



REPORTE DE RESIDENCIA

TEMA:

**DIAGNÓSTICO Y RENOVACIÓN DE LA RED ELÉCTRICA EXTERIOR DE LA
COLINA UNIVERSITARIA**

ALUMNO:

GONZÁLEZ ROBLERO ESAÚ

CARRERA:

INGENIERÍA ELÉCTRICA

ASESOR INTERNO:

ALEJANDRO ROGELIO AVELINO PÉREZ ESPINOSA

ASESOR EXTERNO:

WILBER ALBERTO DÍAZ RAMIREZ

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS A 18 DE AGOSTO DEL 2015

Índice

1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Estado del arte.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivo.....	3
2. Caracterización del área.....	3
2.1 Historia.....	3
2.2 Misión.....	4
2.3 Visión.....	5
2.4 Ubicación.....	5
2.5 Área específica relacionada directamente con el proyecto.....	5
3. Fundamento teórico.....	5
3.1 sistemas de distribución de 200 A.....	5
3.2 Obra civil.....	7
3.2.1 Canalización a cielo abierto.....	7
3.3 Registros, pozos de visita, bases para equipo y murete de conectadores Múltiples de media tensión.....	9
3.4 Obra electromecánica.....	13
3.4.1 Instalación del cable.....	13
3.4.2 Instalación de transformadores.....	14
3.4.3 Instalación de seccionadores.....	16
3.5 Potencia.....	16
3.5.1 Factor de potencia.....	18
3.5.2 Corrección del factor de potencia.....	18
4. Procedimiento y actividades realizadas.....	19
4.1 Levantamiento de campo.....	19

4.2 Cambios a la red eléctrica de media tensión.....	22
4.2.1 Selección de transformadores.....	23
4.2.2 Selección del conductor.....	26
4.2.3 Cálculos eléctricos.....	27
5. Resultados.....	33
6. Conclusión.....	35
Referencias.....	35
Anexos.....	36

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La electricidad hoy en día además de ser un servicio es una necesidad para realizar un sin número de actividades; ya sea para iluminar cualquier ambiente o para realizar las tareas destinadas al hogar, industria y negocios por mencionar algunos, brindando la alimentación energética necesaria para que funcione una maquinaria, un artefacto o bien un dispositivo electrónico necesario para llevar a cabo las tareas a realizar.

A través de los años el campus I se ha ido expandiendo y modernizando; y por lo tanto ha aumentado el número de dispositivos eléctricos tales como computadoras, sistemas de aire acondicionado, luminarias y otros dispositivos que funcionan con energía eléctrica. Esto ha provocado un aumento en la demanda eléctrica, lo cual nos lleva a corroborar la capacidad conducción del conductor del circuito primario; ya que si aumenta la demanda, trae como consecuencia mayor circulación de amperes, de manera que si la corriente que circula por los cables es mayor a la que admite el conductor en condiciones nominales; este puede sufrir daños y así disminuir la vida útil del mismo e inclusive fallar. También se hace necesario por norma y seguridad implementar equipos que ayuden a tener mayor control sobre la red y ayuden a mejorar el servicio eléctrico.

Uno de los factores que se debe considerar al aumentar el número de dispositivos eléctricos es el factor de potencia, el valor ideal es 1, un factor de potencia por debajo del 90% significa se está demandando mayor cantidad de energía que la requerida por la carga instalada, y esto a su vez es penalizado por la CFE. En la colina universitaria el factor de potencia ha decaído a 71%, esto provoca que los conductores se envejecen prematuramente y que aumente el costo de facturación de energía eléctrica.

El sistema eléctrico instalado actualmente en el campus I de la universidad autónoma de Chiapas es de tipo aéreo, y este sistema es el más usado para distribuir la energía por su bajo costo, pero también presentan una serie de inconvenientes; son susceptibles a fallas y cortes de energía ya que están expuestas a: descargas atmosféricas, lluvias, granizo, polvo, temblores, vientos, entre otros. Son menos seguras, es decir, ofrecen menor seguridad para los transeúntes.

Otras de las desventajas de un sistema aéreo es que tienen mal aspecto estético. Además tiene un efecto negativo hacia el medio ambiente por que representa un problema para zonas con abundancia en flora; la **NOM 001 SEDE 2012** en el capítulo **922-6** establece que es necesario cortar las ramas de los árboles para evitar que hagan contacto con los cables energizados y así prevenir accidentes y cortes de energía.

1.2 Estado del arte

La **CFE** en sus normas de distribución subterránea edición 2008 establece que la elaboración de diseños de sistemas subterráneos, debe realizarse en forma eficiente, con la máxima economía, sin menoscabo del cumplimiento de los lineamientos incluidos en las mismas. Las especificaciones son normas para el diseño y construcción de todos los sistemas de distribución subterránea de la **Comisión Federal de Electricidad**.

Deben seguirse lo más cerca posible por la CFE y contratistas. Para cualquier desviación derivada de una situación específica no contemplada en dichas normas, se debe obtener una aprobación por parte de la subgerencia de distribución divisional. La descripción de los equipos materiales y accesorios que se incluyen en la presente norma, son con la finalidad de proporcionar una referencia rápida para consulta. Para la construcción o fabricación de los mismos, debe recurrirse a las especificaciones del producto correspondiente.

En general se aplicaran estas normas en los lugares descritos a continuación:

- A)** Desarrollos residenciales de nivel alto, medio, interés social, vivienda económica y poblaciones rurales rehabilitadas.
- B)** Electrificación rural y vivienda popular.
- C)** Áreas comerciales importantes que requieren alta confiabilidad.
- D)** Áreas de ciudades o poblaciones consideradas como centros históricos o turísticos.
- E)** Poblaciones ubicadas en áreas de alta contaminación salina, industriales y/o expuestas a ciclones.
- F)** Desarrollos urbanísticos con una topografía irregular.
- G)** Zonas arboladas o considerada como reserva ecológica.
- H)** Lugares de concentración masiva como mercado, centrales de autobuses, aeropuertos, estadios, centros religiosos importantes, etc.
- I)** Avenidas y calles con alto tráfico vehicular.
- J)** Plazas cívicas.
- K)** Edificios altos.

La relación anterior no limita la aplicación de las instalaciones subterráneas en áreas no incluidas en la misma.

1.3 Justificación

La colina universitaria cuenta con un gran número de estudiantes que hacen del campus 1 un lugar bastante transitado, por lo tanto es urgente realizar la renovación de la red eléctrica exterior por motivo que la red aérea ofrece menor seguridad para los transenuentes, son susceptibles a fallas, además tiene un efecto negativo hacia el medio ambiente. De igual forma la colina universitaria posee una gran cantidad de climas, lámpara fluorescentes y motores esto ha provocado que el factor de potencia se decline a un 71%, el cual está por debajo del 90% que admite la CFE; esto trae como consecuencia que los conductores se envejezcan prematuramente e incremento en el importe de facturación.

1.4 Objetivo

Mejorar las condiciones operativas de la red eléctrica exterior de la colina universitaria mediante el rediseño de la red eléctrica exterior en una red eficiente y de fácil manejo, capaz de distribuir energía de forma continua y segura; haciendo uso de equipo moderno factible económicamente para el usuario, bajo los más altos estándares de calidad establecidas por las normas oficiales mexicanas.

2. Caracterización del área.

2.1 Historia.

La creación de la UNACH data de 1974, cuando por iniciativa del Dr. Manuel Velasco Suárez, gobernador constitucional del Estado, el Congreso del Estado expide el decreto número 98, del 28 de septiembre de 1974, publicada en el Diario Oficial del Estado de fecha 23 de octubre del mismo año, en el cual se aprueba la ley orgánica que da origen a la UNACH, pero es a partir del 17 de abril de 1975 cuando se inician las actividades formales.

Debido a la heterogeneidad que presenta el Estado y las políticas nacionales de desconcentración de la administración pública, la UNACH adoptó la estructura por campus universitarios, situados en las ciudades más importantes de la entidad. En este decreto fue consignada la función de las escuelas superiores existentes en el Estado.

La organización inicial de las áreas académicas era departamental, pero pronto se modificó por el sistema tradicional europeo de escuelas y facultades. Se anunciaron 23 carreras al inicio de las cuales algunas modificaron su nombre, otras se duplicaron debido a la división territorial de la universidad en campus, algunas otras pasaron a otras instituciones de educación superior y otras simplemente desaparecieron.

En esa época la Universidad Autónoma de Chiapas ofreció 24 carreras; para 1975, fecha en que comienzan las actividades docentes de la Universidad, se producen modificaciones al proyecto inicial, debido a que algunas de las carreras

cambiaron de nombre, otras fueron sustituidas y otras más se duplicaron en función de las existentes en otras regiones del estado; hubo otras que no entraron en operación.

Finalmente, entran en funcionamiento los programas agrupados por campus, distribuidos estos en tres ciudades de tres regiones económicas de la entidad, Centro, Altos y Soconusco. Posteriormente se incorporó el campus V con las carreras de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo, Ingeniero Agrónomo Fitotecnista e Ingeniero Agrónomo Zootecnista, en Villa flores, además surgió el campus VI con las carreras de Pedagogía y Letras latinoamericanas, en Tuxtla Gutiérrez.

Desde su origen, la cobertura de la UNACH abarcó tres regiones: I Centro, II Altos y VIII Soconusco, posteriormente se extendió a las regiones III Fronteriza, IV Frailesca, V Norte y IX Istmo-Costa. En la actualidad la Universidad se conforma por 16 escuelas y facultades, distribuidas en nueve campus universitarios; con esto se cubren siete de las nueve regiones económicas del Estado; los campus de creación reciente son el VII en Pichucalco, VIII en Comitán y IX en Tonalá y Arriaga.

Por otra parte también se integraron los departamentos de lenguas distribuidos en las ciudades de Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas y Tapachula, y estos departamentos ofrecían los idiomas extranjeros inglés, francés, italiano y alemán así como los dialectos de Tzotzil y Tzeltal (en el caso de San Cristóbal de las Casas). Hoy en día se encuentran en funcionamiento los programas académicos agrupados por campus, con presencia en todas las regiones económicas de la entidad, quedando integrados de la siguiente forma:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS:

CAMPUS I.....Tuxtla Gutiérrez

CAMPUS II.....Tuxtla Gutiérrez

Área de Ciencias Biomédicas: Medicina humana

CAMPUS III.....San Cristóbal de las Casas

CAMPUS IV.....Tapachula

CAMPUS V.....Villa flores

CAMPUS VI.....Tuxtla Gutiérrez

CAMPUS VII.....Pichucalco

CAMPUS VIII.....Comitán de Domínguez

CAMPUS IX.....Istmo-Costa: Tonalá/Arriaga

2.2 Misión

Ser una institución de educación superior, pública y autónoma, que genera, recrea y extiende el conocimiento; formar profesionales capaces, críticos, propositivos y creativos, con espíritu ético y humanista, conciencia histórica y social y comprender y anticipar la complejidad de la realidad social, para incidir con responsabilidad en el desarrollo de Chiapas y de México, con respeto a la identidad cultural de los pueblos, a la biodiversidad y al ambiente.

2.3 Visión

La Universidad Autónoma de Chiapas es una institución reconocida socialmente por la calidad de sus egresados, por su actividad científica y tecnológica, y por la transparencia y credibilidad de su gestión. Con programas educativos acreditados y procesos certificados; innovadora y articulada en redes de cooperación, centrada en lo local e inspirada en el pensamiento universal, y estrechamente vinculada al desarrollo de la sociedad chiapaneca.

2.4 Ubicación

Como se ha mencionado anteriormente la universidad autónoma de Chiapas está dividido en distintos campus, siendo de interés para el presente proyecto el campus I ubicado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Dicho campus se ubica en el lado poniente de la ciudad en el boulevard doctor Belisario Domínguez kilómetro 1080, con código postal 29050.

2.5 Área específica relacionada directamente con el proyecto

Para el desarrollo inmobiliario de la misma universidad, diseño y planeación es el área en donde arquitectos e ingenieros se encargan de realizar los planos necesarios para ejecutar una cierta obra. Así mismo es el área en el cual se está llevando a cabo este proyecto ya que se trata de renovar la instalación eléctrica de media tensión del campus I.

3. Fundamento teórico

Media tensión

Tomando como base la potencia máxima demandada que es de 1128 kW y realizando los cálculos correspondientes se tiene una corriente de 85.45 A, por lo tanto se tiene un sistema de 200 A.

3.1 Sistemas de distribución de 200 A.

Es aquel en el cual la corriente continua, en condiciones normales o de emergencia no rebasa los 200 A. se utiliza en circuitos que se derivan de troncales de media tensión (tensiones de 13,2 a 34,5 kV) aéreos o subterráneos. En condiciones de operación normal para el caso de circuitos en anillo, estará abierto aproximadamente al centro de la carga o en el punto dispuesto por el centro de

operación. Se diseñaran de acuerdo a la tensión suministrada en el área y un sistema de neutro corrido con conexiones múltiples de puesta a tierra; Los circuitos aéreos que alimentan el proyecto subterráneo, deben ser 3f-4h. La caída de tensión máxima en los circuitos de media tensión no debe exceder el 1% del punto de suministro indicado por la C.F.E. a la carga más alejada, en condiciones normales de operación, tomando en cuenta demandas máximas. El cable del neutro debe ser cobre desnudo semiduro o de acero recocido con bajo contenido de carbono, recubierto de cobre o aquel que haya sido aprobado por LAPEM. El calibre del neutro debe determinarse de acuerdo al cálculo de las corrientes de falla. En ningún caso la corriente de cortocircuito en el bus de las subestaciones que alimentan circuitos subterráneos, debe exceder los 10 kA simétricos. El conductor de neutro corrido debe tener múltiples conexiones de puesta a tierra para garantizar en los sitios en donde se instalen accesorios y equipos, una resistencia a tierra inferior a 10 ohms en época de estiaje y menor a 5 ohms en época de lluvia, debiendo ser todas las conexiones del tipo exotérmica o comprimible. El neutro corrido debe quedar alojado en el mismo ducto de una de las fases o podrá quedar directamente enterrado, excepto en terrenos corrosivos con alto contenido de sales y sulfatos. El nivel de aislamiento de los cables debe ser del 100%. En todos los casos el aislamiento de los cables a emplearse será de sección reducida (alto gradiente).

La sección transversal del cable debe determinarse de acuerdo al diseño del proyecto, el calibre mínimo debe ser 1/0 AWG y cumplir con la norma NRF-024-CFE. Debe emplearse conductores de aluminio y en casos especiales en que la CFE lo requiera, se podrán usar conductores de cobre, se debe indicar en las bases de diseño si el cable es para uso en ambientes secos o para uso en ambientes húmedos, según lo indica la especificación NRF-024-CFE. La pantalla metálica del cable, debe conectarse sólidamente a tierra en todos los puntos donde existan equipos o accesorios de acuerdo a las recomendaciones generales del artículo 250 de la NOM-001-SEDE. En equipos (transformadores y seccionadores), se permite la puesta a tierra de los accesorios mediante sistemas mecánicos. Los cables deben instalarse en ductos PADC o PAD. Se pueden emplear ductos de sección reducida, considerando siempre, que se deben respetar los factores de relleno recomendados en la NOM-001-SEDE. Donde se instalen equipos y/o accesorios debe dejarse un excedente de cable de 1.0 m después de haberse instalado en los soportes y presentado para la elaboración de accesorios. Cuando los transformadores no lleven registros, la reserva de cable debe dejarse en uno de los registros adyacentes.

En seccionadores y conectadores múltiples de media tensión, se deben utilizar indicadores de falla de acuerdo a la corriente continua del sistema. Se debe emplear indicadores monofásicos o trifásicos con abanderamiento monofásico. Excepto en los siguientes casos: 1. Cuando el seccionador cuente con protección electrónica. 2 cuando un codo porta fusible derive del conector múltiple. Se debe

instalar apartarrayo de frente en los puntos normalmente abiertos de los anillos y en el último transformador de cada rama radial. No se debe usar la red subterránea como troncal para alimentar redes aéreas.

3.2 Obra civil

Desde el inicio y durante todo el proceso de construcción de la obra civil se deberá observar el procedimiento para la revisión de proyectos y supervisión de la construcción de Redes Subterráneas, contando para ello con los permisos de construcción de las autoridades competentes y Tránsito Municipal.

3.2.1 Canalización a cielo abierto.

Trazo. El trazo debe realizarse conforme a Planos de Proyectos e indicaciones de la supervisión de obra de la CFE, deben hacerse con equipo topográfico, evitando en lo posible interferencias y cruzamientos con otras instalaciones existentes. En caso de encontrarse con otra instalación de servicio, ya sea teléfono, agua potable, drenaje o alumbrado, se debe coordinar con la supervisión de la CFE a fin de determinar una solución a la intersección. Para lugares donde se detecte la presencia de registros telefónicos, agua, etc., y no se cuente con información que permita conocer su trayectoria y características, se recomienda efectuar tres sondeos máximos por cuadra preferentemente donde se construirán los registros, con el fin de planear el nuevo trazo si fuese necesario. El trazo de la trinchera se hará con pintura sobre banquetas y con cal sobre terracerías al igual que la ubicación de registros, pozos de visita y bases para el equipo. Si la construcción se realiza en la zona urbana, es muy importante el proyecto de la trayectoria, procurando evitar instalaciones que pudieran dañar las líneas por contaminación, como son: refinerías, gasolineras o cualquier otro establecimiento que pudiera ocasionar derrames inundando pozos de visita o bancos de ductos, dañando los cables y accesorios. Por ningún motivo se debe compartir o conectar la Obra Civil de la CFE con cualquier otro servicio, como drenaje pluvial, aguas negras u otras instalaciones.

Señalización y protecciones. Antes de iniciar los trabajos de excavación, se debe contar con la señalización necesaria a través de avisos de precaución para proteger las áreas de trabajo, principalmente en zonas peatonales y pasos vehiculares, procurando no entorpecer la circulación, instalando tarimas y placas de acero respectivamente sobre zanjas. Durante la noche se debe contar con señalización luminosa a una distancia adecuada, así como con barreras, que podrán hacerse de madera y cinta indicadora de peligro, limitando la zona de trabajo en áreas peatonales.

Excavación de zanja. La excavación se puede llevar a cabo por medios manuales, principalmente en donde se presenten materiales sueltos como arena o

de aglomerado como tepetate, arcilla, etc. La excavación por medios mecánicos no es muy recomendable en lugares donde existan otras instalaciones de servicio tales como: teléfono, agua potable, drenaje, alumbrado público, gas, etc. ya que existe la posibilidad de ocasionar algún daño. Las dimensiones de la zanja dependen del tipo de banco de ductos a instalar, de acuerdo a las Normas de Distribución, Construcción de Líneas Subterráneas. En los casos donde la zanja tenga que ser profunda y el terreno no sea estable, se debe ampliar hasta encontrar el ángulo de reposo del material o en caso contrario ademar, para evitar derrumbes y accidentes. La zanja debe estar limpia, libre de basura y derrumbes, la plantilla nivelada y compactada al 90% PROCTOR.

Banco de ductos. Se deben emplear ductos de polietileno de alta densidad lisos (PAD) o corrugados (PADC). Los ductos PADC deben suministrarse con campana integrada o con coples debiendo garantizar una unión hermética conforme a la NRF-057-CFE. En los planos del proyecto de Obra Civil, se indicará el diámetro, número de ductos y profundidad conforme a las Normas. Cuando se utilicen ductos de PAD deben ser de una pieza entre registros y su instalación será conforme a las Normas. En forma excepcional se aceptarán uniones por termo fusión o coples especiales para ductos PAD que cumplan con la NRF-057-CFE. Los bancos de ductos se deben colocar directamente enterrados, toda vez que haya sido afinado y compactado el fondo de la cepa, dejando las separaciones y profundidades indicadas en los croquis constructivos, utilizando una cinta de advertencia en la parte superior del banco, se podrá utilizar productos de excavación si no contiene arcilla expansivas y un boleo mayor a 3/4 "(19mm). Para el caso de instalar ductos PAD se utilizará sólo una RD 19, excepto cuando se empleé el método de perforación horizontal dirigida en cuyo caso se empleará una RD 13,5. En ningún caso se aceptarán cruces longitudinales de ductos. La unión entre los bancos de ductos y los registros debe ser hermética.

En terrenos con nivel freático muy alto, se utilizaran ductos PAD o PADC en tramos continuos entre registro y registro. En casos excepcionales se permitirá el uso de coples herméticos que cumplan con la NRF-057-CFE o uniones termo fusionadas. En terrenos rocosos, se aumentarán 5 cm de excavación con la intención de instalar una cama de arena a fin de colocar el banco de ductos sobre una superficie plana y compacta. El relleno y compactado en este tipo de terreno se debe realizar con material de banco. Una vez instalados los ductos, inmediatamente se deben taponar provisionalmente en los extremos, con estopa, yeso y una agarradera de alambre recocido o cualquier otro tipo de tapón que garantice el sellado de los mismos.

Suministro de material para relleno producto de bancos. Cuando por alguna razón sea necesario suministrar material para relleno producto de banco, éste debe ser material inerte y libre de arcillas expansivas. La aprobación de este material se debe determinar por medio de muestras y pruebas obtenidas del banco de material, por cualquier laboratorio autorizado por la CFE, el cual

dictaminará por escrito su empleo como relleno. Se permite el uso de relleno fluido con una resistencia de 20 Kg/cm².

Relleno, compactado y nivelado. El relleno no debe efectuarse en capas no mayores a 15 cm de espesor, con la humedad óptima para obtener una compactación del 90% PROCTOR en áreas de banquetas. En arroyo de calle el grado de compactación será como sigue: Se compactará al 95% PROCTOR, la capa de 15 cm de espesor adyacente a la carpeta de rodamiento, este relleno estará sustentado en un relleno previamente compactado al 90% PROCTOR, cuidando de evitar la ruptura de los ductos o cualquier otra instalación. Podrá efectuarse por medios manuales o mecánicos, este último debe ser autorizado por la supervisión quedando bajo responsabilidad del contratista todos los daños que pudiese ocasionar. En forma periódica, se revisarán las compactaciones en los puntos que la supervisión considere convenientes por medio de un laboratorio autorizado por la CFE. Los resultados deben entregarse por escrito a la brevedad posible a la supervisión, si las pruebas de compactación cumplen con la especificación, la supervisión dará su autorización para que se continúen las siguientes etapas de construcción, quedando asentado en la bitácora. La cota de terminación y nivelación de estos trabajos debe ser la indicada para recibir la reposición de banquetas o pavimentos. Para el relleno se podrá utilizar material producto de la excavación si éste no contiene materia orgánica o expansiva y que no contenga boleo mayor a 3/4 ".En su defecto se empleará material de banco. En cualquier caso el material debe ser analizado por el laboratorio autorizado por la CFE. En el acabado final de la banqueta y en el eje del trazo del banco de ductos se marcará a cada 5 metros bajo relieve las siglas de CFE.

Instalación de neutro corrido. El neutro corrido debe instalarse directamente enterrado excepto en terrenos corrosivos con alto contenido de sales y sulfatos utilizando los cárcamos para el ingreso a los registros. En terrenos con nivel freático alto se utilizará el ducto dispuesto para este fin en la pared del registro.

3.3 Registros pozos de visita, bases para equipo y murete de conectadores múltiples de media tensión.

Registros tipo RMT3 y RMT4 prefabricados. En los lugares que se indica en los Planos de Proyecto y con el visto bueno de la supervisión de la CFE, se colocarán registros de tipo RMT3 y RMT4 prefabricados, de concreto armado. La colocación de los registros prefabricados debe ser sobre una cama de grava-arena de 10 cm de espesor y agregado máximo de 19,1 mm (3/4"), acompasada con un compactador mecánico; quedando debidamente nivelado de acuerdo al perfil del piso terminado de la banqueta o arroyo en caso de ser necesario, se modificarán las pendientes del piso para que el agua descargue en el cárcamo. Una vez instalado el registro se debe cuidar la conexión con el ducto, tanto en el interior como en su exterior, para que quede perfectamente sellada con pasta cemento-arena incluyendo un adhesivo de concreto, redondeando todas las aristas para

evitar daños al cable dejando un abocinado, cuidando que el ducto continúe taponado hasta la instalación del cable. Es importante conocer el nivel freático con el fin de determinar la posibilidad de construir el cárcamo en el registro. Una vez instalado el registro, se debe cuidar el sellado en las preparaciones para recibir los bancos de ductos, en los casos donde el nivel freático es muy alto, se debe eliminar el cárcamo. Se aceptará el uso de registros prefabricados de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuenten con la aprobación del LAPEM. Para el caso de registros RMT3 y RMT4 prefabricados, cuyos diseños no se encuentren incluidos en la presente Norma, previa a su instalación, se requiere la aprobación de la Coordinación de Distribución, de los planos correspondientes al prototipo del registro, así como el haber aprobado las pruebas que el LAPEM indique.

Registros tipo RMT3 y RMT4 colados en sitio. El uso de estos registros queda restringido a conversiones de redes aéreas a subterráneas, permitiéndose modificar sus dimensiones a las condiciones de las banquetas. Las nuevas dimensiones deben permitir la correcta instalación y operación de los cables y accesorios. No se permite su uso en desarrollos nuevos, en los cuales sólo se utilizarán prefabricados. En los lugares que se indica en los Planos de Proyecto y con la autorización correspondiente de la supervisión de la CFE, se construirán los registros de tipo RMT3 y RMT4 colados en el sitio, de acuerdo a las Normas de la CFE, construyéndose sobre una plantilla de concreto de $f'c = 4903,325 \text{ kPa}$ (50 kg/cm^2) de 5 cm de espesor. El armado se calzará sobre apoyos colocados sobre la plantilla mínimo de 25 cm de espesor a fin de dar un recubrimiento adecuado al acero de refuerzo. Es necesario cuidar el perfecto troquelado de la cimbra para evitar que debido al vibrado, ésta se abra. Se debe incluir un impermeabilizante integral dosificado de acuerdo a las recomendaciones del producto en el concreto utilizado. En caso de que el registro lleve cárcamo, la plantilla de concreto pobre se desplantará sobre una plantilla de grava-arena máximo de 19.1 mm ($3/4''$), acompasada con un compactador mecánico; la cual servirá como dren. Una vez instalado el registro se debe cuidar la conexión con el ducto, tanto en el interior como en su exterior, para que quede perfectamente sellada con pasta cemento-arena incluyendo un adhesivo de concreto, redondeando todas las aristas para evitar daños al cable dejando un abocinado, cuidando que el ducto continúe taponado hasta la instalación del cable.

Pozos de visita prefabricados. En los lugares que se indican en los Planos de Proyecto y con el visto bueno de la supervisión de la CFE, se colocarán pozos de visita de concreto armado. Se recomienda instalar este tipo de pozo de visita prefabricado, en avenidas o calles sumamente transitadas. Se aceptará el uso de pozos de visita prefabricados de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuenten con la aceptación del LAPEM.

Para su instalación se hacen las siguientes observaciones:

- La excavación debe estar perfectamente nivelada y compactada al 90% PROCTOR mínimo en el piso.
- Construir una plantilla de grava-arena de 10 cm de espesor y agregado máximo de 19,1 mm (3/4), acompasada con un compactador mecánico; 10 cm mayor al perímetro de pozo de visita.
- En caso de que el pozo de visita no cuente con la losa superior, ésta debe colarse cuidando el nivel de piso terminado de banqueteta y arroyo de calle.
- Se debe cuidar el sellado de las ventanas donde se alojan los bancos de ductos con un mortero cemento-arena adicionándole un impermeabilizante integral.

Para el caso de pozos de visita prefabricados, cuyos diseños no se encuentren incluidos en la presente Norma, previa a su instalación, se requiere la aprobación de la Coordinación de Distribución, de los planos correspondientes al prototipo del registro, así como el haber aprobado las pruebas que el LAPEM indique. Una vez instalado el pozo de visita se debe cuidar la conexión con el ducto, tanto en el interior como en su exterior, para que quede perfectamente sellada con pasta cemento-arena incluyendo un adhesivo de concreto, redondeando todas las aristas para evitar daños al cable dejando un abocinado, cuidando que el ducto continúe taponado hasta la instalación del cable.

Pozos de visita colados en sitio. El uso de estos pozos de visita queda restringido a conversiones de redes aéreas a subterráneas. No se permite su uso en desarrollos nuevos, en los cuales sólo se utilizarán prefabricados. Para el caso de que se requiera pozos de visita ubicados en el Arroyo, los accesos deben quedar en la banqueteta. En los lugares que se indica en los Planos de Proyecto y con la autorización correspondiente de la supervisión de la CFE, se construirán los pozos de visita de concreto armado, de acuerdo al tipo de pozo que se requiera. Se debe desplantar de una plantilla de concreto de $f'c = 4903,325 \text{ kPa}$ (50 kg/cm^2) de 5 cm de espesor, siendo ésta mayor en 10 cm. en todo el perímetro del pozo de visita. Si el nivel freático fuera alto, se debe construir sin cárcamo y sellar perfectamente las preparaciones para recibir los bancos de ductos, cuidando el abocinamiento de las mismas. En caso de que el pozo de visita lleve cárcamo, la plantilla de concreto se colocará sobre una plantilla de grava-arena de 10 cm de espesor y agregado máximo de 19,1 mm (3/4"), acompasada con un compactador mecánico. No se debe construir el pozo de visita sobre ninguna línea de servicio, tales como agua o drenaje, de no ser así, recurrir a la supervisión de la CFE para adaptar esta línea a nuestra necesidad o viceversa. La parte inferior de la cepa donde se construya el pozo, debe estar debidamente compactada al 90% PROCTOR. Si el pozo de visita queda construido en el arroyo de la calle, se debe utilizar la tapa y marco 84 A. Es necesario que al colocar la tapa sobre el marco, se selle con algún cemento plástico a fin de evitar el constante golpeteo a la hora del tráfico, evitando la fractura de la misma. Durante la fabricación del concreto es importante suministrarle algún impermeabilizante del tipo integral a fin de

evitar filtraciones de agua. Una vez instalado el pozo de visita se debe cuidar la conexión con el ducto, tanto en el interior como en su exterior, para que quede perfectamente sellada con pasta cemento-arena incluyendo un adhesivo de concreto, redondeando todas las aristas para evitar daños al cable dejando un abocinado, cuidando que el ducto continúe taponado hasta la instalación del cable. Una vez instalado el pozo de visita se debe cuidar la conexión con el ducto, tanto en el interior como en su exterior, para que quede perfectamente sellada con pasta cemento-arena incluyendo un adhesivo de concreto, redondeando todas las aristas para evitar daños al cable dejando un abocinado, cuidando que el ducto continúe taponado hasta la instalación del cable.

Bases para equipo prefabricadas. En los lugares que se indica en los Planos de Proyecto y con el visto bueno de la supervisión de CFE, se colocarán bases prefabricadas de concreto armado. Se aceptará el uso de bases prefabricadas de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuenten con la aceptación del LAPEM.

Bases de concreto para equipos coladas en sitio. Las bases de concreto para equipos seccionadores se deben fabricar de acuerdo al número de frentes y dimensiones que el equipo requiera. Para la instalación de Seccionadores en media tensión, las Bóvedas o Bases para su ubicación deben ser diseñadas y construidas conforme al tipo y tamaño del equipo conforme al diseño del proyecto, considerando la Bóveda y/o registros anexos a las Bases, del tamaño adecuado dependiendo de la cantidad y calibre de los cables a instalar.

Bases de transformadores monofásicos y trifásicos con registros reducidos (BT1FRR5 y BT3FRR6) prefabricados. En los lugares que se indica en los Planos de Proyecto y con el visto bueno de la supervisión de CFE, se colocarán bases y registros reducidos prefabricados de concreto armado. Se aceptará el uso de bases prefabricadas de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuenten con la aceptación del LAPEM.

Muretes para alojar conectadores múltiples de media tensión fabricados en sitio. En los lugares que se indica en los Planos de Proyecto y con la autorización correspondiente de la supervisión de la CFE, se podrá construir muretes de concreto armado colados en sitio, de acuerdo a las Normas de la CFE. El armado integrado al registro tendrá un recubrimiento mínimo de 5 centímetros, es necesario cuidar el perfecto troquelado de la cimbra para evitar que debido al vibrado, ésta se abra. El acabado del murete debe ser aparte. El murete debe construirse integrado a la pared del registro o pozo de visita, cuidando que la ventana que los comunique, sea del tamaño adecuado para que la conexión a la red no ocasione que los conectadores múltiples y accesorios queden en una posición que no sea la adecuada, las superficies de la ventana que comunique al murete con el registro o pozo de visita deberá ser acabado boleado eliminando las aristas del concreto que pudieran dañar al cable de potencia. El uso

de estos muretes queda restringido a conversiones de redes aéreas a subterráneas. No se permite su uso en desarrollos nuevos, en los cuales sólo se utilizarán prefabricados.

Muretes prefabricados para alojar conectadores múltiples de media tensión.

En los lugares que se indica en los Planos de Proyecto y con el visto bueno de la supervisión de la CFE, se colocarán muretes prefabricados de concreto armado. Se aceptará el uso de muretes prefabricados de otro material diferente al concreto siempre y cuando cuenten con la aceptación de la Coordinación de Distribución y del LAPEM. Los muretes prefabricados deben quedar debidamente anclados al registro o pozo de visita quedando correctamente nivelados de acuerdo al perfil del piso terminado de las banquetas y no permitir el ingreso de líquidos o contaminantes al interior del registro. La ventana que comunique al murete prefabricado con el registro o pozo de visita debe ser de las dimensiones adecuadas y tener las superficies sin aristas que pudieran ocasionar daños al cable de potencia.

Tapas redondas. Sólo se deben emplear tapas 84 A y 84 B con tornillo de seguridad. Las tapas deben cumplir con las especificaciones CFE 2DI00-04, 37, 38 o 39. **Tapas cuadradas.** Para registros tipo 4 donde se alojan accesorios se debe emplear la tapa cuadrada. **Registros, pozos de visita y bases prefabricadas.** Todos los registros, pozos de visita y bases prefabricadas mencionados en los incisos A, C, E, G, H y J invariablemente deben contar con aviso de prueba avalado por LAPEM.

3.4 Obra electromecánica.

Desde el inicio y durante todo el proceso de construcción de la Obra Electromecánica se debe observar el Procedimiento para la revisión de proyectos supervisión de la construcción de Redes Subterráneas. Terminada la Obra Civil y antes de iniciar la instalación del cable, se señalarán los ductos en las paredes de cada registro indicando sobre las mismas y de acuerdo al proyecto, la fase que le corresponderá a cada ducto, igualmente en el interior de cada registro de M.T. y B.T., se marcará el número consecutivo que le corresponde de acuerdo a la normativa, con letras de pintura especificación CFE A-12 en el concreto o placas de aluminio con números permanentes sujetas con taquetes a las paredes. Verificar que, tanto el cable como los carretes que lo contienen son recibidos en perfectas condiciones, revisar que el cable recibido corresponda al especificado en el proyecto y que además cuente con el Vo. Bo. de LAPEM y que esté sellado en ambos extremos por un tapón polimérico. Antes de indicar la instalación del cable debe instalarse la soportería necesaria de acuerdo a lo indicado en los planos constructivos.

3.4.1 Instalación del cable

Almacenaje. En el caso que los cables no se vayan a instalar en forma inmediata se debe conservar su empaque original y cuidar la forma de almacenarlos. Se debe vigilar que las puntas se encuentren bien amarradas para que no se afloje el cable en el carrete, además de que las puntas deben estar perfectamente selladas. Los carretes se deben colocar verticalmente, nunca acostarse, porque las vueltas se caen y se puede enredar. Se debe almacenar en lugares techados con suelo de concreto, si no fuera éste el caso, se deben de calzar con polines o tarimas para que no se humedezca la parte inferior. Además, debe evitarse que se ubiquen cerca del tránsito de vehículos que pudieran golpearlos o de cualquier otra cosa que los pueda dañar mecánicamente.

Revisión del cable de potencia en el campo. Antes de iniciar el tendido del conductor es conveniente cortar un tramo de 40 cm de cable, sellar nuevamente la punta del carrete, y verificar en el tramo cortado lo siguiente. **Presencia de humedad.** Para verificar la presencia de humedad en los cables tipo DS, se observarán los hilos de cobre de la pantalla metálica, si están brillantes significa que no hay humedad pero si están manchados o verdes, es señal inequívoca que existe humedad por la corrosión presente, en tal caso deberá rechazarse no permitiéndose la instalación.

Verificar que el cable de potencia corresponda al del proyecto. Debe verificarse en la cubierta del cable, si sus características corresponden al del cable aprobado en el proyecto. Se revisará que el diámetro sobre el aislamiento esté dentro de los rangos especificados, así como también confirmar que las características en general estén dentro de los límites que señala la especificación, como son: calibre del conductor, pantalla metálica con número de hilos y calibre correcto, espesor de cubierta, color, barreras bloqueadoras contra ingreso de humedad, etc. En caso de que alguna de las características del cable no cumpla con la especificación o se encuentre maltratado o deteriorado físicamente no se permitirá su instalación.

Requisitos, equipos y herramientas necesarias para el cableado. Los tramos de cable entre equipos pedestales y sumergibles, y conectores múltiples de media tensión, derivadores, etc. deben ser de una sola pieza sin empalmes, en caso necesario se podrán emplear empalmes del tipo pre moldeado, termo contráctil o contráctil en frío, los cuales deberán alojarse en registros o pozos de visita, por lo que es recomendable que una vez autorizado el proyecto, el fraccionador o el encargado de la Oficina de Distribución Subterránea tomen las medidas de cada tramo, se consideren los desperdicios y la instalación de los accesorios, solamente se dejará excedente de cable en donde se ubiquen equipos y accesorios, dejando un excedente de cable de 1.0 m, después de haberse instalado en los soportes y presentado para la elaboración del accesorio.

El tendido del conductor se debe supervisar con especial cuidado, ya que una mala instalación podría dañarlo, provocando fallas, ya sea en la puesta en servicio o posteriormente durante su operación, tomando en cuenta que lo que no se vea durante la instalación, quedará oculto en los ductos hasta el momento de la falla. Con base a lo anterior, es importante que, quien vaya a ejecutar la obra, cuente con todos los elementos necesarios para realizar los trabajos adecuadamente.

Instalación del neutro corrido en ducto. Cuando se instale el neutro corrido junto con la fase dentro de un ducto, se instalarán flejes de plástico lisos para sujetar el neutro corrido al cable de potencia, estos se instalarán a cada 5 m.

3.4.2 Instalación de transformadores.

Al recibir los transformadores en la obra, se debe verificar que sus capacidades (KVA) correspondan al proyecto aprobado y que cuenten con el aviso de prueba del laboratorio de la CFE. Si algún transformador no contara con el protocolo de prueba del laboratorio, se debe informar al contratista que no se autoriza su instalación. Es necesario inspeccionar visualmente los transformadores, para verificar que lleguen en perfectas condiciones, tanto el tanque como sus accesorios y que no tenga fugas de aceite. Retirar el fusible de expulsión removible, para comprobar que la capacidad es correcta, verificando que también cumpla con los valores de coordinación en caso de que esté en serie con el fusible limitador de corriente, de acuerdo a tablas del fabricante. Es necesario probar continuidad en cada uno de ellos para revisar que no se encuentren dañados. Si el transformador no va a ser instalado de inmediato, vigilar que sean almacenados en lugares adecuados, donde no queden expuestos a golpes. Las terminales de alta tensión siempre deberán estar cubiertas por los tapones protectores en tanto no se conecten. Deben cuidarse el manejo del transformador durante su carga y descarga, así como en su instalación, para no dañar el recubrimiento, ya que éste difícilmente será recuperado con la misma eficiencia, la maniobra debe realizarse con elementos que soporten la tensión adecuada y que no provoquen daños al recubrimiento.

Instalación y conexión a transformadores.

Antes de conectar los accesorios pre moldeado, verificar que el transformador no tenga ninguna fuga, principalmente por las boquillas tipo pozo o perno, ya que el aceite ataca estos accesorios dañándolos. Limpiar muy bien y lubricar con grasa silicón las boquillas tipo pozo y boquillas tipo inserto, se podrá instalar con el torquímetro adecuado, de no contar con éste se podrá atornillar con las manos teniendo cuidado de que entre derecho. Si es que entró trasroscado no se debe forzar, es necesario sacarlo y volverlo a introducir hasta que embone perfectamente, evitando con ello que se dañen las cuerdas de la rosca. Para verificar que hayan quedado bien instaladas las boquillas, los faldones semiconductores deben quedar tocando el borde del inserto tipo pozo a 1,588 mm del mismo. Antes de conectar el codo de 200 A por primera vez, estando el

transformador y el cable des energizado, limpiar y lubricar tanto la boquilla inserto como el interior del codo y conectarlos verificando que el codo avance totalmente en el inserto.

En caso de que los conectadores separables tipo codo sean de operación con carga, es muy importante vigilar que en al momento de su instalación queden en una posición cómoda para su operación, esto es, que la conexión a tierra, así como otros elementos queden lo suficientemente retirados para que no obstruyan su operación, igualmente que se deje la cantidad necesaria de cable para que cuando se necesite efectuar maniobras, no se tengan problemas en su ejecución. En anillos de 600 A, los conectadores separables tipo codo siempre se operan des energizados. Antes de conectarlos, al igual que los codos utilizados para 200 A, es necesario limpiarlos muy bien y lubricar con grasa silicón, tanto el codo como la terminal tipo perno. Una vez que el codo ha sido instalado en su posición definitiva, asegurarlo, atornillando el accesorio complementario. Al utilizar accesorios de 600 A, es muy importante que el apriete sea en forma correcta, verificando que no quede trasroscado, para que cuando se dé el apriete final con la herramienta de torque, quede perfectamente conectado, debiendo vigilar que el torque se encuentre entre 729 N•m (74,4kg•m) y 875 N•m (89,28 kg•m). Si el accesorio utilizado es un conectador unión (plug) se utilizará una herramienta especial de media luna acoplada al torquímetro, vigilando que no se excedan los valores antes mencionados.

Para finalizar con la instalación de los transformadores en su posición definitiva, deben interconectarse al sistema de tierras el neutro corrido de la Subestación, los accesorios pre moldeados, la terminal de baja tensión, el transformador y los electrodos de tierra localizados en el registro de la base del equipo. La puesta a tierra de los accesorios pre moldeados, así como del adaptador de tierras se hará con cable de cobre forrado calibre 10 AWG, contando con la suficiente longitud para permitir que el codo sea conectado y desconectado con plena libertad. Deben de conectarse los codos del lado fuente en las terminales HA y los codos lado carga a las terminales HB, para facilitar la identificación durante la operación, independientemente de la placa de identificación.

3.4.3 Instalación de seccionadores.

Cuando el contratista o fraccionador reciba en la obra los seccionadores, se debe realizar una inspección visual para verificar que tanto la unidad como los accesorios (controles electrónicos, terminales, etc.) lleguen en perfectas condiciones; verifique los datos y diagramas de placa para confirmar que es la unidad que se requiere, verificando las dimensiones del equipo con las indicadas en los planos de construcción aprobados. En caso de que las dimensiones, diagramas o especificaciones no concuerden con los aprobados, no autorice su instalación hasta que se realicen todas las aclaraciones necesarias y se esté convencido de que el equipo proporcionará las funciones de él

esperadas. Certifique que todas y cada una de las unidades cuenten con el visto bueno del laboratorio de la CFE.

Realice pruebas de hermeticidad y de rigidez dieléctrica del aceite, verificando que el nivel sea correcto, en caso de tener hexafloruro de azufre como medio aislante, se debe verificar que la presión del mismo sea la recomendada por el fabricante, de acuerdo a la temperatura ambiente. En caso de contar con vías protegidas se probarán los ajustes de los disparos inyectando corriente. Se debe verificar la correcta operación de apertura y cierre de cada una de las fases, lo cual debe coincidir tanto con el diagrama del equipo, como con las placas que identifican las salidas.

3.5 Potencia

La potencia es la capacidad de producir o demandar energía de una máquina eléctrica, equipo o instalación por unidad de tiempo. En todo circuito eléctrico, para el funcionamiento de los diferentes equipos y máquinas se encuentran presentes las siguientes potencias: Potencia Aparente, potencia Activa, potencia Reactiva

Potencia aparente (s). La potencia total o aparente es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva, o bien, el producto de la corriente y el voltaje. Se la representa con la letra S y su unidad de medida se expresa en voltamperios (VA). POTENCIA ACTIVA (P) Llamada también potencia efectiva y potencia real, se la representa con la letra P y es expresada en vatios (W). Solamente esta potencia se puede transformar en potencia mecánica o en potencia calorífica.

potencia reactiva (q) Llamada también potencia magnetizante, se simboliza con la letra Q expresada en voltamperios reactivos (VAr), resulta necesaria para el funcionamiento de ciertas máquinas y dispositivos eléctricos (motores, transformadores, bobinas, relés, etc.) pero no puede transformarse en potencia mecánica o calorífica útil, y causa pérdidas adicionales en los equipos que transportan la energía.

Triángulo de potencias. El triángulo de potencias es la representación fasorial de la potencia activa (P), la potencia reactiva (Q) y la potencia aparente (S). La figura 1 es usada para ilustrar las diferentes formas de potencia eléctrica.

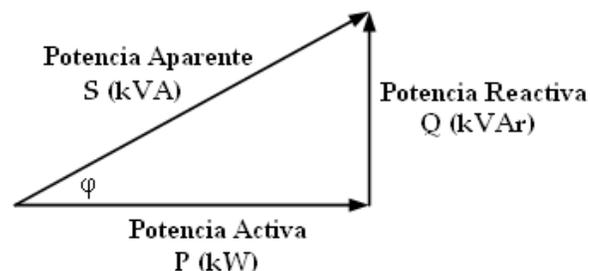


Figura 1. Triángulo de potencias eléctricas.

Donde:

P (kW) = Potencia activa.

Q (kVAr) = Potencia reactiva, no produce trabajo, pero si hay que pagar por ella.

S (kVA) = Potencia aparente, potencia total requerida para alimentar la carga.

De la figura 1 se puede conocer la potencia aparente a partir del teorema de Pitágoras aplicado en el triángulo de potencias. Mediante la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

EL ÁNGULO Φ indica si las señales de voltaje y corriente se encuentran en fase. Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia (F.P = Cos ϕ) puede ser:

- ✓ Igual a 1 (carga resistiva)
- ✓ Retrasado (carga inductiva)
- ✓ Adelantado (carga capacitiva)

3.6 FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa (en vatios, W), y la potencia aparente (en voltamperios, VA) y describe como la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida. El factor de potencia expresa en términos generales, el desfaseamiento o no de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica.

$$FP = \cos \phi = \frac{P(KW)}{S(KVA)}$$

Los valores que puede tomar el factor de potencia son de 0 a 1.0 siendo la unidad (1.0) el valor máximo de Factor de Potencia y por tanto indica el mejor aprovechamiento de energía. Por ejemplo, si el factor de Potencia es igual a 0.80, indica que del total de la energía suministrada (100%) sólo el 80% de esa energía es aprovechada en trabajo útil.

3.7 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

Un condensador es un dispositivo eléctrico formado por dos placas conductoras aisladas y separadas por un dieléctrico. Este dispositivo puede almacenar energía en forma de campo eléctrico. Los condensadores al conectarse en paralelo a la red eléctrica proveen la potencia reactiva que antes la suministraba la propia red,

con lo cual se consigue una disminución de la corriente, por lo tanto ya no es necesario transportar toda la potencia reactiva.

Al disminuir la potencia reactiva se consigue mejorar el factor de potencia. En el triángulo de potencia de la figura 5 se puede entender de mejor manera la forma en que los condensadores pueden mejorar el factor de potencia.

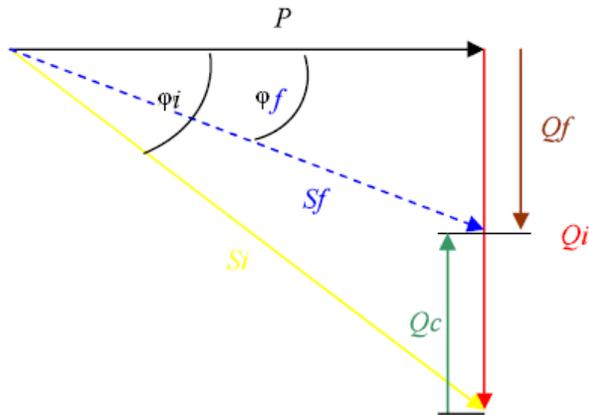


Figura 5. Corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores.

Donde

- P: Potencia activa [W]
- Qi: Potencia reactiva inductiva inicial [VAr]
- Si: Potencia aparente inicial [VA]
- ϕ_i : Factor de potencia inicial
- Qc: Potencia reactiva capacitiva [VAr]
- Qf: Potencia reactiva inductiva final [VAr]
- Sf: Potencia aparente final [VA]
- ϕ_f : Factor de potencia final

En la figura 5 el ángulo de fase inicial es ϕ_i y el ángulo de fase final es ϕ_f , el ángulo de fase final corresponde al factor de potencia que se desea alcanzar. El valor de la potencia Qf se ha obtenido restando la potencia Qi de la potencia Qc suministrada por los condensadores. El proceso para encontrar la capacidad de condensadores que se requieren para mejorar el factor de potencia se la obtiene con la ecuación:

$$Q_i = P \tan \phi_i$$

$$Q_f = P \tan \phi_f$$

$$Q_c = Q_i - Q_f$$

4. Procedimiento y actividades realizadas.

4.1 levantamiento de campo.

Como se trata de una red eléctrica previamente instalada, se inició con un levantamiento de campo. Dentro de la información recabada se encontró que la colina universitaria cuenta con un sistema de distribución en media tensión de 200 A y es aquel en el cual la corriente continua, en condiciones normales o de emergencia no rebasa los 200 A. se utiliza en circuitos que se derivan de troncales de media tensión (tensiones de 13,2 a 34,5 kV) aéreos o subterráneos. El suministro de energía eléctrica a la colina universitaria es mediante un sistema trifásico 3F-3H con cable ACSR en los calibres 266.8, 1/0 AWG y 3/0, el calibre 266.8 antes acometida tiene una longitud de 150 m, 118 m del calibre 3/0 actualmente acometida aérea y 1644 m de cable calibre 1/0. Se encontraron 12 transformadores tipo poste cada uno con sus respectivas protecciones de los cuales 4 son de 150, 4 de 112.5, 1 de 75, 1 de 45 y 2 de 30 KVA. Las estructuras son diversas, siendo las más comunes TS30 (Te, sencilla, 3 fases, sin neutro corrido), RD30 (remate, poste, 3 fases, sin neutro corrido), VS30V (volada, cruceta sencilla, 3 fases, sin neutro corrido) y AD30 (anclaje, doble cruceta, 3 fases, sin neutro corrido). Los ramales aéreos que se derivan del circuito troncal cuentan con sus respectivos cortacircuitos fusibles como medio de protección. Toda la extensión de las líneas eléctricas esta soportada por 70 postes de distinta altura y resistencia. A continuación se muestran los tipos de postes encontrados en la colina universitaria:

Altura y resistencia del poste	cantidad
13-600	33
12-750	2
11-500	3
11-700	16
09-450	16

También se encontró 3 transiciones aéreo-subterráneas y una transición aéreo-subterráneo-aéreo, todas tienen como conductor cable XLP-AL calibre 3/0 con neutro corrido de cobre desnudo semiduro. Los registros y bases para transformador usados son de media tensión en banqueta tipo 4 (RMTB4 y BTTRB4). La alimentación de 2 o más transformadores de un circuito subterráneo, se hace mediante derivadores múltiples alijados en registros de media tensión con murete. Las redes eléctricas subterráneas alimentan un total de 13 transformadores 10 de estos son de tipo pedestal y 3 son tipo estación. En la siguiente tabla se observa la capacidad de cada uno de ellos:

Transformador Tipo pedestal	cantidad	Transformador Tipo estación	cantidad
-----------------------------	----------	-----------------------------	----------

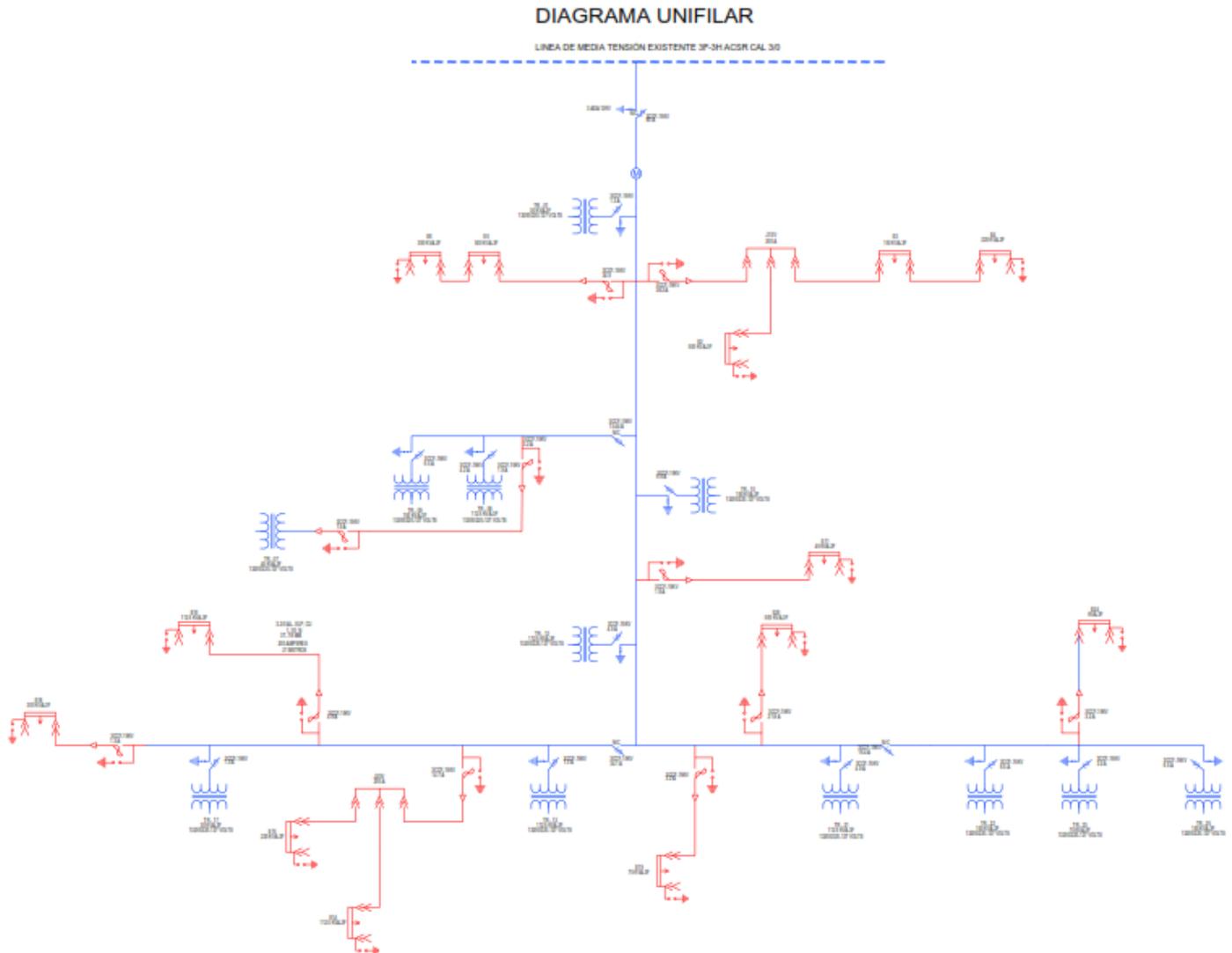
KVA		KVA	
500	2	500	1
300	1	300	1
225	3	112.5	1
150	1		
112.5	1		
75	2		

En general se verifico que cada equipo y accesorio de cada sistema estuviera debidamente instalado como lo indica la norma, y además que esté en condiciones de seguir en funcionamiento, que contara con sus respectivas protecciones en caso de los equipos y estuviera debidamente conectado a tierra. Otra de las razones por la que se realizó el levantamiento fue para identificar las deficiencias y proponer mejoras a partir de estas. Reemplazo de equipos por otros actuales, los cuales ofrecen mayor seguridad.

En la siguiente tabla se muestran el cuadro de carga de media tensión de la colina universitaria.

TRANSFORMADOR	% DE UTILIZACION	CAPACIDAD KVA
TR.1	10%	30
E2	8%	500
E3	23%	150
E4	20%	225
E5	14%	500
E6	30%	300
TR.7	35%	45
TR.8	32%	112.5
TR.9	29%	150
TR.10	31%	150
E11	33%	112.5
TR.12	29%	45
TR.13	37%	112.5
E14	29%	112.5
E15	33%	225
E16	28%	112.5
TR.17	31%	30
E18	25%	300
E19	27%	75
E20	30%	500
TR.21	36%	150
TR.22	24%	150
TR.23	39%	75
E24	0%	225
TR.25	29%	112.5

El diagrama unifilar de la red eléctrica de la colina universitaria es el siguiente:



4.2 Cambios a la red eléctrica de media tensión

En base a los datos recabados y a las observaciones realizadas durante el levantamiento, se concluye que es evidente realizar mejoras a la red eléctrica existente, para que esta sea más confiable y segura. En primer lugar se propone cambiar la red aérea por subterránea en los lugares donde sea factible

económicamente; puesto que en el campus I, algunas facultades están bastante retiradas o tienen demasiada edificación y poco espacio para el paso de los conductores. Para la red subterránea se reemplazarán los transformadores tipo poste por transformadores de pedestal de la misma capacidad. Y para distribuir las cargas se instalarán tableros tipo I-LINE, este tipo de tableros proporcionan protección a los usuarios, equipos e instalación eléctrica.

En vista que la red eléctrica de la colina es extensa y el consumo de energía ya es considerable, para mejorar la seguridad de la red se instalará un restaurador tipo pedestal con voltaje de 15 kV en la acometida de la red. La ventaja de instalar un restaurador es que este es un equipo auto controlado, cuya característica principal es la de interrumpir sobre corrientes de régimen transitorio y permanente, utilizando recierres rápidos y lentos de acuerdo con las curvas de tiempo-corriente definidas en el relevador, con la finalidad de llevar a cabo una coordinación adecuada con otros dispositivos ubicados en el mismo circuito.

Para obtener mayor provecho de la energía eléctrica y evitar recargos por parte de CFE por bajo factor de potencia, se aplicarán capacitores en la acometida de la red. El arreglo a utilizar será el de compensación central; con métodos cargas distintas que operan a diferentes períodos pueden ser compensadas, con un banco único de capacitores, conectado usualmente a la entrada de la instalación. Se realizará el análisis y cálculos necesarios para poder definir el equipo adecuado.

4.2.1 Selección de transformadores

Los transformadores deben de cumplir con las siguientes características según

a) Transformadores particulares

A.1 especificaciones:

NMX-J-285

NMX-J-287

Garganta

A.2 Tipos.

Tipo pedestal.

Tipo convencional.

Tipo bóveda sumergible.

A.3. características

Monofásico o trifásico

Media tensión: disponible en el área.

Baja tensión: el requerido por el usuario.

Aislamiento: biodegradable

Capacidad: la requerida por el usuario y de acuerdo al diseño del proyecto avalado por la unidad verificadora.

A.4 conexión

Los devanados de los transformadores trifásicos, deben ser estrella-estrella.

A.5 Pérdidas.

Los valores de pérdidas no deben ser superiores a las indicadas en las especificaciones CFE K0000.

Tomando en cuenta lo anterior, para este proyecto se proponen transformadores de pedestal de la marca prolec. A continuación de muestran sus características:



Prolec GE manufactura los pedestales trifásicos para sistemas de distribución subterránea, los cuales han demostrado un alto nivel de confiabilidad y seguridad en el suministro de la energía eléctrica.

Aplicación

El pedestal trifásico está diseñado para operar a la intemperie y estar montado sobre una base típicamente de concreto. Tiene integrado un gabinete a prueba de vandalismo, el cual contiene los accesorios y las terminales de conexión.

Los transformadores del tipo pedestal se aplican en áreas donde la seguridad y apariencia son un factor decisivo, tales como:

- Desarrollos comerciales
- Desarrollos turísticos
- Edificios de oficinas y/o residenciales
- Hoteles
- Hospitales
- Parques eólicos
- Pequeña y mediana industria bajo el concepto de subestaciones compactas
- Universidades

Ventajas

- Requerimiento mínimo de espacio

- Más seguro, ya que no presenta partes energizadas accesibles a personas, por lo que puede instalarse en lugares públicos con acceso restringido
- Constituye una subestación completa
- Mantenimiento mínimo por contaminación
- Auto protegido
- Facilidad de restablecimiento de servicio después de una falla en el secundario (solo cuando lleva interruptor termo magnético)
- Desconexión de la alimentación en forma rápida y segura
- Aspecto estético agradable

Características

- Normas aplicables: CFE K0000-08, CFE K0000-07, NMX-J-285-ANCE, NMX-J-169-ANCE, NOM-002- SEDE
- Certificación ANCE hasta 500 kVA
- Accesorios tipo frente muerto
- Tipo de operación Radial o Anillo y conexión en alta tensión Delta o Estrella conforme a la especificación requerida
- Cuatro derivaciones de 2.5%
- Boquillas de alta tensión tipo Pozo de 200A o tipo Perno de 600A
- 65° C de elevación de temperatura sobre una media de 30° C y una máxima de 40° C
- Enfriamiento en aceite a través de convección natural de aire (ONAN). También se ofrece líquido aislante biodegradable y/o de alto punto de inflamación
- Tanque y gabinete de acero al carbón o acero inoxidable (opcional)
- Uso de pintura en polvo color verde Munsell 7GY 3.29/1.5

Accesorios

Dependiendo de la especificación:

- Alta tensión: fusible limitador de corriente de rango parcial en serie con el fusible de expulsión o fusible limitador de corriente de rango completo que puede ser removido desde el exterior. También se ofrece fusible de aislamiento en serie con el de expulsión
- Baja tensión: interruptor termo-magnético sumergido en aceite, hasta 150 kVA

- Indicador de nivel de líquido aislante para 225 kVA y mayores
- Indicador de temperatura de líquido aislante para 225 kVA y mayores
- Provisión para manovacuómetro
- Cambiador de derivaciones des energizado
- Registro de mano



4.2.2 Selección del conductor

Utilizaremos cable de potencia de media tensión DS de aluminio calibre 3/0 AWG para abastecer a los transformadores de la colina universitaria. Para 15 KV, XLP 100% aislamiento, según especificación E0000-16 de las normas de construcción de redes subterráneas de CFE.

Se tendrá presente que la caída máxima no exceda del 1% en condiciones normales de operación. El neutro corrido será de cobre desnudo semiduro, calibre 2 AWG, el cual se deberá conectar a tierra en cada registro y equipo.



Características del conductor seleccionado:

Cable mono conductor formado por conductor de cobre suave a aluminio duro 1350, con pantalla semiconductor sobre el conductor y aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), pantalla sobre el aislamiento extraída, pantalla metálica a base de alambres de cobre y cubierta de poli cloruro de vinilo (PVC).

Especificaciones:

- NRF-024-CFE Cables de potencia mono polares de 5 kV a 35 kV.

Principales aplicaciones

- Redes subterráneas de distribución primaria en zonas comerciales donde la densidad de carga es muy elevada.
- Alimentación y distribución primaria de energía eléctrica en plantas industriales en general.
- Redes de distribución primaria en zonas residenciales.
- En la alimentación y distribución de energía eléctrica en edificios con subestaciones localizadas en varios niveles.
- Puede instalarse en conduit y ducto.

Características

- Tensión máxima de operación: 5 000, 15 000, 25 000 o 35 000 V.
- Niveles de aislamiento de 100% y 133% (categorías I y II respectivamente)
- Temperatura máxima de operación normal: 90°C.
- Temperatura máxima de operación en emergencia: 130°C.
- Temperatura máxima de operación en corto circuito: 250°C.
- Los conductores son de cobre suave o de aluminio duro 1350 en cableado compactado y en secciones de 8.37 a 507 mm² (8 AWG a 1 000 kcmil) según la tensión de operación.
- Los conductores cuentan con elementos bloqueadores para evitar la penetración longitudinal de agua.
- El aislamiento es de polietileno de cadena cruzada (XLPE)

Ventajas

- Su pantalla metálica:
- Permite hacer las conexiones a tierra lo cual mejora las condiciones de seguridad del personal
- durante
- la operación del cable.
- - Confina y uniformiza el campo electrostático.
- - Permite operar equipos de protección contra fallas eléctricas.
- La cubierta le proporciona protección adicional contra malos tratos durante la instalación y
- operación del cable.
- Su cubierta anti flama, es resistente a la intemperie, luz solar y agentes químicos.
- Cuentan con una cubierta exterior formulada para que el cable pueda deslizar fácilmente

- (altamente deslizable)
- durante su proceso de instalación de ductos de polietileno o de PVC.
- Puede instalarse directamente enterrado.
- Excelentes características eléctricas y mecánicas

4.2.3 Cálculos eléctricos

Calculo para el anillo de media tensión

Para el cálculo de los conductores primarios, en primero lugar debemos de tomar en cuenta la carga total a alimentar para después obtener la corriente que va a circular por ellos. En este caso se desprecia el factor de capacitancia e inductancia por considerarse líneas cortas, así que el procedimiento a seguir será calcular la caída de tensión desde la acometida con las líneas de CFE y la corriente de cortocircuito permisible para el conductor a utilizar.

La norma subterránea en el apartado diseño y proyección en media y baja tensión establece que: la caída de tensión máxima en los circuitos de media tensión no debe exceder el 1% del punto de suministro indicado por CFE. a la carga más alejada, en condiciones normales de operación, tomando en cuenta demandas máximas.

De igual forma establece que la sección transversal del cable debe determinarse de acuerdo al diseño del proyecto, el calibre mínimo debe ser 1/0 AWG y cumplir con la norma NRF-024-CFE.

El primer paso es calcular la corriente nominal que va a circular por los conductores de acuerdo a la demanda máxima:

$$I = \frac{VA \times 1000}{(1.73 \times E)}$$

Donde:

VA= carga a conectar

E= voltaje entre líneas

Una vez obtenida la corriente, se procede a calcular la caída de tensión de acuerdo al conductor seleccionado.

$$\%e = \frac{2 \times 1.73 \times L \times I_n}{(S \times E)}$$

L= longitud del circuito

In= corriente nominal

S= sección transversal del conductor

Para calcular la Icc permisible se aplica la siguiente formula:

$$I_{cc} = AK \sqrt{\log \frac{T_2 + \beta}{T_1 + \beta} \frac{T}{T}}$$

Icc= corriente de cortocircuito en amperes.

A= sección transversal del conductor.

K= 224.58 para conductores de aluminio.

T2= temperatura de cortocircuito dependiendo del tipo de aislamiento permitido para XLPE o EP: 250 °C.

T1= temperatura de cortocircuito dependiendo del tipo de aislamiento permitido para XLPE o EP: 90 °C.

B= 228 para conductores de aluminio.

T= tiempo en que actúan las protecciones.

Una vez conocidas las formulas a aplicar, procedemos a calcular la corriente nominal:

Demanda máxima= 4500 KVA

E= 13200

$$I = \frac{4500 \times 1000}{(1.73 \times 13200)} = \mathbf{196.8 \text{ AMPERES}}$$

En este caso el cable es XLP tipo DS de aluminio, calibre 3/0 AWG para 15 KV con una sección transversal de 85.01 mm².

L= 1003 M

$$\%e = \frac{2 \times 1.73 \times 1003 \times 196.8}{(85.01 \times 13200)}$$

$$\%e = \mathbf{0.6}$$

La caída de tensión obtenida es menor a la caída de tensión máxima establecida en la norma subterránea, por lo tanto el conductor propuesto es el adecuado.

$$0.6\% < 1\%$$

El siguiente paso es calcular la I_{cc} permisible

$$I_{cc} = (85.01)(224.58) \sqrt{\log \frac{250 + 228}{90 + 228} \left(\frac{1}{15}\right)}$$

$$I_{cc} = 21996 \text{ KA}$$

Calculado el valor de la I_{cc} del conductor se comprobara con la siguiente formula:

$$Acc = (Cc)(I_{cc})\left(\sqrt{\left(\frac{1}{15}\right)}\right) = (21.26)(21996)\left(\sqrt{\left(\frac{1}{15}\right)}\right)$$

$$Acc = \mathbf{120.7 \text{ MCM}}$$

El calibre 3/0 AWG tiene un diámetro de 85.01 mm², por lo tanto realizamos la siguiente conversión.

$$\text{Circular mils} = 0.00050671 \text{ mm}^2$$

Realizando la Conversion pertinente se tiene que:

$$\mathbf{Acc = 120.7 \text{ MCM} \approx 85.01 \text{ mm}^2 = 3/0}$$

Calculo de protecciones en media tensión

La norma subterránea en el apartado diseño y proyecto en media y baja tensión indica que en los puntos de derivación totalmente trifásicos se utilizaran conectadores tipo codo porta fusible para 200 A de apertura con carga o fusibles limitadores de corriente en contenedores pre moldeados, hasta cargas cuyo disparo monofásico no cause la salida del circuito por una operación de desbalance, en caso contrario, se usaran seccionadores.

En la red subterránea se propuso la instalación de conectadores múltiples de diferentes vías en distintos puntos; para proteger los ramales se utilizaran conectores tipo codo porta fusible. A continuación se muestra el cálculo para determinar la capacidad del fusible limitador de corriente de cada ramal a derivar:

Del primer conector múltiple J1/3V se derivan dos ramales, el primero tiene una carga de instalada de 800 KVA y el segundo 875 KVA. El cálculo es el siguiente:

$$I = \frac{800 \times 1000}{(1.73 \times 13200)} = 35 \text{ AMPERES}$$

El fusible limitador de corriente será de 35 amperes.

Para la carga de 875 KVA.

$$I = \frac{875 \times 1000}{(1.73 \times 13200)} = 38 \text{ AMPERES}$$

El fusible será de 38 amperes.

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo. En la siguiente tabla se muestra la capacidad de cada fusible limitador de corriente para cada derivación de la red subterránea.

Conector múltiple	Derivaciones	Carga instalada KVA	Fusible Limitador de Corriente A
J2/4V	1	307.5	14
J4/5V	2	157.5	6
		892.5	39
J6/3V	1	337.5	14
J9/3V	1	575	25

Corrección del factor de potencia.

El factor de potencia se corregirá en base a los datos obtenidos de la última factura de cobro expedido por la CFE. Se hará un promedio de la demanda máxima y del factor de potencia de obtenidos del mes de mayo del 2014 al mayo del 2015.

MES	F.P %	DEMANDA MÁXIMA KW
MAYO	86.44	927
JUNIO	85.76	753
JULIO	81.05	658
AGOSTO	88.92	927

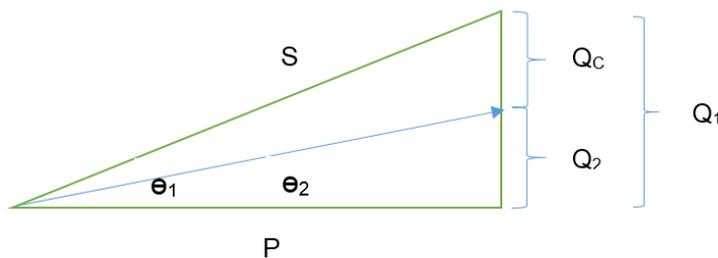
SEPTIEMBRE	87.70	886
OCTUBRE	88.14	954
OCTUBRE	86.75	735
NOVIEMBRE	84.63	835
DICIEMBRE	74.32	527
ENERO	79.17	655
FEBRERO	82.88	837
MARZO	85.69	978
ABRIL	71.57	243
ABRIL	89.62	1128
MAYO	87.49	987

Promedio de la demanda máxima:

802 KW

Promedio del factor de potencia:

84 %



$$\cos \theta_1 = 0.84 \text{ ----- } \theta_1 = \arccos 0.84 = 32.35^\circ$$

Para calcular la potencia aparente utilizamos la siguiente formula:

$$p = s \cos \theta_1 \text{ ----- } s = \frac{p}{\cos \theta_1}$$

$$s = \frac{(802 W)(1000)}{0.84} = 954.76 \text{ KVA}$$

Una vez conocida la potencia aparente, procedemos a calcular la potencia reactiva con la siguiente expresión:

$$\text{sen } \theta_1 = \frac{Q}{S} \text{ ----- } Q = S \text{ sen } \theta_1$$

$$Q1 = (954.76)(1000)\text{sen } 32.35^\circ = 517.90 \text{ KQRS}$$

El factor de potencia a alcanzar será de 95% para ello se procede a hacer los siguientes cálculos:

$$\cos \theta 2 = 0.95 \text{ --- --- --- --- --- } \theta 2 = \text{arccos } 0.95 = 18.19^\circ$$

La potencia aparente es igual:

$$s = \frac{(802 \text{ W})(1000)}{0.95} = 844.21 \text{ KVA}$$

La potencia reactiva es igual:

$$Q2 = (844.21)(1000)\text{sen } 18.19^\circ = 263.53 \text{ KQRS}$$

Para calcular el banco de capacitores necesarios para corregir al valor deseado se procede a hacer lo siguiente:

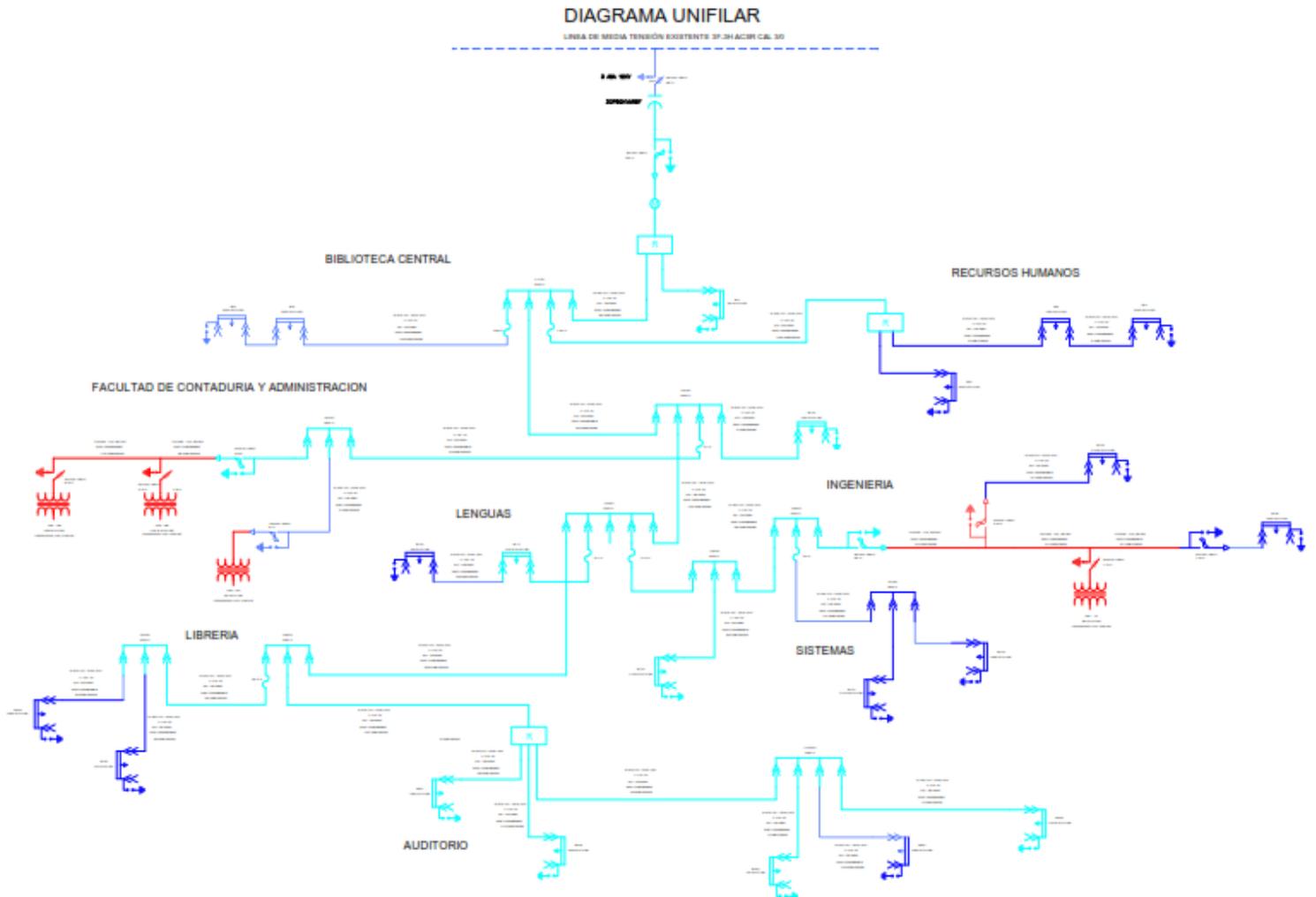
$$Qc = Q1 - Q2 = 517.90 - 263.53 = 254.37 \text{ KQRS}$$

5. Resultados

Con los cambios antes propuestos, la red eléctrica será más segura, mejorara la calidad del servicio y la apariencia de la colina universitaria. El circuito troncal de la será totalmente subterráneo, este circuito va desde la acometida con la red de CFE hasta rectoría. Los distintos ramales que se derivan del circuito troncal serán subterráneos, a excepción de dos que por condiciones del terreno se decidió dejarlos de forma aérea, estos son el ramal que se dirige hacia la facultad de contaduría y administración y hacia la facultad de ingeniería. Se reemplazaran 8 transformadores tipo poste por tipo pedestal, las bases para transformador serán de banqueta tipo 4 (BTTRB4) y se instalaran tableros I-LINE para distribuir la energía eléctrica de forma más segura. Los registros de paso serán registros de media tensión en banqueta y arrollo tipo 3 (RMTB3, RMTA3), en registros donde se

alojen conectadores múltiples serán tipo 4 con tapa cuadrada (RMTB4TC). En la acometida eléctrica de la colina universitaria se instalarán capacitores con la finalidad de corregir el factor de potencia, así también se instalará un restaurador tipo pedestal para proteger la red en caso de falla.

El diagrama unifilar de la red eléctrica es el siguiente:



Presupuesto

Para obtener el presupuesto se realizó un catálogo de obra, este consta de 5 partidas. En la siguiente tabla se muestra el monto por cada partida y el presupuesto total de la obra.

Partida	Monto
Desmantelamiento	326,774.41
Obra civil	1,837,654.45
Obra electromecánica	5,646,334.79
Baja tensión	1,036,756.06
Tramites	43,785.00
subtotal	8,891,304.71
16% I.V.A	1,422,608.75
TOTAL	10,313,913.46

Conclusión

Es conveniente realizar un estudio acerca de la red eléctrica existente, ya sea en la industria, escuela, etc. con la finalidad de conocer el estado físico de la red y de los equipos eléctricos. Esto con la finalidad de identificar problemas que afecten la calidad del suministro de energía. Para el proceso de cambio de las redes existentes, se debe cuidar el cumplimiento de las normas, especificaciones y recomendaciones que aplican para la construcción de la red subterránea, así como el aspecto técnico y económico.

Para la correcta selección del equipo y materiales a emplear, se debe conocer entre otros factores el tipo de carga, parámetros eléctricos, niveles de contaminación, etc. se debe tener en cuenta que se requieren equipos y materiales de calidad es decir, que garanticen continuidad en el servicio, reduciendo el número de interrupciones en el suministro.

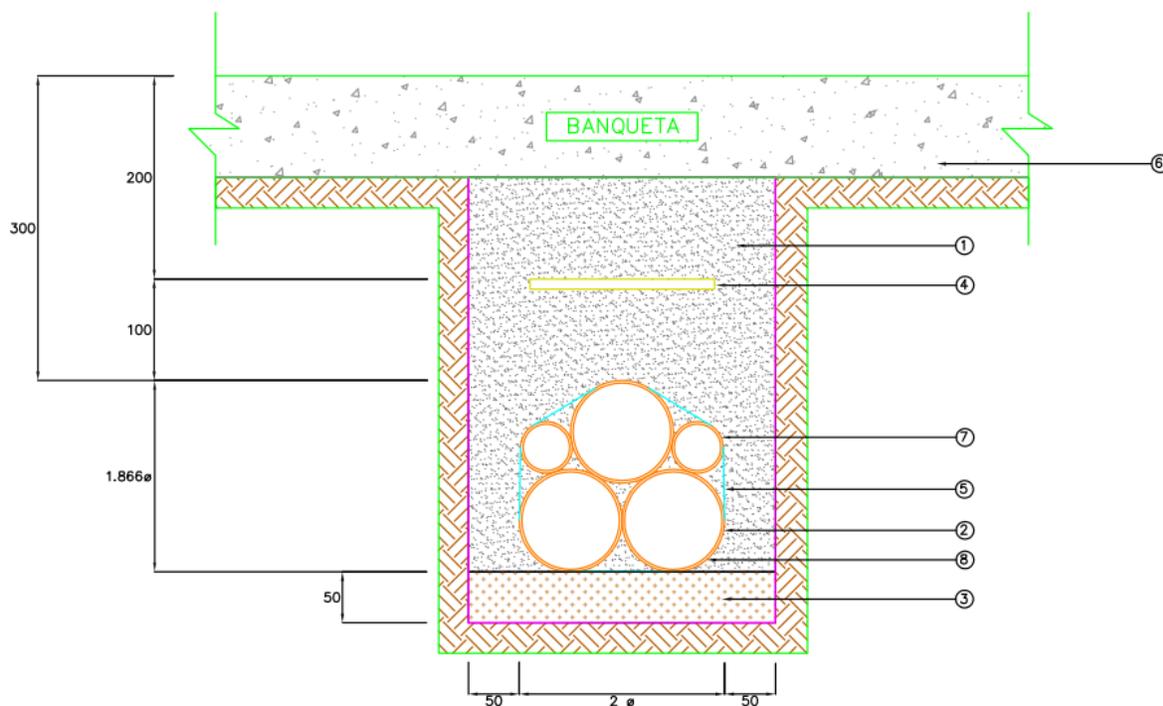
Referencias

CFE- NORMAS DE DISTRIBUCIÓN- CONSTRUCCIÓN- INSTALACIONES AÉREAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN.

CFE- DISTRIBUCIÓN- CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SUBTERRÁNEOS.

Anexos

DETALLE BANCOS DE DUCTOS DE PAD O PADC PARA MEDIA TENSIÓN

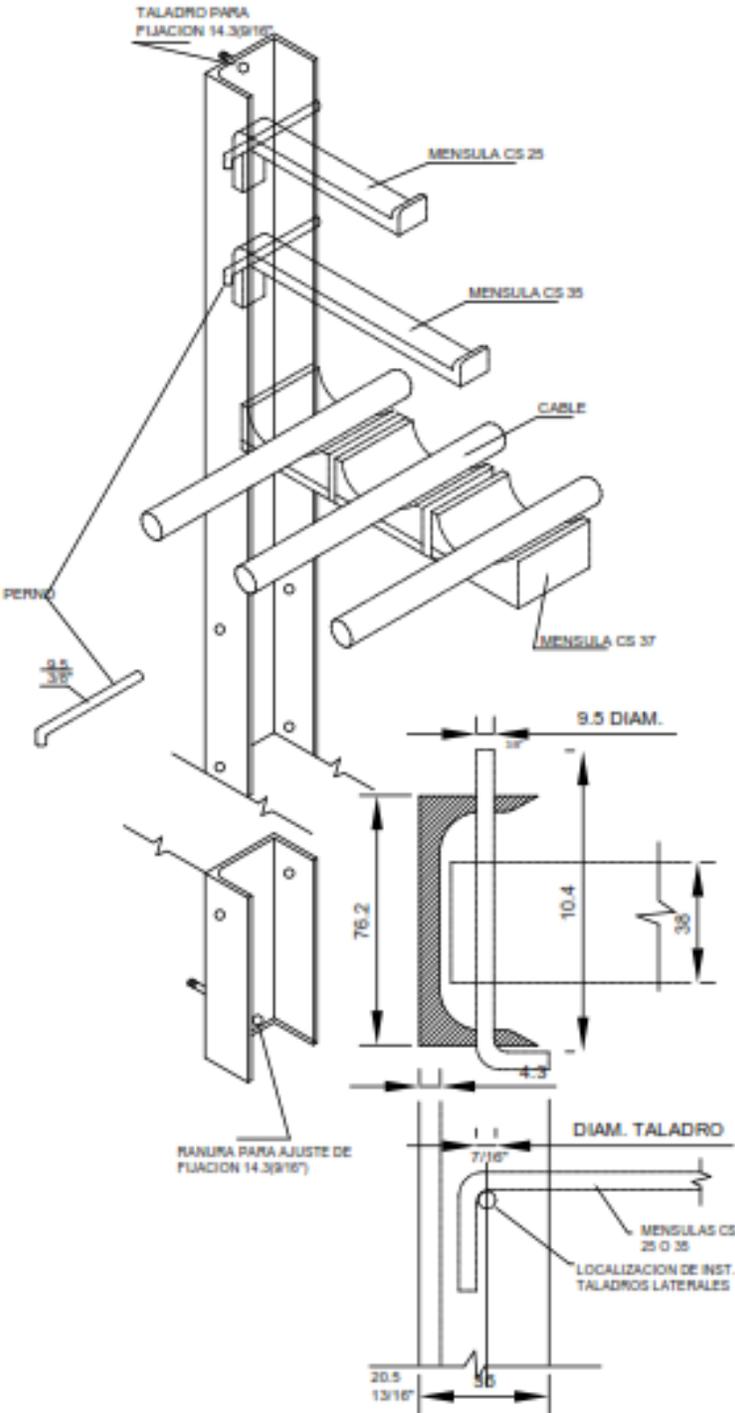


BAJO BANQUETA.

NOTAS:

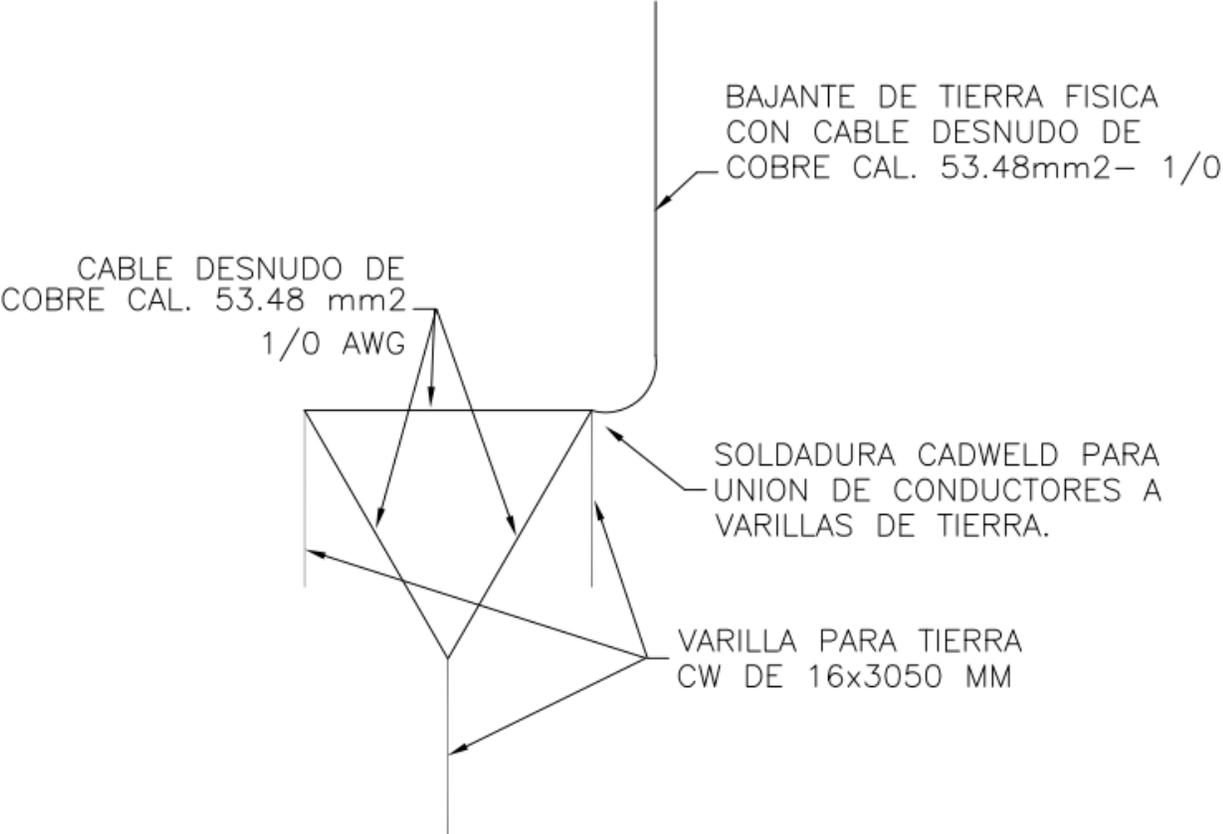
- 1.- relleno material compactado (90% mínimo, Proctor).
- 2.- ducto de polietileno de alta densidad 50.8, 76 o 101 mm de Ø de color rojo o anaranjado.
- 3.- piso compactado (90% mínimo, Proctor). En terrenos normales el ducto ira sentado directamente en el fondo de la excavación, en terrenos rocosos se compactara utilizando una capa de tierra o arena de 5 cm para uniformizar el fondo y que no se contenga boleto mayor a ¾”.
- 4.- cinta señalizadora de advertencia 300 mm con la leyenda “no excave. Líneas de alta tensión”.
- 5.- fleje plástico con hebilla metálica colocado a cada 3 m del banco de ducto.
- 6.- restituir el piso existente dejándolo igual al encontrado en sitio.
- 7.- posición del ducto de polietileno de alta densidad 38.1 o 50.8 de Ø de color rojo o anaranjado, para instalaciones de comunicaciones; en caso de existir acuerdo para su utilización.
- 8.- en caso de que el banco de ductos combine media y baja tensión, la media tensión se ubicara en los niveles inferiores del banco de ductos. Los registros a emplear serán independientes

DETALLE DE COLOCACIÓN DE CORREDERA Y MÉNSULA PASA SUJETAR LOS CABLES DENTRO DE REGISTROS DE MEDIA TENSIÓN.



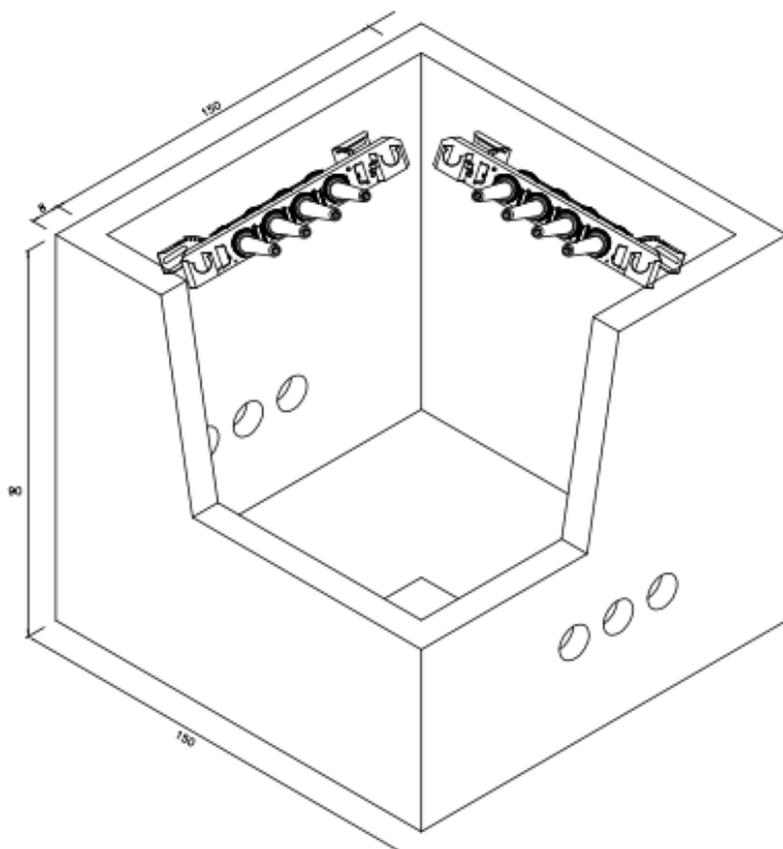
CONJUNTO DE CORREDERA Y MÉNSULA DE FIERRO GALV. (NORMA CFE-CCMFG)

DETALLE PARA CONEXIÓN DEL SISTEMA DE TIERRAS EN TRANSFORMADORES Y CONECTADORES MÚLTIPLES.



DETALLE COLOCACIÓN DE CONECTADORES MÚLTIPLES EN REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN EN BANQUETA TIPO 4 (RMTB4).

DETALLE DE REGISTRO TIPO 4 PARA CAJA DERIVADORA



DETALLE DE CONEXIÓN ENTRE BOQUILL TIPO INSERTO Y CONECTOR DIPO CODO EN UN CONECTOR MULTIPLE.

