- Número de fases
- Frecuencia
- Potencia
- Rango de Tensiones
- Incremento de temperatura en °C
- Polaridad de las fases
- Diagrama fasor del transformador
- Impedancia de Cortocircuito
- Masa aproximada en kg.
- Diagrama de conexiones
- Nombre del fabricante
- Instrucciones de referencia y operación
- La palabra Transformador
- Tipo de aislante líquido
- Material del conductor del bobinado
- No PCB

El tanque y los compartimientos deben tener un recubrimiento anticorrosivo de pintura epoxi bituminosa color verde Munsell 7GY 3.29/1.5.

Las características de pintura deben ser iguales o superiores a las descritas en ANSI/IEEE C.57.12.28.

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.

Los tableros de distribución secundaria serán fabricados bajo la norma IEC 604391 con las características siguientes:

Voltaje de operación: 120/208 V.

Número de espacios: Los detallados en cuadros de carga

Capacidad de barras: La detallada en cuadro de carga

Capacidad de corriente de corto circuito: La detallada en cuadro de carga

Número de fases: 3 fases + neutro + polarización clase 1

Interruptor principal: En caja moldeada del tipo termomagnético (MCCB)

Tipo de montaje del interruptor principal: Fijo

Interruptores ramales: En caja moldeada del tipo termomagnético. (MCCB)

Medición: Con medidores analizadores de redes para cada ramal

Grado de protección: IP 55

Material de las Barras: Cobre

Material del Gabinete: Estructura en Chapa de Acero de 1mm de espesor. Paneles externos, en chapa de acero de 2mm de espesor puertas. Chapa de acero de 2mm de espesor

Placa de Montaje: Chapa Galvanizada

Colores: Pintura Pulverizada RAL 7024 o RAL 7035

Acceso: Con puerta transparente frontal, para la toma de lectura en los medidores, con bisagras que permitan un ángulo de apertura de 180°.

Guía para el mantenimiento eléctrico de la red primaria subterránea

MANTENIMIENTO DE LOS CABLES

El aislamiento eléctrico está sujeto a un esfuerzo severo inclusive en condiciones ideales de operación generando esfuerzos que causan el debilitamiento progresivo del valor de resistencia de Aislamiento. Algunos patrones que causan la variación de la resistencia de aislamiento son:

- a) El calor.
- b) La humedad.
- c) Esfuerzos eléctricos.
- d) Golpes.
- e) Sobretensiones.
- f) Elementos corrosivos.
- g) Ataque de animales.

Para evitar daño en el aislamiento, se recomienda elaborar pruebas y revisiones periódicas, para determinar o evaluar el estado del equipo. Para una adecuada revisión, se debe contar con el historial del cable.

La historia del cable debe contar con los siguientes datos:

- a) Año de fabricación del cable y de puesta en servicio.
- b) Tipo de cable (aislamiento).
- c) Número y tipos de empalmes y terminales.
- d) Reportes de prueba del cable.
- e) Diagrama de la ruta del cable.

EMPALMES Y TERMINALES.

Como los empalmes en todo cable son un punto potencial de falla, se debe tener especial cuidado en las revisiones que se hagan.

Si es un empalme, revisar la cinta protectora contra la humedad, además es importante revisar la pantalla del cable para que no vaya a estar rota.

Si es un empalme pre moldeado, tener especial cuidado y que sea completamente cerrado, si se tienen dudas, lo más recomendable es verificar si el empalme es apto para ese tipo de cable. De acuerdo a las políticas de cada empresa se deben verificar que las conexiones a tierra estén en buen estado en los empalmes. En cuanto a los terminales

se tendrá especial cuidado con aquellos que se encuentren en zonas de alta contaminación.



Figura 58. Empalme pre moldeado 15KV

A continuación se mencionan algunos puntos que es conveniente verificar periódicamente para corregir condiciones que puedan ocasionar una falla:

- a) Verificación, ajuste y coordinación de las protecciones contra sobrecorriente del sistema.
- b) Instalación de pararrayos adecuados al sistema y revisión periódica de los mismos.
- c) Verificación de los valores de resistencia y conexión del sistema de tierra.
- d) Limpieza y ajuste de conectores mecánicos en puntos de transición a cables desnudos, cuchillas, etc.
- e) Limpieza exterior de terminales instalados en ambientes excesivamente contaminados.
- f) Instalación de terminales de cobre adecuados en el punto de transición, con el objeto de que no le entre agua al cable a través del conductor.

TERMINAL

Los terminales se instalarán en las transiciones de cable de potencia con cable aéreo. Dependiendo del proyecto se podrá optar por colocar las terminales en las estructuras de transición o en una estructura acondicionada dentro de la subestación. Las terminales serán diseñadas para confinar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable de potencia por la interrupción o retiro de la pantalla semiconductora que se envuelve a este aislamiento y así proporcionarle una distancia de fuga aislada adicional y de hermeticidad, igualmente se debe de considerar dentro de su diseño la capacidad de auto soporte y dispositivo de fijación.

Para tensiones menores de 69KV o igual, se instalarán terminales de tipo contráctiles o pre moldeadas.

Las terminales que se instalaran deben cumplir con la norma NMX-J-199 “TERMINALES PARA CABLES AUSLADOS CON PANTALLA PARA USO INTERIOR Y EXTERIOR”. Así mismo, al especificar el suministro se debe tomar en cuenta el nivel de contaminación de la región donde se instalara para determinar la distancia de fuga y de fase a tierra.

TERMINALES DE POTENCIA

- a. Como parte complementaria de los cables subterráneos, en la distribución de energía eléctrica se utilizan los terminales de potencia, los cuales harán posible efectuar las transiciones entre líneas de distribución aéreas a subterráneas, o conexiones de cable a equipos como transformadores, interruptores, seccionadores, etc.
- b. La utilización de terminales de potencia en los sistemas de distribución subterránea, tiene como objetivo primario reducir o controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable, al interrumpir y retirar la pantalla sobre el aislamiento y como objetivos secundarios se encuentran el proporcionar al cable una distancia de fuga aislada adicional y hermeticidad.
- c. Los terminales de potencia según su tipo de instalación pueden ser de uso exterior o de uso interior.
- d. Se tienen diferentes tipos de tecnologías para los terminales; actualmente pueden ser encogibles en frío y preformados.
- e. La selección de los terminales de potencia, debe hacerse teniendo en cuenta diferentes aspectos como el nivel de tensión, el uso (interior o exterior), el calibre del conductor y el nivel de aislamiento del cable, que para el caso de AES-ES es del 100%.

Terminal tipo interior

- a) Se usarán en instalaciones interiores.
- b) Se instalarán a la entrada y/o salida de seccionadores para operar bajo carga y a la llegada al transformador en subestaciones del tipo capsulado.

Terminal tipo exterior

- a) Se usarán en instalaciones exteriores; a la intemperie.
- b) Se instalarán en los puntos de transición de líneas de distribución aéreas a subterráneas, subterráneas a aéreas, o cuando se efectúa una derivación de una red exterior a una carga interior (tipo capsulada).
- c) Para la conexión a la red aérea se utilizan conectores tipo borna terminal o terminales tipo vástago, los cuales deben ser herméticos para evitar filtraciones de agua a través del cable.

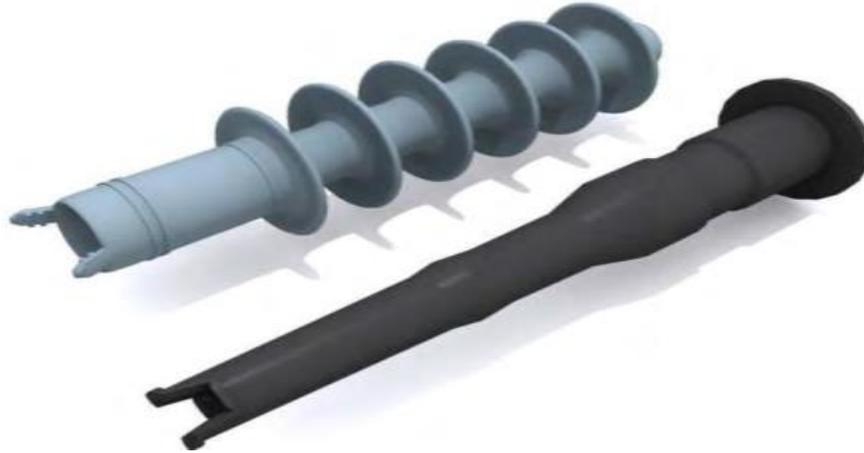


Figura 59. Terminal pre moldeado MT

PRUEBAS EN EL CABLE

El cable deberá cumplir con las pruebas, tipo rutinarias y aceptación de acuerdo a las normas ICEA o IEC.

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN EL CABLE.

Esta prueba consiste en la medición directa de la resistencia por medio de aparatos y comparar este valor medido con el valor inicial de puesta en servicio del cable y con el valor teórico esperado el cual se puede calcular de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Donde:

R = Resistencia aislamiento en M/kM.

K = Constante de resistencia de aislamiento.

D = Diámetro sobre aislamiento en mm.

d = Diámetro bajo aislamiento en mm.

FL = Factor de corrección por longitud.

fc = Factor de corrección por temperatura.

PRUEBA DE ALTA TENSIÓN EN CORRIENTE CONTINÚA EN CABLES.

El propósito de esta prueba es el de detectar algún deterioro del sistema para corregir o reemplazar la parte potencialmente dañada, antes de que falle y provoque una interrupción costosa. Esta prueba consiste en aplicar una tensión de corriente directa de un valor predeterminado, manteniéndola por un cierto tiempo a un sistema cable accesorio.

Por lo tanto, el objetivo de esta prueba es la de aplicar una tensión lo suficientemente alta para detectar los puntos débiles del sistema.

LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN CABLES SUBTERRÁNEOS

Para encontrar una falla en una instalación eléctrica subterránea, se hace necesario utilizar varios métodos y equipos. Además se requiere un buen conocimiento del cable en el que se va a trabajar.

Para la localización de fallas, no hay un equipo que pueda servir para localizar todos los tipos de fallas en las diferentes condiciones de instalación y con los distintos cables utilizados en instalaciones subterráneas. Este resumen sólo pretende proveer las bases que sirvan para decidir cuál método es el más adecuado para localizar una falla específica.

MÉTODOS PARA LOCALIZAR FALLAS EN CABLES SUBTERRÁNEOS.

Los métodos para localizar fallas en cables subterráneos se pueden clasificar en: aproximados o exactos

a) método aproximado: Este método proporciona una localización general de la falla pero no necesariamente con la suficiente seguridad para proceder confiadamente con los trabajos de reparación.

En este método el único equipo necesario, son los indicadores de fallas. Un ejemplo de dicho equipo se muestra en la siguiente figura.

Este equipo es un indicador de falla de restablecimiento automático, tipo sumergible para operar a una corriente de **A** amperes. Puede ser tipo dona o punto de prueba, con señalización luminosa o microprocesada. Su función es señalar el paso de una corriente de falla en el sistema de distribución subterránea

- Los indicadores de fallas indican visualmente cuando la corriente en el cable sobrepasa un valor máximo de corriente preestablecido en el indicador. En condición normal la indicación es blanca.

- Estos indicadores deben coordinarse con los equipos de protección de las subestaciones para que actúen más rápido que éstos y así puedan detectar el "paso" de la corriente de falla.
- Estos indicadores se colocan sobre la cinta semiconductora del cable, en varios puntos determinados de la ruta del cable. Al ocurrir una falla los indicadores que "sienten" la corriente de falla darán indicación roja.
- **b) método exacto:** Este método localiza la falla con la seguridad necesaria para llegar hasta la falla o poder cortar el cable entre cámaras. En este método para localizar una falla deberá seguir la siguiente secuencia de operación:
 1. Chequeo de que el cable fallado está des-energizado y que no presente "regresos" de voltaje.
 2. Aislar y desconectar los terminales, pararrayos y transformadores.
 3. Determinar el tipo de falla.
 4. Pre localizar la falla.
 5. Localizar el punto exacto de la falla.

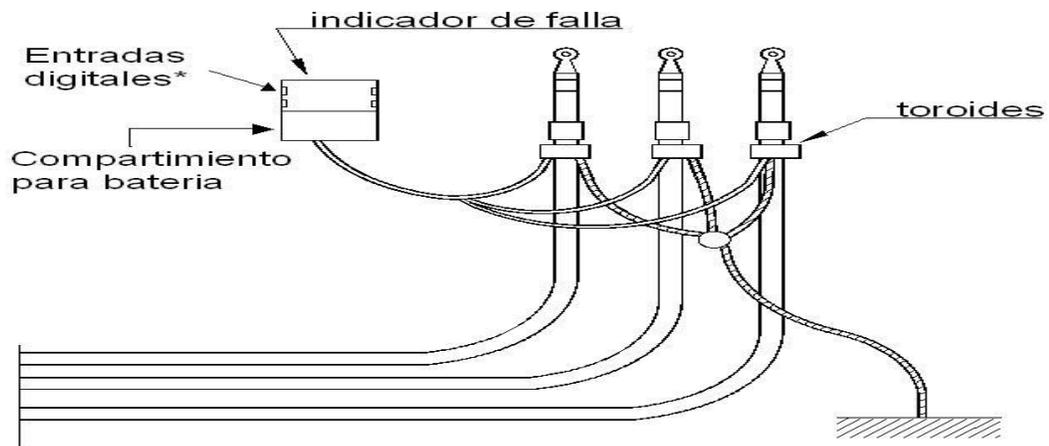


Figura 60. Indicador de falla

TIPO DE FALLA.

Para determinar el tipo de fallas se utiliza un megómetro que al dar la resistencia de la falla permite decidir qué tipo de método y equipo a emplear y si ésta es entre conductores o de conductor a tierra.

Las fallas se clasifican en: fallas francas y no francas, combinación de francas y no francas

Fallas francas: A tierra, abierto, cortocircuito

No francas: De alta tensión, intermitente

Falla franca: Son las que incluyen cortocircuito o una interrupción del cable, este tipo de falla solo representa un 5% del total de las fallas.

Fallas no francas: Es aquel tipo de falla que presenta un bajo aislamiento en el cable, y este no puede seguir en servicio. Este es generalmente el caso de la mayoría de las fallas (más del noventa y cinco por ciento (95%) del total).

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS.

Los métodos que se van a tratar se pueden resumir en el siguiente cuadro:

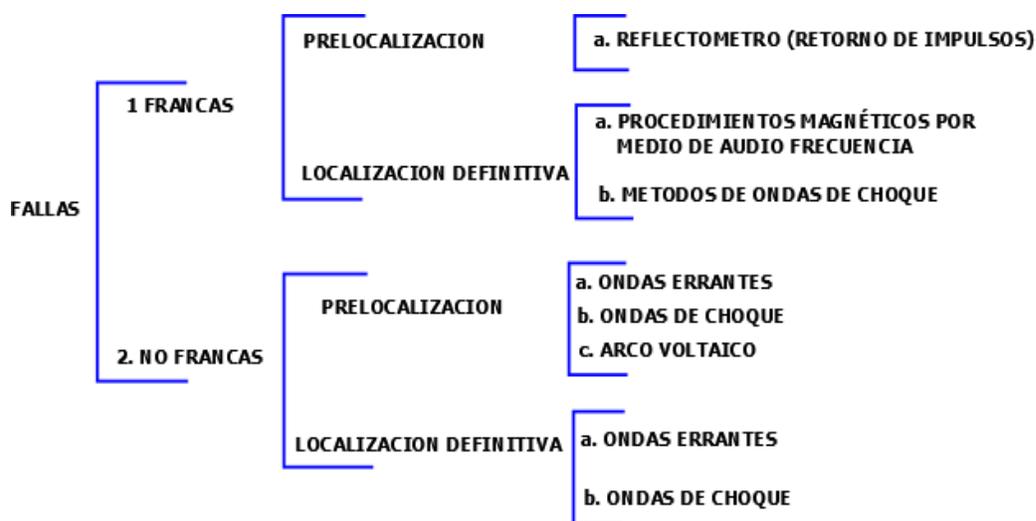


Figura 61. Esquema para aplicar el método de la localización de fallas.

PROCEDIMIENTO DE RETORNO DE IMPULSOS.

Este procedimiento solo puede ser utilizado si la falla es franca (hasta 500Ω). Para la pre localización del defecto, se envían impulsos al cable, de forma y duración adecuadas de acuerdo a cada cable. Cualquier irregularidad (falla) en el cable da lugar a una variación de la inductancia y la capacidad y por consiguiente a una modificación de la impedancia característica. Tales reflexiones se producen, por ejemplo, en uniones de dos (2) líneas diferentes (cortocircuitos), en empalmes. etc.

Todo punto de este tipo provoca la reflexión de una parte de la energía del impulso enviado por él mismo; del tiempo transcurrido entre el instante en que se envía el impulso al cable y el instante en que vuelve la reflexión se puede determinar el lugar de la falla, conociendo la velocidad de propagación del impulso que es una constante para cada tipo de cable.

En la siguiente tabla se muestran algunos valores

Línea aérea de alta tensión	148 m/ μ seg
Cable aislado con papel bajo plomo	80-86 m/ μ seg.
Cable aislado con materia sintética	75-90 m/ μ seg

Tabla 14. Constante para algunos tipos de cables

La amplitud y forma del impulso reflejado, depende de la magnitud en que se aparta la impedancia en el lugar de la falla, de la impedancia característica del cable, como así también de la cantidad de reflexiones que se producen, de la longitud del cable y de la distancia a la cual se encuentra la falla.

La velocidad de propagación puede ser calculada mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{V}{2} = \frac{l}{t}$$

l = Longitud del cable hasta la falla en metros

t = Tiempo en μ segundos.

$\frac{V}{2}$ = Velocidad promedio de propagación

Conociendo exactamente la velocidad de propagación se puede determinar la longitud a la cual está la falla.

$$l = \left(\frac{V}{2}\right) \cdot t$$

El equipo para "quemar" las fallas consiste en una fuente de tensión de corriente continua con varias escalas de corriente y voltaje pero la potencia es la misma. El carbón crea una trayectoria de bajo valor óhmico que se puede utilizar para localizar la falla.

Mantenimiento de los transformadores de distribución subterránea

Para garantizar periodo largo de vida del transformador es de suma importancia verificar continuamente su comportamiento y proporcionar mantenimiento adecuado

Al igual que en cualquier equipo eléctrico, podemos clasificar el mantenimiento a realizar en los transformadores de distribución subterránea, en dos tipos: Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo.

Se realiza bajo un programa que permita operar los transformadores en las mejores condiciones de continuidad. Una guía para este propósito es el siguiente:

- a) Revisión periódica
- b) Limpieza
- c) Aceite aislante
- d) Control de la carga

a) REVISIÓN PERIÓDICA:

Se sugiere registrar las condiciones generales del estado en que se encuentra el transformador y sus accesorios, de acuerdo al siguiente arreglo:

b) LIMPIEZA:

Este aspecto requiere cada día mayor importancia debido a los efectos destructores de la contaminación ambiental, manifestándose en la corrosión o deterioro de los aislamientos externos.

Se recomienda limpiar cuando menos una vez al año con soluciones de agua o jabón suave (no usar detergentes ni solventes), adoptándose todas las medidas de seguridad. Cuando no es posible programar licencias para interrumpir los servicios, se deben usar puentes de tierra, bloqueo de interruptores de recierre automático en instalaciones mixtas, dotar al personal de detectores de potencial, guantes aislantes etc.

c) ACEITE AISLANTE:

Uno de los elementos más importantes en la vida de los transformadores es el aceite aislante, por lo cual hay que tener cuidado especial en las características de este material. Se recomienda revisar el aceite una vez al año en condiciones normales o una vez cada seis meses, cuando los transformadores están sujetos a sobrecargas o se hayan detectado deficiencias en su funcionamiento o que en revisiones anteriores el aceite tuvo valores cercanos del límite inferior de rigidez dieléctrica (30 kV).

Las pruebas recomendadas para determinar el buen estado de aceite son la Inspección visual (condición y color) y de tensión de ruptura dieléctrica (kV). Si con estas pruebas hay dudas de la condición del aceite, será necesario hacer pruebas adicionales en un laboratorio acreditado.

Para obtener las muestras se deben usar botellas de vidrio claro para poder inspeccionar visualmente las impurezas tales como agua y partículas extrañas. Los tapones de corcho deben estar recubiertos con una hoja de papel aluminio, si son de vidrio debe cuidarse que el tapón se ajuste perfectamente en la botella, y que la limpieza del recipiente sea adecuada.

Si el aceite no cumple con lo anterior deberá reacondicionarse, lo cual puede hacerse por medio de filtros o plantas procesadoras del líquido aislante con sistemas centrifugados, deshumificadores, descalcificadores apropiados para este tipo de aceite.

d) CONTROL DE LA CARGA:

Periódicamente debe de verificarse que el transformador este suministrando la carga para la cual fue instalado, ya que si rebasa dicha carga se estará disminuyendo la vida útil del equipo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Las fallas que pueden ocurrir a un transformador son las siguientes:

- a) Deterioro del aceite aislante
- b) Fallas en el algún accesorio
- c) Fallas en los devanados
- d) Conexiones flojas
- e) Sobre tensiones
- f) Sobrecargas

a) DETERIORO DEL ACEITE AISLANTE:

El aceite aislante se deteriora por la acción de humedad y del oxígeno, por la presencia de catalizadores (cobre) y por temperatura.

La combinación de estos elementos produce una acción química en el aceite, la cual da como resultado la generación de ácidos que atacan a los aislamientos y a las partes mecánicas del transformador. De esta acción química resultan los lodos que se precipitan en el transformador y que impiden la correcta disipación de calor, acelerando por lo tanto, el envejecimiento de los aislamientos y por consiguiente del transformador.

La humedad presente en el aceite puede originarse por el aire que entra en el transformador en operación a través de sus juntas y de grietas en el tanque. También se genera por descomposición propia del aceite y de los aislamientos. Al romperse la condición de equilibrio, es decir al aumentarse el valor del contenido de humedad en el aceite, se obtienen los siguientes resultados:

- El aceite cede su humedad a los aislamientos, lo cual da por resultado que se incremente su valor de factor de potencia y sus pérdidas, lo que se traduce en envejecimiento acelerado y una reducción de su vida útil.

- El incremento de humedad del aceite da por resultado una disminución del valor de tensión de ruptura o rigidez dieléctrica.

Bajo la condición, de contaminación, es recomendable sustituir el aceite, para lo cual se debe disponer de lo siguiente:

1. Sacar la parte viva.
2. - Drenar el aceite.
3. - Limpiar el tanque en su interior.
4. - Limpiar la parte viva con aceite nuevo
5. - Llenar en vacío con aceite nuevo.
6. - Probar hermeticidad

b) FALLAS EN ALGÚN ACCESORIO

El transformador está provisto de accesorios que están susceptibles a dañarse o fallar, como son los fusibles, conexiones externas a los devanados, cambiadores, aisladores en los cables, etc. La falla de alguno de estos accesorios y la falta de revisión de los mismos, puede originar que se tome una decisión equivocada en el diagnóstico de la falla y peor aún de la reparación. Es importante siempre verificar si alguna de estas partes no está fallada antes de tomar la decisión de extraer la parte viva para su reparación.

c) FALLAS EN LOS DEVANADOS

Estas se pueden presentar debido a rupturas dieléctricas por aislamientos deteriorados, por tensiones de impulso, arcos por falla de espira a espira.

d) CONEXIONES FLOJAS

Un falso contacto por conexiones flojas puede provocar calentamientos. Cuando el calentamiento es excesivo, puede dañar el aislamiento adyacente y esto a su vez promueve la generación de carbones y gases dentro del transformador.

Los falsos contactos se pueden detectar mediante un micróhmetro(Ducter) para medir resistencias.

e) SOBRE TENSIONES:

En ocasiones son generadas por descargas atmosféricas, por mal diseño o cálculo de los circuitos de distribución de carga, por falta de equipo de protección (pararrayos). Las sobre tensiones pueden provocar un exceso de tensión en cada una de las espiras del principio o final del devanado, produciendo arco, sobrepresión interna y deformación de tanque o recipiente. Es importante revisar siempre los sistemas de protección de los equipos, su adecuado funcionamiento y verificar que las cargas sean correspondientes a la capacidad del transformador.

f) SOBRECARGAS:

La sobrecarga en un transformador provoca también elevación excesiva de temperatura en los devanados y por consecuencia un deterioro prematuro de los aislamientos y disminución en la resistencia de aislamiento.

CAPITULO III

CARACTERISTICAS DE LA DEMANDA DE ENERGIA

INTRODUCCIÓN

La acometida alimenta a la facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador. El sistema de distribución primario aéreo actual de dicha acometida, cuenta con dieciséis subestaciones de las cuales tres son trifásicas y trece son monofásicas las cuales se muestran en una tabla al final del capítulo.

FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización es un sistema eléctrico en un intervalo de tiempo t, es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema o capacidad instalada, por lo tanto tenemos:

$$F_U = \frac{CARGA MÁXIMA}{CAPACIDAD INSTALADA} \times 100$$

En palabras coloquiales, el factor de utilización es la medida en la cual se utilizar el transformador; cual es el porcentaje máximo de potencia que se le demanda al equipo.

EQUIPO DE MEDICION USADO PARA OBTENER LOS PERFILES DE CARGA DE CADA EDIFICIO.

El medidor que se utilizo es el ADTEK CPM-70 Power Analyzer.

El analizador de potencia multifunción CPM-70 proporciona alta precisión monofásica y trifásica medición y visualización de energía, acumulación de energía, análisis de calidad de energía, registro de datos y comunicación de datos. Los medidores de la serie CPM-70 pueden medir bidireccionalmente , cuatro cuadrantes kWh y kVARh. Proporciona registros máximos y mínimos para el uso de energía y los parámetros de demanda de energía.

Hardware estándar integrado en un puerto de comunicación Modbus RS485, 4 entradas digitales, 2 relés salida, LCM y flash de 2 MB para el registro de datos..

Además, también proporciona TOU, THD de voltaje y corriente, armónicos hasta el 31 y automático cambio de cableado mediante software.

RESUMEN DE PERFILES DE CARGA DE LOS TRANSFORMADORES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Transformador ubicado en entrada principal de la facultad y primer parqueo.



Figura 62. Transformador de parqueo

Transformador: monofásico

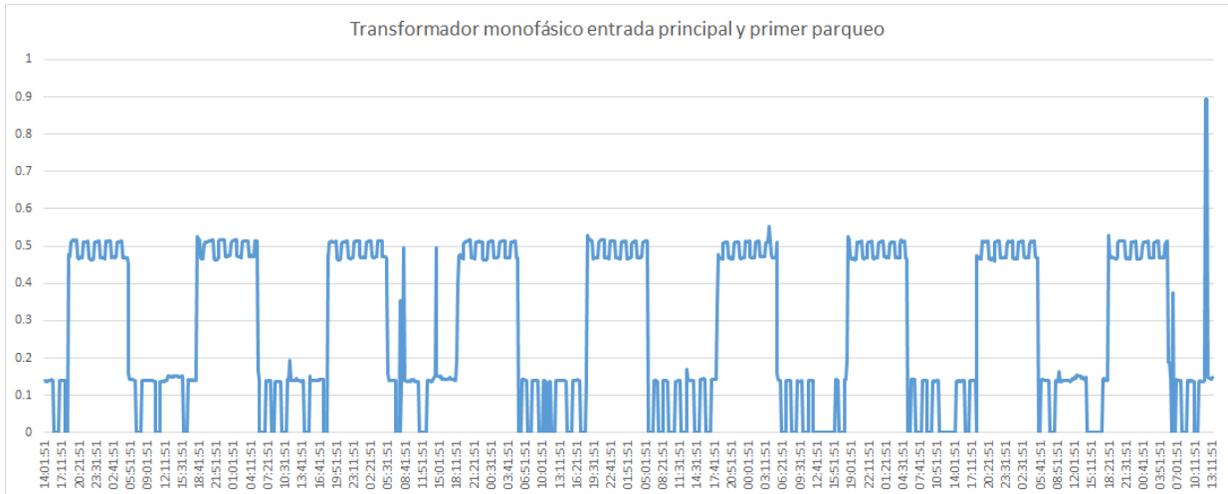
Potencia: desconocida.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: caseta de vigilancia y alumbrado.

Perfil de carga:



Gráfica 1. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 0.5kVA.

Factor de utilización: desconocido.

Transformador ubicado frente a comedores universitarios.



Figura 63. Transformador frente a comedor universitario

Transformador: monofásico

Potencia: 37.5kVA

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: comedores universitarios y una parte de aulas de economía.

Perfil de carga:



Grafica 2. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 14kVA.

Factor de utilización: 37.33%.

Transformador ubicado frente a Auditórium.



Figura 64. Transformador auditorium

Transformador: monofásico

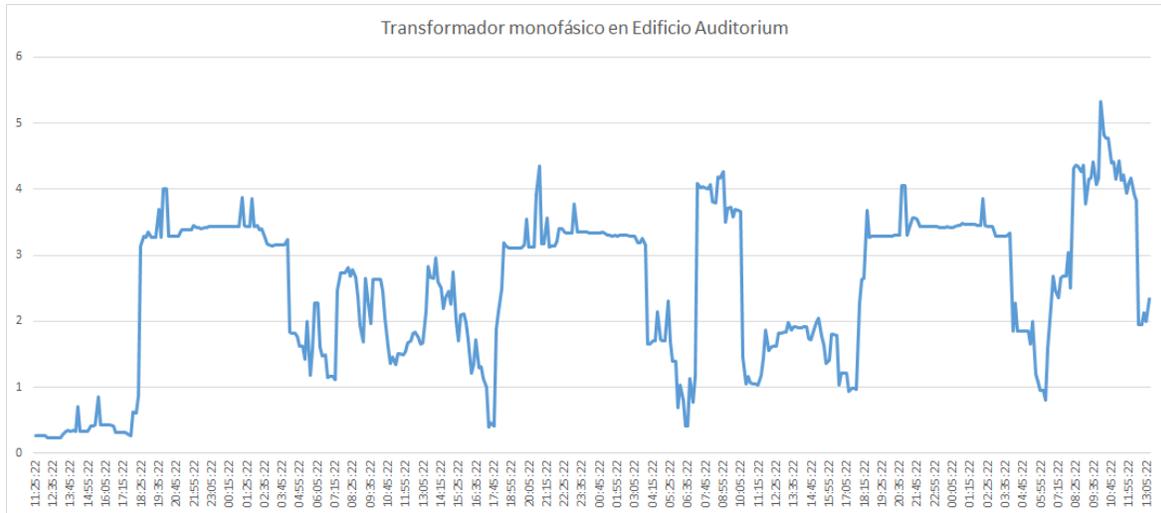
Potencia: 75kVA

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: Auditorium, y pabellones aledaños a este.

Perfil de carga:



Grafica 3. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 4.5kVA.

Factor de utilización: 6%.

Transformador ubicado contiguo a fotocopiadora.



Figura 65. Transformador fotocopiadora

Transformador: monofásico

Potencia: 50kVA

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: Fotocopiadora, edificios administrativos y aulas de Química y Farmacia.

Perfil de carga:



Gráfica 4. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 50kVA.

Factor de utilización: 100%.

Transformador ubicado tras edificio El Riñón.



Figura 66. Transformador ubicado el riñón

Transformador: monofásico

Potencia: 100kVA

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: edificio El Riñón y Mantenimiento.

Perfil de carga:



Grafica 5. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 50kVA.

Factor de utilización: 50%.

Transformador ubicado cerca de aulas de biología, transformador de aspecto antiguo.



Figura 67. Transformador virejo

Transformador: monofásico

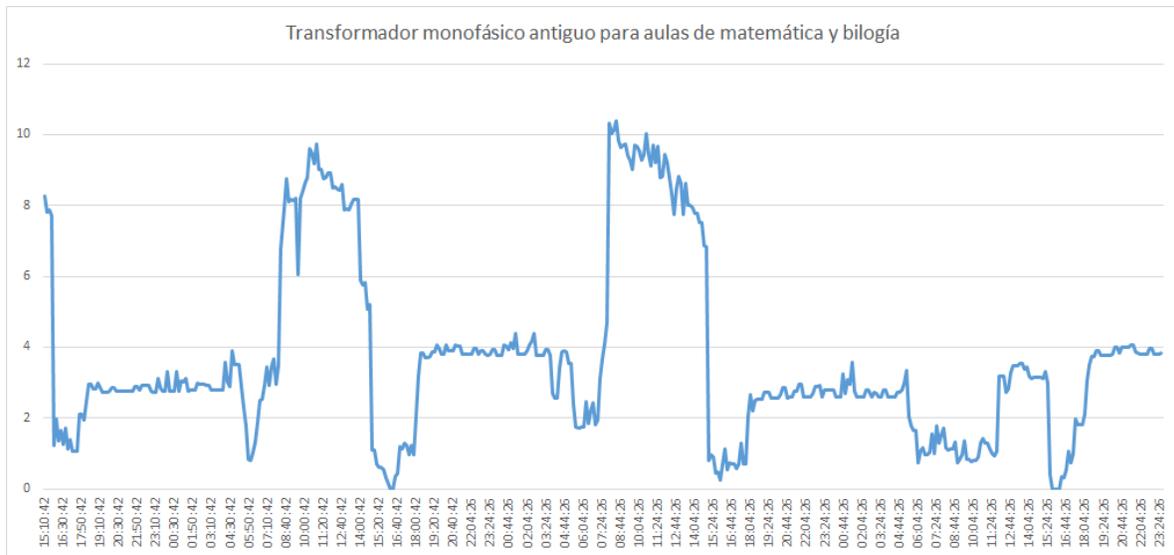
Potencia: 50kVA.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: Aulas de matemática y biología.

Perfil de carga:



Grafica 6. Demanda de transformador viejo

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 10kVA.

Factor de utilización: 20%.

Banco de transformadores ubicados en la facultad de agronomía.



Figura 68. Transformador de agronomía

Transformador: banco trifásico en conexión delta abierta.

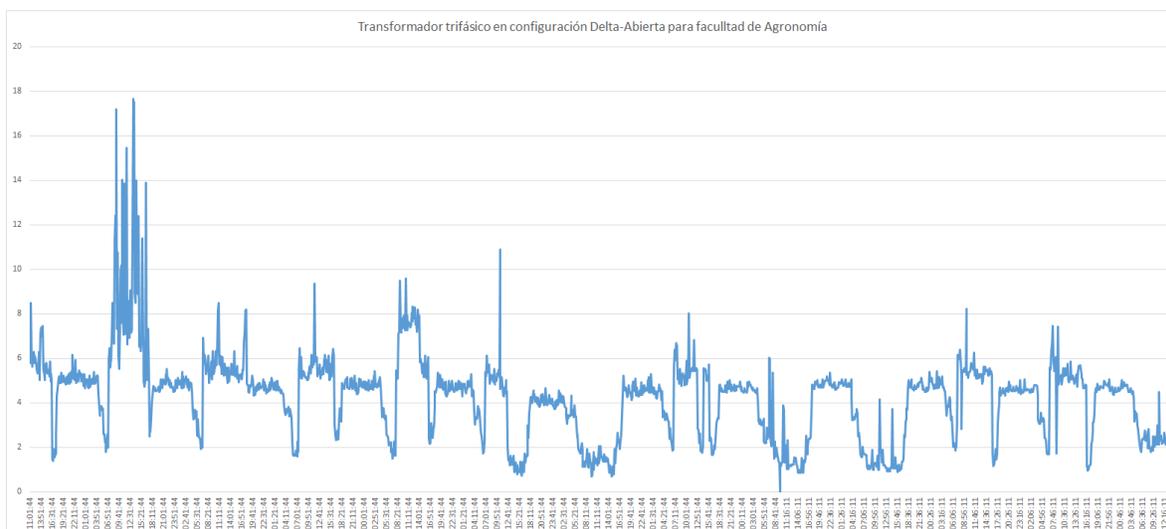
Potencia: instalada: 60kVA, potencia máxima demandada: 34.56kVA.

Relación de transformación: 13.2k/240 V

Voltajes: 240/120 V trifásico en delta abierta aterrizada.

Cargas: Facultad de Agronomía.

Perfil de carga:



Grafica 7. Demanda de transformador de agronomía

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 14kVA.

Factor de utilización: 40%.

Transformador ubicado frente a edificio de ingeniería nuevo.



Figura 69. Transformador de ingeniería

Transformador: monofásico.

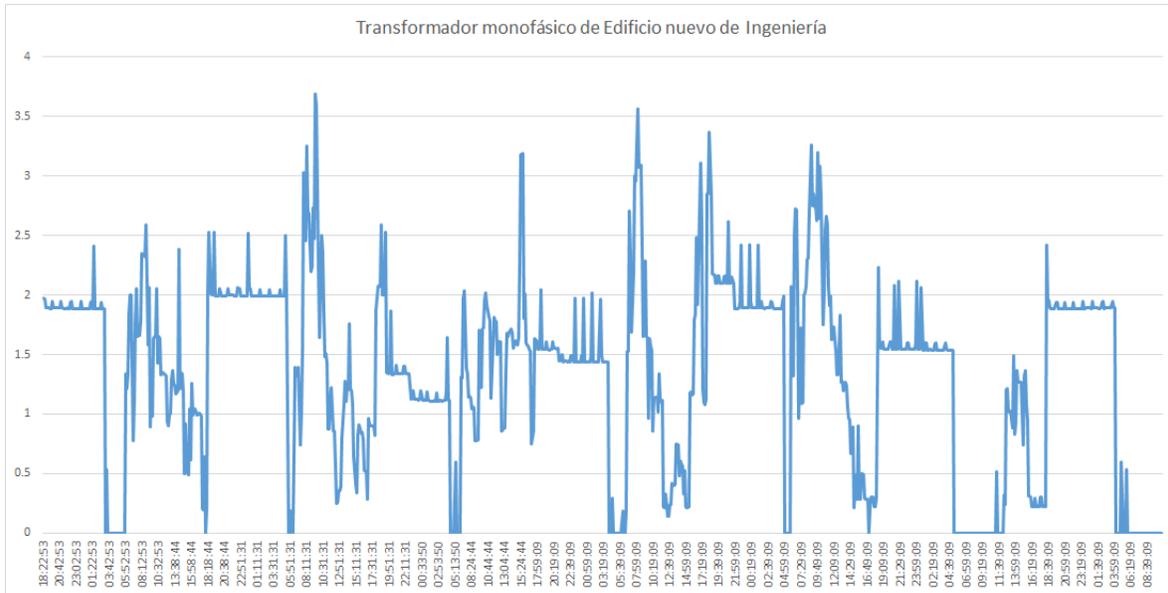
Potencia: 100kVA.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: edificio de ingeniería.

Perfil de carga:



Gráfica 8. Demanda de transformador de ingeniera

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 3kVA.

Factor de utilización: 3%.

Transformador ubicado frente a bomba de agua y jefatura de ingeniería.



Figura 70. Transformador de jefatura de ingeniería

Transformador: monofásico.

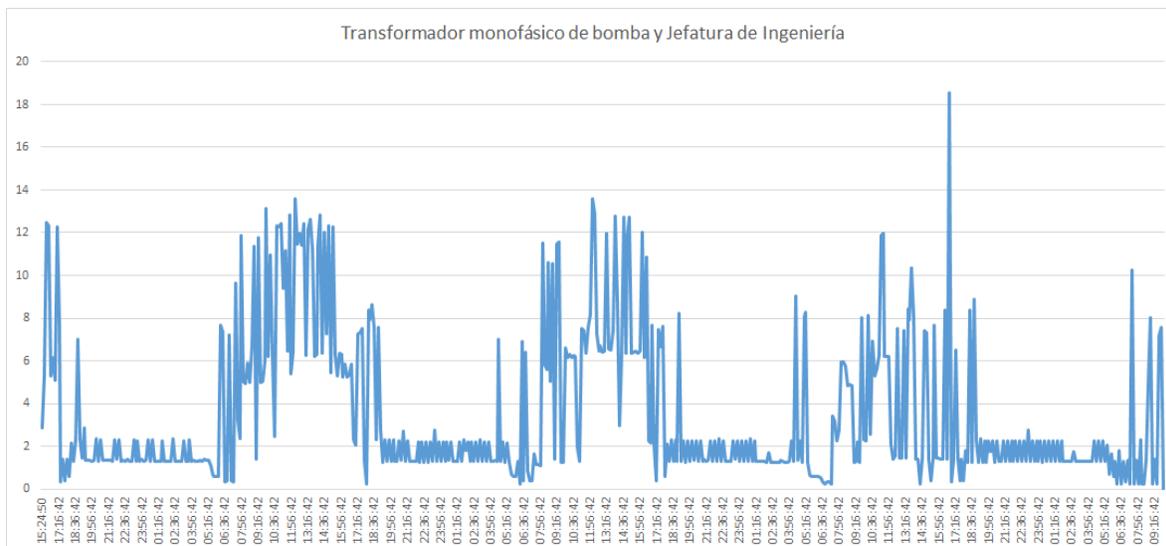
Potencia: 25kVA.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: bomba de agua y otras cargas.

Perfil de carga:



Gráfica 9. Demanda de transformador de jefatura de ingeniera

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 12kVA.

Factor de utilización: 48%.

Transformador trifásico pad mounted ubicado frente a edificios de aulas.



Figura 71. Transformador pad-mounted

Transformador: trifásico en configuración estrella aterrizada en secundario.

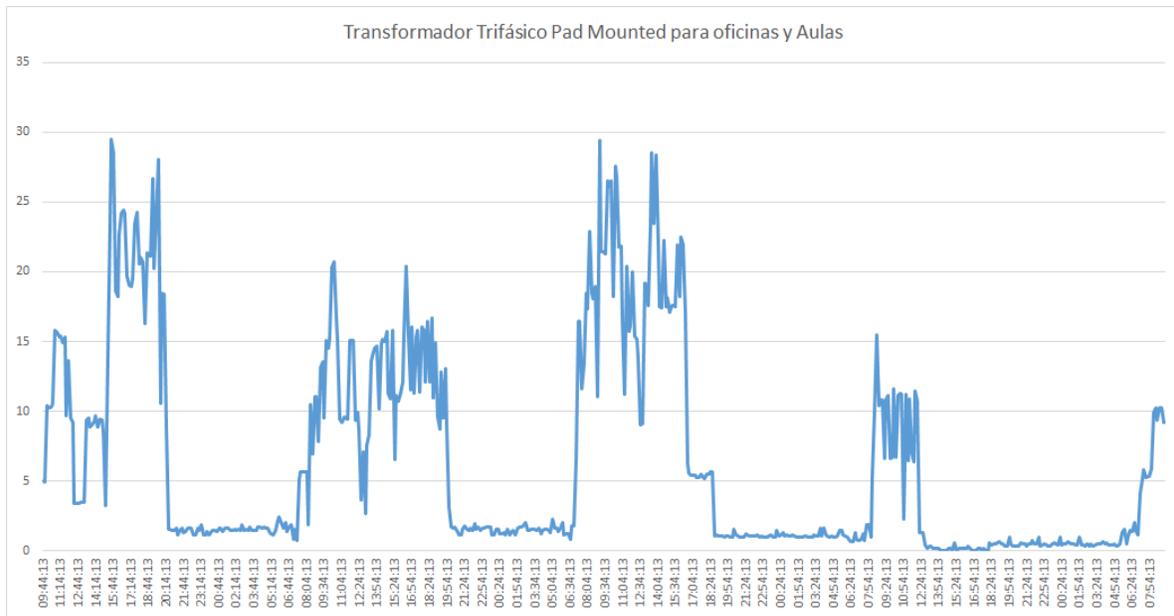
Potencia: 75kVA.

Relación de transformación: 13.2k/208 V

Voltajes: 208/120 V.

Cargas: edificio de aulas y oficinas.

Perfil de carga:



Gráfica 10. Demanda de transformador pad-mounted

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 25kVA.

Factor de utilización: 33%.

Banco de transformadores ubicados tras edificio de biblioteca.



Figura 72. Banco de transformadores de la biblioteca

Banco de transformadores: trifásico en configuración estrella aterrizada en secundario.

Potencia: 300kVA.

Relación de transformación: 13.2k/208 V

Voltajes: 208/120 V.

Cargas: edificio biblioteca.

Perfil de carga:



Gráfica 11. Demanda de banco de transformadores de la biblioteca

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 115kVA.

Factor de utilización: 38%.

Transformador ubicado contiguo a jefatura de ingeniería y parqueo de medicina



Figura 73. Transformador de parqueo de medicina

Transformador: monofásico.

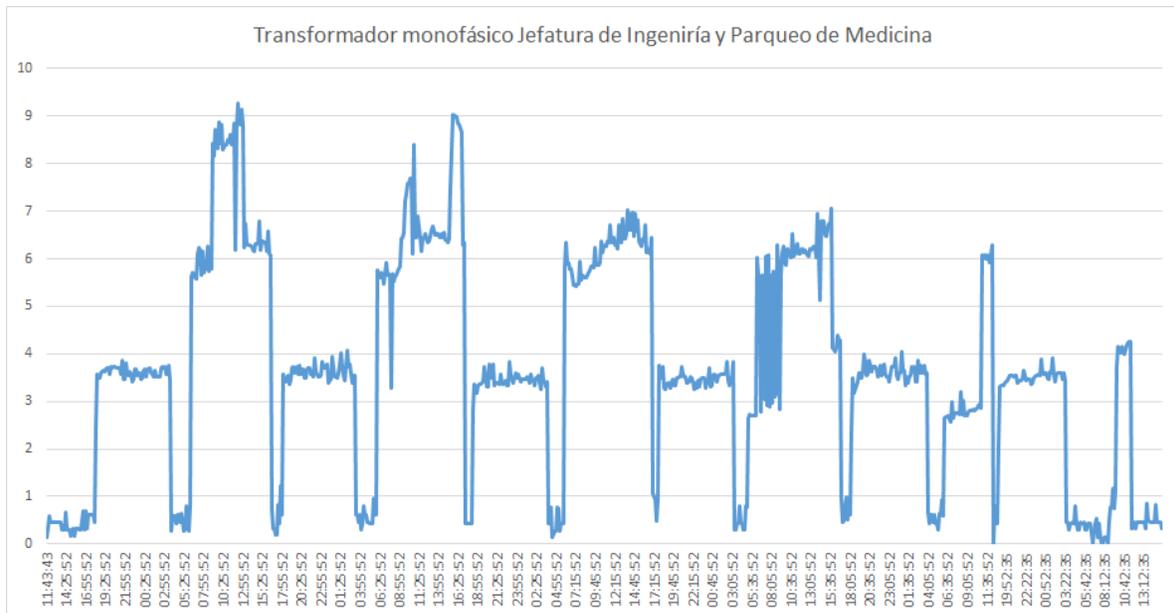
Potencia: indefinido.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: parqueo medicina y edificio jefatura de ingeniería.

Perfil de carga:



Gráfica 12. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 9kVA.

Factor de utilización: indefinido.

Transformador ubicado contiguo a edificio de medicina 1.



Figura 74. Transformador contiguo a edificio de medicina

Transformador: monofásico.

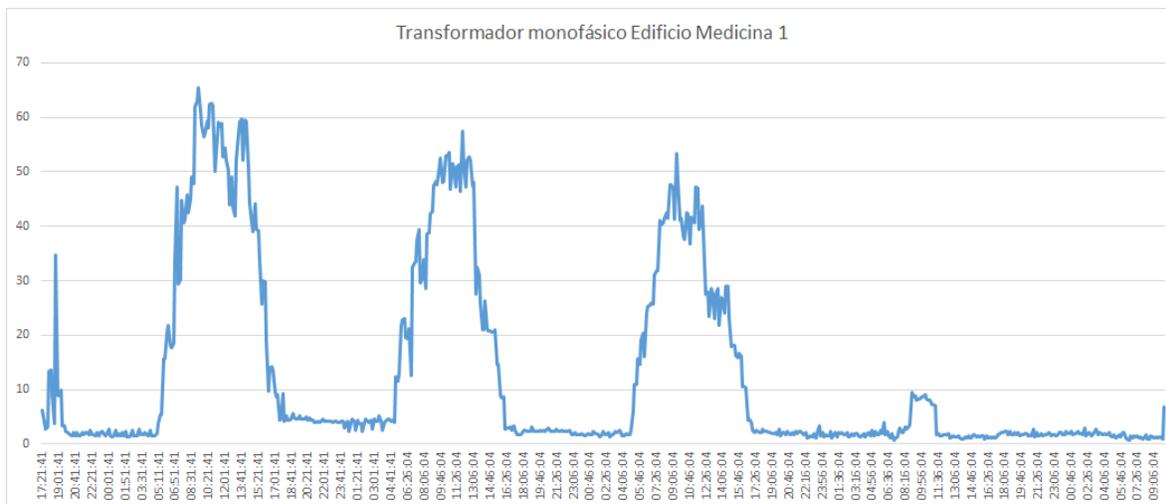
Potencia: 100kVA.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: edificio de medicina 1.

Perfil de carga:



Gráfica 13. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 63kVA.

Factor de utilización: 63%.

Transformador ubicado contiguo a jefatura de ciencias básicas.



Figura 75. Transformador de física

Transformador: monofásico.

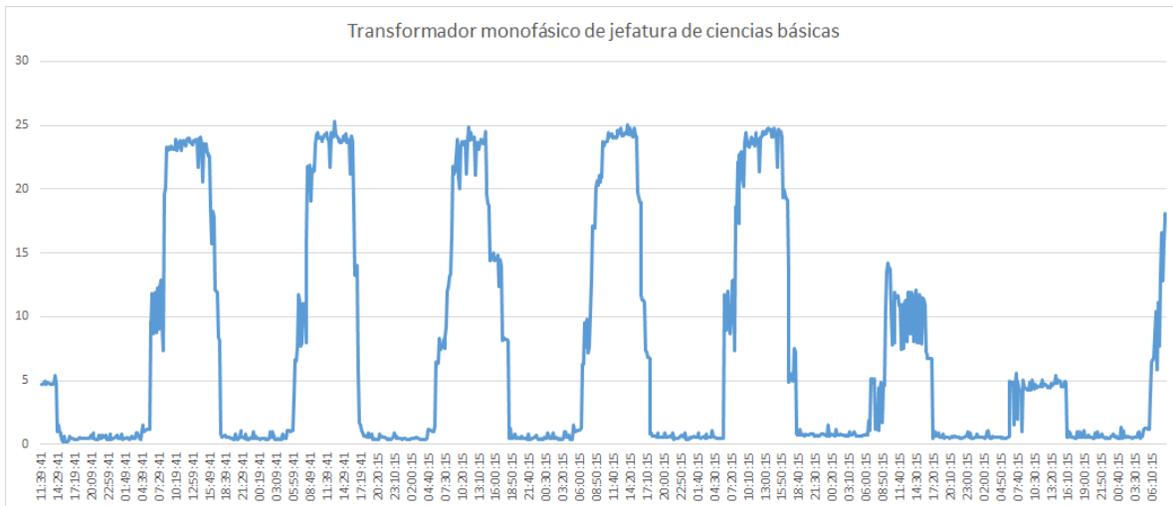
Potencia: 50kVA.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: jefatura de ciencias básicas y aulas aledañas.

Perfil de carga:



Gráfica 14. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 24kVA.

Factor de utilización: 48%.

Transformador ubicado tras edificio de medicina 2.



Figura 76. Transformador de medicina II

Transformador: monofásico.

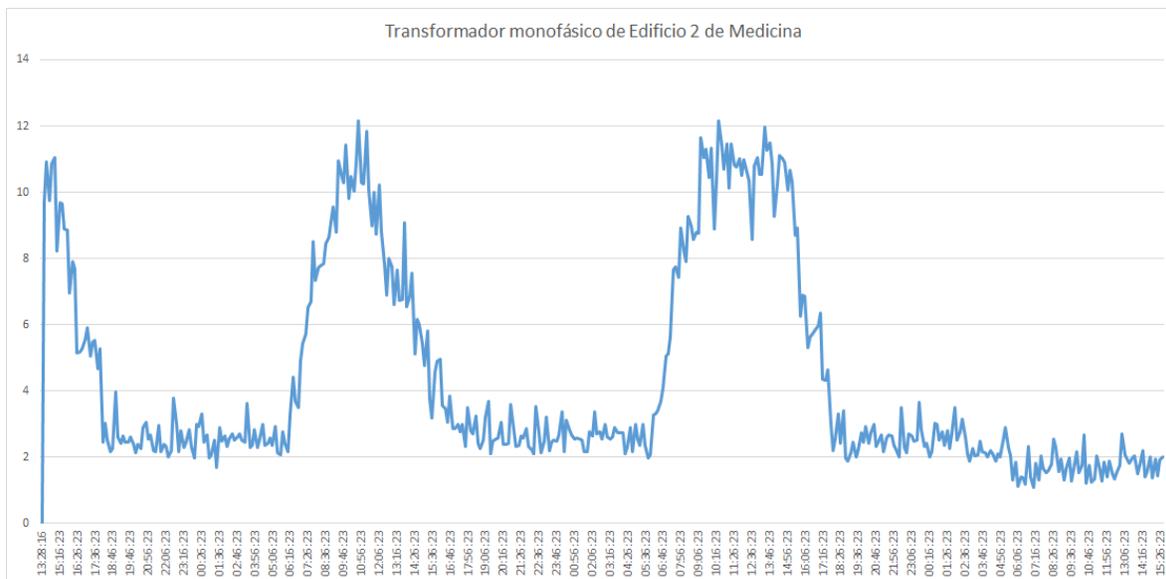
Potencia: 167kVA.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: edificio de medicina 2.

Perfil de carga:



Gráfica 15. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 11kVA.

Factor de utilización: 6.58%.

Transformador ubicado tras comedor de medicina.



Figura 77. Transformador de comedor de medicina

Transformador: monofásico.

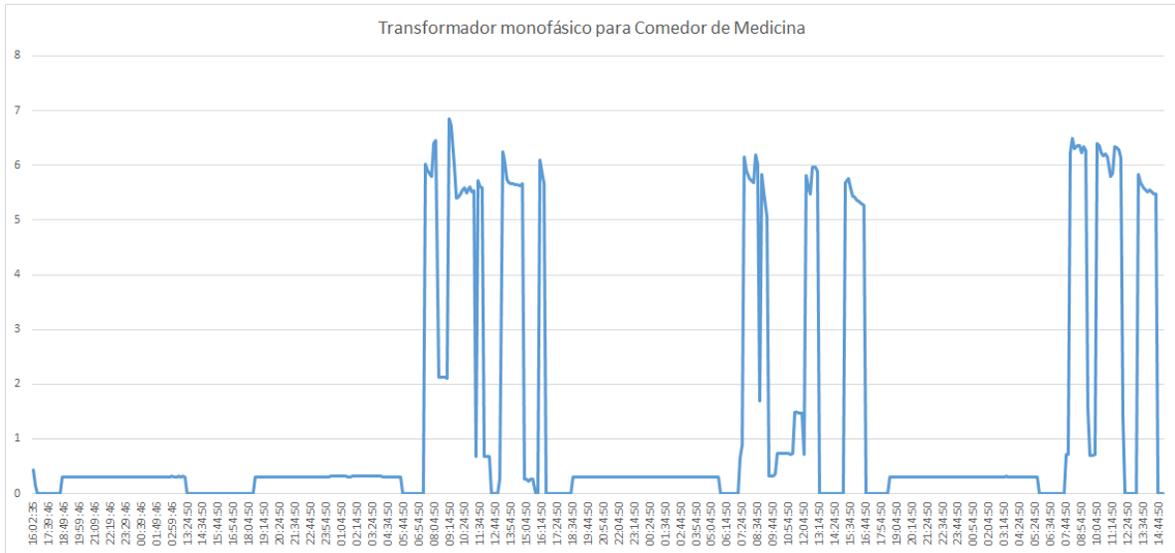
Potencia: 25kVA.

Relación de transformación: 7.6k/240 V

Voltajes: 240/120 V.

Cargas: comedor de medicina.

Perfil de carga:



Gráfica 16. Demanda de transformador monofásico

Máxima potencia demandada en un intervalo mayor a 20 min: alrededor de 6.3kVA.

Factor de utilización: 25.2%.

CAPITULO IV

PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA RED SUBTERRÁNEA

Introducción

Se pretende en un futuro ordenar la distribución de los transformadores y reducir la cantidad de estos, realizar la distribución subterránea, configuración en anillo, que el sistema sea más confiable brindando una mayor seguridad para todo la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador. En el estudio de perfiles de carga que se realizó se mostró las características que esta presenta, de ahí se obtendrá las capacidades que tendrán las nueva subestaciones tal y como se muestra en la siguiente tabla.

EDIFICIOS	SUBESTACION ACTUAL kVA 1 ϕ	CARGA TOTAL KVA	SUBESTACION NUEVA KVA 3 ϕ	VOLTAJE V
Fotocopiadora Roja	75	102.15	112.5	208/120
Auditorio	75			
A/C	75			
Riñon	100	114	150	208/120
Transformador Viejo	50			
Medicina 1	100	138.86	175	208/120
Fisica	50			
Medicina 2	167			
Cafetin de Medicina	25			
Nuevo Ingenieria	50	47,625	75	208/120
Jefatura de Ingenieria	25			
Parqueo de Medicina e Ingenieria	25			
Aulas nuevas	75	222	225	208/120
Biblioteca	300			
Cafetines y Aulas de Economia	25	4.76	45	208/120
Agronomia	45	208/120
TOTAL			827.5KVA	

Tabla 15. Capacidad de subestaciones nuevas

***.Transformador pedestal en anillo que se encuentra en uso en la actual red será reutilizado en otra área de acuerdo a la capacidad de él que son 75KVA.**

Se puede ver en la tabla las nuevas capacidades que tendrá cada transformador y el total de potencia para la cual se diseñara, siendo esta de 827.5KVA 3 ϕ , se contara con siete transformadores para poder abastecer dicha potencia, todos serán trifásicos, para el dimensionamiento de estos se tomó en cuenta que cuando el transformador trabaje a plena carga esta no sobrepase un promedio del 90% de la capacidad nominal de este.

CALCULO DEL ALIMENTADOR

La potencia total a la que se deberá alimentar es de 827.5KVA, tal y como se puede ver en la tabla , por lo que el cable a utilizar deberá ser capaz de soportar la corriente necesaria para suplir dicha potencia, a continuación calcularemos el calibre de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{LL}}$$

El nivel de voltaje V_{LL} que suministra la distribuidora en el punto de conexión es de 23 KV, por lo que el valor de la corriente es de:

$$I = \frac{827.5kVA}{\sqrt{3} * 13.2kV}$$

$$I = 36.2A$$

Al aplicar el factor de 1.25 que recomienda el NEC para dimensionar la capacidad el cable se obtiene un valor de 45.25 amperios por lo que de acuerdo a este valor se elegirá el calibre del conductor. El calibre mínimo que permite SIGET es el número 2 y la IEEE permite como mínimo el calibre 1/0 que es de acuerdo al cual diseñaremos para cumplir con ambas normativas, el nivel de corriente que soporta este es de 200A con factor de carga del 100% y resistencia térmica (RHO) DE 90 según el NEC en la tabla, Por lo que este calibre de conductor soportaría fácilmente la corriente de 36.2 A para la que se está diseñando.

Calibre del conductor (AWG o kcmil)	Ampacidad para 2001-5000 volts		Ampacidad para 5001-35,000 volts	
	90 ° C (194° F)	105 ° C (221° F)	90 ° C (194° F)	105 ° C (221° F)
	Tipo MV-90	Tipo MV-105	Tipo MV-90	Tipo MV-105
Un circuito (Véase la Figura 310.60, Detalle 1)				
8	64	69	—	—
6	85	92	90	97
4	110	120	115	125
2	145	155	155	165
1	170	180	175	185
1/0	195	210	200	215
2/0	220	235	230	245
3/0	250	270	260	275
4/0	290	310	295	315

Figura 78. Selección para el cable 1/0 según el NEC

TENSIONES DE JALADO

Para determinar la tensión de jalado a la que será expuesto el cable usaremos tres formula las cuales ya se detallaron en el capítulo II. Pero que las volveremos a mencionar en este apartado, para los tramos rectos sin ningún desnivel se usara la siguiente formula:

$$T = w * f * l * W$$

Para los tramos donde se cuente con un desnivel hacia arriba y hacia abajo se usaran las fórmulas:

Hacia arriba: $T = Wl(\sin A + wf \cos A)$

Hacia abajo: $T = Wl(\sin A - wf \cos A)$

Antes de mostrar los resultados de los valores obtenidos para cada tramo, se mostrara y se hablara sobre las características de cada uno.

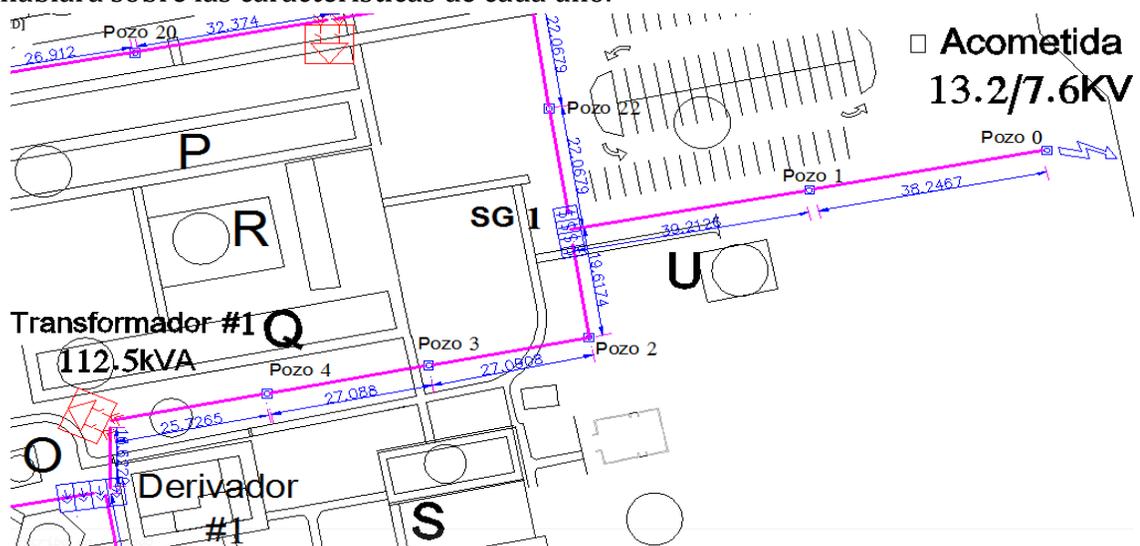


Figura 79. Tramo desde la acometida asta transformador #1

Esta sección de líneas va desde el punto de entrega pasando por el SG1 llegando hasta el transformador #1 que alimentara los edificios de fotocopiadora, pabellón 1 y 2, auditorio, aires acondicionados y los edificios administrativos. En este tramo podemos ver que ay cuatro pozos de paso, se tiene una distancia de 176.98 metros.

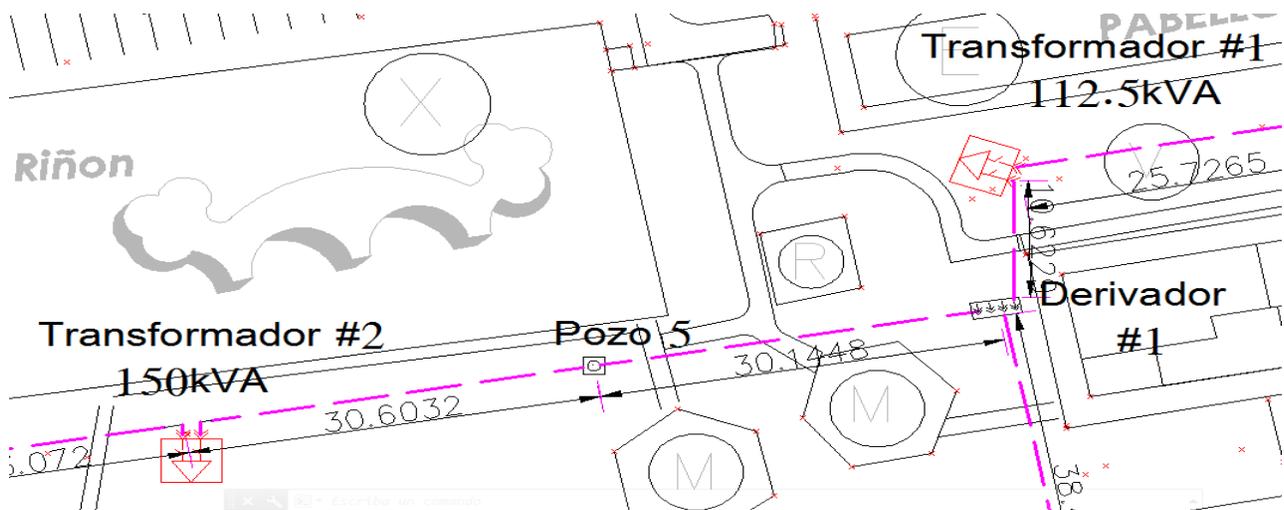


Figura 80. Tramo desde transformador #1 hasta transformador #2

Este tramo va desde transformador #1, pasando por el Derivador y llegando hasta el transformador #2, el cual alimentara los edificios del Riñón, mantenimiento, aulas de ingeniería, aulas de educación, aulas de matemáticas, en este tramo podemos ver que ay un pozo de derivación y un pozo de pazo, y se tiene una distancia de 71.34 metros.

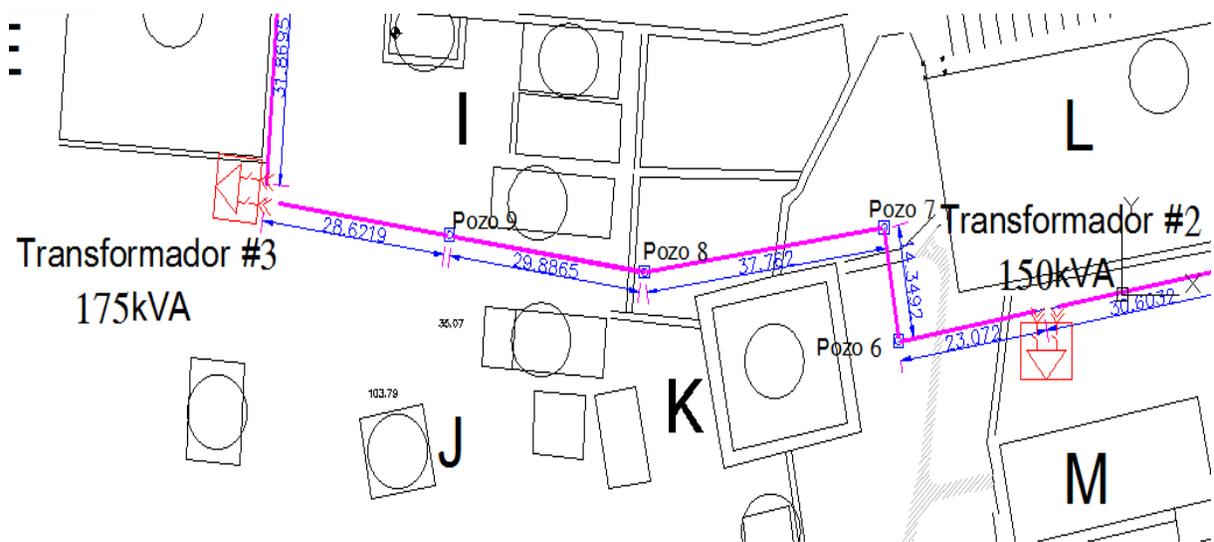


Figura 81. Tramo desde transformador #2 hasta transformador #3

Este tramo va desde el transformador #2 hasta el transformador #3, el cual va alimenta los edificios de Medicina 1 y 2, sección de física, cafetines ataras de medicina, en este tramo podemos ver que ay cuatro pozo de paso y el tramo tiene una distancia de 133.61 metros.

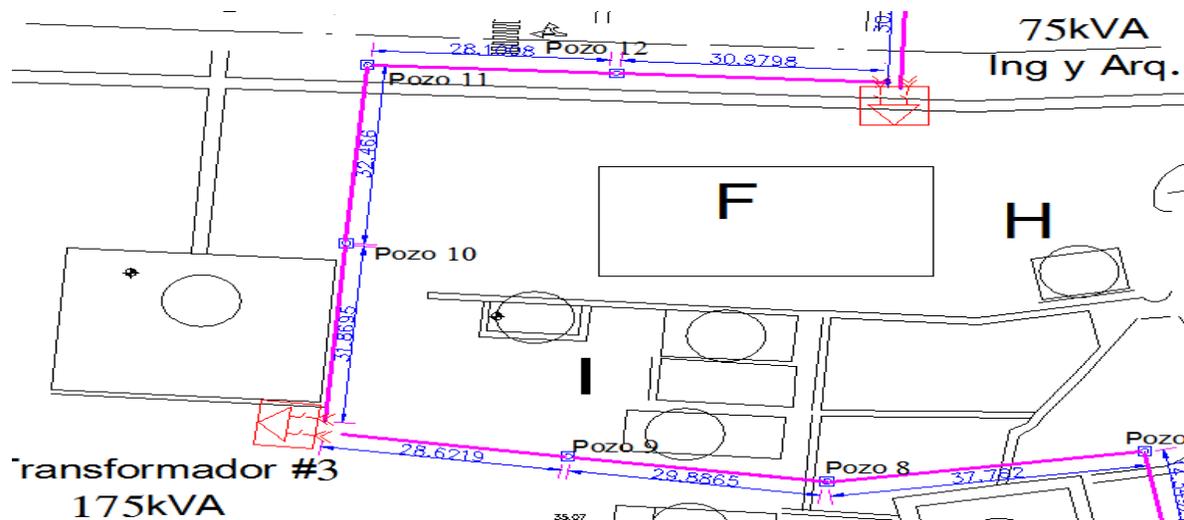


Figura 82. Tramo desde transformador #3 hasta transformador #4

Este tramo va desde el transformador #3 hasta el transformador #4, el cual va alimentar los edificios, nuevo de ingeniería y arquitectura, aulas psicología, papelería, área del departamento de ingeniería, parque y alumbrado de calle, en este tramo podemos ver que ay tres pozo de paso y el tramo tiene una distancia de 123.37 metros.

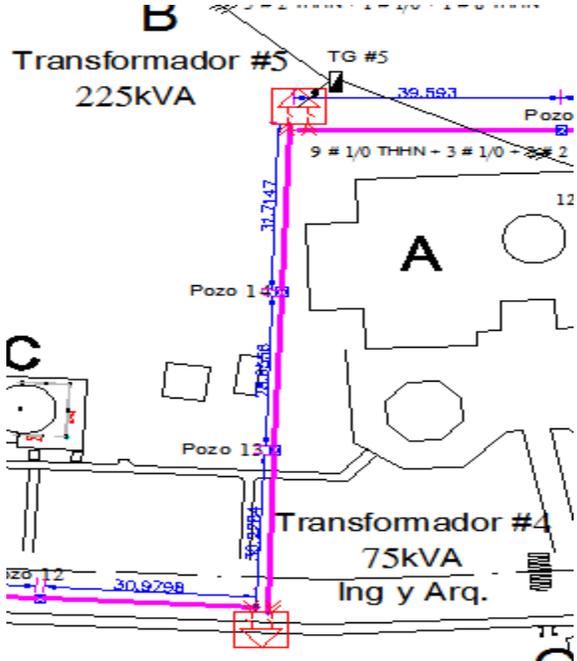


Figura 83. Tramo desde transformador #4 hasta transformador #5

Este tramo va desde el transformador #4 hasta el transformador #5, el cual va alimentar los edificios, aulas nuevas y biblioteca, podemos ver que ay dos pozo de paso y el tramo tiene una distancia de 90.7 metros.

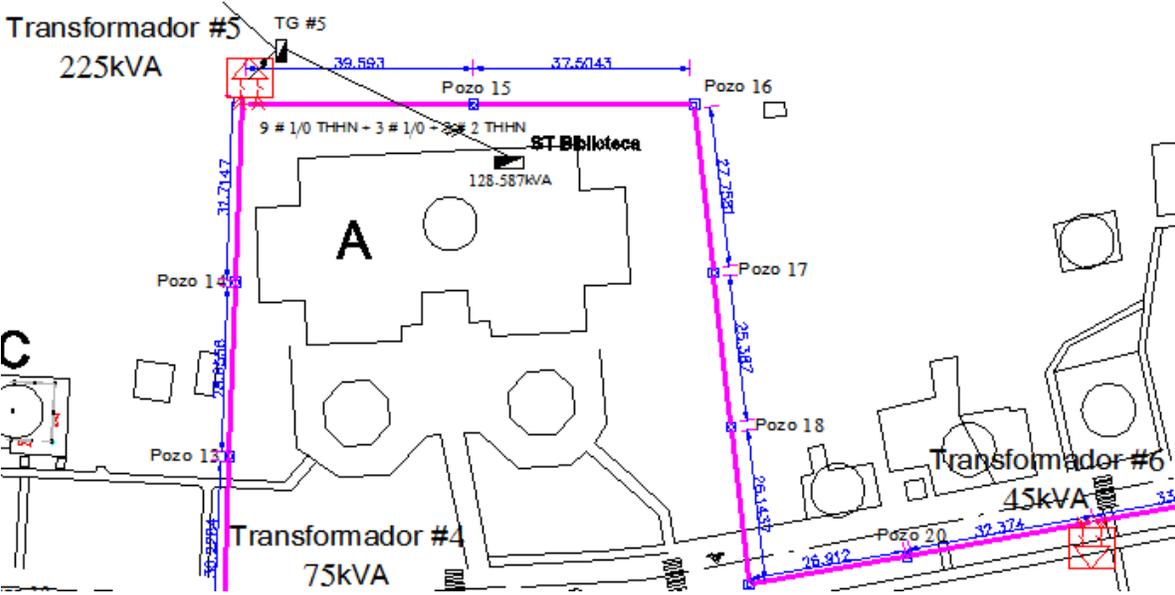


Figura 84. Tramo desde transformador #5 hasta transformador #6

Este tramo va desde el transformador #5 hasta el transformador #6, el cual va a alimentar los edificios de, aulas economía, cafetín, alumbrado de calle, caseta de vigilancia, este tramo tiene seis pozos de paso, este tramo tiene una distancia de 215.67 metros.

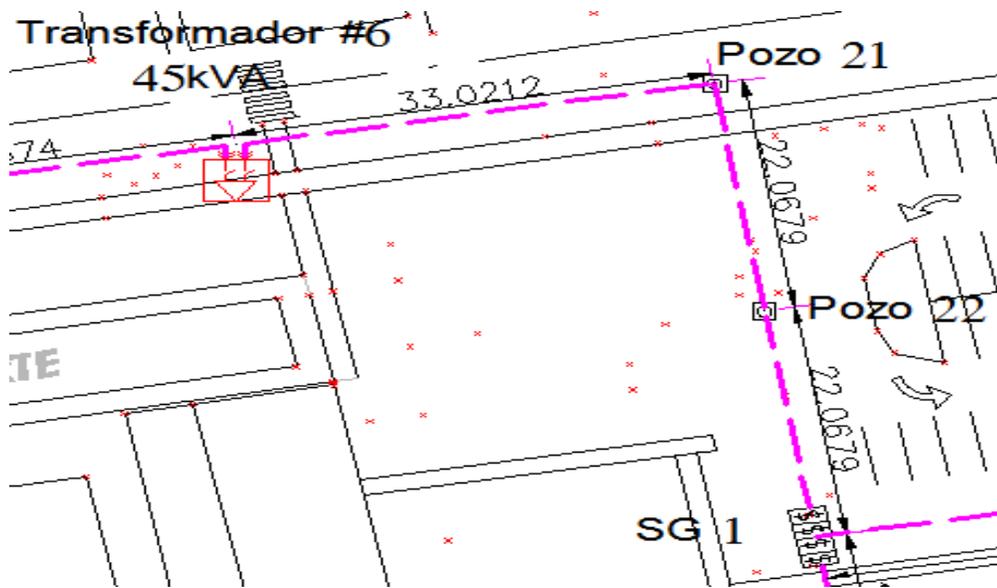
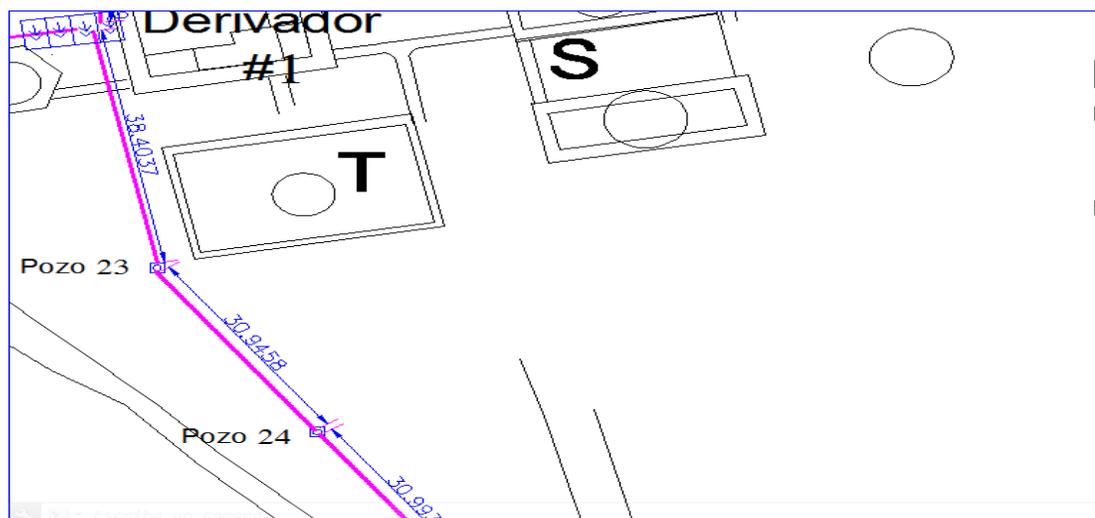


Figura 85. Tramo desde transformador #6 hasta sg1

Este tramo va desde el transformador #6 hasta el SG1, en este tramo podemos ver que hay dos pozos de paso, y tiene una distancia de 77 metros.



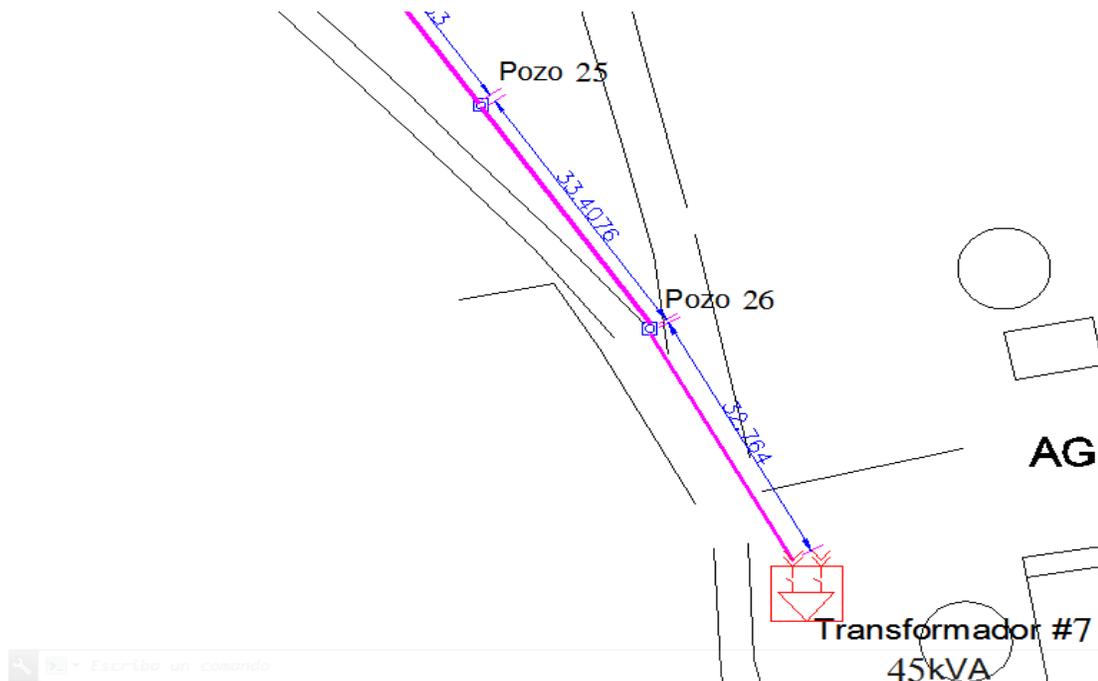


Figura 86. Derivación para agronomía

Este tramo va desde el derivador #1 hasta el transformador #7, el cual va alimentar todo agronomía, este tramo tiene cuatro pozo de paso y una distancia de 166.51 metros.

Se presenta el resultado de jalado de cable para cada tramo, como se observa en ninguno de los tramos se ha sobrepasado el jalado del cable que estamos utilizando que es de 143kg/100m que soporta el cable y para eso se ha tenido cuidado de no sobrepasar la distancia.

TRAMO	Calibre del cable	Diametro total del conductor	DISTANCI A	Peso del cable Kg/100 m	Coefficiente de correccion	Tension (Kg)
Pozo0-Pozo1	1/0	31.8	38.2457	143	0.96695	79.3257
Pozo1-SG1	1/0	31.8	39.2126	143	0.96695	81.3311
SG1-Pozo2	1/0	31.8	19.6174	143	0.96695	40.6886
Pozo2-Pozo3	1/0	31.8	27.0908	143	0.96695	56.1892
Pozo3-Pozo4	1/0	31.8	27.088	143	0.96695	56.1834
Pozo4-T1	1/0	31.8	25.7265	143	0.96695	53.3595
T1-D1	1/0	31.8	10.6229	143	0.96695	22.0330
D1-Pozo5	1/0	31.8	30.1448	143	0.96695	62.5235
Pozo5-T2	1/0	31.8	30.6032	143	0.96695	63.4743
T2-Pozo6	1/0	31.8	23.072	143	0.96695	47.8538
Pozo6-Pozo7	1/0	31.8	14.3492	143	0.96695	29.7618
Pozo7-Pozo8	1/0	31.8	37.762	143	0.96695	78.3224
Pozo8-Pozo9	1/0	31.8	29.8855	143	0.96695	61.9857
Pozo9-T3	1/0	31.8	28.6219	143	0.96695	59.3649
T3-Pozo10	1/0	31.8	31.8695	143	0.96695	66.1008
Pozo10-Pozo11	1/0	31.8	32.466	143	0.96695	67.3380
Pozo11-Pozo12	1/0	31.8	28.1008	143	0.96695	58.2841
Pozo12-T4	1/0	31.8	30.9798	143	0.96695	64.2554
T4-Pozo13	1/0	31.8	30.2284	143	0.96695	62.6969
Pozo13-Pozo14	1/0	31.8	28.6556	143	0.96695	59.4348
Pozo14-T5	1/0	31.8	31.7147	143	0.96695	65.7797
T5-Pozo15	1/0	31.8	39.593	143	0.96695	82.1201
Pozo15-Pozo16	1/0	31.8	37.5043	143	0.96695	77.7879
Pozo16-Pozo17	1/0	31.8	27.7581	143	0.96695	57.5733
Pozo17-Pozo18	1/0	31.8	25.387	143	0.96695	52.6554
Pozo18-Pozo19	1/0	31.8	26.1437	143	0.96695	54.2248
Pozo19-Pozo20	1/0	31.8	26.912	143	0.96695	55.8184
Pozo20-T6	1/0	31.8	32.374	143	0.96695	67.1471
T6-Pozo21	1/0	31.8	33.0212	143	0.96695	68.4895
Pozo21-Pozo22	1/0	31.8	22.0679	143	0.96695	45.7712
Pozo22-SG1	1/0	31.8	22.0679	143	0.96695	45.7712
D1-Pozo23	1/0	31.8	38.4037	143	0.96695	79.6534
Pozo23-Pozo24	1/0	31.8	30.9458	143	0.96695	64.1849
Pozo24-Pozo25	1/0	31.8	30.9933	143	0.96695	64.2834
Pozo25-Pozo26	1/0	31.8	33.4075	143	0.96695	69.2907
Pozo26-T7	1/0	31.8	32.764	143	0.96695	67.9561

Tabla 16. Tensiones de jalado de cada tramo de la instalación subterránea.

DISTRIBUCIÓN DE RED ELÉCTRICA SECUNDARIA

Para este proyecto se ha considerado a bien utilizar un mismo transformador para alimentar la carga de dos o más edificios, por lo que es necesario instalar tableros a la salida de cada transformador, los cuales servirán para distribuir la potencia hacia cada uno de los tableros ubicados en cada edificio.

Los tableros son los nodos desde los cuales se alimentan otros tableros o algunas cargas, además de contener las protecciones de los mismos, son importantes ya que distribuyen la potencia en ramales a toda la instalación.

Debido a la cantidad de circuitos que puede ser requerida para una instalación, éstos se especifican para una salida estándar, en este proyecto no se superan los tableros de más de 24 polos.

Como se ha venido haciendo a lo largo de este documento, se usará el transformador #5 como ejemplo para mostrar los criterios usados para diseñar el lado de baja de cada transformador. En la figura se muestra el diagrama unifilar secundario para el transformador antes mencionado, el tablero principal alimentara dos ramales, el edificio de las aulas nuevas y la biblioteca, para estos ramales se mantendrán los tableros que ya están instalados en cada edificio, puesto que se encuentran en buenas condiciones.

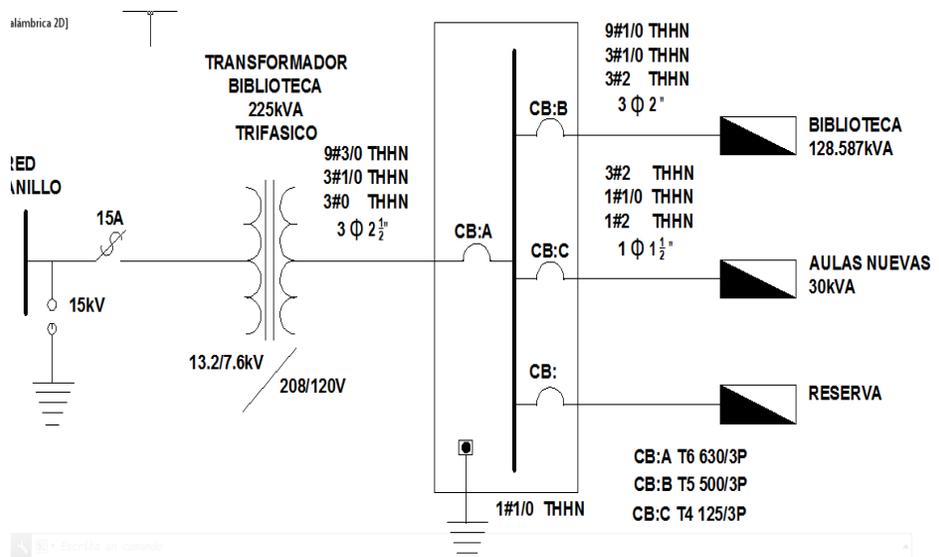


Figura 87. Tablero en el lado de baja tensión de los transformadores.

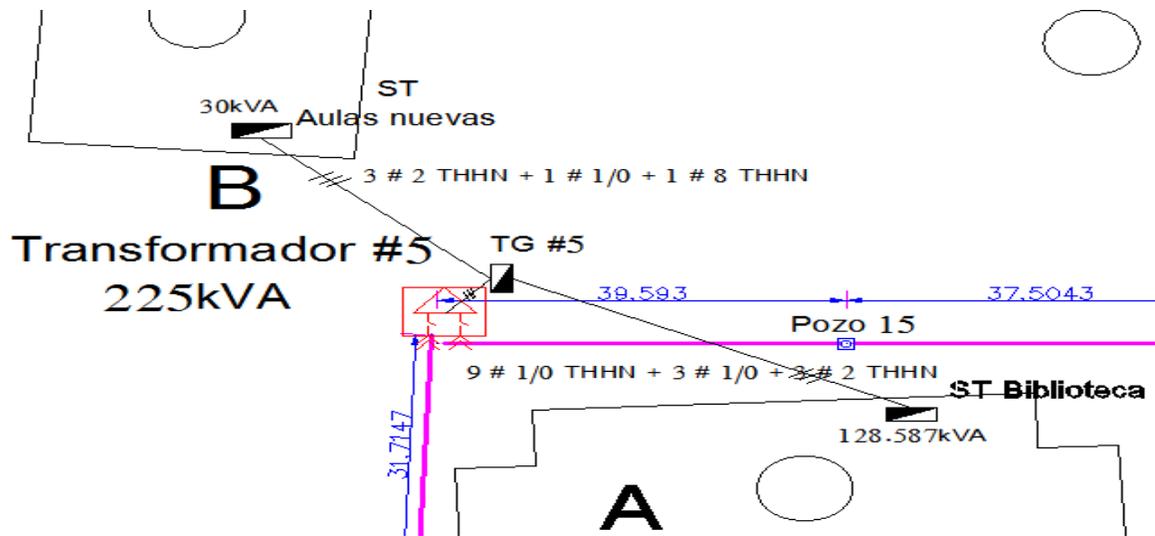


Figura 88. Ubicación del tablero para alimentar a los edificios nuevos y biblioteca.

EFFECTOS A LA RESISTENCIA ALTERNA EN EL CABLE

La resistencia de un conductor eléctrico por el que circula corriente alterna es mayor que la resistencia que presenta el mismo conductor a la corriente directa. Este incremento es ocasionado por dos efectos.

- Efecto piel
- Efecto de proximidad

Cuando un conductor por el que fluye una corriente eléctrica alterna se encuentra cercano a otro que transporta un flujo de iguales características pero de sentido contrario, crea una resta vectorial de densidad de flujo, originando una reducción en la inductancia en las caras próximas y en las diametralmente opuestas, dando por resultado una distribución no uniforme de la densidad de corriente y aumento aparente de la resistencia efectiva, la cual se calcula afectando la resistencia original por un factor Y_p .

Expresando la resistencia de corriente alterna.

$$R_{ca} = R_{dc}(1 + Y_s + Y_p)$$

Donde:

R_{ca} : Resistencia a la corriente alterna.

R_{dc} : Resistencia a la corriente directa.

Y_s : Factor debido al efecto pie.

Y_p : Factor debido al efecto proximidad.

$$R_{cd}20^{\circ} = \rho * \frac{L}{A} * (1 + K_c) \left[\frac{\Omega}{Km} \right]$$

ρ : Resistividad volumetrica del material conductor.

L : Longitud del conductor.

A : Area de la seccion transversal del conductor.

K_c : Factor de cableado.

Se usara el siguiente valor para la resistividad volumétrica.

$$\rho = 17.241 \left[\frac{\Omega}{Km} \right]$$

Para la longitud de conductor se tomara la distancia que hay desde el SG1 hasta el primer transformador el cual es el que alimentara el edificio de Periodismo y Letras, este tramo tiene la siguiente longitud.

$$L = 0.07746 \text{ km}$$

La sección transversal del conductor es tomada de las especificaciones dadas por el fabricante del cable a utilizar en este proyecto.

$$A = 53.5 \text{ mm}^2$$

El parámetro para el factor de cableado se obtiene de la tabla31 seleccionando el tipo de cableado redonda compacto.

El parámetro para el factor de cableado se obtiene de la tabla31 seleccionando el tipo de cableado redonda compacto.

TIPO CABLEADO	Kc
Redondo normal	0.02
Redondo Compacto	0.02
Sectorial	0.015
Segmental	0.02

Tabla 17. Incremento de resistencia por efecto de cableado.

Entonces se tendrá para K_c el valor siguiente:

$$K_c = 0.02$$

Teniendo ya todos los datos necesarios para conocer la resistencia de corriente alterna que se tendrá los sustituimos en la ecuación correspondiente.

$$R_{cd}20^{\circ} = 17.241 * \frac{0.07746}{53.25} (1 + 0.02)$$

$$R_{cd}20^{\circ} = 0.02546 \frac{\Omega}{Km}$$

El siguiente cálculo que se debe hacer es para el parámetro del efecto piel.

$$Y_s = \frac{X_s^4}{192 + 0.8 X_s^4}$$

Donde:

$$X_s^2 = \frac{8 * \pi * f}{R} * 10^{-4} * K_s$$

f : Frecuencia del sistema en Hz.

K_s : Factor debido a la forma del conductor.

R : Resistencia del conductor a la corriente directa corregida a la temperatura de operación.

La frecuencia a la que operara el sistema como cualquier sistema en nuestra región es de

$$f = 60 \text{ Hz}$$

El factor debido a la forma del conductor lo tomamos de la tabla 32.

FORMA DEL CONDUCTOR	Ks	Kp
Redondo Normal	1	1
Redondo Compacto	1	1
Segmental	0.435	0.37

Tabla 18. Incremento de la resistencia por efecto de cableado.

El valor para K_s se elige para un cable redondo compacto.

$$K_s = 1$$

Para conocer el valor de la resistencia corregida se usa la siguiente ecuación a temperatura de 90°C puesto que es a la máxima temperatura para la que se diseñara.

$$R_{cd}90^{\circ} = \frac{R_{cd}20^{\circ} (234.5 + 90)}{254.5} \left[\frac{\Omega}{Km} \right]$$

Al sustituir el valor encontrado anteriormente para la temperatura a 20° se tiene:

$$R_{cd}90^\circ = \frac{(0.02546)(234.5 + 90)}{254.5} \left[\frac{\Omega}{Km} \right]$$

$$R_{cd}90^\circ = 0.03246 \frac{\Omega}{Km}$$

Ya podemos encontrar el valor para X_s :

$$X_s^2 = \frac{8 * \pi * 60}{0.03246} * 10^{-4} * 1$$

$$X_s^2 = 18.58297$$

Al sustituir este valor en la ecuación para el parámetro de efecto piel.

$$Y_s = \frac{18.58297^2}{192 + 0.8 * 18.58297^2}$$

$$Y_s = 0.66138$$

FACTOR DE PROXIMIDAD

$$Y_p = \frac{X_p^4}{192 + 0.8 * X_p^4} * \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 * \left[0.312 * \left(\frac{d_c}{s} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{X_p^4}{192 + 0.8 * X_p^4} + 0.27} \right]$$

d_c : *Diametro del conductor.*

s : *Distancia entre ejes de los conductores (mm)*

$$Y_p = \frac{18.58297^2}{192 + 0.8 * 18.58297^2} * (1)^2 * \left[0.312 * (1)^2 + \frac{1.18}{\frac{18.58297^2}{192 + 0.8 * 18.58297^2} + 0.27} \right]$$

$$Y_p = 1.50546$$

Teniendo todos los datos necesarios podemos conocer ya el valor de la resistencia en corriente alterna, se sustituyen los valores en la ecuación.

$$R_{ca} = 0.047483 (1 + 0.66138 + 1.50546)$$

$$R_{ca} = 0.06763 \frac{\Omega}{Km}$$

La resistencia en corriente alterna para el tramo que va desde el pozo #0 hasta el SG1 es de 0.06763 ohmios por kilómetro, los resultados para cada uno de los tramos se muestran en las siguientes tablas.

TRAMO	Calibre del cable	seccion transversal (mm ²)	Distancia (Km)	Rdc a 20°	Rdc a 90°	Xs ²	Ys	Xp ²	Xp ⁴	Yp	Rac
Pozo0-Pozo1	1/0	53.5	0.03825	0.01257	0.01603	9.40747	0.33676	9.40747	88.50045	0.75998	0.03361
Pozo1-SG1	1/0	53.5	0.03921	0.01289	0.01643	9.17550	0.32462	9.17550	84.18979	0.74547	0.03402
SG1-Pozo2	1/0	53.5	0.01962	0.00645	0.00822	18.34062	0.72951	18.34062	336.37818	1.08885	0.02317
Pozo2-Pozo3	1/0	53.5	0.02709	0.00890	0.01135	13.28108	0.52952	13.28108	176.38719	0.94672	0.02812
Pozo3-Pozo4	1/0	53.5	0.02709	0.00890	0.01135	13.28246	0.52958	13.28246	176.42366	0.94677	0.02811
Pozo4-T1	1/0	53.5	0.02573	0.00846	0.01078	13.98539	0.56128	13.98539	195.59119	0.97186	0.02731
T1-D1	1/0	53.5	0.01062	0.00349	0.00445	33.86977	1.03373	33.86977	1147.16139	1.25815	0.01466
D1-Pozo5	1/0	53.5	0.03014	0.00991	0.01263	11.93556	0.46560	11.93556	142.45769	0.89215	0.02979
Pozo5-T2	1/0	53.5	0.03060	0.01006	0.01283	11.75678	0.45681	11.75678	138.22195	0.88418	0.03003
T2-Pozo6	1/0	53.5	0.02307	0.00758	0.00967	15.59445	0.62912	15.59445	243.18693	1.02194	0.02564
Pozo6-Pozo7	1/0	53.5	0.01435	0.00472	0.00601	25.07423	0.90466	25.07423	628.71718	1.19103	0.01862
Pozo7-Pozo8	1/0	53.5	0.03776	0.01241	0.01583	9.52797	0.34306	9.52797	90.78221	0.76735	0.03340
Pozo8-Pozo9	1/0	53.5	0.02989	0.00982	0.01253	12.03912	0.47066	12.03912	144.94047	0.89669	0.02965
Pozo9-T3	1/0	53.5	0.02862	0.00941	0.01200	12.57063	0.49627	12.57063	158.02063	0.91906	0.02897
T3-Pozo10	1/0	53.5	0.03187	0.01048	0.01336	11.28964	0.43358	11.28964	127.45598	0.86245	0.03067
Pozo10-Pozo11	1/0	53.5	0.03247	0.01067	0.01361	11.08221	0.42313	11.08221	122.81549	0.85237	0.03096
Pozo11-Pozo12	1/0	53.5	0.02810	0.00924	0.01178	12.80373	0.50731	12.80373	163.93562	0.92840	0.02869
Pozo12-T4	1/0	53.5	0.03098	0.01018	0.01298	11.61386	0.44975	11.61386	134.88184	0.87767	0.03022
T4-Pozo13	1/0	53.5	0.03023	0.00994	0.01267	11.90255	0.46398	11.90255	141.67081	0.89069	0.02983
Pozo13-Pozo14	1/0	53.5	0.02866	0.00942	0.01201	12.55584	0.49557	12.55584	157.64917	0.91845	0.02899
Pozo14-T5	1/0	53.5	0.03171	0.01042	0.01329	11.34475	0.43634	11.34475	128.70324	0.86508	0.03059

Tabla 19. Parámetros para el cálculo de la resistencia en corriente alterna Rac.

TRAMO	Calibre del cable	seccion transversal (mm ²)	Distancia (Km)	Rdc a 20°	Rdc a 90°	Xs ²	Ys	Xp ²	Xp ⁴	Yp	Rac
T5-Pozo15	1/0	53.5	0.03959	0.01301	0.01659	9.08734	0.32000	9.08734	82.57981	0.73984	0.03418
Pozo15-Pozo16	1/0	53.5	0.03750	0.01233	0.01572	9.59344	0.34648	9.59344	92.03406	0.77129	0.03329
Pozo16-Pozo17	1/0	53.5	0.02776	0.00912	0.01163	12.96181	0.51472	12.96181	168.00849	0.93459	0.02850
Pozo17-Pozo18	1/0	53.5	0.02539	0.00834	0.01064	14.17242	0.56951	14.17242	200.85745	0.97818	0.02711
Pozo18-Pozo19	1/0	53.5	0.02614	0.0086	0.010957	13.76221	0.551348	13.762214	189.3985306	0.96412	0.027563
Pozo19-Pozo20	1/0	53.5	0.02691	0.0088	0.011279	13.36932	0.533563	13.369322	178.7387679	0.94999	0.028013
Pozo20-T6	1/0	53.5	0.03237	0.0106	0.013569	11.11371	0.424723	11.113708	123.514511	0.85391	0.030918
T6-Pozo21	1/0	53.5	0.03302	0.0109	0.01384	10.89588	0.413694	10.895885	118.7203053	0.84307	0.031233
Pozo21-Pozo22	1/0	53.5	0.02207	0.0073	0.009249	16.30401	0.656904	16.304007	265.8206364	1.04123	0.024955
Pozo22-SG1	1/0	53.5	0.02207	0.0073	0.009249	16.30401	0.656904	16.304007	265.8206364	1.04123	0.024955
D1-Pozo23	1/0	53.5	0.03840	0.0126	0.016096	9.368764	0.334734	9.3687637	87.77373339	0.75759	0.033677
Pozo23-Pozo24	1/0	53.5	0.03095	0.0102	0.01297	11.62662	0.45038	11.626624	135.178393	0.87825	0.030202
Pozo24-Pozo25	1/0	53.5	0.03099	0.0102	0.01299	11.60881	0.449497	11.608805	134.7643646	0.87743	0.030226
Pozo25-Pozo26	1/0	53.5	0.03341	0.011	0.014002	10.76989	0.407281	10.769893	115.990589	0.83666	0.031419
Pozo26-T7	1/0	53.5	0.03276	0.0108	0.013732	10.98142	0.418034	10.981418	120.5915489	0.84737	0.031108

Tabla 20. Parámetros para el cálculo de la resistencia en corriente alterna Rac.

IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO

Cuando existe circulación de corriente de secuencia cero y dependiendo del arreglo, esta tendrá trayectorias bien definidas de circulación. En la práctica se dan tres posibles arreglos:

1. Que el regreso de corrientes de secuencia cero se haga únicamente por tierra, como es el caso donde los forros metálicos están aislados de tierra o bien, no tengan forro.
2. Que el retorno se efectúe por ambos caminos, forro metálico y tierra
3. Que el regreso se efectúe únicamente por el forro metálico.

En cada uno de los casos anteriores, la corriente encontrará determinadas impedancias, como son la resistencia a la corriente alterna del conductor, resistencia que presenta la tierra y cubierta, además el efecto de las corrientes en el conductor, forro y tierra, agregan inductancias mutuas.

Para el cableado primario de la red de distribución subterránea, se utilizara cable monopolar con forro metálico.

La figura se muestra un circuito real equivalente para cables unipolares, dentro de un circuito trifásico perfectamente transpuesto donde sus forros están sólidamente unidos a tierra.

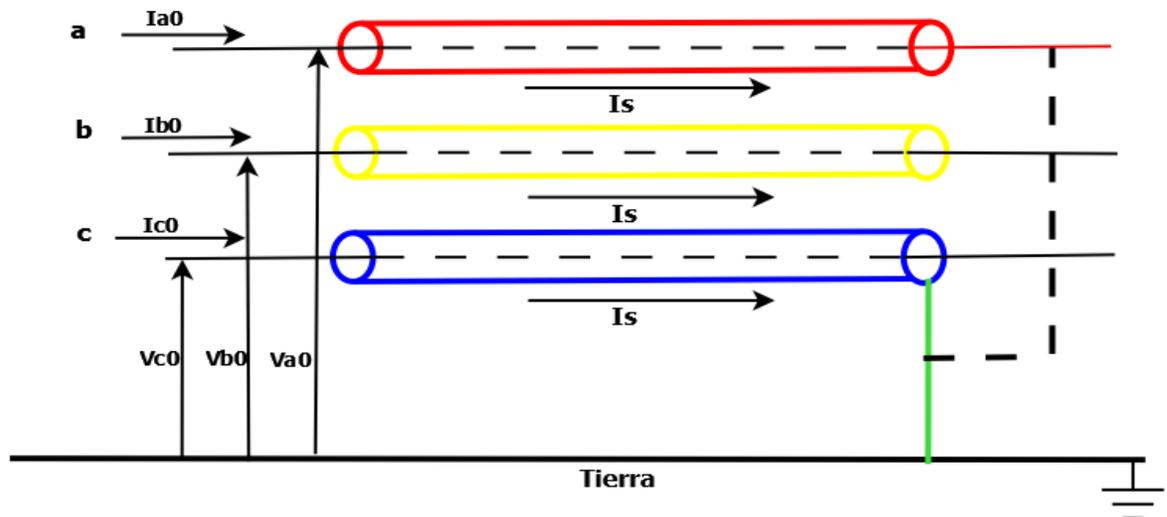


Figura 89. Circuito equivalente de cables unipolares dentro de un circuito trifásico.

Las ecuaciones para el cálculo de la impedancia de secuencia cero para cables unipolares, se muestran a continuación:

$$Z_C = R_c + R_e + j(0.5209) \log \frac{100D_e}{RMG_{3C}} \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

Donde:

$$Z_C = R_c + R_e + j(X_a + X_e - 2X_d)$$

R_c = Resistencia a la c.a. de un conductor $\frac{\Omega}{km}$

R_e = Resistencia equivalente de la tierra $\frac{\Omega}{km}$

Profundidad de regreso por tierra D_e e impedancia R_e y X_e a 60 Hz.

Resistividad del terreno $\Omega - m$	Profundidad equivalente D_e [m]	Resistencia equivalente de la tierra Ω/km	Reactancia equivalente de la tierra Ω/km
1	8.53×10^1	0.178	1.27
5	1.89×10^2	0.178	1.45
10	2.69×10^2	0.178	1.54
50	6.10×10^2	0.178	1.72
100	8.53×10^2	0.178	1.80
500	1.89×10^3	0.178	1.98
1000	2.69×10^3	0.178	2.06
5000	6.10×10^3	0.178	2.24
10000	8.53×10^3	0.178	2.32

Tabla 21. Profundidad de regreso por tierra.

D_e = Profundidad equivalente de la trayectoria de regreso por tierra.

RMG_{3C} = Radio medio geométrico de los tres cables tomados como grupo.

X_a = Reactancia de un conductor de fase individual a 12 pulgadas de separación $\frac{\Omega}{km}$

X_e = Reactancia del regreso a tierra.

$$X_e = 0.5209 \log \frac{D_e}{0.3048} \frac{\Omega}{km}$$

$$X_d = 0.1736 \log \frac{DMG_{3C}}{30.48} \frac{\Omega}{km}$$

$$DMG_{3C} = (S_{ab} * S_{bc} * S_{ac})^{1/3} = \text{Distancia meda geometrica}$$

$$Z_p = R_p + R_e + j(0.5209) \log \frac{100D_e}{RMG_{3C}} \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

$$Z_p = R_p + R_e + j(X_p + X_e - 2X_d) \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

Donde:

$$RMG_{3C} = \sqrt[3]{\frac{r_0 + r_i}{2} (DMG_{3P})^2}$$

Es el radio medio geométrico de los 3 forros en paralelo.

R_p Resistencia de un forro en $\frac{\Omega}{km}$

$$R_p = \frac{0.8019}{(r_0 + r_i)(r_0 - r_i)} \text{ Para forro metálico}$$

r_i = Radio interno del forro en centímetros.

r_0 = Radio externo del forro en centímetros.

X_p = Reactancia del forro en $\frac{\Omega}{km}$

$$X_p = 0.17361 \log \frac{60.96}{r_0 + r_i}$$

$$Z_m = R_e + j(0.5209) \log \frac{100D_e}{DMG_{3C-3P}} \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

$$Z_m = R_p + R_e + j(X_p + X_e - 2X_d) \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

DMG_{3C-3P} = Distancia media geométrica entre forros y conductores.

$$DMG_{3C-3P} = \sqrt[3]{\frac{r_0 + r_i}{2} (DMG_{3C})^6} * \sqrt[3]{\frac{r_0 + r_i}{2} (DMG_{3C})^2}$$

Para el cálculo de la impedancia de secuencia cero, se pueden presentar tres casos.

Caso 1: Cuando la corriente regresa por el forro y la tierra en paralelo

$$Z_0 = Z_C - \frac{Z_m^2}{Z_P} \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

Caso 2: Cuando la corriente regresa únicamente por cubierta metálica

$$Z_0 = Z_C + Z_P - 2Z_m \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

$$Z_0 = R_C + R_P + J(0.5209) \log \frac{RMG_{3S}}{RMG_{3C}} \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

$$Z_0 = R_C + R_P + j(X_a - X_P) \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

Caso 3: Regreso de corrientes únicamente por tierra.

$$Z_0 = (Z_C - Z_m) + Z_m = Z_C \frac{\Omega}{km} \text{ por fase}$$

En este trabajo se usara el caso 1, por lo que el desarrollo se realizara de acuerdo a la ecuación que se describe para este caso. Los resultados detallados para cada tramo de la red se presentan en la tabla.

Tramo	Distancia	Rac	Xa	Z+	Zo
Pozo0-SG1	0.0775	0.06763	0.01133	0,067630877894374+0.01133i	0.06049+1.85428i
SG1-T1	0.0995	0.10672	0.01456	0,106715749907592+0,01456i	0.09959+1.85428i
T1-D1	0.0106	0.01466	0.00155	0,0146562471688827+0,00155i	7.5891*10^-3+1.85428i
D1-T2	0.0607	0.05981	0.00889	0,0598146460361541+0,00889i	0.05269+1.85428i
T2-T3	0.1337	0.13628	0.01956	0,136280092241545+0,01956i	0.12919+1.85428i
T3-T4	0.1234	0.12054	0.01806	0,120537204268025+0,01806i	0.11339+1.85428i
T4-T5	0.0906	0.08942	0.01325	0,0894153343320008+0,01325i	0.08229+1.85428i
T5-T6	0.2157	0.20957	0.03155	0,209565665121174+0,03155i	0.20249+1.85428i
T6-SG1	0.0772	0.08114	0.01129	0,0811434414496461+0,01129i	0.07399+1.85428i
D1-T7	0.1665	0.156633399	0.02436014	0,15663339932017+0,02436014i	0.14949+1.85428i

Tabla 22.Resultados detallados para cada tramo.

ESTUDIO DE FALLAS

Análisis de cortocircuito

Por medio del estudio de fallas en los circuitos eléctricos es posible determinar las corrientes de cortocircuito, las cuales representan un riesgo tanto para los equipos que operan en el momento de la falla, como para los operarios.

Un estudio de coordinación es el proceso de determinar las características y ajustes óptimos de los elementos de protección de un sistema eléctrico. Los ajustes son elegidos para obtener interrupciones de la mínima parte del sistema durante condiciones de falla.

Para obtener las corrientes de cortocircuito se ha utilizado el software ETAP 12.6, el cual calcula la corriente de cortocircuito para cada punto al ingresar el diseño como un diagrama unifilar, en la figura se muestra el unifilar de cortocircuito ingresado en este programa.

Para poder obtener las corrientes de cortocircuito es necesario ingresar en el programa los datos obtenidos de la red de distribución en el punto de entrega, en la figura se ve la ventana power grid en la que se introdujeron los valores de la I_{sc} y X/R .

The screenshot shows the 'Short Circuit' tab in the ETAP software. The system is identified as '13.2 kV Swing'. The grounding type is set to 'Y' (indicated by a Y symbol icon). The 'SC Rating' section contains the following data:

	MVA _{sc}	MVA _{sc}	X/R	kA _{sc}
3-Phase	48,012		15	2,1
1-Phase	64,828	21,609	15	2,835

Below the 1-Phase row, the formulas $\sqrt{3}VI_{lf}$ and $V_{ln} I_{lf}$ are visible. The 'SC Impedance (100 MVA_b)' section contains the following data:

	% R	% X
Pos.	13,8545	207,818
Neg.	13,8545	207,818
Zero	3,07339	46,1009

Figura 90. Potencia de cortocircuito obtenido en el punto de entrega.

Para los transformadores se deben ingresar los valores de impedancia y X/R estos datos los obtuvimos de tablas de impedancias de transformadores comerciales.

kVA	%Z
45	2.70-5.75
75	2.7-5.75
112-1/2	3.1-5.75
150	3.1-5.75
225	3.1-5.75
300	3.1-5.75
500	4.35-5.75
750	5.75
1000	5.75
1500	5.75
2000	5.75
2500	5.75
3000	5.75
3750	5.75
5000-10,000	6.0-6.5

Tabla 23. Impedancias de transformadores

En la siguiente figura se observan los datos ingresados para el transformador 1 de 225 kVA el cual es el que suministrara las cargas de los edificios de periodismo, idiomas y el cafetin universitario.

En la siguiente imagen podemos ver los datos del transformador #5 de 225 KVA el cual alimenta la biblioteca y las aulas nuevas.

Reliability			Remarks			Comment	
Info	Rating	Impedance	Tap	Grounding	Sizing	Protection	Hamonic
225 kVA	ANSI	Liquid-Fill	Other	65 C		13.2	0,208 kV

Impedance

	%Z	X/R	R/X	%X	%R
Positive	5.75	3.09	0.324	5.471	1.77
Zero	5.75	3.09	0.324	5.471	1.77

Z Base

kVA

225

Other 65

Figura 91. Valores de las impedancias del transformador #5

Teniendo todos los parámetros calculados del cable que se va a utilizar, en la instalación subterránea, se procede a ingresarlos en el programa etap.

Sizing - Phase		Sizing - GND/PE		Reliability	Routing	Remarks	Comment	
Info	Physical	Impedance		Configuration	Loading	Ampacity	Protection	
HVTECK		Non-Mag.		60 Hz	Code : 1/0			
XLPE		133 %		15 kV	3/C	CU	1/0	
Option		Units		Project Frequency				
Pos. <input checked="" type="radio"/> Lib <input type="radio"/> Calc Zero <input checked="" type="radio"/> Lib <input type="radio"/> Calc		<input checked="" type="radio"/> Ohms per <input type="radio"/> Ohms		1	km	60 Hz		
Library Impedance								
		R	X	L	Z	X/R	R/X	Y
→	Pos.	0,06763	0,01133	0,0000301	0,06857	0,168	5,969	0
→	Zero	0,06049	1,85428	0,0049186	1,85527	30,654	0,033	0

Figura 92. Parámetros ingresados en etap del cable.

Teniendo todos los datos necesarios se procede a realizar la simulación para obtener las corrientes de cortocircuito en cada punto del sistema y así luego poder calcular las protecciones.

Para fallar cada punto donde se requiere conocer las corrientes de cortocircuito se debe hacer configurar la siguiente pestaña en el software. En la pestaña se puede ver como ejemplo el tablero1.

Equip. Cable & OL Heater Include Impedance for: <input type="checkbox"/> MV Motors <input type="checkbox"/> LV Motors	Report Contribution Level 1	Motor Contribution Based on <input checked="" type="radio"/> Motor Status <input type="radio"/> Loading Category <input type="radio"/> Both
Bus Selection		
Fault TABLERO1	<input type="checkbox"/> All Buses <input type="checkbox"/> MV Buses <input type="checkbox"/> LV Buses <input type="button" value=" << Fault"/> <input type="button" value=" ~Fault >>"/>	Don't Fault SG1 TABLERO2 TABLERO4 TABLERO5 TABLERO6 TABLERO7 TABLETO3

Figura 93. Falla para analisis de cortocircuito

El resultado despues de fallar el tablero1 se muestra en la figura, para este punto del sistema se tiene una corriente de cortocircuito de 5.2 kA, el mismo procedimiento se siguió para los demas tableros y todos los elementos que componen la nueva red electrica.

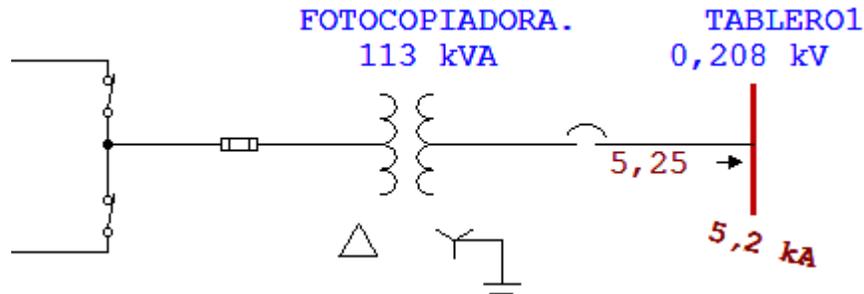


Figura 94. Resultado para la falla de cckt para el tablero #1 del transformador #1.

A modo de resumen se muestran en la tabla todas las corrientes de cortocircuito obtenidas luego de la simulación, estas nos serán de utilidad a la hora de seleccionar los equipos de protección para cada punto del sistema.

CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO			
Elemento fallado	Tension (V)	secundario (KA)	Primario (KA)
SG1	13.2KV/7.6KV	2.1
Transformador 1	208V/120V	5.2	2.09
Transformador 2	208V/120V	6.9	2.09
Transformador 3	208V/120V	8	2.09
Transformador 4	208V/120V	3.5	2.09
Transformador 5	208V/120V	10.1	2.09
Transformador 6	208V/120V	2.1	2.09
Transformador 7	208V/120V	2.1	2.09
D1	13.2KV/7.6KV	2.09

Tabla 24. Corrientes de cckt obtenidas en el programa de etap.

Protecciones para transformador del edificio de la biblioteca.

Luego de conocer las corrientes de cortocircuito se debe elegir las capacidades de los elementos encargados de proteger el circuito electrico, en la figura se presentan las curvas para el circuit breaker y el fusible que protegeran al transformador #5.

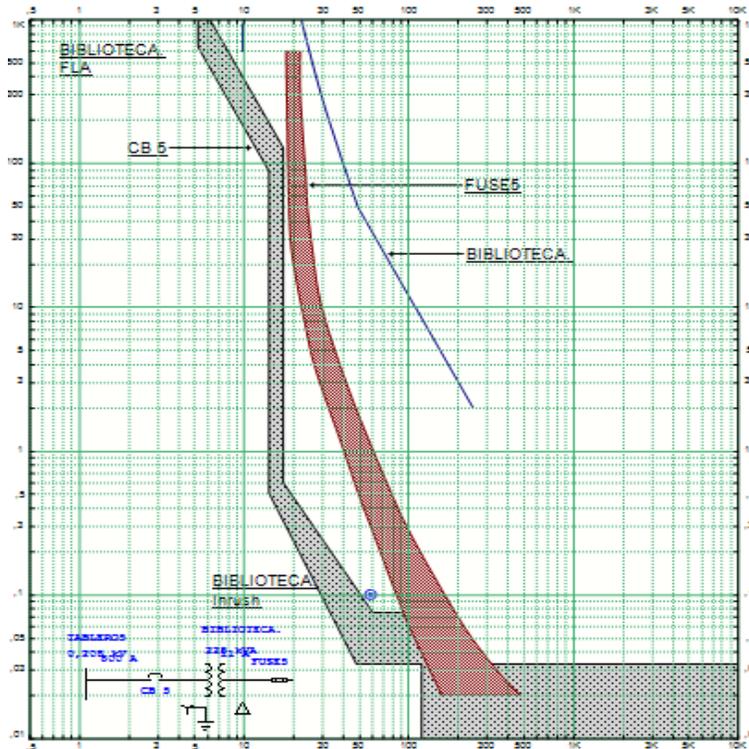


Figura 95. Curva de protecciones para el edificio de la biblioteca.

Como se puede ver, se logro una buena coordinacion entre los dos dispositivos, puesto que el primero en actuar ante una falla es el circuit breaker1, luego actuaria el fusible1, en la siguiente figura se muestra la secuencia de operación de ambos elementos.

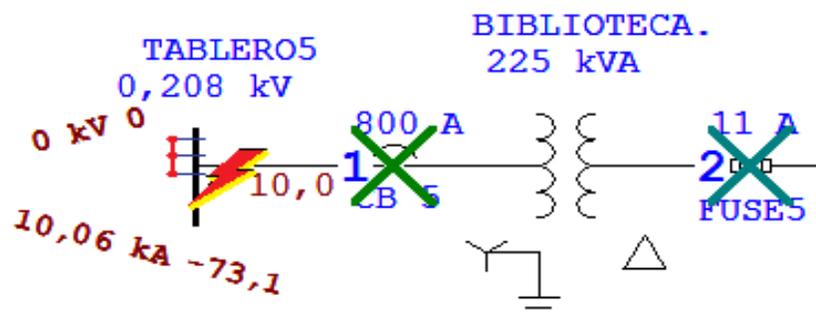


Figura 96.Coordinación de protecciones para transformador #5

PROTECCIONES EN LOS DERIVADORES

Para este punto del sistema se tienen tres protecciones, el circuit breaker #7 que protege el lado de baja del transformador que alimenta en agronomía, en el lado de alta se tienen dos fusibles, el fusible #7 que protege al transformador y se tiene el fusible #8 el cual estará en el codo instalado en el derivador #1, esta protección se dejó con el fin de que despeje fallas que no hayan sido vistas por el fusible #7 y de este modo no se propague aguas arriba de la red.

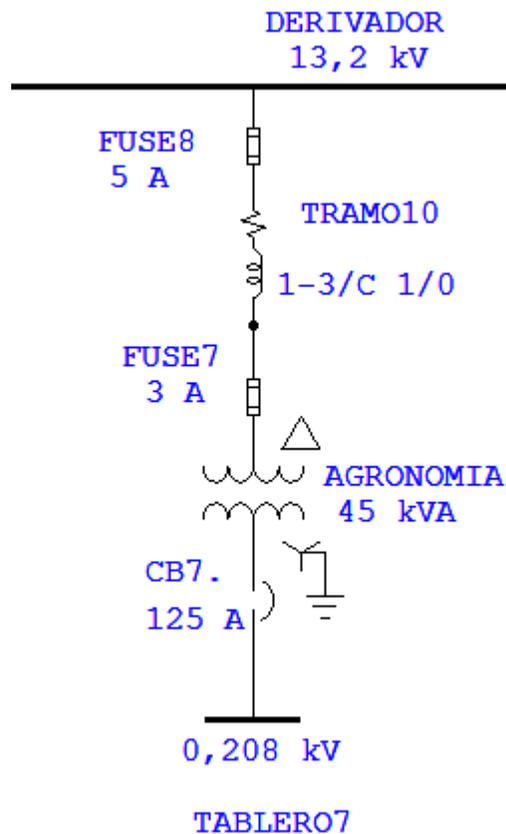


Figura 97. Elementos que protegen el derivador #1 y el transformador #7 de agronomía.

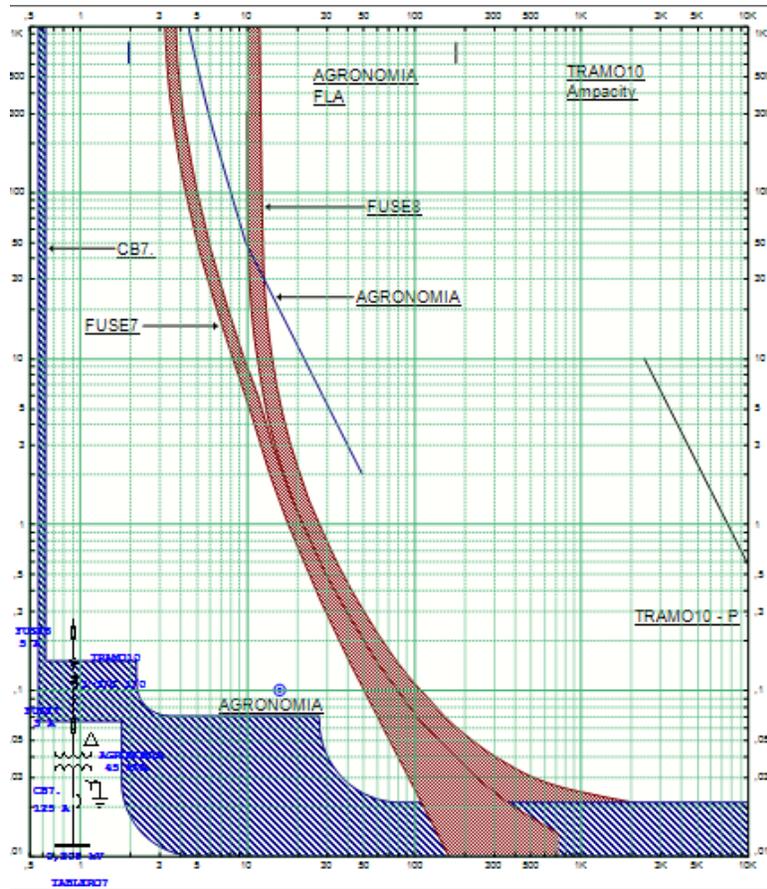


Figura 98. Coordinación de protecciones para el transformador de agronomía y para el derivador #1

COORDINACIÓN ENTRE FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE Y FUSIBLES VISIGAP.

El propósito de este apartado es mostrar la coordinación que tendrán los fusibles limitadores de corriente con las protecciones instaladas en los SwitchGear. Como ejemplo se presenta la secuencia que tendrá el fusible limitador de corriente en el transformador #6 con las protecciones visigap #9.

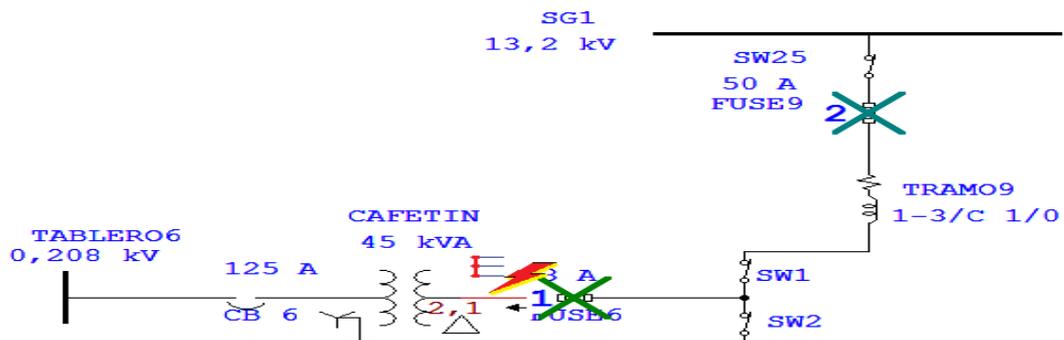


Figura 99. Coordinación de protecciones para el switchgear.

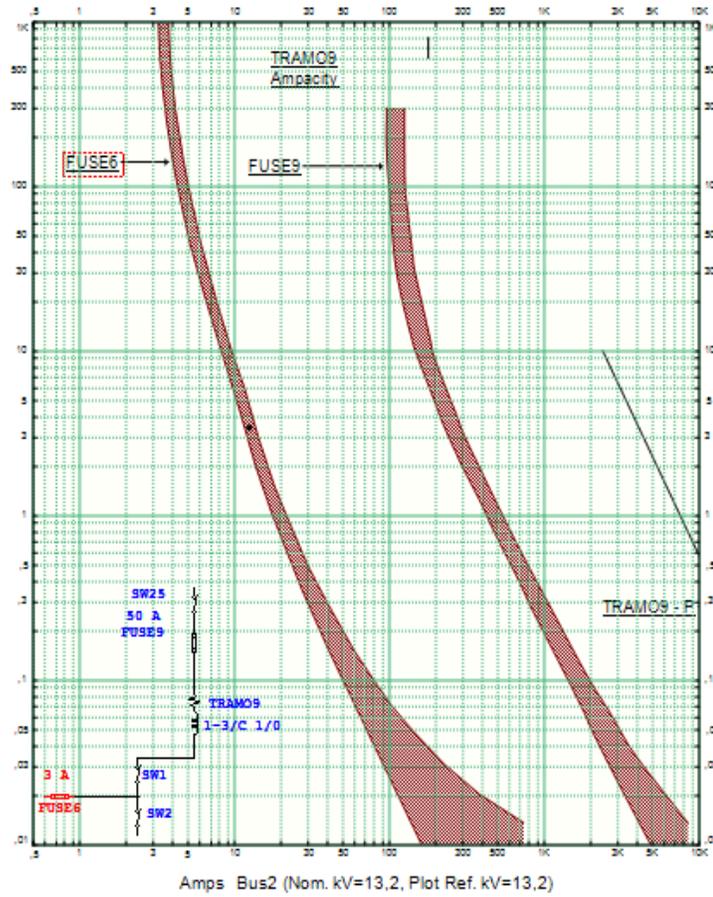


Figura 100. Coordinación entre fusible limitador de corriente

DISEÑO DE RED DE TIERRA

El diseño de la red de tierra de cada transformador está basado en la IEEE Recommended practices for Grounding and Commercial Power Systems Estandar 142-20017, la cual establece que la resistencia de un electrodo de puesta a tierra tipo barra se obtiene al aplicar la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * L} \left(\ln \left(\frac{4 * L}{d} \right) - 1 \right)$$

Donde

R: Valor de la resistencia en [Ω]

ρ : resistividad del terreno en [$\Omega - m$]

d: diametro de la barra en [*m*]

L: longitud de la barra en [*m*]

Se usaran varillas de 5/8"x 10' y una resistividad del terreno de $100 \Omega - m$, con las propiedades del terreno y de las barras a utilizar obtenemos el valor de la resistencia de cada barra.

$$R = \frac{100}{2 * \pi * 3} \left(\ln \left(\frac{4 * 3}{0.01588} \right) - 1 \right)$$

$$R = 29.85 \Omega$$

Este valor es bastante alto respecto a los 5Ω que exige esta norma como mínimo para este tipo de aplicación por lo que es necesario reducir el valor de resistencia, según la IEEE Std. 142-2007, para ello usamos el siguiente método, el cual no da el valor de varillas en paralelo que se deben instalar para lograr reducir el valor de la resistencia tierra requerido.

$$R_n = \frac{R}{n} [2 - e^{-0.17(n-1)}]$$

Donde:

R_n : Resistencia neta en (Ω)

R : Resistencia a tierra en (Ω)

n : numero de varillas

Para obtener el valor requerido por la norma es necesario usar 12 varillas con lo que se obtiene el siguiente resultado.

$$R_n = \frac{29.85}{12} [2 - e^{-0.17(12-1)}]$$

$$R_n = 4.6 \Omega$$

Para determinar el calibre del conductor de puesta a tierra se usara la tabla 250.66 del NEC-2008, donde se especifica el conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida, o área equivalente para conductores en paralelo ^a (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre ^b
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0

Figura 101. Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra.

El calibre variara de acuerdo a la capacidad de cada transformador, el conductor de puesta a tierra o de unión se debe conectar al electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica.

CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de distribución eléctrica subterránea para la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, con este sistema se tendrán una disminución considerable en la tasa de fallas gracias a la topología versátil y confiable de este tipo de red.

Además se diseñó un sistema de generación fotovoltaica de tipo conectado a red en el área de techos que se consideró apta para este propósito. Con ello se buscó maximizar la producción de energía que podría ser inyectada al campus con el objetivo de reducir los costes energéticos de operación de la institución.

Se elaboró los perfiles de carga de cada uno de los transformadores y bancos de transformadores que existen hoy en día en la facultad, con el objetivo de estudiar el perfil de carga de cada uno y con ello, diseñar una propuesta para instalar nuevos transformadores que surtirán de energía a los edificios y serán parte de la nueva red de distribución eléctrica subterránea de topología tipo anillo.

Se realizó en detalle un documento con especificaciones técnicas para la instalación y correcta funcionalidad del sistema eléctrico de generación fotovoltaica.

Además se realizaron cálculos para el aprovechamiento máximo de la energía solar y maximizar el área de techos para la instalación de paneles solares.

Se diseñó la instalación eléctrica primaria y secundaria con detalles de construcción y con su respectivo diagrama unifilar.

Se seleccionaron los componentes adecuados de protección eléctrica y además una simulación del comportamiento de éstos en el programa de diseño ETAP para garantizar la estabilidad y calidad del servicio de distribución.

Se seleccionaron los componentes de protección del sistema fotovoltaico tomando en cuenta las normativas de construcción NEC para su correcta funcionalidad, estabilidad y mantener la buena calidad de energía en la red de distribución interna de la facultad.

Se realizó presupuestos del sistema de generación fotovoltaica conectado a red y además un presupuesto de la nueva red de distribución eléctrica subterránea en la facultad tipo licitación.

Al realizar las mediciones de la demanda de cada transformador, se obtuvo el perfil de carga de cada uno de ellos, la mayoría de los transformadores están sobredimensionados teniendo un factor de utilización bastante bajo, la demanda

actual de todo el sistema eléctrico es de 437.181KVA, y la capacidad instalada es de 1329.06KVA, teniendo un factor de utilización del 32.9%, con los datos obtenidos se dimensiono el nuevo sistema eléctrico subterráneo, reduciendo considerablemente la cantidad de transformadores que existe actualmente en la facultad y así dándoles un mejor ordenamiento a todo el diseño dándole una mejor apariencia hacia el público.

Las nuevas subestaciones tendrán una capacidad que van desde 45KVA hasta 225KVA y el sistema tendrá una potencia instalada de 827.5KVA, esta potencia generara una corriente nominal de 36.2A es por esta razón que el sistema se a diseñado en 200A a 15KV.

El diseño del sistema eléctrico subterráneo de la facultad consistirá en anillo abierto trifásico para tener una mejor calidad y continuidad en el servicio y será alimentado desde la única acometida que existe a 13.2/7.6KV, el sistema tendrá neutro corrido multiaterrizado, cada elemento del sistema como transformador, tableros en baja tensión, switchgear, estarán conectados a red de tierra de cada transformador para una mayor seguridad para todo el personal de la facultad.

El sistema en media tensión será alimentado por medio de un cable XLP-TR #1/0 con nivel de aislamiento del 133% con capacidad de soportar 15KV y una corriente de 200A nominales, el sistema tendrá un neutro #1/0 THHN, acomodado en tubería de PVC DB 120 ϕ 6", el sistema de media tendrá un tubo en paralelo de reserva con la misma característica del tubo que lleva los cables XLP-TR más el neutro.

El precio final del proyecto de construcción del sistema de distribución eléctrica subterránea fue de \$1,056,159.74 con IVA incluido.

El precio final del proyecto del sistema de generación fotovoltaico será de \$692,102.4 ya con IVA incluido y este se paga en 5.15 años, generando un ahorro de \$2,685,357.31 en la vida total del proyecto. En total se estima 25 años de funcionamiento del proyecto.

Recomendaciones

Para el sistema de generación fotovoltaica se recomienda utilizar el área total de techo como se ha mostrado en los diagramas, esto conviene ya que a pesar las pérdidas por desorientación, la producción se ve aumentada que existen más paneles solares por metro cuadrado en el área de techos de los edificios seleccionados.

Para el diseño del sistema de generación fotovoltaica se recomienda nunca pasarse de la capacidad máxima del transformador al que se conecta, ya que esto provocaría fallo por sobrecarga y posibles daños tanto al transformador como a la red eléctrica de distribución.

Realizar el presupuesto del retiro de la red eléctrica actual debida a que no se ha incluido en el diseño subterráneo y si el material retirado se encuentra en buenas condiciones que sea donado a centros escolares que lo puedan ocupar.

Tener en cuenta que se reutilizara el transformador de pedestal que está alimentando a las aulas nuevas cerca de la biblioteca debido a que en ese lugar se instalara un transformador pedestal que alimentara la biblioteca y las aulas nuevas.

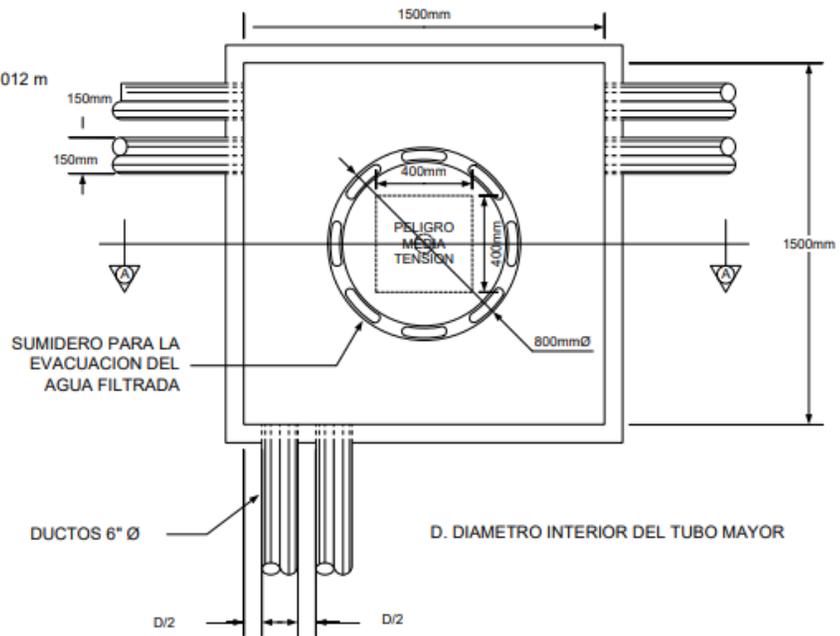
Para el nuevo diseño subterráneo, las autoridades de la universidad deberá asignar una delegación de personal técnico capacitados para darle mantenimiento al sistema subterráneo para que este no tenga imprevistos en el futuro y que tenga más vida útil.

El encargado de la obra tenga la capacidad de realizar una excelente instalación eléctrica, cumpliendo con las normas establecidas y que sea capaz de realizar todas las mediciones necesarias antes y después de la instalación.

ANEXO

DIMENSIONES INTERNAS:

1. LARGO = 1.50 m
2. ANCHO = 1.50 m
3. PROFUNDIDAD = 1.70 m
4. ESPESOR DE LA PARED = 0.012 m



NOTAS:

- PARED DE CONCRETO ARMADO.
- LA CANALIZACION DE BAJA TENSION, ALUMBRADO PUBLICO Y ACOMETIDA, NO PODRA ENTRAR A NINGUNA CAJA REGISTRO, EXCEPTO FOSA DEL TRANSFORMADOR.
- LA UBICACIÓN DE LOS DUCTOS DEPENDE EL RECORRIDO DEL DISEÑO.
- ESTA CAJA DE REGISTRO SE UTILIZARA PARA DISTANCIAS NO MAYORES A 30m.



Universidad De EL Salvador
Escuela de Ingenieria
Electrica

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA PARA LA
FACULTAD MULTIDICIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

CONTENIDO:

CAJA DE REGISTRO DE MEDIA
TENSION TRIFASICA CON
DUCTOS DE 6"

PRESENTA:

SANTOS ADOLFO CHAVARRIA
HENRY ALEXANDER ZEPEDA

ASESOR:

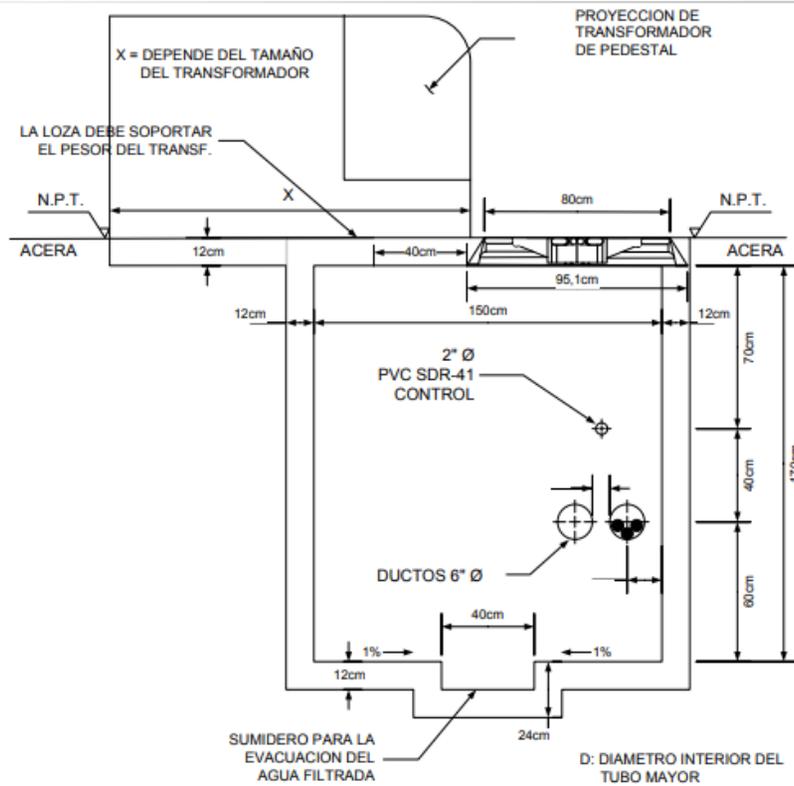
ING. JORGE ALBERTO ZETINO

N° DE HOJA: 2

ESCALA :
INDICADA

FECHA :
OCTUBRE 2019

- DIMENSIONES INTERNAS:**
1. LARGO = 1.50 m
 2. ANCHO = 1.50 m
 3. PROFUNDIDAD = 1.70 m
 4. ESPESOR DE LA PARED = 0.012 m



NOTAS:

- PAREDES DE CONCRETO.
- EL INTERIOR DE TODAS LAS CAJAS DEBE SER RECUBIERTO CON UN MORTERO IMPERMEABILIZANTE.
- LA CAJA DEBE CONTAR CON LA RESPECTIVA PREVISTA PARA MALLA A TIERRA.
- SE MUESTRA LA MAXIMA COINCIDENCIA DE DUCTOS QUE DEBE LLEGAR A LA CAJA: REFERIRSE A LA LAMINA DE PLANTA PARA DETERMINAR LA CANTIDAD EXACTA DE DUCTOS QUE SE CONECTARAN.
- LA UBICACIÓN DE LOS DUCTOS DEPENDE EL RECORRIDO DEL DISEÑO.



Universidad De El Salvador
Escuela de Ingeniería
Eléctrica

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA PARA LA
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

CONTENIDO:

POZO PARA TRANSFORMADOR
 TRIFASICO TIPO PDESTAL
 DUCTOS DE 6"

PRESENTA:

SANTOS ADOLFO CHAVARRIA
 HENRY ALEXANDER ZEPEDA

ASESOR:

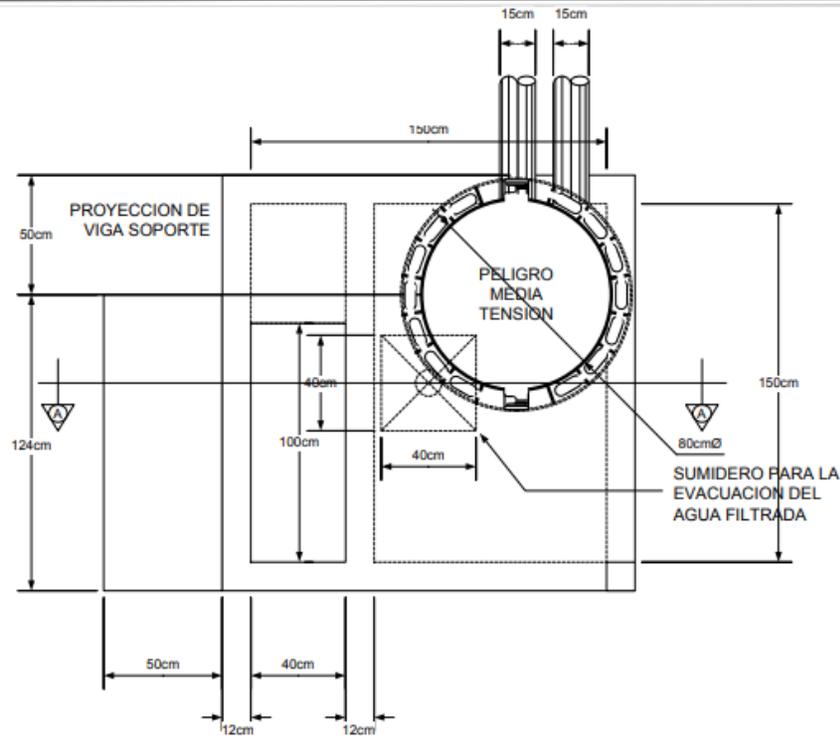
ING. JORGE ALBERTO ZETINO

E HOJA: 2

ESCALA :
 INDICADA

FECHA :
 OCTUBRE 2019

- DIMENSIONES INTERNAS:**
1. LARGO = 1.50 m
 2. ANCHO = 1.50 m
 3. PROFUNDIDAD = 1.70 m
 4. ESPESOR DE LA PARED = 0.012 m



- NOTAS:**
- PAREDES DE CONCRETO.
 - EL INTERIOR DE TODAS LAS CAJAS DEBE SER RECUBIERTO CON UN MORTERO IMPERMEABILIZANTE.
 - LA CAJA DEBE CONTAR CON LA RESPECTIVA PREVISTA PARA MALLA A TIERRA.
 - SE MUESTRA LA MAXIMA COINCIDENCIA DE DUCTOS QUE DEBE LLEGAR A LA CAJA: REFERIRSE A LA LAMINA DE PLANTA PARA DETERMINAR LA CANTIDAD EXACTA DE DUCTOS QUE SE CONECTARAN.
 - LA UBICACION DE LOS DUCTOS DEPENDE DEL RECORRIDO DEL DISEÑO.



Universidad De El Salvador
Escuela de Ingenieria
Electrica

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA PARA LA
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

CONTENIDO:
 POZO PARA TRANSFORMADOR
 TRIFASICO TIPO
 PDESTAL. DUCTOS DE 6"

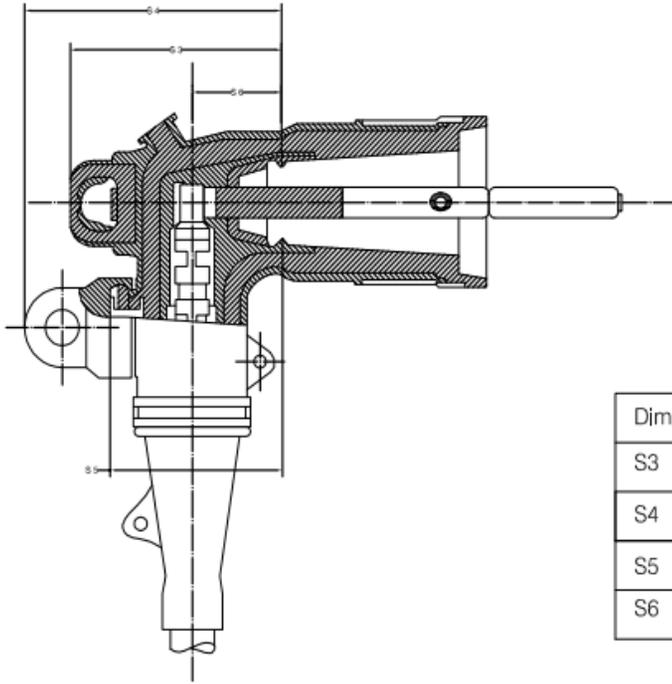
PRESENTA:
 SANTOS ADOLFO CHAVARRIA
 HENRY ALEXANDER ZEPEDA

ASESOR:
 ING. JORGE ALBERTO ZETINO

E HOJA: 2

ESCALA :
 INDICADA

FECHA :
 OCTUBRE 2019



Dim.	15 kV	25 kV
S3	3.44" (13 mm)	3.86" (96.04 mm)
S4	4.16" (106 mm)	4.54" (115.32 mm)
S5	2.73" (69 mm)	3.14" (79.76 mm)
S6	1.23" (31 mm)	1.64" (41.66 mm)

CONECTOR TIPO CODO CON PUNTO DE PRUEBA, CLASE 25KV, 200A

NOTA: DEBE DE CUMPLIR CON IEEE STANDARD 386



Universidad De EL Salvador
Escuela de Ingenieria
Electrica

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA PARA LA
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

CONTENIDO:

CONECTOR TIPO CODO DE
200 AMPERIOS 25KV

PRESENTA:

SANTOS ADOLFO CHAVARRIA
HENRY ALEXANDER ZEPEDA

ASESOR:

ING. JORGE ALBERTO ZETINO

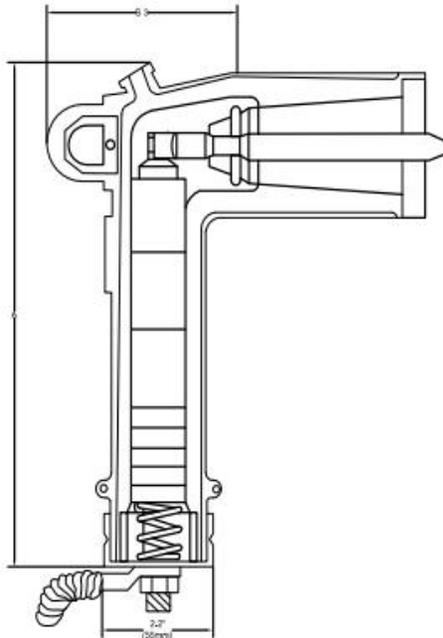
N° DE HOJA:

ESCALA :

INDICADA

FECHA :

OCTUBRE 2019



Dim.	Duty Cycle(kV)	15/25 kV
A	9-15	8.5" (216 mm)
	18-27	10.9" (276 mm)
S3	9-27	4.2" (107 mm)

PARARRAYO TIPO CODO, CLASE 25kV, 200A

NOTA: DEBE DE CUMPLIR CON IEEE STANDARD 386



Universidad De El Salvador
Escuela de Ingeniería
Electrica

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA PARA LA
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

CONTENIDO:

TERMINAL TIPO CODO DE
 200 AMPERIOS

PRESENTA:

SANTOS ADOLFO CHAVARRIA
 HENRY ALEXANDER ZEPEDA

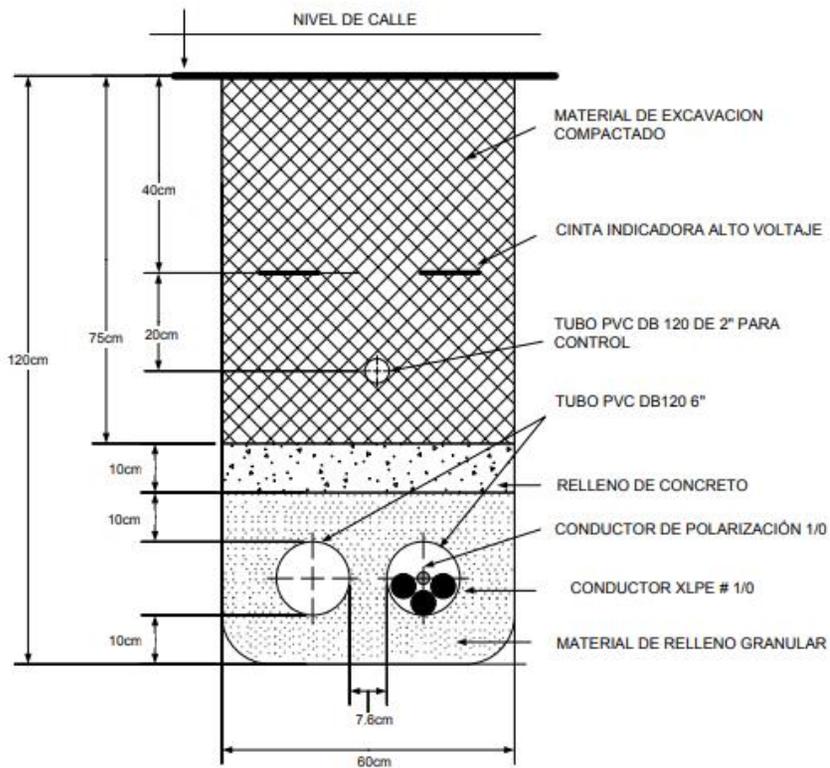
ASESOR:

ING. JORGE ALBERTO ZETINO

N° DE HOJA:

ESCALA :
 INDICADA

FECHA :
 OCTUBRE 2019



Universidad De El Salvador
Escuela de Ingenieria
Electrica

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA PARA LA
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

CONTENIDO:

\ CANALIZACION MEDIA
 TENSION

PRESENTA:

SANTOS ADOLFO CHAVARRIA
 HENRY ALEXANDER ZEPEDA

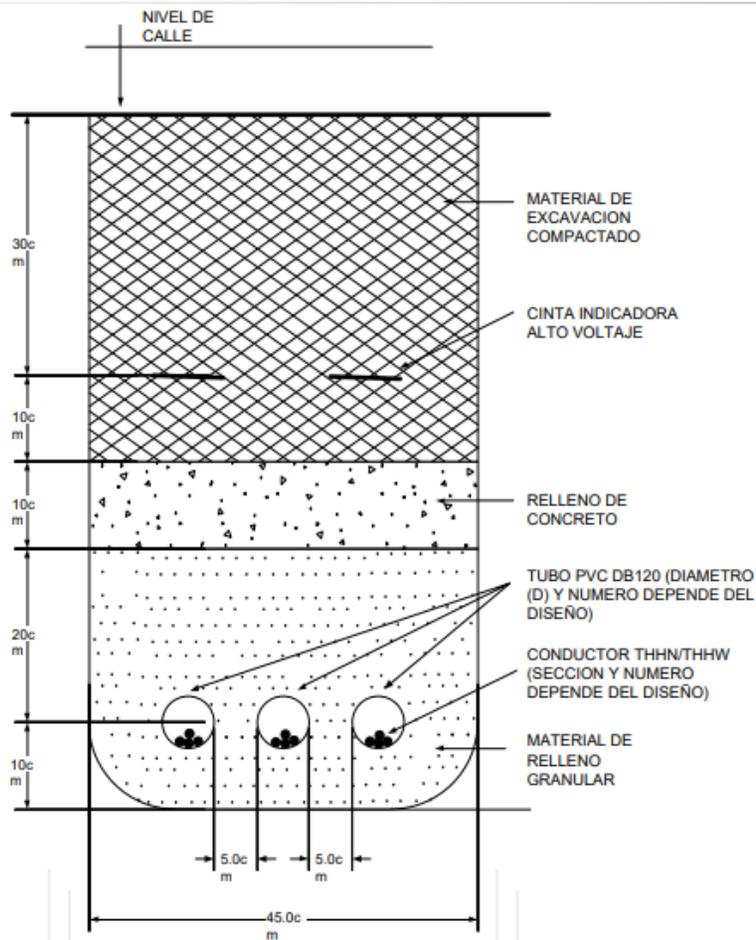
ASESOR:

ING. JORGE ALBERTO ZETINO

Nº DE HOJA:

ESCALA :
 INDICADA

FECHA :
 OCTUBRE 2019



Universidad De El Salvador
Escuela de Ingenieria
Electrica

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA PARA LA
FACULTAD MULTIDICIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

CONTENIDO:

CANALIZACION BAJA
TENSION

PRESENTA:

SANTOS ADOLFO CHAVARRIA
HENRY ALEXANDER ZEPEDA

ASESOR:

ING. JORGE ALBERTO ZETINO

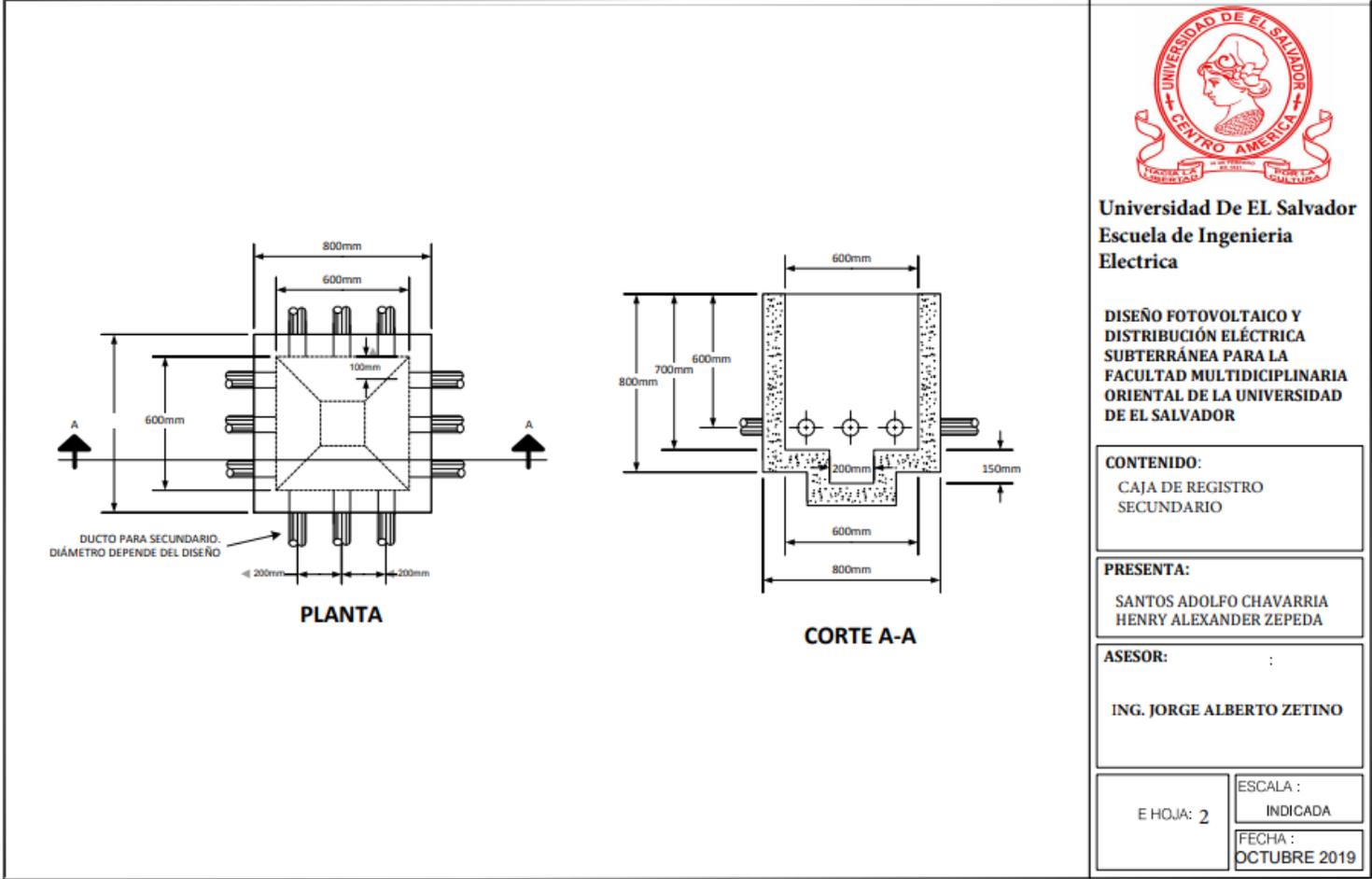
N° DE HOJA:

ESCALA :

INDICADA

FECHA :

OCTUBRE 2019



Universidad De El Salvador
Escuela de Ingenieria
Electrica

DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA PARA LA
FACULTAD MULTIDICIPLINARIA
ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR

CONTENIDO:
 CAJA DE REGISTRO
 SECUNDARIO

PRESENTA:
 SANTOS ADOLFO CHAVARRIA
 HENRY ALEXANDER ZEPEDA

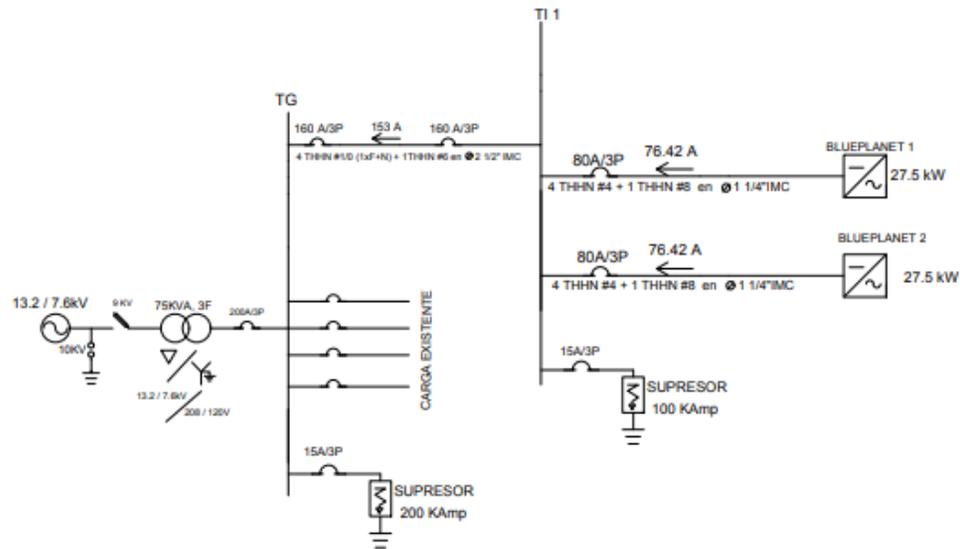
ASESOR:
 :
 ING. JORGE ALBERTO ZETINO

E HOJA: 2

ESCALA :
 INDICADA

FECHA :
 OCTUBRE 2019

DIAGRAMA UNIFILAR AC PARA EL EDIFICIO NUEVO DE INGENIERIA



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
DISEÑO FOTOVOLTAICO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

BR. HENRY ALEXANDER ZEPEDA MARIN
BR. SANTOS ADOLFO CHAVARRIA DE PAZ

ASESOR.

ING. JORGE ALBERTO ZETINO

CONTIENE:
DIAGRAMA UNIFILAR EN AC, DC Y DISTRIBUCION DE PANELES FV PARA EDIFICIO NUEVO DE INGENIERIA

ESCALA.

SIN ESCALA.

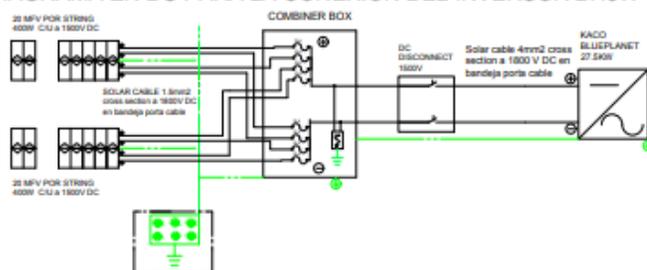
FECHA.

NOVIEMBRE 2019.

NUMERO DE PLANO: 1

ANEXOS.

DIAGRAMA EN DC PARA LA CONEXION DEL INVERSOR 27.5kW



DISTRIBUCION DE PANELES FV PARA EDIFICIO NUEVO DE INGENIERIA

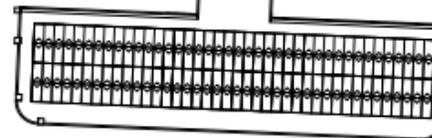
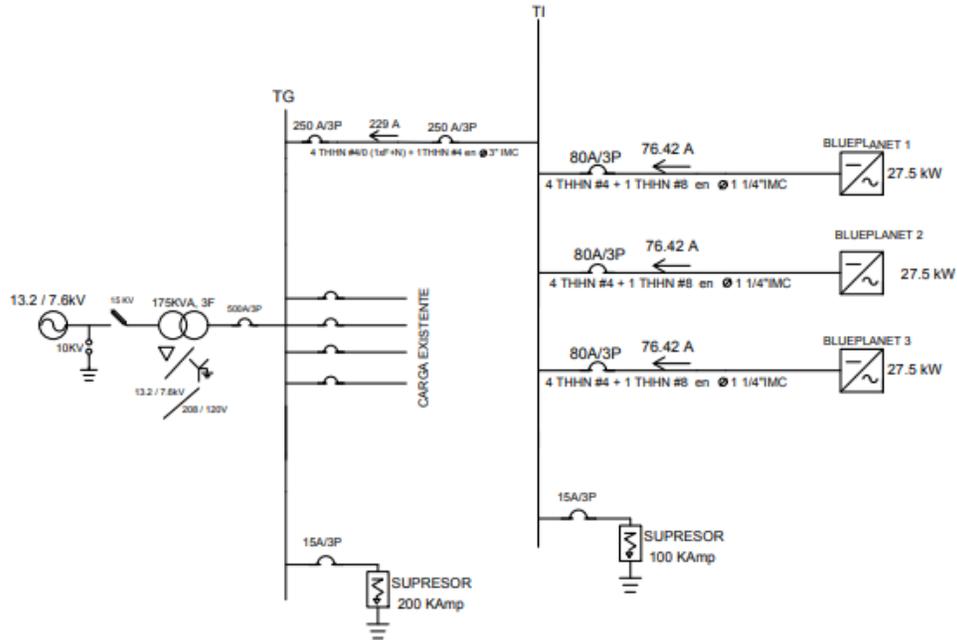


DIAGRAMA UNIFILAR AC PARA EL EDIFICIO MEDICINA II



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
DISEÑO FOTOVOLTAICO Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

BR. HENRY ALEXANDER ZEPEDA MARIN
BR. SANTOS ADOLFO CHAVARRIA DE PAZ

ASESOR.
ING. JORGE ALBERTO ZETINO

CONTIENE.
DIAGRAMA UNIFILAR EN AC, DC Y DISTRIBUCION DE PANELES FV PARA EDIFICIO MEDICINA II

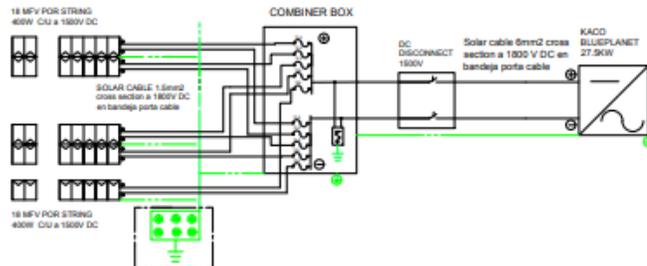
ESCALA.
SIN ESCALA.

FECHA.
NOVIEMBRE 2019.

NUMERO DE PLANO: 1

ANEXOS.

DIAGRAMA EN DC PARA LA CONEXION DEL INVERSOR 27.5KW



DISTRIBUCION DE PANELES FV PARA EDIFICIO MEDICINA II

NORTH
EDIFICIO DE MEDICINA II

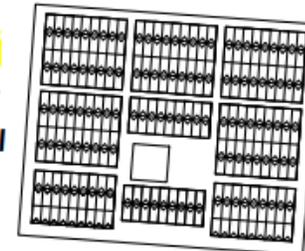
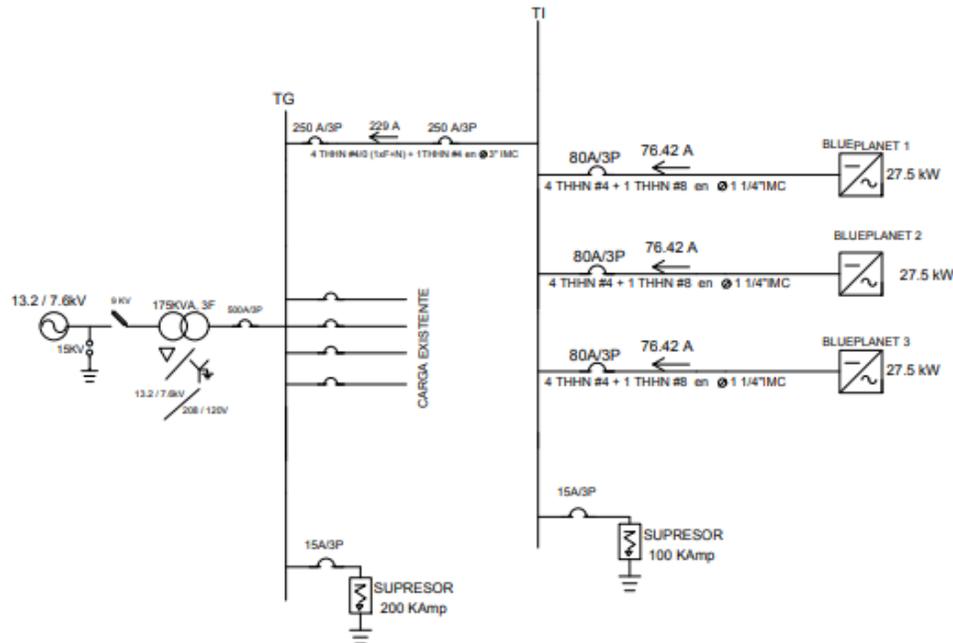


DIAGRAMA UNIFILAR AC PARA EL EDIFICIO MEDICINA I



FACULTAD DE INGENIERIA Y
ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA
ELECTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA DE LA FACULTAD
MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

BR. HENRY ALEXANDER
ZEPEDA MARIN
BR. SANTOS ADOLFO
CHAVARRIA DE PAZ

ASESOR:
ING. JORGE ALBERTO ZETINO

CONTIENE:
DIAGRAMA UNIFILAR EN AC,
DC Y DISTRIBUCION DE
PANELES FV PARA EDIFICIO
MEDICINA I

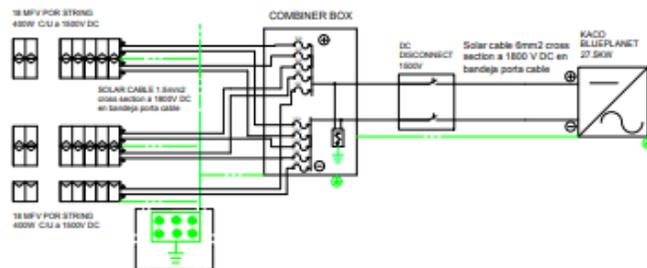
ESCALA:
SIN ESCALA.

FECHA:
NOVIEMBRE 2019.

NUMERO DE PLANO: 1

ANEXOS.

DIAGRAMA EN DC PARA LA CONEXION DEL INVERSOR 27.5W



DISTRIBUCION DE PANELES FV PARA EDIFICIO MEDICINA II

NORTH
EDIFICIO DE
MEDICINA I

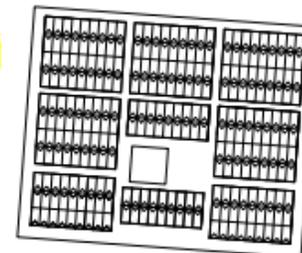


DIAGRAMA UNIFILAR AC PARA EL EDIFICIO BILIOTECA CENTRAL

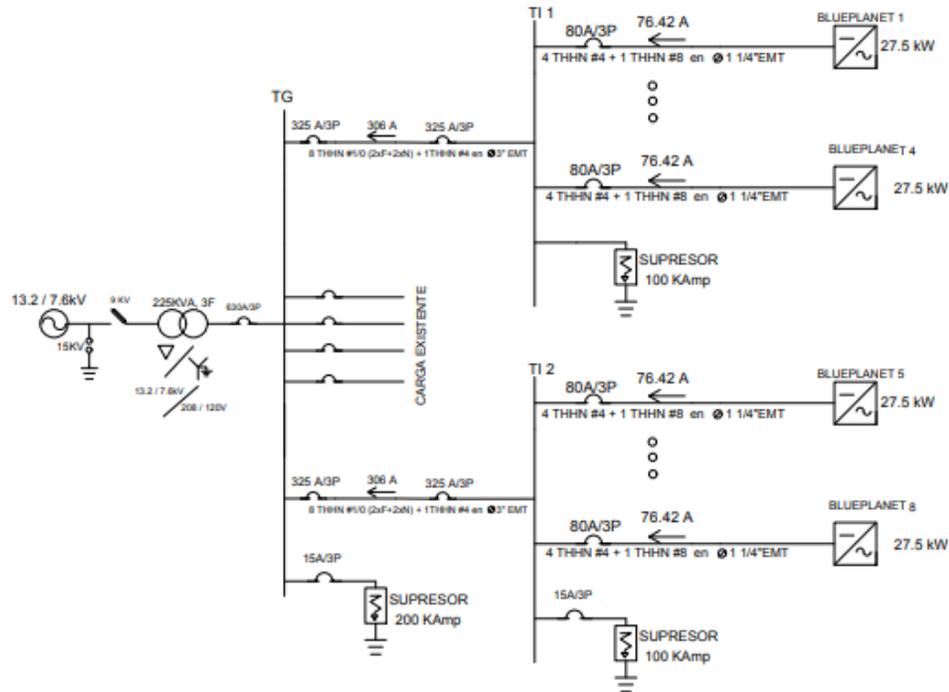
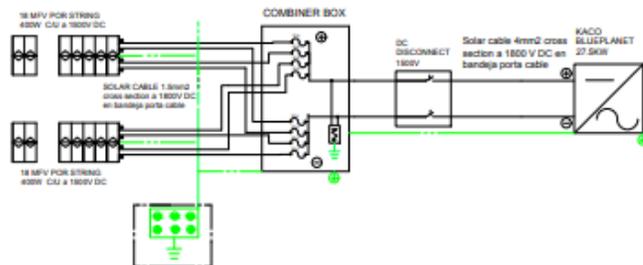
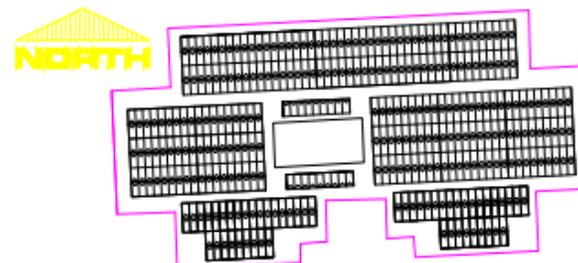


DIAGRAMA EN DC PARA LA CONEXION DEL INVERSOR 27.5W



DISTRIBUCION DE PANELES FV PARA EDIFICIO BIBLIOTECA CENTRAL



FACULTAD DE INGENIERIA Y
ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA
ELECTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
DISEÑO FOTOVOLTAICO Y
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA
SUBTERRÁNEA DE LA FACULTAD
MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

BR. HENRY ALEXANDER
ZEPEDA MARIN
BR. SANTOS ADOLFO
CHAVARRIA DE PAZ

ASESOR.
ING. JORGE ALBERTO ZETINO

CONTIENE.
DIAGRAMA UNIFILAR EN AC, DC
Y DISTRIBUCION DE PANELES
FV PARA EDIFICIO BIBLIOTECA
CENTRAL

ESCALA.
SIN ESCALA.

FECHA.
NOVIEMBRE 2019.

NUMERO DE PLANO: 1

ANEXOS.

Presupuesto Fotovoltaico

EDIFICIO DE BIBLIOTECA								
ITEM	Descripción	Cantidad	U	P.U. Mat.	P.U. M.O.	P.U. Adm	P.U	P. Total
1	Suministro de Equipos Importados							
1.1	Módulos FV 400Wp	576	U	\$ 136.32			\$ 136.32	\$ 78,520.00
1.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	8	U	\$ 5,420.63			\$ 5,420.63	\$ 43,365.00
1.3	Blue'Log X-series communication	1	U	\$ 400.00			\$ 400.00	\$ 400.00
1.4	Gastos de transporte, seguros y administración	1	S.G	\$ 5,300.00			\$ 5,300.00	\$ 5,300.00
2	Instalación de equipos importados							
2.1	Módulos FV 400Wp	576	U		\$ 12.00	\$ 3.00	\$ 15.00	\$ 8,640.00
2.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	8	U		\$ 175.00	\$ 52.50	\$ 227.50	\$ 1,820.00
2.3	Blue'Log X-series communication	1	U		\$ 150.00	\$ 45.00	\$ 195.00	\$ 195.00
3	Sistema DC Suministro e Instalación							
3.1	Rack o estructura de montaje de MFV	1204	U	\$ 5.83	\$ 6.99	\$ 3.20	\$ 16.02	\$ 19,289.59
3.2	Impermeabilización de techo para evitar futuras goteras despues de colocar el rack	1	SG	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 750.00	\$ 3,750.00	\$ 3,750.00
3.3	Sub tablero Combiner Box intemperie, protecciones fusible y supresor de transitorios	8	U	\$ 634.00	\$ 230.00	\$ 216.00	\$ 1,080.00	\$ 8,640.00

3.4	Alimentador desde cada String de MFV a cada Combiner Box con cable de polarización de paneles más 2 cables fotovoltaicos 1.5mm2 cross section aislados para 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut con sus protecciones respectivas	65	Mts	\$ 42.81	\$ 21.00	\$ 15.95	\$ 79.76	\$ 5,184.56
3.5	Instalación de bornera de tierra contiguo a combiner box y conexiones a este	8	U	\$ 211.00	\$ 100.00	\$ 77.75	\$ 388.75	\$ 3,110.00
3.6	Instalación de bornera de tierra general y unificación de todas las tierras de borneras dedicadas a cada arreglo de String por inversor	1	U	\$ 176.40	\$ 100.00	\$ 69.10	\$ 345.50	\$ 345.50
3.7	Alimentador desde las 8 Combiner Box a DC Disconnect y posteriormente a inversor respectivo con cable de polarización y 2 cables de 4mm2 cross section a 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut y luego acople a tablero en canalea plástica de 4"	352	Mts	\$ 26.84	\$ 12.43	\$ 9.82	\$ 49.09	\$ 17,280.12
4	Sistema AC Suministro e Instalación							

4.1	Alimentador de los 8 inversores de 29kW a TI1 y TI2, con 4 THHN #4+ 1 THHN #8 en tubería IMC de 1 1/4" IMC	25	Mts	\$ 91.89	\$ 18.70	\$ 27.65	\$ 138.24	\$ 3,455.94
4.2	Sub tablero TI1 y TI2, trifásico, de 16 espacios cada uno con Main principal de 325/3P y protecciones, AIC 10 kAmp	2	U	\$ 2,886.40	\$ 800.00	\$ 921.60	\$ 4,608.00	\$ 9,216.00
4.3	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100kAmp. Trifásico, uno conectado a cada uno de los Subtableros TI1 y TI2 y con una pretección de 15A/3p y puesta a tierra con cable 1/0	2	U	\$ 761.60	\$ 160.00	\$ 230.40	\$ 1,152.00	\$ 2,304.00
4.4	Alimentadores de Subtableros TI1 y TI2 a TG, con 8 THHN #1/0 (2xF+2xN) + 1 THHN #4 en tubería IMC de 3" soportada en riel Strut	20	Mts	\$ 154.35	\$ 30.00	\$ 46.09	\$ 230.44	\$ 4,608.75
4.5	Protección de 325/3p, AIC 22 kAmp en TG	1	U	\$ 821.24	\$ 100.00	\$ 230.31	\$ 1,151.55	\$ 1,151.55
4.6	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200kAmp en TG, con protección 15/3p, 18kAmp conexión a TG a puesta a tierra con cable 1/0.	1	U	\$ 1,723.20	\$ 120.00	\$ 460.80	\$ 2,304.00	\$ 2,304.00
	SUMA PARTIDA 1						SUMA	\$ 218,880.00
EDIFICIO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA								
ITEM	Descripción	Cantidad	U	P.U. Mat.	P.U. M.O.	P.U. Adm	P.U	P. Total
1	Suministro de Equipos Importados							

1.1	Módulos FV 400Wp	160	U	\$ 126.26			\$ 126.26	\$ 20,201.60
1.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	2	U	\$ 5,725.00			\$ 5,725.00	\$ 11,450.00
1.3	Blue'Log X-series communication	1	U	\$ 400.00			\$ 400.00	\$ 400.00
1.4	Gastos de transporte, seguros y administración	1	S.G	\$ 3,300.00			\$ 3,300.00	\$ 3,300.00
2	Instalación de equipos importados							
2.1	Módulos FV 400Wp	160	U		\$ 12.00	\$ 3.00	\$ 15.00	\$ 2,400.00
2.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	2	U		\$ 175.00	\$ 52.50	\$ 227.50	\$ 455.00
2.3	Blue'Log X-series communication	1	U		\$ 150.00	\$ 45.00	\$ 195.00	\$ 195.00
3	Sistema DC Suministro e Instalación							
3.1	Rack o estructura de montaje de MFV	328	U	\$ 2.91	\$ 3.56	\$ 1.62	\$ 8.08	\$ 2,650.65
3.2	Impermeabilización de techo para evitar futuras goteras despues de colocar el rack	1	SG	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 750.00	\$ 3,750.00	\$ 3,750.00
3.3	Sub tablero Combiner Box intemperie, protecciones fusible y supresor de transitorios	2	U	\$ 860.00	\$ 100.00	\$ 240.00	\$ 1,200.00	\$ 2,400.00

3.4	Alimentador desde cada String de MFV a cada Combiner Box con cable de polarización de paneles más 2 cables fotovoltaicos 1.5mm2 cross section aislados para 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut con sus protecciones respectivas	35	Mts	\$ 26.92	\$ 6.00	\$ 8.23	\$ 41.15	\$ 1,440.25
3.5	Instalación de bornera de tierra contiguo a combiner box y conexiones a este	2	U	\$ 245.60	\$ 100.00	\$ 86.40	\$ 432.00	\$ 864.00
3.6	Instalación de bornera de tierra general y unificación de todas las tierras de borneras dedicadas a cada arreglo de String por inversor	1	U	\$ 65.00	\$ 11.80	\$ 19.20	\$ 96.00	\$ 96.00
3.7	Alimentador desde las 2 Combiner Box a DC Disconnect y posteriormente a inversor respectivo con cable de polarización y 2 cables de 4mm2 cross section a 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut y luego acople a tablero en canalea plástica de 4"	120	Mts	\$ 20.00	\$ 12.00	\$ 8.00	\$ 40.00	\$ 4,800.00
4	Sistema AC Suministro e Instalación							

4.1	Alimentador de los 2 inversores de 29kW a TI, con 4 THHN #4+ 1 THHN #8 en tubería IMC de 1 1/4" IMC	20	Mts	\$ 26.39	\$ 12.00	\$ 9.60	\$ 47.99	\$ 959.75
4.2	Sub tablero TI trifásico, de 16 espacios con Main principal de 160/3P y protecciones, AIC 10 kAmp	1	U	\$ 1,248.00	\$ 800.00	\$ 512.00	\$ 2,560.00	\$ 2,560.00
4.3	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100kAmp. Trifásico, conectado a Sub tabler TI con protección 15/3p y puesto a tierra con cable 1/0	1	U	\$ 400.00	\$ 112.00	\$ 128.00	\$ 640.00	\$ 640.00
4.4	Alimentador de Subtablero TI a TG, con 4 THHN #1/0 (1xF+1xN) + 1 THHN #6 en tubería IMC de 2 1/2" soportada en riel Strut	15	Mts	\$ 48.15	\$ 20.00	\$ 17.04	\$ 85.19	\$ 1,277.81
4.5	Protección de 160/3p, AIC 22 kAmp en TG	1	U	\$ 175.95	\$ 80.00	\$ 63.99	\$ 319.94	\$ 319.94
4.6	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200kAmp en TG, con protección 15/3p, 18kAmp conexión a TG a puesta a tierra con cable 1/0.	1	U	\$ 400.00	\$ 112.00	\$ 128.00	\$ 640.00	\$ 640.00
SUMA PARTIDA 2							SUMA	\$ 60,800.00
EDIFICIO DE MEDICINA I								
ITEM	Descripción	Cantidad	U	P.U. Mat.	P.U. M.O.	P.U. Adm	P.U	P. Total
1	Suministro de Equipos Importados							
1.1	Módulos FV 400Wp	270	U	\$ 130.19			\$ 130.19	\$ 35,149.98

1.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	3	U	\$ 6,674.17			\$ 6,674.17	\$ 20,022.50
1.3	Blue'Log X-series communication	1	U	\$ 400.00			\$ 400.00	\$ 400.00
1.4	Gastos de transporte, seguros y administración	1	S.G	\$ 4,300.00			\$ 4,300.00	\$ 4,300.00
2	Instalación de equipos importados							
2.1	Módulos FV 400Wp	270	U		\$ 12.00	\$ 3.00	\$ 15.00	\$ 4,050.00
2.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	3	U		\$ 175.00	\$ 52.50	\$ 227.50	\$ 682.50
2.3	Blue'Log X-series communication	1	U		\$ 150.00	\$ 45.00	\$ 195.00	\$ 195.00
3	Sistema DC Suministro e Instalación							
3.1	Rack o estructura de montaje de MFV	580	U	\$ 5.43	\$ 4.30	\$ 2.43	\$ 12.16	\$ 7,050.63
3.2	Impermeabilización de techo para evitar futuras goteras despues de colocar el rack	1	SG	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 750.00	\$ 3,750.00	\$ 3,750.00
3.3	Sub tablero Combiner Box intemperie, protecciones fusible y supresor de transitorios	3	U	\$ 780.00	\$ 300.00	\$ 270.00	\$ 1,350.00	\$ 4,050.00

3.4	Alimentador desde cada String de MFV a cada Combiner Box con cable de polarización de paneles más 2 cables fotovoltaicos 1.5mm2 cross section aislados para 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut con sus protecciones respectivas	55	Mts	\$ 24.35	\$ 11.00	\$ 8.84	\$ 44.19	\$ 2,430.31
3.5	Instalación de bornera de tierra contiguo a combiner box y conexiones a este	3	U	\$ 288.00	\$ 100.00	\$ 97.00	\$ 485.00	\$ 1,455.00
3.6	Instalación de bornera de tierra general y unificación de todas las tierras de borneras dedicadas a cada arreglo de String por inversor	1	U	\$ 89.50	\$ 40.00	\$ 32.38	\$ 161.88	\$ 161.88
3.7	Alimentador desde las 3 Combiner Box a DC Disconnect y posteriormente a inversor respectivo con cable de polarización y 2 cables de 4mm2 cross section a 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut y luego acople a tablero en canalea plástica de 4"	312	Mts	\$ 13.77	\$ 7.00	\$ 5.19	\$ 25.96	\$ 8,101.00
4	Sistema AC Suministro e Instalación							

4.1	Alimentador de los 3 inversores de 29kW a TI, con 4 THHN #4/0+ 1 THHN #8 en tubería IMC de 1 1/4" IMC	16	Mts	\$ 61.00	\$ 20.00	\$ 20.25	\$ 101.25	\$ 1,620.00
4.2	Sub tablero TI trifásico, de 16 espacios cada uno con Main principal de 250/3P y protecciones, AIC 10 kAmp	1	U	\$ 2,657.00	\$ 800.00	\$ 864.25	\$ 4,321.25	\$ 4,321.25
4.3	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100kAmp. Trifásico, conectado a Subtableros TI y puesta a tierra con cable 1/0	1	U	\$ 704.00	\$ 160.00	\$ 216.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00
4.4	Alimentadores de Subtablero TI a TG, con 4 THHN #4/0 (1xF+1xN) + 1 THHN #4 en tubería IMC de 3" soportada en riel Strut	12	Mts	\$ 114.00	\$ 30.00	\$ 36.00	\$ 180.00	\$ 2,160.00
4.5	Protección de 250/3p, AIC 22 kAmp en TG	1	U	\$ 292.00	\$ 140.00	\$ 108.00	\$ 540.00	\$ 540.00
4.6	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200kAmp en TG, con protección 15/3p, 18kAmp conexión a TG a puesta a tierra con cable 1/0.	1	U	\$ 684.00	\$ 180.00	\$ 216.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00
SUMA PARTIDA 3							SUMA	\$ 102,600.04
EDIFICIO DE MEDICINA II								
ITEM	Descripción	Cantidad	U	P.U. Mat.	P.U. M.O.	P.U. Adm	P.U	P. Total
1	Suministro de Equipos Importados							
1.1	Módulos FV 400Wp	270	U	\$ 130.19			\$ 130.19	\$ 35,149.98

1.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	3	U	\$ 6,674.17			\$ 6,674.17	\$ 20,022.50
1.3	Blue'Log X-series communication	1	U	\$ 400.00			\$ 400.00	\$ 400.00
1.4	Gastos de transporte, seguros y administración	1	S.G	\$ 4,300.00			\$ 4,300.00	\$ 4,300.00
2	Instalación de equipos importados							
2.1	Módulos FV 400Wp	270	U		\$ 12.00	\$ 3.00	\$ 15.00	\$ 4,050.00
2.2	Inversores de 29000 W, interfase RS485 connection per tracker M:1	3	U		\$ 175.00	\$ 52.50	\$ 227.50	\$ 682.50
2.3	Blue'Log X-series communication	1	U		\$ 150.00	\$ 45.00	\$ 195.00	\$ 195.00
3	Sistema DC Suministro e Instalación							
3.1	Rack o estructura de montaje de MFV	580	U	\$ 5.43	\$ 4.30	\$ 2.43	\$ 12.16	\$ 7,050.63
3.2	Impermeabilización de techo para evitar futuras goteras despues de colocar el rack	1	SG	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 750.00	\$ 3,750.00	\$ 3,750.00
3.3	Sub tablero Combiner Box intemperie, protecciones fusible y supresor de transitorios	3	U	\$ 780.00	\$ 300.00	\$ 270.00	\$ 1,350.00	\$ 4,050.00

3.4	Alimentador desde cada String de MFV a cada Combiner Box con cable de polarización de paneles más 2 cables fotovoltaicos 1.5mm2 cross section aislados para 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut con sus protecciones respectivas	55	Mts	\$ 24.35	\$ 11.00	\$ 8.84	\$ 44.19	\$ 2,430.31
3.5	Instalación de bornera de tierra contiguo a combiner box y conexiones a este	3	U	\$ 288.00	\$ 100.00	\$ 97.00	\$ 485.00	\$ 1,455.00
3.6	Instalación de bornera de tierra general y unificación de todas las tierras de borneras dedicadas a cada arreglo de String por inversor	1	U	\$ 89.50	\$ 40.00	\$ 32.38	\$ 161.88	\$ 161.88
3.7	Alimentador desde las 3 Combiner Box a DC Disconnect y posteriormente a inversor respectivo con cable de polarización y 2 cables de 4mm2 cross section a 1.8kV en bandeja porta cable de 15 cm de ancho, aterrizada y soportada en riel Strut y luego acople a tablero en canalea plástica de 4"	312	Mts	\$ 13.77	\$ 7.00	\$ 5.19	\$ 25.96	\$ 8,101.00
4	Sistema AC Suministro e Instalación							

4.1	Alimentador de los 3 inversores de 29kW a TI, con 4 THHN #4/0+ 1 THHN #8 en tubería IMC de 1 1/4" IMC	16	Mts	\$ 61.00	\$ 20.00	\$ 20.25	\$ 101.25	\$ 1,620.00
4.2	Sub tablero TI trifásico, de 16 espacios cada uno con Main principal de 250/3P y protecciones, AIC 10 kAmp	1	U	\$ 2,657.00	\$ 800.00	\$ 864.25	\$ 4,321.25	\$ 4,321.25
4.3	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100kAmp. Trifásico, conectado a Subtableros TI y puesta a tierra con cable 1/0	1	U	\$ 704.00	\$ 160.00	\$ 216.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00
4.4	Alimentadores de Subtablero TI a TG, con 4 THHN #4/0 (1xF+1xN) + 1 THHN #4 en tubería IMC de 3" soportada en riel Strut	12	Mts	\$ 114.00	\$ 30.00	\$ 36.00	\$ 180.00	\$ 2,160.00
4.5	Protección de 250/3p, AIC 22 kAmp en TG	1	U	\$ 292.00	\$ 140.00	\$ 108.00	\$ 540.00	\$ 540.00
4.6	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200kAmp en TG, con protección 15/3p, 18kAmp conexión a TG a puesta a tierra con cable 1/0.	1	U	\$ 684.00	\$ 180.00	\$ 216.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00
SUMA PARTIDA 3							SUMA	\$ 102,600.04

Total del proyecto: \$ 484,880.09

Costo unitario								
Item	Descripcion	Cantidad	Unidad	P.U. Material (\$)	P.U. Mano de obra (\$)	P.U. adm.(\$)	P.U. (\$)	P.T. (\$)
1	Equipo electrico							
1.1	Acometida aéreo-subterránea, compuesta por una estructura de remate de una línea trifásica de 15KV, cable ACSR #1/0 instalado en un poste de concreto de 40ft. Incluye pararrayos, cortacircuitos, fusibles, terminales de potencia, aisladores, tubo galvanizado, para acometida, herrajes y otros accesorios. No incluye transformadores de instrumentación ni panel de medición.	1.00	C/U	\$ 3,227.74	\$ 460.48	\$ 1,290.88	\$ 4,979.10	\$ 4,979.10
1.2	Switchgear Unisec de ABB, 17.5KV, 16KA, tipo Pad-Mounted, con equipo de automatización compuesto por transformadores de corriente y tensión, relés y motor operador con sus respectivas botoneras. Interruptor-seccionador de tres posiciones aislados en gas SF6, conectores tipo codos 200A operación con carga y pararrayos tipo inserto de frente muerto y equipo de medición en media tensión.	1.00	C/U	\$ 75,895.85	\$ 2,500.00	\$ 27,438.55	\$ 105,834.40	\$ 105,834.40
1.3		1.00	C/U	\$ 13,090.82	\$ 1,000.00	\$ 4,931.79	\$ 19,022.61	

	Transformador Pad Mounted trifasico de 225KVA, 60hZ, 13.2/7.6KV, frente muerto Loop Feed, con fusible tipo bayoneta y limitdor de corriente con seccionador de 4 posiciones, incluye los insertos, codos para terminales primarios, conectores para baja tension tipo espada con 4 agujeros y pararrayos.							\$ 19,022.61
1.4	Transformador Pad Mounted trifasico de 175KVA, 60hZ, 13.2/7.6KV, frente muerto Loop Feed, con fusible tipo bayoneta y limitdor de corriente con seccionador de 4 posiciones, incluye los insertos, codos para terminales primarios, conectores para baja tension tipo espada con 4 agujeros y pararrayos.	1.00	C/U	\$ 11,162.03	\$ 1,000.00	\$ 4,256.71	\$ 16,418.74	\$ 16,418.74
1.5	Transformador Pad Mounted trifasico de 150KVA, 60hZ, 13.2/7.6KV, frente muerto Loop Feed, con fusible tipo bayoneta y limitdor de corriente con seccionador de 4 posiciones, incluye los insertos, codos para terminales primarios, conectores para baja tension tipo espada con 4 agujeros y pararrayos.	1.00	C/U	\$ 8,737.13	\$ 875.00	\$ 3,364.25	\$ 12,976.38	\$ 12,976.38
1.6	Transformador Pad Mounted trifasico de 112.5KVA, 60hZ,	1.00	C/U	\$ 7,817.77	\$ 605.00	\$ 2,947.97	\$ 11,370.74	\$ 11,370.74

	13.2/7.6KV, frente muerto Loop Feed, con fusible tipo bayoneta y limitdor de corriente con seccionador de 4 posiciones, incluye los insertos, codos para terminales primarios, conectores para baja tension tipo espada con 4 agujeros y pararrayos.							
1.7	Transformador Pad Mounted trifasico de 75KVA, 60hZ, 13.2/7.6KV, frente muerto Loop Feed, con fusible tipo bayoneta y limitdor de corriente con seccionador de 4 posiciones, incluye los insertos, codos para terminales primarios, conectores para baja tension tipo espada con 4 agujeros y pararrayos.	1.00	C/U	\$ 6,507.53	\$ 605.00	\$ 2,489.39	\$ 9,601.92	\$ 9,601.92
1.8	Transformador Pad Mounted trifasico de 45KVA, 60hZ, 13.2/7.6KV, frente muerto Loop Feed, con fusible tipo bayoneta y limitdor de corriente con seccionador de 4 posiciones, incluye los insertos, codos para terminales primarios, conectores para baja tension tipo espada con 4 agujeros y pararrayos.	1.00	C/U	\$ 5,921.00	\$ 605.00	\$ 2,284.10	\$ 8,810.10	\$ 8,810.10
1.9	Transformador Pad Mounted trifasico de 45KVA, 60hZ, 13.2/7.6KV, frente muerto Loop Feed, con fusible tipo bayoneta y	1.00	C/U	\$ 5,921.00	\$ 605.00	\$ 2,284.10	\$ 8,810.10	\$ 8,810.10

	limitador de corriente con seccionador de 4 posiciones, incluye los insertos, codos para terminales primarios, conectores para baja tension tipo espada con 4 agujeros y pararrayos.							
1.1	Tablero general de distribucion de 500A en BT, 1 main principal de 320A/3P, 1-200A/3P, 1-32A/3P, 1-40/3P, 1 medidor a la entrada.	1.00	C/U	\$ 4,338.85	\$ 787.65	\$ 1,794.28	\$ 6,920.78	\$ 6,920.78
1.11	Tablero general de distribucion de 500A en BT, 1 main principal de 400A/3P, 1-200A/3P, 1-50A/3P, 1 medidor a la entrada.	1.00	C/U	\$ 4,338.85	\$ 787.65	\$ 1,794.28	\$ 6,920.78	\$ 6,920.78
1.12	Tablero general de distribucion de 600A en BT, 1 main principal de 500A/3P, 1-250A/3P, 1-100A/3P, 1-50A/3P, 1-32A/3P, 1 medidor a la entrada.	1.00	C/U	\$ 5,365.87	\$ 787.65	\$ 2,153.73	\$ 8,307.25	\$ 8,307.25
1.13	Tablero general de distribucion de 400A en BT, 1 main principal de 200A/3P, 1-80A/3P, 1-32A/3P, 1-32A/3P, 1 medidor a la entrada.	1.00	C/U	\$ 4,446.73	\$ 682.50	\$ 1,795.23	\$ 6,924.46	\$ 6,924.46
1.14	Tablero general de distribucion de 800A en BT, 1 main principal de 630A/3P, 1-500A/3P, 1-125A/3P, 1 medidor a la entrada.	1.00	C/U	\$ 6,322.86	\$ 787.65	\$ 2,488.68	\$ 9,599.19	\$ 9,599.19
1.15	Tablero de distribucion de 200A/3P, en BT, 1 main principal de 125A/3P, 1-50A/3P, 1 medidor a la entrada.	1.00	C/U	\$ 4,446.12	\$ 682.50	\$ 1,795.02	\$ 6,923.64	\$ 6,923.64

1.16	Tablero de distribucion de 200A/3P, en BT, 1 main principal de 125A/3P, 1-80A/3P, 1 medidor a la entrada.	1.00	C/U	\$ 4,446.12	\$ 682.50	\$ 1,795.02	\$ 6,923.64	\$ 6,923.64
1.17	Alimentador de TG1 a ST fotocopiadora con: canalizacion secundaria, 3 #1/0 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #6 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 2/1/2".	40.00	m	\$ 112.52	\$ 52.21	\$ 27.36	\$ 192.09	\$ 7,683.60
1.18	Alimentador de TG1 a ST auditorium con: canalizacion secundaria, 3 #8 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1".	31.00	m	\$ 73.25	\$ 27.51	\$ 4.97	\$ 105.73	\$ 3,277.63
1.19	Alimentador de TG1 a ST A/C con: canalizacion secundaria, 3 #8 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1".	36.00	m	\$ 73.25	\$ 27.51	\$ 4.97	\$ 19.18	\$ 690.48
1.2	Alimentador de TG2 a ST riñon con: canalizacion secundaria, 3 #3/0 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #6 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 2".	32.00	m	\$ 112.68	\$ 52.21	\$ 27.36	\$ 192.25	\$ 6,152.00
1.21	Alimentador de TG2 a ST transformador viejo con: canalizacion secundaria, 3 #8 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1".	25.00	m	\$ 73.25	\$ 27.51	\$ 4.97	\$ 105.73	\$ 2,643.25
1.22	Alimentador de TG3 a ST medicina 1 con: canalizacion secundaria, 3 #4/0 THHN + 1 #2/0 THHN + 1 #4 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 3".	26.00	m	\$ 126.68	\$ 52.21	\$ 32.32	\$ 211.21	\$ 5,491.46

1.23	Alimentador de TG3 a ST fisica con: canalizacion secundaria, 3 #2 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #1/0 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1/2".	40.00	m	\$ 85.75	\$ 43.53	\$ 14.96	\$ 144.24	\$ 5,769.60
1.24	Alimentador de TG3 a ST medicina 2 con: canalizacion secundaria, 3 #8 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1".	60.00	m	\$ 73.25	\$ 27.55	\$ 4.97	\$ 105.77	\$ 6,346.20
2.25	Alimentador de TG3 a ST cafetines con: canalizacion secundaria, 3 #8 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1".	60.00	m	\$ 73.25	\$ 27.51	\$ 4.97	\$ 105.73	\$ 6,343.80
3.26	Alimentador de TG4 a ST parqueo de medicina con: canalizacion secundaria, 3 #6 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1".	90.00	m	\$ 77.52	\$ 35.26	\$ 9.20	\$ 121.98	\$ 10,978.20
1.27	Alimentador de TG4 a ST departamento de ingenieria con: canalizacion secundaria, 3 #8 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1".	60.00	m	\$ 73.25	\$ 27.51	\$ 35.27	\$ 136.03	\$ 8,161.56
1.28	Alimentador de TG4 a ST nuevo de ingenieria con: canalizacion secundaria, 3 #8 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120 ϕ 1".	20.00	m	\$ 73.25	\$ 27.51	\$ 35.27	\$ 136.03	\$ 2,720.52
1.29	Alimentador de TG5 a ST biblioteca con: canalizacion secundaria, 9 #1/0	30.00	m	\$ 145.17	\$ 52.21	\$ 38.79	\$ 236.17	\$ 7,085.10

	THHN + 3 #1/0 THHN + 3 #2 THHN, PVC DB 120, 3 φ 2".							
1.3	Alimentador de TG5 a ST aulas nuevas con: canalizacion secundaria, 3 #2 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 φ 1 1/2".	30.00	m	\$ 85.75	\$ 27.51	\$ 9.35	\$ 122.61	\$ 3,678.30
1.31	Alimentador de TG6 a ST cafetines y aulas de economia con: canalizacion secundaria, 3 #1/0 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #8 THHN, PVC DB 120, 1 φ 1".	20.00	m	\$ 73.25	\$ 27.51	\$ 5.00	\$ 105.76	\$ 2,115.20
1.32	Alimentador de Transformador 1 a TG1 con: canalizacion secundaria, 6 #1/0 THHN + 2 #1/0 THHN + 2 #2 THHN, PVC DB 120, 2 φ 2".	5.00	m	\$ 129.43	\$ 52.21	\$ 63.57	\$ 245.21	\$ 1,226.07
1.33	Alimentador de Transformador 2 a TG2 con: canalizacion secundaria, 6 #2/0 THHN + 2 #1/0 THHN + 2 #2 THHN, PVC DB 120, 2 φ 2".	5.00	m	\$ 147.85	\$ 52.21	\$ 70.02	\$ 270.08	\$ 1,350.41
1.34	Alimentador de Transformador 3 a TG3 con: canalizacion secundaria, 9 #1/0 THHN + 3 #1/0 THHN + 3 #2 THHN, PVC DB 120, 3 φ 2".	5.00	m	\$ 160.62	\$ 53.21	\$ 74.84	\$ 288.67	\$ 1,443.35
1.35	Alimentador de Transformador 4 a TG4 con: canalizacion secundaria, 3 #3/0 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #4 THHN, PVC DB 120, 1 φ 2 /1/2".	5.00	m	\$ 111.60	\$ 52.21	\$ 57.33	\$ 221.14	\$ 1,105.72
1.36	Alimentador de Transformador 5 a TG5 con: canalizacion secundaria, 9	5.00	m	\$ 210.39	\$ 52.21	\$ 91.91	\$ 354.51	\$ 1,772.55

	#3/0 THHN + 3 #1/0 THHN + 3 #0 THHN, PVC DB 120, 3 ϕ 2 /1/2".							
1.37	Alimentador de Transformador 6 a TG6 con: canalizacion secundaria 3 #2 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #6 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1 /1/2".	5.00	m	\$ 152.81	\$ 43.53	\$ 68.72	\$ 265.06	\$ 1,325.30
1.38	Alimentador de Transformador 7 a TG7 con: canalizacion secundaria, 3 #2 THHN + 1 #1/0 THHN + 1 #6 THHN, PVC DB 120, 1 ϕ 1 /1/2".	5.00	m	\$ 152.81	\$ 43.53	\$ 68.72	\$ 265.06	\$ 1,325.30
1.39	Canalizacion primaria para distribucion en anillo, cable XLPE 3 #1/0+ 1 #1/0 THHN, 2 tubo PVC DB-120 ϕ 6", 2 tubos PVC DB-120 ϕ 2" para control, tuberia en lodocreto.	1070.00	m	\$ 130.32	\$ 36.35	\$ 58.33	\$ 225.00	\$ 240,754.82
2	Obra civil							
2.1	Pozo de pazo primario de 1.4x1.8x1.8 metros (ancho, largo y profundida), tapadera de concreto, base de grava #2, paredes de ladrillo de arcilla de 28x14x16 cm, las paredes con acabado liso de cemento, estructura de soporte para cables y escalera.	24.00	C/U	\$ 2,671.15	\$ 560.00	\$ 1,130.90	\$ 4,362.05	\$ 104,689.26
2.2	Pozo de paso secundario de 1,0x1,0x1,5 metros (ancho, largo, profundidad), tapadera de concreto, base de grava #2, pared	35.00	C/U	\$ 1,780.77	\$ 245.00	\$ 709.02	\$ 2,734.79	\$ 95,717.63

	de ladrillo de arcilla 28x14x6 cm, las paredes deben tener acabado liso de cemento, estructura de soporte para cable y bescalera.							
2.3	Pozo para instalar derivacion 13.2KV, 200A de 9 puntos trifasicos. Tendra dimensiones de 1,4x1,8x1,8 metros, tapadera de concreto, pared de ladrillo de arcilla de 28x14x16 cm, paredes con acabado liso, estructura de soporte para cables, una escalera, base de grava #2 .INcluye codos de 200A para 15KV y accesorios para polarizacion.	3.00	C/U	\$ 3,338.94	\$ 349.50	\$ 1,290.95	\$ 4,979.39	\$ 14,938.18
2.4	Pozo de registro para tablero de distribucion con dimenciones de 1.0x1.0x1.42 metros, las paredes interas del pozo seran de ladrillo de arcilla de 28x14x16 cm, deberan ser reforzados con columnas para soporte de la caseta del tablero secundario, tendra acabado liso de concreto, escalera, estructura de soporte para cables y tapadera.	7.00	C/U	\$ 3,784.13	\$ 372.80	\$ 1,454.93	\$ 5,611.86	\$ 39,282.99
2.5	Pozo de registro para tranasformador pad mounted con dimensiones 1,8x1,67x1,97 metros. Paredes de ladrillo de arcilla de 28x14x16 cm, debera ser forzado por columnas para soporte del	7.00	C/U	\$ 2,448.56	\$ 256.30	\$ 946.70	\$ 3,651.56	\$ 25,560.93

	transformador, tener acabado liso de concreto, escalera, estructura de soporte para cables, tapadera.							
2.6	Pozo de registro de switchgear con dimensiones 1,8x1,52x1,77 metros. Paredes de acabado liso de concreto de ladeillo de arcilla 28x14x16 cm, reforzado con columnas para soporte del switchgear, escalera, estructura de soporte para cable, tapadera.	1.00	C/U	\$ 3,273.64	\$ 337.85	\$ 1,264.02	\$ 4,875.51	\$ 4,875.51
Desmontaje de red aèrea actual								
	Desconexio de la linea àerea primaria y desmontaje de estructura "H" con banco de tres transformadores. Movilizacion de equipo con grua.	1.00	C/U	\$ 250.00	\$ 50.00	\$ 105.00	\$ 405.00	\$ 405.00
	Desconexion de linea primaria y secundaria, desmontaje de transformadores de 15 a 25 KVA montado en poste. Moviminto de equipo en grua.	4.00	C/U	\$ 100.00	\$ 25.00	\$ 43.75	\$ 168.75	\$ 675.00
	Desconexion de linea primaria y secundaria, desmontaje de transformadores de 37.5 a 50KVA montado en poste. Movimiento de equipo en grua.	4.00	C/U	\$ 112.95	\$ 30.00	\$ 50.03	\$ 192.98	\$ 771.93
	Desconexion de linea primaria y secundaria, desmontaje de transformador de 75 a 100KVA montado en poste. Movimiento de equipo en grua.	7.00	C/U	\$ 178.72	\$ 50.00	\$ 80.05	\$ 308.77	\$ 2,161.40

	Desconexion de linea primaria y secundaria, desmontaje de transformador de 167KVA montado en poste. Movimiento de equipo en grúa.	1.00	C/U	\$ 225.90	\$ 60.00	\$ 100.07	\$ 385.97	\$ 385.97
	Desconexion y desmontaje de poste de linea primaria de 15KV en los interiores de la Facultad. Retiro de postes con grúa.	30.00	C/U	\$ 85.00	\$ 42.00	\$ 44.45	\$ 171.45	\$ 5,143.50
	Desconexion y desmontaje de poste de linea secundaria de 120/240V en los interiores de la Facultad. Retiro de poste con grúa.	10.00	C/U	\$ 50.00	\$ 22.00	\$ 25.20	\$ 97.20	\$ 972.00
3	Sistema de tierra							
3.1	51 metros de cable THHN #2/0, 12 barras cooperweld de 5/8"x10' 1 molde thermoweld en T cable #2/0, 1 molde thermoweld en x cable #2/0, 9 cajas de polvora thermoweld para soldadura exotermica CR-2 #90, 3 chisperos thermoweld #90.	7.00	C/U	\$ 1,261.94	\$ 161.54	\$ 498.22	\$ 1,921.70	\$ 13,451.89
3.2	Capacitacion para electricistas e ingenieros de la Universidad de El Salvador encargados de la inspeccion y ejecucion del mantenimiento de la linea de distribución subterránea. Con duracion de una semana y dirigida para 5 personas	1.00	C/U	\$ 20,000.00		\$ 7,000.00	\$ 27,000.00	\$ 27,000.00
3.3		1.00	C/U	\$ 13,955.00	\$ 0.00	\$ 4,884.25	\$ 18,839.25	

Equipamiento de seguridad para ser utilizados por los técnicos encargados de brindar mantenimiento correctivo y preventivo de la línea de distribución eléctrica subterránea						\$ 18,839.25
TOTAL						\$ 934,654.63

