



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SAN ANDRÉS TUXTLA**



TITULACIÓN INTEGRAL

TESIS PROFESIONAL

**“DISEÑO Y CÁLCULO DEL BANCO DE CAPACITORES DE
LA SUBESTACIÓN 3 DEL ITSSAT, EN BASE A LA CARGA
DEMANDADA”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTROMECÁNICO

PRESENTA

**JOSÉ LUIS OLEA CORTEZ
FÉLIX PALMA CRUZ**

ASESOR

MII. CARLOS COBAXIN ZUÑIGA

SAN ANDRES TUXTLA, MARZO DEL 2021

Formato de Liberación de Proyecto



FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Lugar: San Andrés Tuxtla, Veracruz Fecha: 08/03/2021
Asunto: Liberación de proyecto para la Titulación integral.

LIC. GERMÁN VENTURA TENORIO
Jefe del Departamento de Estudios Profesionales del ITSSAT

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado:	PALMA CRUZ FELIX OLEA CORTEZ JOSE LUIS
Carrera:	INGENIERIA ELECTROMECANICA
No. de Control:	151U0158 161U0626
Nombre del Proyecto:	DISEÑO Y CALCULO DEL BANCO DE CAPACITORES DE LA SUBESTACION 3 DEL ITSSAT, EN BASE A LA CARGA DEMANDADA
Producto:	1.-TESIS PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE


I.M. JOSUE ANGEL OLIVEROS GONZALEZ
JEFE DE DIVISION DE INGENIERIA ELECTROMECANICA

M.I.I. CARLOS COBAXIN ZUÑIGA	I.E.M. ALEJANDRO OLIVERIO COPETE PAXTIAN	M.I.I. FRANCISCO JAVIER TORRES PEREZ
Nombre y firma del asesor	Nombre y firma del revisor*	Nombre y firma del revisor*

* Solo aplica para el caso de tesis o tesina.

Carr. Costera del Golfo S/N, KM 140+100
Loc. Matacapán, Mpio. San Andrés Tuxtla, Ver.
C.P. 95804 A.P. 110
Tel: 01(294)9479100 ext. 131
9479107

Autorización de Impresión

 INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS PROFESIONALES

Autorización de Impresión para Titulación Integral

San Andrés Tuxtla, Ver. 08 de marzo del 2021
OPCION: 1.-TESIS PROFESIONAL

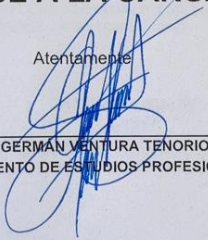
INTEGRANTES


Nombre del Estudiante	No. de Control	Carrera	Plan de Estudios
PALMA CRUZ FELIX	151U0158	INGENIERIA ELECTROMECANICA	IEME-2010-210
OLEA CORTEZ JOSE LUIS	161U0626	INGENIERIA ELECTROMECANICA	IEME-2010-210

De acuerdo con el Reglamento de Titulación Vigente y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo a su trabajo profesional para la obtención del título a nivel licenciatura, comunico a Usted que este departamento concede la autorización para que proceda a la impresión del proyecto denominado:

"DISEÑO Y CALCULO DEL BANCO DE CAPACITORES DE LA SUBESTACION 3 DEL ITSSAT, EN BASE A LA CARGA DEMANDADA"

Atentamente


LIC. GERMAN VENTURA TENORIO
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS PROFESIONALES


INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA
**ESTUDIOS
PROFESIONALES**

Carr. Costera del Golfo S/N, KM 140+100
Loc. Maticapan, Mpio. San Andrés Tuxtla, Ver.
C.P. 95804 A.P. 110
Tel: 01(294) 94 79100 ext. 222
9479107

Agradecimientos

A Dios

Por darme salud y la fuerza de voluntad para superar todos los obstáculos encontrados durante la realización de este trabajo.

A mi Familia

A mis padres Gaudencio Olea Hernández y Maria Luisa Cortez Martínez, por darme su apoyo y sus consejos que me impulsaron a seguir adelante siempre con la mirada en alto, además fueron de gran ayuda para superarme y realizarme como profesionista.

A cada uno de mis hermanos y hermanas por apoyarme en mi formación, ya que cuando necesite de ellos en los momentos más difíciles siempre estuvieron a mi lado a pesar de las adversidades de problemas que nos rodeaban.

A mis Asesores

Por su apoyo durante el periodo que curse la carrera de ingeniería electromecánica, por transmitir sus conocimientos en cada una de las asignaturas impartidas que curse.

A mis Amigos

Hector Luis Vicencio y Leydi Yomira Hernández ya que el apoyo durante la realización de este proyecto siempre estuvimos unidos compartiendo ideas y opiniones para aclarar todas nuestras dudas.

José Luis Olea Cortez

A Dios

Que con su infinito poder me permitió concluir este ciclo.

A mi familia

Mis padres Paulino y Felicita que junto con mis hermanos siempre estuvieron para apoyarme en este largo camino educativo. A mis maestros por transmitirme sus conocimientos. A Fátima, por alentarme a seguir adelante.

A mi querida institución ITSSAT por acogerme varios años.

Félix Palma Cruz

Índice general

Formato de Liberación de Proyecto	I
Autorización de Impresión	II
Agradecimientos	III
Índice	III
Lista de figuras	IV
Lista de tablas	V
Resumen	VI
Abstract	VII
Introducción	1
1. Capítulo I (Generalidades)	2
1.1. Descripción de la Empresa	2
1.1.1. Ubicación Geográfica de la Empresa	2
1.1.2. Visión	3
1.1.3. Misión	3
1.2. Descripción del Problema	4
1.3. Planteamiento del Problema	4
1.4. Hipotesis	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos	5
1.6. Justificación	6
2. Capítulo II (Fundamentos Teóricos)	7
2.1. Antecedentes Teóricos	7
2.2. Marco Teórico	12
2.2.1. Definición de Capacitor	12
2.2.2. Tipos de Capacitores.[8]	13
2.2.3. El Factor de Potencia	14
2.2.4. ¿Por qué se debe corregir el Factor de Potencia?[9]	14
2.2.5. Cosecuencias y causas de un bajo Factor de Potencia.[9]	14
2.2.6. Ventajas de la corrección del Factor de Potencia.[9]	15
2.2.7. ¿Cómo corregir el Factor de Potencia?[9]	16

2.2.8.	Bancos de Capacitores.	17
2.2.9.	Formas de conexión de los Bancos de Capacitores.	18
2.3.	Marco Conceptual	19
2.3.1.	Tipos de Potencia	19
2.3.2.	El Triangulo de Potencia	20
2.3.3.	El Ángulo ϕ	21
2.3.4.	Tipos de Cargas.[7]	21
3.	Capitulo III (Metodología)	22
3.1.	Levantamiento Físico y Eléctrico.	23
3.2.	Características Eléctricas de la Subestación	24
3.3.	Plano Eléctrico del Edificio 1 y 2 de la Subestación 3.	25
3.4.	Memoria Técnica	27
3.5.	Cálculos para el Edificio 1	27
3.5.1.	Elementos electricos sugeridos a instalar en el Edificio 1.	27
3.5.2.	Características del servicio eléctrico	28
3.5.3.	Cálculo por corriente.	28
3.5.4.	Cálculo de corriente por el factor de temperatura.	29
3.5.5.	Cálculo por caída de tensión.	29
3.5.6.	Cálculo por corriente de protección.	30
3.5.7.	Cálculo de protección contra sobre corriente.	30
3.5.8.	Capacidad de los Breakers	30
3.6.	Cálculos para el Edificio 2	31
3.6.1.	Elementos electricos sugeridos a instalar en el Edificio 2.	31
3.6.2.	Características del servicio eléctrico	31
3.6.3.	Cálculo por corriente.	31
3.6.4.	Cálculo de corriente por el factor de temperatura.	32
3.6.5.	Cálculo por caída de tensión.	33
3.6.6.	Cálculo por corriente de protección.	33
3.6.7.	Cálculo de protección contra sobre corriente.	33
3.7.	Cálculo del Banco de Capacitores para la Subestación 3 del ITSSAT.	34
3.7.1.	Factor de Potencia del sistema	34
3.7.2.	Capacidad del Banco de Capacitores	36
3.8.	Proveedores de Bancos de Capacitores	37
3.8.1.	Bancos de Capacitores EATON	37
3.8.2.	Bancos de Capacitores SIEMENS	38
3.8.3.	Bancos de Capacitores Arteche	39
3.9.	Cotización de Bancos de Capacitores a 240 VCA	40

4. Capitulo IV (Presentación y análisis de resultados)	42
4.1. Descripción de los resultados del trabajo	42
4.2. Resultados	43
4.2.1. Determinación del tipo de bancos de capacitores.	43
4.2.2. Calculo del Banco de Capacitores en Excel	43
Conclusiones	45
Referencias	46
A. Anexo I	48
B. Anexo II	52

Lista de Figuras

1.1. Ubicación del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla	2
2.1. Charles F. Du Fay (1698-1739)	7
2.2. Botella de Leyden	8
2.3. William Watson (1715-1787)	9
2.4. Benjamin Franklin	9
2.5. Henry Cavendish (1731-1810)	10
2.6. Charles Augustin Coulomb (1736-1806)	10
2.7. Esquema de la Balanza utilizada por Coulomb	11
2.8. Diagrama de Compensación Individual	16
2.9. Conexiones básicas de bancos de condensadores.	19
2.10. Triángulo de Potencia.	20
3.1. Subestación 3	23
3.2. Subestación 3 del ITSSAT	24
3.3. Diagrama Eléctrico sin escala del Edificio 1	25
3.4. Cuadro de Cargas del Edificio 1	25
3.5. Diagrama Eléctrico sin escala del Edificio 2	26
3.6. Cuadro de Cargas del Edificio 2	26
3.7. Triángulo de Potencia del Edificio 1 y 2 de la Subestación 3	34
3.8. Triángulo de Potencias Corregido	35
3.9. Características de los Bancos de Capacitores Trifásicos EATON	37
3.10. Banco de Capacitores Fijos, Media Tensión.	38
3.11. Capacitor con Interruptor	38
3.12. Características de los Bancos de Capacitores que ofrece Arteche.	39
3.13. Cotización para un Banco de Capacitores marca COMPACT.	40
3.14. Cotización para un Banco de Capacitores marca VEMAC.	40
3.15. Cotización para un Banco de Capacitor modelo ECOVAR.	41
4.1. Ejemplo de un Banco de Capacitor modelo ECOVAR.	43
4.2. Software en Excell para el cálculo de Banco de Capacitores	44

Lista de Tablas

3.1. Elementos electricos sugeridos a instalar en el Edificio 1.	28
3.2. Elementos electricos sugeridos a instalar en el Edificio 2.	31
3.3. Beneficios de compensación por parte de CFE.	36
4.1. Datos finales de la Subestacion 3 del ITSSAT	42

Resumen

Actualmente la mayoría de las Industrias implementan Bancos de Capacitores en sus instalaciones, esto con la finalidad de corregir el factor de potencia y a su vez reducir gastos inmoderados de electricidad, evitando así las penalizaciones que la empresa distribuidora de energía eléctrica, Comisión Federal de Electricidad (CFE) impone ante al consumo excesivo de energía reactiva.

En la presente Tesis se propone una metodología, para establecer la puesta de un Banco de Capacitores en la Subestación 3 del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla (ITS-SAT), que a su vez permitirá la corrección del Factor de Potencia, está diseñado a través de un análisis técnico y económico, en el cual se realiza la selección del tipo de Banco de Capacitores a ser utilizado de acuerdo a las características eléctricas de cada salón y laboratorio que conforman a la subestación 3, así como el costo de este.

El presente proyecto busca exponer la situación de la demanda eléctrica que se generara en la subestación 3 del ITSSAT, dando así una solución para que en un futuro no muy lejano se implemente un Banco de Capacitores de acuerdo a las características del estudio realizado.

Palabras clave: Banco de Capacitores, Subestacion 3, Propuesta.

Abstract

Currently, most of the Industries implement Capacitor Banks in their facilities, this in order to correct the power factor and in turn reduce immoderate electricity costs, thus avoiding the penalties that the electricity distribution company, Federal Electricity Commission (CFE) imposes on the excessive consumption of reactive energy.

In this Thesis a methodology is proposed to establish the installation of a Capacitor Bank in Substation 3 of the Higher Technological Institute of San Andres Tuxtla (ITSSAT), which in turn will allow the correction of the Power Factor, it is designed through of a technical and economic analysis in which he selects the type of Capacitor Bank to be used according to the electrical characteristics of each room and laboratory that make up substation 3, as well as its cost.

This project seeks to expose the situation of the electricity demand that will be generated in substation 3 of the ITSSAT, thus providing a solution so that in the not too distant future a Capacitor Bank will be implemented according to the characteristics of the study carried out.

Keywords: Capacitor Bank, Substation 3, Proposal.

Introducción

El presente trabajo de Tesis tiene como objeto proponer una solución para el bajo factor de potencia que impera en la red eléctrica del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla (ITSSAT); haciendo uso de un banco de capacitores en la subestación 3, con el fin de disminuir las penalizaciones aplicadas por Comisión Federal de Electricidad (CFE). Por ello, se presenta a continuación una memoria técnica de los edificios que alimentará la subestación, así como su plano eléctrico con el fin de determinar la carga que demandaran, el calibre de los conductores necesarios para la instalación, los diferentes elementos que integran el triángulo de potencia entre otros datos técnicos.

Actualmente el ITSSAT cuenta con 3 subestaciones eléctricas encargadas de alimentar los edificios de la institución. Este trabajo se enfoca sólo en la subestación número 3, que alimenta a dos edificios, los cuales se encuentran en obra negra. Debido a que su carga eléctrica es nula, para estimarla se tomó como referencia los laboratorios del edificio E, los cuales pertenecen a las carreras de ingeniería Electromecánica e Industrial, ya que estos cuentan con equipos y motores similares a los que estarán colocados por norma en los nuevos edificios de la subestación.

En el capítulo I, encontraremos el contexto en el cual se desarrolló el proyecto, así como una descripción amplia del problema, los objetivos principales, la localización de la institución entre otras generalidades.

En el capítulo II, se abordará los conocimientos previos necesarios para entender el desarrollo del proyecto, así como un acercamiento a los bancos de capacitores, su historia y como iniciaron sus primeros avances.

Debido a lo anterior, en el capítulo III se presentan los cálculos aplicados para prevenir problemas como el sobrecalentamiento de los conductores, caídas de tensión y por ende el objetivo importante de este proyecto que es la corrección del factor de potencia. Previo a los cálculos pertinentes realizados se encontró un factor de potencia de 0.64, se debe principalmente a que en su infraestructura de la Subestación 3 no se tomó en cuenta las cargas inductivas de los equipos que se usaran en los laboratorios.

1

Capítulo I (Generalidades)

1.1. Descripción de la Empresa

1.1.1. Ubicación Geográfica de la Empresa

El instituto tecnologico superior de san andres tuxtla se encuentra ubicado en la carretera costera del Golfo Km 140+100 s/n. 95800 San Andres Tuxtla.



Figura 1.1: Ubicación del Instituto Tecnológico Superior de San Andres Tuxtla
[Google Maps]

1.1.2. Visión

Ser el Instituto Tecnológico con mayor fortaleza en el Estado, reconocido como la primera opción de Educación Superior, fomentando respeto, compromiso y honestidad, generando calidad a través de la mejora continua.

1.1.3. Misión

Ser un Instituto de Educación Superior formador de profesionistas para el desarrollo económico de la sociedad, mediante un proceso de aprendizaje integral.

1.2. Descripción del Problema

Muchas de las industrias cuentan con un bajo factor de potencia (inferior a los 0.9), debido a que en su infraestructura cuentan con equipos como: motores, soldadoras, balastos y transformadores, siendo las principales generadoras de cargas inductivas, dando origen a un bajo factor de potencia, ya que son cargas no lineales que contaminan a la red eléctrica.

Por otra parte, los problemas que se encuentran o se ocasionan usualmente en las industrias que poseen un bajo factor de potencia son las siguientes: disminución de la calidad de servicio eléctrico, incremento de las pérdidas por el efecto Joule (calentamiento de los conductores, calentamiento de los bobinados de los transformadores de distribución y disparos sin causa aparente de los dispositivos de protección), caída de tensión en la red eléctrica e incremento en la facturación eléctrica. Por tanto, debido a estos inconvenientes, las industrias optan por la implementación de bancos de capacitores en sus instalaciones eléctricas con el objetivo de elevar el factor de potencia a un valor superior a los 0.9 obteniendo así numerosos beneficios, como bonificaciones por parte de la empresa suministradora de energía eléctrica y además protección de la infraestructura eléctrica.

1.3. Planteamiento del Problema

Debido al crecimiento de las cargas y edificios así como de los equipos que se utilizan, ya sea para realizar prácticas o cualquier otra actividad académica con la población estudiantil o con el personal de trabajadores de la propia institución, con el aumento de los conductores se aumenta de igual manera la inductancia y para poder compensar el bajo factor de potencia de la subestación 3 del ITSSAT es necesario implementar un banco de capacitores para poder compensar el factor de potencia.

Algunas cargas típicas que requieren compensación son los compresores, motores, siendo estos últimos el más representativo consumidor de potencia reactiva puesto que al energizar un motor de gran capacidad este requiere una alta potencia reactiva para poder funcionar.

Posteriormente se efectuará el levantamiento físico del lugar para poder realizar el proyecto. Para después analizar las cargas en la subestación 3 o transformador que alimenta a dicha carga en cada edificio que será alimentada por la subestación antes mencionada.

1.4. Hipotesis

Implementado un Banco de Capacitores en la Subestación 3 del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, ¿Se logrará compensar el bajo Factor de Potencia corrigiéndolo de 0.64 a 0.98?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Implementar un Banco de Capacitores en la subestación 3 del Instituto Tecnológico Superior de San Andres Tuxtla que permita la corrección del Factor de Potencia.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento físico y eléctrico del lugar donde se llevará a cabo el estudio del banco de Capacitores.
- Realizar un plano eléctrico por cada edificio que contenga todos los dispositivos o elementos que la conforman.
- Realizar la memoria técnica con los datos obtenidos del plano realizado anteriormente.
- Verificar con los proveedores cuales son los Bancos de capacitores con las características de acuerdo a la memoria técnica realizada.
- Cotizar con las diferentes empresas el costo del banco de capacitores que cumplan con las características solicitadas para dichos bancos de capacitores.

1.6. Justificación

La importancia del estudio se fundamenta en poder analizar las oportunidades de ahorro de energía eléctrica en la empresa o institución educativa. El factor de potencia se corrige por causas económicas que beneficia tanto al usuario de energía eléctrica, como a la compañía suministradora. Para esto se debe elevar el factor de potencia a un valor cercano a la unidad.

En Instituto Tecnológico Superior de San Andres Tuxtla se requiere que se sea compensado el factor de potencia, actualmente este cuenta con un bajo Factor de potencia y eso hace que afecte a la compañía suministradora (CFE), ya que al suministrar a una instalación con bajo factor de potencia tiendan ellos a afectarles, y por lo tanto tienen que suministrar más carga capacitiva y por tal razón tienen que cobrar una cuota adicional a la empresa o institución educativa.

La necesidad de realizar el siguiente proyecto, también está enmarcado con el objeto del cuidado del medio ambiente, aumenta la vida útil de los equipos de la empresa, evita la caída de tensión en las redes de distribución y se obtienen bonificaciones por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica.

2

Capítulo II (Fundamentos Teóricos)

2.1. Antecedentes Teóricos

Uno de los primeros en acuñar el término electromagnetismo fue William Gilbert, quien poseía los títulos de físico y médico inglés, en el año 1600 experimentó con el magnetismo y la electricidad, experimentaba con sustancias, al darse cuenta que frotando una sustancia con otra el resultado de ambas producía un efecto eléctrico, este se producía por la fricción de ambas.

En 1733 Charles François du Fay (ver figura 2.1) descubrió la existencia de dos tipos de electricidad producto por el frotamiento, a las cuales llamó vítreo y resinoso correspondiente a lo que hoy se llamaría por electricidad positiva y negativa. [1]



Figura 2.1: Charles F. Du Fay (1698-1739)

[1]

Tras varios años de aportaciones y descubrimientos importantes en la electricidad y el magnetismo, finalmente se logra construir el primer condensador eléctrico, conocido como la botella de

Leyden(ver figura 2.2), en 1745 el Holandés Pieter Van Musschenbroek en compañía de su grupo de investigación plantearon sus hipótesis, en la cual se preguntaron si era posible almacenar de alguna manera la carga eléctrica, para ello construyeron una botella de cristal llena de agua, y es ahí donde surge la primera botella de Leyden en la historia. Sin embargo, este gran invento no fue lo suficiente para generar una descarga. [2]

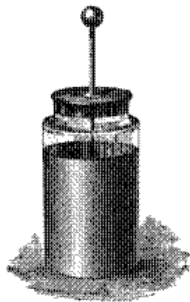


Figura 2.2: Botella de Leyden
[2]

Para que se pueda dar una descarga en la botella de Leyden esta debe de almacenar una gran carga para producir una chispa y esa chispa genera la descarga de la misma.

Años más tarde en 1747 el físico británico William Watson (ver figura 2.3), como uno de los científicos que perfeccionaron la botella de Leyden aplicándole en su cara externa y en la superficie interior sendas láminas de estaño a modo de electrodos. Era un apotecario (o boticario) en Londres cuando se dedicó al estudio de la electricidad con tanta asiduidad que llegó a ser uno de los experimentadores más activos del siglo XVIII en el campo de la electrostática. Fue el primero de ellos que trató de medir la velocidad de propagación de la electricidad.

Uno de los experimentos con que intentó esta medida consistió en enviar descargas de botellas de Leyden a lo largo de un alambre de cobre de 4 Km de longitud, como ya se dijo más arriba. Infortunadamente Watson concluyó de estas experiencias que la electricidad se propaga a velocidad infinita. Fue él quien introdujo las teorías de Franklin en Europa. Sus numerosos aportes le merecieron ser nombrado miembro de la Royal Society. Una de las primeras aplicaciones que tuvo la botella de Leyden fue como dispositivo que contribuía al almacenamiento de energía en una máquina de Wimshurt, esta máquina genera cargas eléctricas por inducción electrostática. [3]



Figura 2.3: William Watson (1715-1787)
[3]

Este dispositivo se seguía poniendo a prueba para saber cuál era la capacidad de carga que podía almacenar, y es aquí donde Benjamín Franklin (ver figura 2.4) pone a prueba la botella de Leyden, por medio de sus cometas logro cargarla con la energía generada por las nubes, mostrando así la gran capacidad de almacenamiento de energía que podía soportar este artefacto. En 1752, Franklin propuso la (teoría de fluidos) para probar que el relámpago es un fenómeno eléctrico, fue también Franklin quien utilizó (+) y (-) para nombrar los dos tipos de fuerzas eléctricas, atracción (positivo) y repulsión (negativo). Sus descubrimientos usando el frasco de Leyden lo llevaron a descubrir y mostrar que en una pieza plana de cristal podría trabajar tan bien como un contenedor de vidrio para hacer un capacitor. Estos reciben el nombre de capacitores planos o (Cuadrados de Franklin).

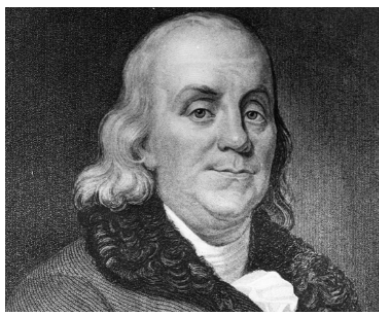


Figura 2.4: Benjamin Franklin
[3]

En la figura 2.5 Henry Cavendish (1731-1810), hombre extremadamente rico y extremadamente tímido y un personaje ciertamente solitario, fue uno de los primeros en utilizar el concepto de carga eléctrica. Hizo muchos experimentos y descubrimientos entre 1760 y 1800 como la medida de la capacidad de un condensador o el concepto de resistencia. [4]

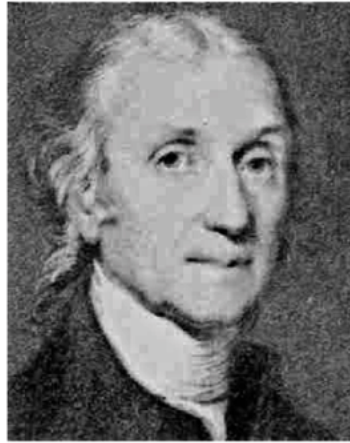


Figura 2.5: Henry Cavendish (1731-1810)
[4]

La ley que rige las fuerzas de atracción y repulsión entre cargas eléctricas fue descubierta y formulada en 1785 por Charles Augustin Coulomb (1736-1806, ver figura 2.6) tras una serie de experimentos realizados con una balanza de torsión de gran sensibilidad (Fig.2.7) formada por una varilla ligera que está suspendida de un largo y delgado hilo con dos esferas equilibradas a cada extremo. Según la ley de Coulomb, la fuerza entre dos cargas puntuales es proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Esta fuerza es atractiva si las cargas son de distinto signo y repulsiva si el signo de las dos cargas es el mismo. [4]



Figura 2.6: Charles Augustin Coulomb (1736-1806)
[4]

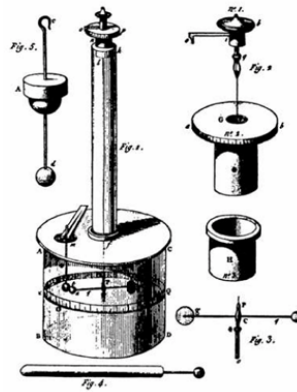


Figura 2.7: Esquema de la Balanza utilizada por Coulomb
[4]

Gracias a las grandes contribuciones y aportes que hicieron cada uno de los físicos, hoy en día contamos con diferentes tipos de condensadores o también llamados capacitores de diferentes tamaños y capacitancias.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Definición de Capacitor

Un capacitor o también conocido como condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía a través de campos eléctricos (uno positivo y uno negativo). Este se clasifica dentro de los componentes pasivos ya que no tiene la capacidad de amplificar o cortar el flujo eléctrico. Los capacitores se utilizan principalmente como filtros de corriente continua, ya que evitan cambios bruscos y ruidos en las señales debido a su funcionamiento.[5]

Partes de un Capacitor

Dieléctrico

Consiste en el material mal conductor de electricidad, por lo que puede ser empleado como un aislante eléctrico, y también si se somete a un campo eléctrico externo, puede instalarse en él uno que sea interno, contrario a los materiales aislantes con los que suelen ser confundidos. Todos los materiales dieléctricos son aislantes, pero, no se da el caso viceversa, o sea, no todos los materiales aislantes son dieléctricos.[6]

Placas Metálicas

Estas placas tienen la función de guardar las cargas eléctricas. Una carga eléctrica al nivel de electricidad existente en un cuerpo. Es importante señalar que la electricidad consiste en una fuerza manifestada a través del rechazo o atracción entre las partículas cargadas, que se producen por la existencia de las partículas elementales conocidas como protones (consistente en la carga positiva) y electrones (consistente en carga negativa).

Es posible asegurar que la carga eléctrica, por consiguiente, es una propiedad de carácter física de algunas partículas. Aquella materia que tiene carga eléctrica produce un campo electromagnético que, al mismo tiempo, influye en ella: existe una interacción entre la carga eléctrica y dicho campo. En tanto que las cargas eléctricas de diferente clase se atraen, las del mismo tipo se rechazan o repelen. Como se mencionó anteriormente, la carga eléctrica puede ser positiva o negativa y se genera en unidades naturales discretas. La carga eléctrica es vista como una cantidad preservada, o sea, no puede ser creada ni destruida.[6]

Carcasa

Consisten en los objetos rígidos y usualmente más resistentes que otorgan protección o sostén a algo. Usualmente las que están diseñadas con plástico tienen a su favor que son muy fuertes ante los golpes o impactos de cualquier clase. A diferencia de esto, su mayor debilidad radica en

que son muy sensibles tanto a los cambios de temperatura como a las radiaciones del sol, para ello existen capacitores que soportan desde bajas temperaturas hasta altas.[6]

Capacitancia

La capacitancia es una medida de la cantidad de carga eléctrica que el condensador tomara por una diferencia de potencial aplicado entre las placas conductoras en condiciones ideales.

El valor de la capacitancia es proporcional al área de las placas y proporcional a la permitividad del material dieléctrico e inversamente proporcional al espesor del material aislante.[8]

2.2.2. Tipos de Capacitores.[8]

Capacitores Estáticos.

Capacitores en Serie.

Los capacitores en serie se utilizan para aumentar el voltaje en el extremo de recibo y disminuir el ángulo de transmisión; además de que sirven para delimitar la corriente. La compensación con condensadores en serie debe hacerse menor del cien por ciento con el fin de evitar problemas de ferresonancia, problemas de potencia, etc.

La potencia reactiva de los capacitores en serie depende de la corriente de carga y por lo tanto cambia con esta.

Reactores en Paralelo.

Los reactores en paralelo pueden ir fijos o con interrupciones mecánicas. Los reactores se conectan en paralelo con el propósito de absorber potencia reactiva. Se utilizan para satisfacer los requerimientos de control del voltaje, mantener el voltaje bajo en caso de baja carga y para compensar la carga capacitiva de la línea.

Capacitores en Paralelo.

La instalación de los capacitores en paralelo puede ser fija o con interrupción automática o manual para satisfacer los requerimientos de control de voltaje.

Los capacitores se conectan en paralelo con el propósito de producir potencia reactiva, son el medio más económico para producirla.

También se utiliza para aumentar el voltaje en el extremo de recibo en caso de ser grandes cargas y entregar potencia reactiva directamente a la carga.

Las ventajas de los capacitores en paralelo son su bajo costo y gran flexibilidad además de que reducen mas los KVAR demandados al generador que los condensadores en serie. Los capacitores en paralelo o shunt reducen las perdidas en la línea por efecto de reducir la corriente que pasa por ella.

Las desventajas de los capacitores shunt son las perturbaciones o salidas que dan el menor soporte en un tiempo grande cuando mas se necesita.

2.2.3. El Factor de Potencia

Se denomina factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente como lo indica la ecuación 1, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura, o sea que, el factor de potencia debe tratar de coincidir con el coseno ϕ pero no es lo mismo.

$$F.P = \frac{P}{S}$$

Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea alto y algunas empresas de servicio eléctrico exigen valores de 0,85 o más.

El valor ideal del factor de potencia es 1.0, pero esto no suele darse en algunas de las industrias, a menos que se instalen cargas capacitivas, principalmente por las cargas inductivas.

2.2.4. ¿Por qué se debe corregir el Factor de Potencia?[9]

La corrección del factor de potencia en las instalaciones tiene varios objetivos, los mas importantes son los siguientes:

- Disminuir la penalización aplicada la consumo de energia por bajo factor de potencia (en su caso).
- Disminuir la caída de voltaje en conductores.
- Reducir las pérdidas en alimentadores y conductores.
- Liberar capacidad en alimentadores y transformadores.

2.2.5. Cosecuencias y causas de un bajo Factor de Potencia.[9]

Perdidas en la Instalación.

Las pérdidas de energia eléctrica ocurren en forma de calor y son proporcionales al cuadro de la corriente total (I^2R). Como esta corriente crece con el exceso de energia reactiva, establece

una relación entre el incremento de las pérdidas y el bajo factor de potencia, provocando el aumento de calentamiento de conductores y equipo.

Caída de Tensión.

El aumento de corriente debido al exceso de energía reactiva, lleva a caídas de tensión acentuadas, pudiendo ocasionar la interrupción del suministro de energía eléctrica y la sobrecarga en ciertos elementos de la red. Este riesgo es sobre todo acentuado durante los periodos en los cuales la red es fuertemente solicitada. De esta manera, las caídas de tensión pueden provocar la disminución de la intensidad luminosa de las lámparas y aumento de la corriente en motores.

Subutilización de la Capacidad Instalada.

La energía reactiva a sobre cargar en una instalación eléctrica hace inviable su utilización plena, condicionando la instalación de nuevas cargas e inversiones que se podrían evitar, si el factor de potencia representa valores mas altos. El “espacio” ocupado por la energía reactiva, se podría utilizar entonces para atender nuevas cargas.

Las inversiones en la ampliación de las instalaciones están relacionadas principalmente con los transformadores y conductores necesarios. El transformador a ser instalado debe atender la potencia total de los equipos utilizados, pero debido a la presencia de potencia reactiva, su capacidad se debe calcular en base a la potencia aparente de la instalación.

2.2.6. Ventajas de la corrección del Factor de Potencia.[9]

Mejoria de la Tensión.

Las desventajas de una tensión debajo de la nominal en cualquier sistema eléctrico son bastantes conocidas. Los capacitores elevan los niveles de tensión, y esta mejoría de tensión se debe de ver como una ventaja adicional al uso de capacitores.

La tensión en cualquier punto de un circuito eléctrico es igual a la tensión en la fuente de generación, menos la caída de tensión en cualquier punto de un circuito. Como normalmente se conoce la tensión en la fuente, el problema es calcular la caída de tensión.

Para simplificar el cálculo de las caídas de tensión, se usan por lo general la formula siguiente:

$$\Delta V = R I \cos\phi \pm X I \operatorname{sen}\phi$$

Donde:

ΔV = Caída de Tensión.

R= Resistencia.

I = Corriente.

ϕ = Angulo del factor de Potencia.

X = Reactancia.

2.2.7. ¿Cómo corregir el Factor de Potencia?[9]

Instalando una batería o banco de capacitores es posible reducir la potencia reactiva absorbida por las cargas inductivas en el sistema, y en consecuencia, mejora el factor de potencia.

Es deseable tener un factor de potencia un poco mayor a 0.9 para prevenir pagar penalidad, el valor del $\cos\phi$ debe ser tan cercano a la unidad como sea posible, para prevenir las corrientes atrasadas en el sistema eléctrico.

La selección del equipo correcto para la corrección del factor de potencia, depende del tipo de cargas y de la forma en como operen. La elección generalmente es entre dos métodos: compensación central y compensación individual.

La compensación individual requiere que la corrección del factor de potencia se instale en cada una de las cargas (por ejemplo, en las terminales de los motores).

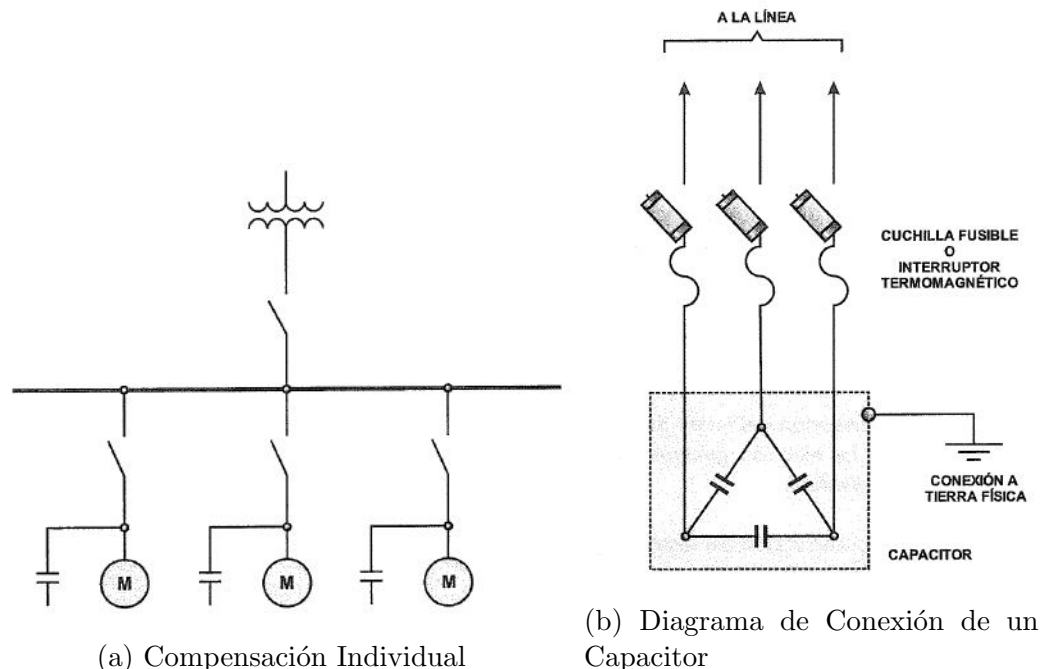


Figura 2.8: Diagrama de Compensación Individual

Compensación central: hay solo un banco de capacitores sobre el sistema principal de distribución en la subestación o tablero principal.

La forma como varía la carga cada día tiene una importancia fundamental en la selección del tipo de compensación más conveniente. En muchas instalaciones, no todos los usuarios operan simultáneamente, algunas cargas funcionan sólo unas pocas horas al día. Es evidente que la solución de compensación distribuida resulta muy costosa por el número elevado de condensadores que se debe instalar, y luego después de algún tiempo, estos condensadores quedan inutilizados al modificarse las características de la red.

La **compensación distribuida** es conveniente siempre que la mayor parte de la potencia reactiva requerida sea concentrada en pocas cargas de gran potencia, que trabajan durante muchas horas del día.

La **compensación centralizada** conviene en el caso de instalaciones con muchas cargas heterogéneas que trabajan en forma concentrada en algunas subestaciones, por largos periodos de tiempos.

La compensación centralizada es la mejor para el sistema donde la carga fluctúa a lo largo del día. Si la absorción de potencia reactiva es muy variable, es recomendable el uso de regulación automática, fraccionando el banco de capacitores en más pasos. Se puede prever el uso de accionamiento manual cuando el banco de capacitores es accionado pocas veces.

2.2.8. Bancos de Capacitores.

Bancos de Capacitores (condensadores) Fijos.

Los bancos de condensadores fijos son aquellos que quedan conectados permanentemente a la línea y para los cuales se prevén solo algunas operaciones de conexión y desconexión en un periodo de tiempo largo.

Normalmente se conectan a través de cuchillas desconectadas o cuchillas cortacircuitos fusibles.

Los bancos fijos se instalan principalmente cuando: la demanda de potencia reactiva de la carga que se pretende compensar es constante o poco variable.

- Se pretende reducir pérdidas por efecto joule, o aumentar la capacidad de cargas, transformadores y generadores, siempre y cuando exista una carga global poco variable.
- También se utilizan cuando se trata de elevar los niveles de voltaje en líneas de transmisión y distribución.

Bancos de Capacitores Automáticos.

Los bancos automáticos son utilizados cuando el requerimiento total de potencia reactiva no es constante, y es todavía muy pequeño para compensarla individualmente en los objetos de carga diferente.

Los bancos de condensadores permiten adaptar automáticamente la potencia reactiva suministrada por las baterías de condensadores a las necesidades de las cargas de la red (motores, transformadores etc.)

Los bancos de condensadores se utilizan por lo general en un punto central de la instalación: así la potencia reactiva suministrada por esta unidad central se distribuye por todos los circuitos de la instalación con la desventaja que no hay reducción de corriente reactiva en las líneas internas, no hay reducción de pérdidas internas en la instalación y solo se descargan de corriente activa las líneas de alimentación externa.

Se debe prestar atención a que la potencia de la batería de condensadores a instalar en KVar sea superior al 15 por ciento de la potencia nominal de centro de transformación en KVA. Esto con el fin de evitar elevaciones de tensión posibles en caso de red en vacío o con muy débil de la carga.

Las componentes esenciales de un banco automático en una instalación son los siguientes:

- Condensadores.
- Regulador de potencia reactiva.
- Transformador de corriente.
- Fusibles o interruptores automáticos.
- Dispositivo de descarga de condensadores.
- Contactores.

Los capacitores trifásicos que conforman el banco están formados por un cierto número y estos se colocan en el mismo gabinete. Los capacitores pueden ser arreglados como grupos de unidades en paralelo conectadas en serie y acumulados en contactores. Cada grupo de unidades individuales conectadas en paralelo se denominan usualmente como “secciones” o “pasos” del banco.

El número de secciones depende en gran parte del voltaje del sistema, y el número de unidades en paralelo en cada sección está determinado por el valor nominal KVars.

2.2.9. Formas de conexión de los Bancos de Capacitores.

Las formas de conexiones básicas utilizadas son las siguientes:

- Conexión Delta.
- Conexión “Y” aterrizada.
- Conexión “Y” no aterrizada.

En la siguiente figura se muestran los tres tipos de conexión.

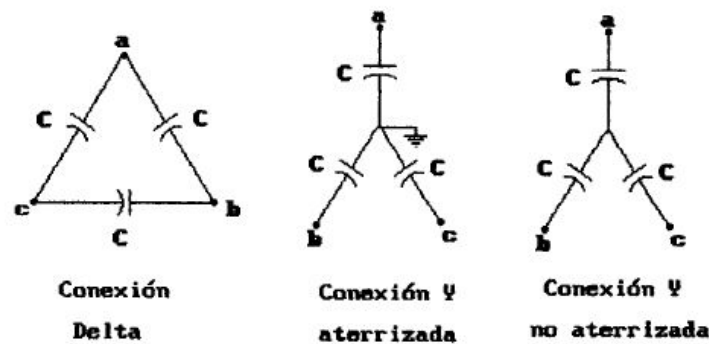


Figura 2.9: Conexiones básicas de bancos de condensadores.

Existen otros tipos de configuraciones más desarrolladas las cuales se utilizan en instalaciones a altos voltajes como son:

- Conexión “Y” con resistencia de puesta a tierra.
- Conexión “Doble Y” con puesta directa a tierra, con resistencia a tierra o sin puesta a tierra.
- Conexión doble delta.

Generalmente en la práctica son más utilizados bancos en “Y” sin puesta a tierra.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Tipos de Potencia

Potencia Activa(P)

Se define potencia activa como la potencia realmente consumida por una instalación, es igual al producto de la corriente activa I_A y la tensión de alimentación V , ($P=V \cdot I_A$), siendo las unidades de medidas el Watt (W) y el Kilowatt (KW) Para el cálculo de potencia activa en un sistema monofásico y trifásico se emplea las siguientes ecuaciones:

Potencia Reactiva (Q)

La potencia reactiva absorbida por la instalación es igual al producto de la corriente reactiva I_R por la tensión de alimentación V , ($Q=V \cdot I_R$) y se mide en Var o Kvar. Para el cálculo de potencia reactiva en un sistema monofásico y trifásico se emplea las siguientes ecuaciones:

Potencia Aparente (S)

La potencia aparente se define como el producto de la corriente total absorbida por una instalación I , por la tensión de alimentación V , ($S=V \cdot I$) y sus unidades de medidas son en VA o en KVA. Para el cálculo de potencia aparente en un sistema monofásico y trifásico se emplea las siguientes ecuaciones:

2.3.2. El Triangulo de Potencia

Triángulo de potencias que forman la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente. El ángulo que se aprecia entre la potencia aparente y la activa se denomina coseno de "fi". o factor de potencia lo crea la potencia reactiva. A mayor potencia reactiva, mayor será ese ángulo y menos eficiente será el equipo al que le corresponda.

La siguiente figura muestra la ilustración de las diferentes formas de potencia eléctrica.

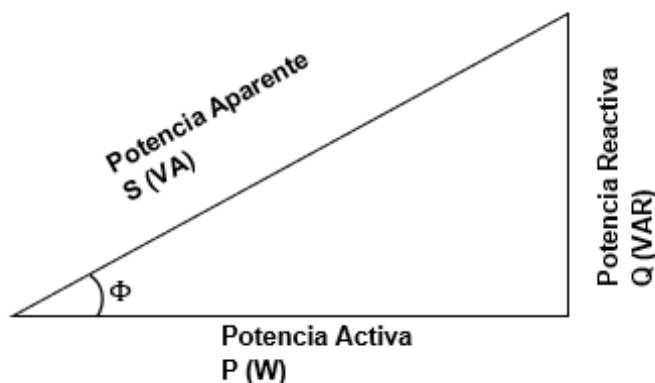


Figura 2.10: Triangulo de Potencia.

De la figura anterior se puede observar que: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ La potencia aparente la podemos obtener utilizando el teorema de Pitágoras en el triángulo de potencias.

2.3.3. El Ángulo ϕ

En la electricidad, el ángulo ϕ nos indica si las señales de voltaje se encuentran en fase, dependiendo el tipo de carga que se este utilizando, el factor de potencia (F.P= $\cos \phi$) puede ser:

- Adelantado.
- Retrasado.
- Igual a 1.

2.3.4. Tipos de Cargas.[7]

Carga Resistiva

La intensidad de corriente está en fase con la tensión. La característica de esta carga es que el ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente es cero, por lo tanto, se dice que tiene un factor de potencia unitario. Hornos eléctricos resistivos, lámparas de luz incandescentes, calefactores son ejemplos de cargas resistivas.

Cargas Inductivas

Bobinas de motores y transformadores son ejemplos de cargas inductivas en donde la característica principal es la de almacenar y consumir energía eléctrica convirtiéndola en energía magnética generado al circular una corriente eléctrica en estos elementos. La corriente se encuentra atrasada con respecto al voltaje, existe un desfase negativo de -90° . En este caso se tiene un factor de potencia en atraso.

Cargas Capacitivas

Capaces de almacenar energía en forma de campo eléctrico, en donde la intensidad de corriente adelanta a la tensión en 90° , los bancos de capacitores son un ejemplo de cargas capacitivas.

Cargas Compuestas

Formada por una parte resistiva dispuesta en paralelo con parte inductiva y/o capacitiva, estas cargas representan motores eléctricos, reactores inductivos y capacitivos, líneas de transmisión en vacío, transformadores, lámparas fluorescentes, etc.

3

Capítulo III (Metodología)

3.1. Levantamiento Físico y Eléctrico.

Mediante un estudio de campo se llevó a cabo el levantamiento físico y eléctrico de la Subestación 3 del ITSSAT, en cada una de las áreas que comprenden al Edificio 1 y 2 (ver figura 3.1). Estos edificios se encuentran en obra negra, por lo cual se hizo una consideración de los elementos y dispositivos eléctricos con los que contará a futuro la instalación de cada uno de sus laboratorios y salones.

Para ello se tomaron como referencias las cargas eléctricas de los actuales laboratorios y salones de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Subestación 2, ya que la carga y los dispositivos con los que cuentan cada una de esas áreas están dentro de los estándares permitidos que demanda cada laboratorio y salón que conforman al E1 y E2 de la Subestación 3.



Figura 3.1: Subestación 3

Estos edificios contarán con cuatro laboratorios, el primero edificio contará con tres laboratorios integrados que corresponderán al área de Ingeniería Mecatrónica, el segundo edificio tendrá un laboratorio de química para la carrera de Ingeniería Ambiental.

3.2. Características Eléctricas de la Subestación

La subestación 3 del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla es de tipo Pedestal, las características de este tipo son las siguientes:

Las subestaciones tipo Pedestal se caracterizan por no tener puntos calientes y toda la alimentación eléctrica es subterránea.

La subestación pedestal o pad mounted (tipo jardín) puede ser utilizada a la intemperie o al interior de edificios, ofrecen seguridad para ser instalada en lugares en que existe paso de personas como en parques o avenidas.

La subestación de pedestal está conformada por dos gabinetes, uno en el que se encuentra alojado el transformador el cual lleva sus protecciones internas y otro para la caja de maniobras, estos gabinetes cuentan con cerradura que impiden el ingreso de personal no autorizado. La subestación de pedestal debe contar con una puesta tierra a la que se conectan las partes metálicas de la subestación, al neutro del transformador y la tierra de los descargadores de sobretensión.



Figura 3.2: Subestación 3 del ITSSAT

3.3. Plano Eléctrico del Edificio 1 y 2 de la Subestación 3.

Plano eléctrico de los dispositivos o elementos eléctricos que contiene cada edificio

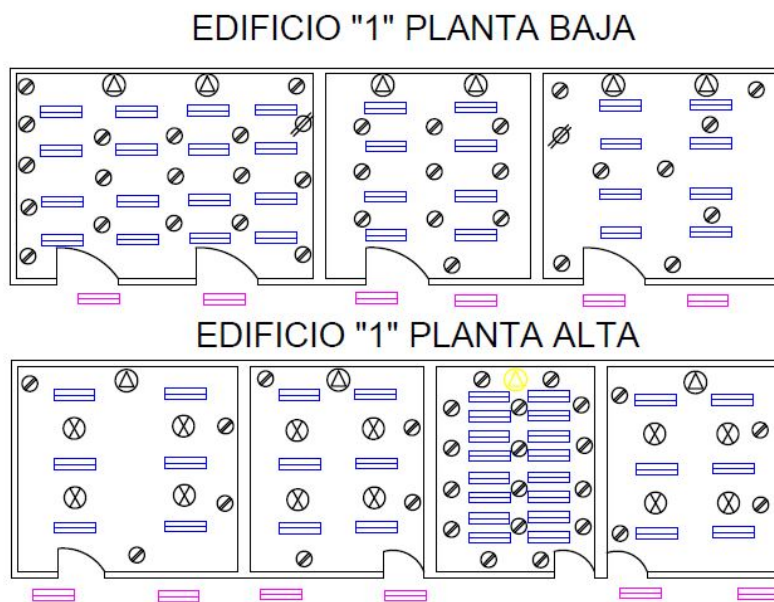


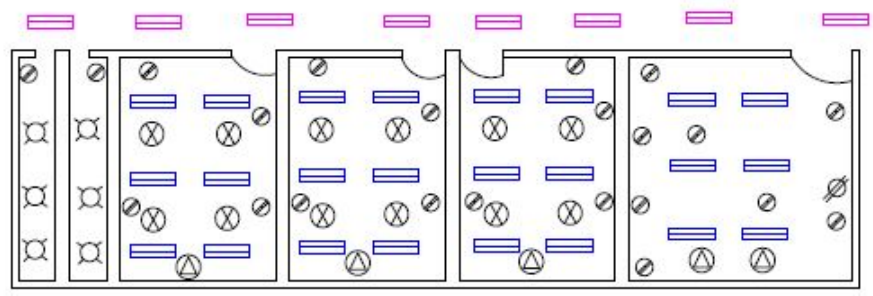
Figura 3.3: Diagrama Eléctrico sin escala del Edificio 1

CUADRO DE CARGAS EDIFICIO "1"

#CIR	9 X 250W	1 X 3000W	3 X 1500W	53 X 150W	56 3 X 15W	12 2 X 75W	12 X 150W	A	B	C
C1	1							1250 W		1250 W
C2	1							1250 W	1250 W	
C3	1								1250 W	1250 W
C4	1							1250 W		1250 W
C5	1							1250 W	1250 W	
C6	1								1250 W	1250 W
C7	1							1250 W		1250 W
C8	1							1250 W	1250 W	
C9	1								1250 W	1250 W
C10		1						1500 W		1500 W
C11			1					750 W	750 W	
C12			1						750 W	750 W
C13			1					750 W		750 W
C14				5	6	1	2	819 W	819 W	
C15				7	6	2	1		999 W	999 W
C16				6	2	1	1	738 W		738 W
C17				6	7	1	2	933 W	933 W	
C18				8	13	2	1		1257 W	1257 W
C19				3	2	1	1	468 W		468 W
C20				6	7	1	1	858 W	858 W	
C21				10	10	1	1		1290 W	1290 W
C22				6	6	1	1	834 W		834 W
C23				6	7	1	1	858 W	858 W	
CARGA TOTAL								16,008 W	16,014 W	16,086 W

Figura 3.4: Cuadro de Cargas del Edificio 1

EDIFICIO "2" PLANTA BAJA



EDIFICIO "2" PLANTA ALTA

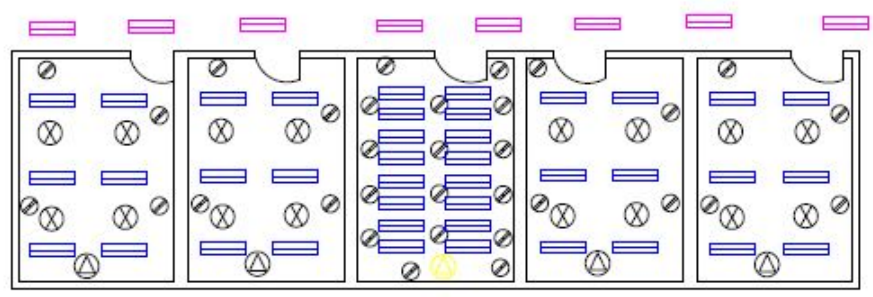


Figura 3.5: Diagrama Electrico sin escala del Edificio 2

CUADRO DE CARGAS EDIFICIO "2"

#CIR	10 X 2500w	1 X 3000w	1 X 1500w	56 X 180w	48 3 X 18W	16 2 X 75W	24 X 150W	6 X 30W	A	B	C
C1	1								1250 W		1250 W
C2	1								1250 W	1250 W	
C3	1									1250 W	1250 W
C4	1								1250 W		1250 W
C5	1								1250 W	1250 W	
C6	1									1250 W	1250 W
C7	1								1250 W		1250 W
C8	1								1250 W	1250 W	
C9	1									1250 W	1250 W
C10	1								1250 W		1250 W
C11		1							1500 W	1500 W	
C12			1							750 W	750 W
C13				4	6	3	2	1	894 W		894 W
C14				5	3	1	1	1	687 W	687 W	
C15				6	8	4	4	1	687 W	1347 W	1347 W
C16				5	8	2	2	1	957 W		957 W
C17				5	6	1	2	1	834 W		834 W
C18				5	6	4	5	1		1284 W	1284 W
C19				5	4		1		621 W		621 W
C20				6	6		1		759 W	759 W	
C21				5	8	1	4			1017 W	1017 W
C22				5	5		1		645 W		645 W
C23				5	4		1		621 W	621 W	
CARGA TOTAL									16266 W	16299 W	16266 W

Figura 3.6: Cuadro de Cargas del Edificio 2

3.4. Memoria Técnica

DISEÑO Y CALCULO DEL BANCO DE CAPACITORES DE LA SUBESTACIÓN 3 DEL ITSSAT, EN BASE A LA CARGA DEMANDADA.

Memoria Técnica Descriptiva para el Cálculo del Banco de Capacitores de la Subestación 3 del ITSSAT, esta cuenta con una capacidad de 150 KVA que alimentara al sistema electrico correspondiente al edificio 1 y 2, con línea de distribución 3F - 4H con una carga total de 96.94 KW, dicha subestación se encuentra ubicada en el Instituto Tecnológico Superior De San Andres Tuxtla.

La presente Memoria Técnica presenta los cálculos pertinentes realizados en cada uno de los 2 edificios que conforman a la Subestación 3 del Instituto Tecnológico Superior de San Andres Tuxtla (ITSSAT), los cálculos realizados son los siguientes:

- Cálculo de Corriente Total.
- Corriente Corregida por el Factor de Temperatura.
- Cálculo por Caída de Tensión.
- Cálculo por Corriente de Protección.
- Cálculo de Protección Contra Sobre Corriente.
- Cálculo de Dispositivo de Protección (Breakers).

Y para finalizar se realizó el cálculo para determinar la capacidad que debe de tener el Banco de Capacitores que permitirá corregir el factor de potencia de la Subestación 3.

3.5. Cálculos para el Edificio 1

3.5.1. Elementos electricos sugeridos a instalar en el Edificio 1.

En la siguiente tabla se listan los elementos sugeridos a instalar en cada una de sus secciones del edificio 1 de la subestación 3 del ITSSAT.

Elementos	Potencia demandada en Watts
9 unidades de clima de 2500 W	22,500 W
1 unidad de clima de 3000 W	3,000 W
3 contactos especiales de 1500 W	4,500 W
63 contactos sencillos de 180 W	11,340 W
66 lamparas sin balastro de 3x16 W	3,168 W
12 lamparas sin balastro de 2x75 W	1,800 W
12 ventiladores de 150 W	1,800 W

Tabla 3.1: Elementos electricos sugeridos a instalar en el Edificio 1.

3.5.2. Características del servicio eléctrico

Teniendo una potencia total de: 48, 108 W y un servicio trifásico a 4 hilos (3F – 4H), el primer cálculo a realizar es:

3.5.3. Cálculo por corriente.

Para realizar este calculo se aplica la siguiente Ecuación:

$$I = \frac{KW}{\sqrt{3} \times E \times f.p}$$

Donde:

KW= 48,108

E= 220 V

f.p= 0.85

Sustituyendo tenemos que:

$$I = \frac{48,108 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 220\text{V} \times 0,85}$$

$$I = 148,530 \text{ A}$$

Finalmente se calculara la corriente corregida, dada por la siguiente formula:

$$I_C = I \times 1,25$$

Sustituyendo tenemos que:

$$I_C = 148,530 \times 1,25$$

$$I_C = 185,662 \text{ A}$$

3.5.4. Cálculo de corriente por el factor de temperatura.

Tomando en consideración una temperatura de 45°C y un conductor THW de la tabla no.1, el factor de temperatura es de 0.82, con este valor se procede a corregir la corriente por temperatura.

$$I_{CT} = \frac{I_C}{F_T}$$

Donde:

$$I_C = 185,662 \text{ A}$$

$$F_T = 0,82$$

Sustituyendo los valores se tiene que:

$$I_{CT} = \frac{185,662 \text{ A}}{0,82}$$

$$I_{CT} = 226,417 \text{ A}$$

Las tablas No. 2 y 3 se ubican en el anexo A

Este valor se utiliza para calcular el calibre del conductor THW tabla No.2 y el diámetro de tuberías a utilizar tabla No.3 en la instalación eléctrica, para ello tenemos que:

4 Conductores, calibre 0000 y con un diámetro de tuberías de 4 pulgadas.

3.5.5. Cálculo por caída de tensión.

Para el cálculo por caída de tensión se utiliza la siguiente formula:

$$S = \frac{2 L I}{E_n \times e}$$

Donde:

L= Distancia de la Subestacion.

I= 148.530 A.

E_n= 127 V

e= 3

Sustituyendo tenemos que:

$$S = \frac{(2) (20 \text{ m}) (148,530\text{A})}{127\text{V} \times 3}$$

$$S = \frac{5,941,2}{381}$$

$$S = 16 \text{ mm}^2$$

4 conductores calibre 4 con un diámetro de tuberías de 2 $\frac{1}{2}$ pulgadas

3.5.6. Cálculo por corriente de protección.

Para el cálculo por corriente de protección se utiliza la formula siguiente:

$$I_p = I_{cT} \times 1,25$$

$$I_p = 226,417 \text{ A} \times 1,25$$

$$I_p = 283,021 \text{ A}$$

Utilizando la tabla No. 2 y 3, tenemos que:

4 conductores calibre 300 MCM, con diametro de tuberia de 4 pulgadas.

3.5.7. Cálculo de protección contra sobre corriente.

Se calcula por la formula siguiente:

$$I_{pcsc} = I_{cT} \times 1,15$$

$$I_{pcsc} = 226,417 \text{ A} \times 1,15$$

$$I_{pcsc} = 260,379 \text{ A}$$

Utilizando la tabla No. 2 ubicada en el anexo A tenemos que:

El calibre del Neutro es de 300 MCM

3.5.8. Capacidad de los Breakers

Se recomienda utilizar 3 pastillas termomagneticas de 250 Ampers. Ver el anexo 3.

3.6. Cálculos para el Edificio 2

3.6.1. Elementos electricos sugeridos a instalar en el Edificio 2.

En la siguiente tabla se listan los elementos sugeridos a instalar en cada una de sus secciones del edificio 2 de la subestación 3 del ITSSAT.

Elementos	Potencia demandada en Watts
10 unidades de clima de 2500 W	25,000 W
1 unidad de clima de 3000 W	3,000 W
1 contacto especial de 1500 W	1,500 W
56 contactos sencillos de 180 W	10,080 W
64 lamparas sin balastro de 3x16 W	3,072 W
16 lamparas sin balastro de 2x75 W	2,400 W
24 ventiladores de 150 W	3,600 W
6 lamparas led de 30 W	180 W

Tabla 3.2: Elementos electricos sugeridos a instalar en el Edificio 2.

3.6.2. Características del servicio eléctrico

Teniendo una potencia total de: 48, 832 W y un servicio trifásico a 4 hilos (3F – 4H), el primer cálculo a realizar es:

3.6.3. Cálculo por corriente.

Para realizar este calculo se aplica la siguiente Ecuación:

$$I = \frac{KW}{\sqrt{3} \times E \times f.p}$$

Donde:

$$KW = 48,832 \text{ W}$$

$$E = 220 \text{ V}$$

$$f.p = 0.85$$

Sustituyendo tenemos que:

$$I = \frac{48,832 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 220\text{V} \times 0,85}$$

$$I = 150,765 A$$

Finalmente se calculara la corriente corregida, dada por la siguiente formula:

$$I_C = I \times 1,25$$

Sustituyendo tenemos que:

$$I_C = 150,765A \times 1,25$$

$$I_C = 188,456 A$$

3.6.4. Cálculo de corriente por el factor de temperatura.

Tomando en consideración una temperatura de 45°C y un conductor THW de la tabla no.1 , el factor de temperatura es de 0.82, con este valor se procede a corregir la corriente por temperatura.

$$I_{cT} = \frac{I_C}{F_T}$$

Donde:

$$I_C = 188,456 A$$

$$F_T = 0,82$$

Sustituyendo los valores se tiene que:

$$I_{cT} = \frac{188,456 A}{0,82}$$

$$I_{cT} = 229,824 A$$

Las tablas No. 2 y 3 se ubican en el anexo A

Este valor se utiliza para calcular el calibre del conductor THW tabla No.2 y el diámetro de tuberías a utilizar tabla No.3 en la instalación eléctrica, para ello tenemos que:

4 Conductores, calibre 0000 y con un diámetro de tuberías de 4 pulgadas.

3.6.5. Cálculo por caída de tensión.

Para el cálculo por caída de tensión se utiliza la siguiente formula:

$$S = \frac{2 L I}{E_n \times e\%}$$

Donde:

L= Distancia de la Subestacion.

I= 150.765 A.

E_n= 127 V

e % = 3

Sustituyendo tenemos que:

$$S = \frac{(2) (20 \text{ m}) (150,765A)}{127V \times 3}$$

$$S = \frac{6,030,6}{381}$$

$$S = 16mm^2$$

De la tabla No.2 tenemos que:

4 conductores calibre 4 con un diametro de tuberias de 2 $\frac{1}{2}$ pulgadas

3.6.6. Cálculo por corriente de protección.

Para el cálculo por corriente de protección se utiliza la formula siguiente:

$$I_p = I_{CT} \times 1,25$$

$$I_p = 229,824 A \times 1,25$$

$$I_p = 287,28 A$$

Utilizando la tabla No. 1 y 2, tenemos que:

4 conductores calibre 300 MCM, con diametro de tuberia de 4 pulgadas.

3.6.7. Cálculo de protección contra sobre corriente.

Se calcula por la formula siguiente:

$$I_{pcsc} = I_{CT} \times 1,15$$

$$I_{pcsc} = 229,824 A \times 1,15$$

$$I_{pcsc} = 264,297 A$$

Utilizando la tabla No. 1 tenemos que:

El calibre del Neutro es de 300 MCM

3.7. Cálculo del Banco de Capacitores para la Subestación 3 del ITSSAT.

La subestación 3 del ITSSAT cuenta con una capacidad de 150 KVA, esta alimentara a nuestro sistema eléctrico de cada una de las áreas del edificio 1 y 2.

La potencia total del sistema es de 96.94 KW

3.7.1. Factor de Potencia del sistema

Ahora sustituyendo valores

¿Qué capacidad debe de tener el Banco de Capacitores de la Subestación 3 para elevar el Factor de Potencia de 0.65 a 0.98?

Para responder la pregunta haremos uso del método del Triángulo de Potencia.

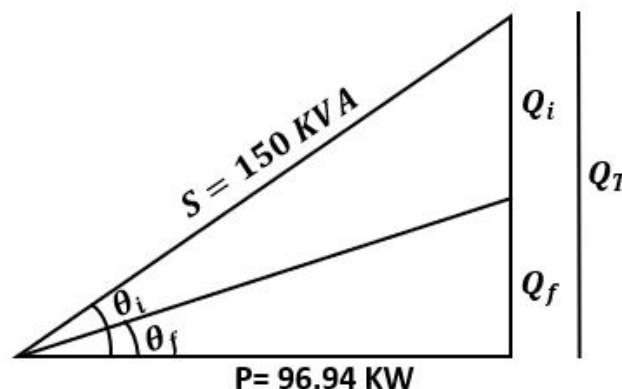


Figura 3.7: Triangulo de Potencia del Edificio 1 y 2 de la Subestacion 3

1. Se procede a calcular el Factor de Potencia inicial, conociendo el valor de la potencia total del sistema y la potencia aparente por la formula siguiente:

$$F.P = \frac{P}{S}$$

Sustituyendo tenemos que:

$$F.P = \frac{96,94 \text{ KW}}{150 \text{ KVA}} = 0,64$$

Para calcular el ángulo de θ_i y θ_f del Triangulo de Potencias, se utiliza la formula del COS^{-1} θ :

$$\begin{aligned} \cos^{-1}(0,64) &= 50,20^\circ \\ \cos^{-1}(0,98) &= 11,47^\circ \end{aligned}$$

2. Cálculo de la Potencia Reactiva Q_i y Q_f , se ocupan las formulas siguientes.

$$\tan \theta = \frac{Q}{P}$$

Despejando Q, tenemos que:

$$Q = \tan \theta \times P$$

Donde:

$$P = 96,94 \text{ KW}$$

$$\theta_i = 50,20^\circ$$

$$\theta_f = 11,47^\circ$$

Encontrar las Cargas Reactivas:

$$Q_i = ?$$

$$Q_f = ?$$

Sustituyendo

$$Q_i = \tan 50,20^\circ \times 96,94 \text{ KW}$$

$$Q_i = 116,351 \text{ KVAR}$$

$$Q_f = \tan 11,47^\circ \times 96,94 \text{ KW}$$

$$Q_f = 19,669 \text{ KVAR}$$

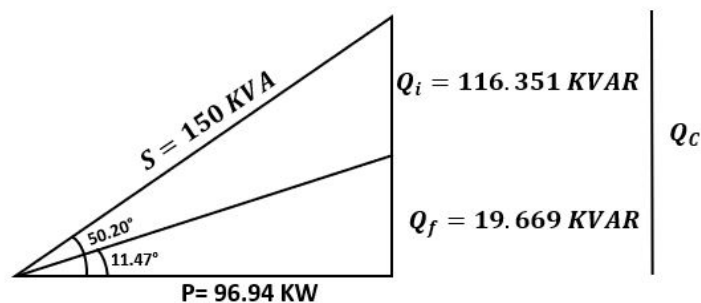


Figura 3.8: Triangulo de Potencias Corregido

3.7.2. Capacidad del Banco de Capacitores

Para calcular el tamaño del banco de capacitores se utiliza la formula siguiente donde:

$Q_c = \text{Capacidad del Banco de Capacitores}$

$Q_i = \text{Carga Reactiva Inicial en (KVAR)}$

$Q_f = \text{Carga Reactiva Final en (KVAR)}$

$$Q_c = Q_i - Q_f$$

Entonces El tamaño del Banco de Capacitores requerido en la subestacion 3 es el siguiente;

$$Q_c = 116,351 \text{ KVAR} - 19,669 \text{ KVAR}$$

$$Q_c = 97 \text{ KVAR}$$

El Banco de Capacitores a Instalar en la Subestación 3 del ITTSAT sera de 105 o de 120 KVAR, con el fin de que en el futuro la carga eléctrica crezca un 15 %.

Instalando el Banco de Capacitores en la Subestación 3 con la característica anterior se logrará corregir el factor de potencia de 0.64 a 0.98, teniendo así una bonificación del 2 % por parte de la empresa suministradora de energía eléctrica Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En la siguiente tabla se muestran las bonificaciones que otorga CFE al tener un factor de potencia arriba de 90.

F.P Arriba de 90	Bonificaciones
93	0.8 %
95	1.3 %
98	2.0 %
100	2.5 %

Tabla 3.3: Beneficios de compensación por parte de CFE.

Si en un futuro la demanda de energía reactiva crece en la Subestacion 3 del ITSSAT, se recomienda un Banco de Capacitores de 105 KVAR o uno de 120 KVAR.

3.8. Proveedores de Bancos de Capacitores

En el mercado actual hay muchas empresas que se dedican a la distribución de estos, por lo cual mencionaremos algunas de ellas:

3.8.1. Bancos de Capacitores EATON

Este proveedor ofrece Bancos de Capacitores Fijos y Automáticos de media y alta tensión, por lo cual ubicaremos en sus catálogos un Banco de Capacitor con la siguiente característica:

120 KVAR a Media tensión

230V 60Hz					
Producto	KVAR	A	ITM A	Núm. pasos	Gabinete (mm)
230040BCA	40	101	3x160	4	800x1200x300
230050BCA	50	126	3x200	5	800x1200x300
230060BCA	60	152	3x250	6	800x1200x300
230090BCA	90	228	3x400	6	800x1200x300
230080BCA	80	200	3x400	6	800x1200x300
230070BCA	70	177	3x250	6	800x1200x300
230100BCA	100	250	3x400	6	600x2100x600
230110BCA	110	275	3x400	6	600x2100x600
230120BCA	120	300	3x630	6	600x2100x600
230130BCA	130	328	3x630	6	600x2100x600
230140BCA	140	350	3x630	6	600x2100x600
230150BCA	150	380	3x630	6	600x2100x600
230180BCA	180	450	3x630	8	800x2100x600
230200BCA	200	500	3x800	8	800x2100x600
230250BCA	250	625	3x1000	10	1400x2100x600
230300BCA	300	750	3x1250	12	1400x2100x600
230350BCA	350	875	3x1250	12	1400x2100x600

(a) Banco Automatico

230V 60Hz				
Producto	KVAR	A	ITM A	Gabinete (mm)
230005BCF	5	6	3x20	400x460x160
230010BCF	10	12	3x20	400x460x160
230015BCF	15	18	3x25	400x460x160
230020BCF	20	24	3x40	400x460x160
230025BCF	25	30	3x50	400x460x160
230030BCF	30	36	3x50	400x460x160
230040BCF	40	48	3x80	400x460x160
230045BCF	45	54	3x80	400x460x160
230050BCF	50	60	3x100	400x460x160
230060BCF	60	72	3x125	600x630x160
230070BCF	70	90	3x160	600x630x160
230075BCF	75	120	3x200	600x630x160
230080BCF	80	150	3x250	800x1200x300
230090BCF	90	168	3x250	800x1200x300
230100BCF	100	180	3x250	800x1200x300
230120BCF	120	210	3x400	600x2100x600
230140BCF	140	240	3x400	600x2100x600

(b) Banco Fijo

Figura 3.9: Características de los Bancos de Capacitores Trifasicos EATON

3.8.2. Bancos de Capacitores SIEMENS

Modelo	Salida en kVAr	Arreglo	Número de catálogo
240V / 60Hz			
BF050240	5	1 x 5	A7B10000002689
BF075240	7.5	1 x 7.5	A7B10000002691
BF100240	10	1 x 10	A7B10000002692
BF150240	15	2 x 7,5	A7B10000002694
BF200240	20	2 x 10	A7B10000002696
BF300240	30	3 x 10	A7B10000002699
BF350240	35		A7B93000007405
BF400240	40		A7B93000007407
BF450240	45		A7B93000007408
BF500240	50		A7B93000007409
480V / 60Hz			
BF050480	5	1 x 5	A7B10000002690
BF100480	10	1 x 10	A7B10000002693
BF150480	15	1 x 15	A7B10000002695
BF200480	20	1 x 20	A7B10000002697
BF250480	25	1 x 25	A7B10000002698
BF300480	30	2 x 15	A7B10000002700
BF400480	40	2 x 20	A7B10000002701
BF500480	50	2 x 25	A7B10000002702
BF600480	60	3 x 20	A7B10000002703
BF700480	70		A7B93000007412
BF750480	75		A7B93000007413
BF800480	80		A7B93000007414
BF900480	90		A7B93000007415
BF1000480	100		A7B93000007416
BF1200480	120		A7B93000007417

Figura 3.10: Banco de Capacitores Fijos, Media Tension.

Modelo	Potencia kVAr	Voltaje Volts	Corriente Nom A	Arreglo	Gabinete A x B x C mm	Gab. Tipo	Número de catálogo		
240V / 60Hz									
BFT050240	5	240	12	3 x 20	630 x 120 x 135	1	A7B93000007560		
BFT100240	10	240	24	3 x 40			A7B93000007561		
BFT150240	15	240	36	3 x 70	630 x 300 x 135	3	A7B93000007562		
BFT200240	20	240	48	3 x 100			A7B93000007564		
BFT250240	25	240	60	3 x 100			A7B93000007575		
BFT300240	30	240	72	3 x 125			A7B93000007576		
BFT350240	35	240	84	3 x 150			A7B93000007578		
BFT400240	40	240	96	3 x 150			A7B93000007579		
BFT450240	45	240	108	3 x 175			A7B93000007580		
BFT500240	50	240	120	3 x 200			A7B93000007581		
480V / 60Hz									
BFT050480	5	480	6	3 x 20			630 x 120 x 135	1	A7B93000007582
BFT100480	10	480	12	3 x 20	A7B93000007583				
BFT150480	15	480	18	3 x 30	630 x 300 x 135	2	A7B93000007586		
BFT200480	20	480	24	3 x 40			A7B93000007588		
BFT250480	25	480	30	3 x 50			A7B93000007589		
BFT300480	30	480	36	3 x 70			A7B93000007590		
BFT350480	35	480	42	3 x 70			A7B93000007592		
BFT400480	40	480	48	3 x 100			A7B93000007593		
BFT450480	45	480	54	3 x 100			A7B93000007595		
BFT500480	50	480	60	3 x 100			A7B93000007596		
BFT600480	60	480	72	3 x 125			A7B93000007597		
BFT700480	70	480	84	3 x 150			A7B93000007599		
BFT750480	75	480	90	3 x 150	A7B93000007600				
BFT800480	80	480	96	3 x 150	630 x 300 x 260	3	A7B93000007601		
BFT900480	90	480	108	3 x 150			A7B93000007603		
BFT1000480	100	480	120	3 x 200			A7B93000007604		
BFT1200480	120	480	145	3 x 250			A7B93000007605		

Figura 3.11: Capacitor con Interruptor

3.8.3. Bancos de Capacitores Arteche

Especificaciones estándar	
CFB	
Fases	3
Frecuencia	50, 60 Hz.
Tensiones	240, 480 y 600 v.c.a.
Capacidad	3 a 120 kVAr
Gabinete	Para usos N1, N12 y N3R con chasis y tapa de lámina de acero al carbono en calibres 16 y 18, con pintura texturizada en color gris ANSI.
Montaje de envolvente	Tipo panel para suelo o muro con provisiones para anclaje
Capacitores	De polipropileno metalizado en zinc, para 80°C continuos de temperatura, bajo norma EIA-456 y aprobación UL. No encapsulado.
Descarga capacitor	Por medio de resistencias individuales a 50V en 1 minuto.
Protección condensador	Por medio de dispositivo de sobrepresión para cada capacitor, aprobado por UL.
Indicación de fallo	En forma visual para cada capacitor.
Acometida	Lateral.
Altitud máxima	2500 msnm.
Normas	NEMA ANSI EIA-456-A, IEC 831-1 y 2, NMX-J-203.
Mantenimiento	100% reparable en campo.
Accesorios incluidos	Zapatas de conexión para fases y tierra / Elementos de fijación / Diagrama

Figura 3.12: Características de los Bancos de Capacitores que ofrece Arteche.

3.9. Cotización de Bancos de Capacitores a 240 VCA


BANCO DE CAPACITORE AUTOMÁTICO DE 120 KVAR TRIFÁSICOS		
MODELO	PROVEDOR	PRECIO
MARCA: COMPACT BAC48120 	EUROVARS	\$ 41, 625. 00

Figura 3.13: Cotización para un Banco de Capacitores marca COMPACT.

VEMAC
POPOCATEPETL 141 COL. XOCHIMILCO
GUADALUPE N.L.
TEL. (0181)-88-61-39-16, 818-176-35-06

DOM. CONOCIDO
ATN. ING. JOSE LUIS

ESTIMADO(A): ING. JOSE

DE ACUARDO A SU ATENTA SOLICITUD DE COTIZACION, DAMOS A SU CONSIDERACION LA SIGUIENTE OFERTA:

PART.CANT.	DESCRIPCION.	P. UNIT	TOTAL
1 1	BANCO DE CAPACITORES EN MEDIA TENSION DE 13.5 V. DE 120 KVAR, C/U. TIPO POSTE INCLUYE PARILLA.		\$ 98,000.00

SUB TOTAL: \$98.000.00

PRECIOS MAS EL I.V.A, MONEDA NACIONAL.
CONDICIONES DE PAGO. AL CONTADO POR ATICIPADO
GARANTIA. 1 AÑO.
TIEMPO DE ENTREGA. INMEDIATA.

SIN MÁS POR EL MOMENTO Y EN ESPERA DE SUS MUY APRECIABLES NOTICIAS SE DESPIDE DE USTED:

ATENTAMENTE ATENTAMENTE
 
 ING. EDUARDO FIGUEROA IBARRA LIC. MARIELA E. FIGUEROA IBARRA

Figura 3.14: Cotización para un Banco de Capacitores marca VEMAC.

The best solution for energy saving

AP

AP AUTOMATIZACION Y CONTROL ELECTRICO, S.A. DE C.V.
RFC: AAC140310HK4

AV. ACUEDUCTO MZ1 LT27A INT.503,
TLALNEPANTLA DE BAZ, ESTADO DE MEXICO, C.P. 54190
TEL. (55) 91480838 Y (55) 47467469
e-mail: ventas.mexico@ap-automatizacion.com
www.ap-automatizacion.mx

OFERTA COMERCIAL

Nº Cotización **61728**

Fecha Cotización **16-01-2021**

JOSE LUIS OLEA
(VENTA PUBLICO)
Mexico

Código	Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Importe Total
BCAE-105.24R7	<p>Banco de capacitores automático trifásico en gabinete metálico grado de protección NEMA 1, color RAL7035, marca AP con reactores de rechazo al 7% de 105kvar en 240V, 60Hz, 3F, 3H modelo BA400R7-105.27 (MODELO ECOVAR-FLC TIPO NEMA), conformado con los siguientes pasos 5X15kvar + 1X30kvar, bajo las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interruptor principal • Capacitores auto-regenerativos cilíndricos con resistencias de descarga • Reactores de rechazo conectados en serie a cada capacitor tuning frecuencia 227Hz • Contactores especiales para cargas capacitivas, con resistencias de precarga • Fusibles cerámicos para cada capacitor tipo NH tipo gLgG • Porta fusibles de policarbonato • Controlador trifásico o monofásico, con pantalla LCD, y medición de parámetros eléctricos básicos y de contenido armónico • Rejillas de ventilación frontal y superior extracción forzada por ventiladores • Transformador de control en el caso de tensión de 480V (únicamente) • Gabinete de 1800x600x600 mm, montaje en pared fabricación nacional • No Incluye TC's de corriente (favor de solicitarlos junto con su pedido) costo por separado • Normas de Fabricación IEC 60831-1/2, UL 810 y NMX-J-203-1996 • Tiempo de Garantía de 10 años (+17 años de vida útil) <p>TIEMPO DE ENTREGA: 2 SEMANAS</p>	1	PIEZA	112,148.00	112,148.00

Valor neto:	112,148.00
Total IVA (16%):	17,943.68
Total Cotización (MXN):	\$130,091.68

Son: CIENTO TREINTA MIL NOVENTA Y UN PESOS CON SESENTA Y OCHO CENTAVOS

CONDICIONES DE PAGO: 50% ANTICIPO Y 50% AVISO A EMBARQUE
LUGAR DE ENTREGA: LAB EN NUESTRA BODEGA, ECATEPEC, XALOSTOC, O ENVÍO POR PAQUETERÍA A DOMICILIO U OCURRE CON CARGO AL CLIENTE
VIGENCIA DE LA OFERTA: 30 DÍAS NATURALES A PARTIR DE LA FECHA DE EXPEDICIÓN

Figura 3.15: Cotización para un Banco de Capacitor modelo ECOVAR.

4

Capitulo IV (Presentación y análisis de resultados)

4.1. Descripción de los resultados del trabajo

De acuerdo a los cálculos realizados en el capítulo 3, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Datos	Simbolización	Resultados Obtenidos
Potencia Activa del Sistema	P (KW)	96.94 KW
Potencia Reactiva del Sistema	Q (KVAr)	116.351 KVAr
Potencia Aparente del Sistema	S (KVA)	150 KVA
Factor de Potencia Actual del Sistema	F.P	0.65
Factor de Potencia Deseado	F.P	0.98
Potencia Reactiva final	Q_f	19.669 KVAr
Capacidad del Banco de Capacitores	Q_c	105 KVAr

Tabla 4.1: Datos finales de la Subestacion 3 del ITSSAT

4.2. Resultados

4.2.1. Determinación del tipo de bancos de capacitores.

Banco de Capacitores Automáticos

Por las características de la cantidad de energía reactiva (KVAR) que demandara la Subestación 3 del ITSSAT, se recomienda utilizar un Banco de Capacitores automáticos trifásico, con una capacidad de 105 KVAR.

De acuerdo a las cotizaciones realizadas con los diferentes proveedores en el capítulo 3, el más viable a instalar es el Banco de Capacitores Automático (Modelo ECOVAR-FLC Tipo NEMA).



Figura 4.1: Ejemplo de un Banco de Capacitor modelo ECOVAR.

4.2.2. Calculo del Banco de Capacitores en Excel

Para la corroboración de los resultados obtenidos en el capítulo 3 de la presente tesis, se utilizó un software libre (EXCEL) en el cual se pusieron los siguientes datos sugeridos:

- Factor de potencia actual.
- Factor de potencia deseado.
- Potencia total del sistema en KW.
- Potencia Aparente del Sistema.

Una vez que se agregaron los anteriores datos en las respectivas celdas que la sugerían, se procedió a compilar los datos en el software dando como resultado la capacidad del banco de capacitores sugerido en la subestación 3 del ITSSAT.

EXCEL PARA INGENIERIA

www.excelparaingenieria.com

Secundino Villarreal creativeteam@excelparaingenieria.com

Este documento puede ser compartido y empleado de manera gratuita. Aplicar licencias Creative Commons según se describe en el enlace: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Condiciones de uso

Título: Corrección de Factor de Potencia

Descripción: Permite calcular la potencia reactiva del banco de capacitores necesarios para corregir el factor de potencia en un sistema eléctrico.

Datos conocidos

Potencia Real	96,94	KW
Factor de potencia actual	0,6400	%
Factor de potencia deseado	0,9800	%

www.excelparaingenieria.com

Respuesta:

Agregar 96.70 KVAR

Cálculos:

Paso #1 Calcular el ángulo actual

www.excelparaingenieria.com

$$\begin{aligned} \cos \theta_1 &= f.p. \text{ actual} \\ \cos \theta_1 &= 0,6400 \\ \theta_1 &= \cos^{-1} (0,6400) \\ \theta_1 &= 50,208^\circ \end{aligned}$$

Paso #2 Calcular la Potencia Reactiva actual

$$\begin{aligned} \text{Potencia Reactiva actual} &= \text{Potencia Real} \times \tan \theta_1 \\ \text{Potencia Reactiva actual} &= 96,940 \text{ KW} \times \tan (50,208) \\ \text{Potencia Reactiva actual} &= 96,940 \text{ KW} \times (1,2006) \\ \text{Potencia Reactiva actual} &= 116,385 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Paso #3 Calcular el ángulo deseado

$$\begin{aligned} \cos \theta_2 &= f.p. \text{ deseado} \\ \cos \theta_2 &= 0,9800 \\ \theta_2 &= \cos^{-1} (0,9800) \\ \theta_2 &= 11,478^\circ \end{aligned}$$

Paso #4 Calcular la Potencia Reactiva deseada

$$\begin{aligned} \text{Potencia Reactiva deseada} &= \text{Potencia Real} \times \tan \theta_2 \\ \text{Potencia Reactiva deseada} &= 96,940 \text{ KW} \times \tan (11,478) \\ \text{Potencia Reactiva deseada} &= 96,940 \text{ KW} \times (0,2031) \\ \text{Potencia Reactiva deseada} &= 19,685 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Paso #5 Calcular la diferencia entre las Potencia Reactivas

$$\begin{aligned} \Delta \text{ Potencia Reactiva} &= \text{Potencia Reactiva actual} - \text{Potencia Reactiva deseada} \\ \Delta \text{ Potencia Reactiva} &= 116,385 \text{ KVAR} - 19,685 \text{ KVAR} \\ \Delta \text{ Potencia Reactiva} &= 96,700 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Figura 4.2: Software en Excell para el cálculo de Banco de Capacitores

Conclusiones

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal presentar una propuesta a la problemática del factor de potencia que impera en el ITTSAT, ya que es muy bajo 0.64. por ello se propuso implementar un banco de capacitores que lo eleve.

Para ello se determinó en la metodología la carga eléctrica de cada edificio aproximada en KW, esto tomando como referencia el plano eléctrico de los edificios evaluados. Dichos planos fueron elaborados y presentados en el apartado 3.3 y 3.4. En este mismo apartado se mostró el cuadro de cargas de cada edificio, distribuyendo la carga en 3F-4H obteniendo una potencia total de 96.94 K W.

Con lo anterior fue posible determinar la corriente corregida de cada edificio. En base al factor de temperatura del conductor THW a utilizar en la instalación eléctrica, se concluye que la instalación requiere 4 conductores calibre 4 con un diámetro de tuberías de 2 pulgadas. El proceso anterior se repitió con el edificio 2 referido en el apartado 3.6.

El banco de capacitores se calculó con el método del triángulo de potencias. Ya que la potencia aparente proporcionada por la subestación de pedestal que alimentara a los edificios 1 y 2 es de 150KVA con un factor de potencia 0.64 y una potencia total de 96.94 KW, con los datos anteriormente mencionados fue posible determinar la potencia reactiva que demandara la Subestación 3 del ITSSAT.

Por último, se presentan en el apartado 3.8 algunos proveedores de bancos de capacitores con su descripción técnica para que se elija el más conveniente en base a las posibilidades del cliente.

En conclusión; es necesario invertir en el banco de capacitores, ya que la empresa distribuidora de energía eléctrica impone penalizaciones a los servicios con factor de potencia inferior a 0.90, además las políticas actuales de ahorro de energía lo consideran un indicador importante para medir la optimización de los servicios eléctricos. El ITSSAT como institución educativa debe enfocarse en ser líderes en la región respecto al ahorro de energía.

Recomendaciones

Al inicio del capítulo tres en el diagrama eléctrico se proponen las distribuciones de los contactos especiales para motores o equipos especiales para prácticas profesionales, contactos sencillos, lámparas, ventiladores y climas con los que contara cada uno de los laboratorios y salones, se recomienda usar el plano eléctrico propuesto ya que está basado en la distribución actual del edificio E de la Subestación 2 del ITSSAT de la carrera de ingeniería electromecánica.

Para el edificio 1

Se recomienda 4 conductores calibre 000 con un diámetro de tuberías de 4 pulgadas.

Para el edificio 2.

Se recomienda 4 Conductores, calibre 0000 y con un diámetro de tuberías de 4 pulgadas.

El calibre del Neutro para ambos edificios es de 300 MCM.

La capacidad en Ampers para lops breakers deben de ser de 3x250 Amperes para ambos edificios.

El Banco de Capacitores a Instalar en la Subestación 3 del ITTSAT deberá ser no menor a los 105 KVAR y no mayor a los 120 KVAR previniendo un aumento de la carga eléctrica de un 20 por ciento.

Al obtener esta nueva ventaja de ahorro energético se recomienda que las máquinas que se vayan a instalar en los laboratorios de la subestación 3 para el uso práctico del alumnado, trabajen a mayor capacidad.

Referencias

- [1] Valverde, R. L. (2001). Historia del electromagnetismo. Ediciones IES Pablo Picasso.
- [2] Ortegón, I. Y. C., Suárez, J. V. (2011). Botella de Leyden como introducción a los capacitores. Revista científica, 1(13), 121-126.
- [3] Ramos, G. P. (2004). La electricidad antes de Faraday. Parte 2. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (31), 139-155.
- [4] Beléndez, A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la "síntesis electromagnética" de Maxwell. Revista Brasileira de Ensino de Física, 30(2), 2601-1.
- [5] 20 febrero, 2019 por Ingeniería Mecafenix . Consultado el 1 de Octubre en <https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-capacitor/>
- [6] Equipo de redacción profesional (2019,05) . Consultado el 2 de Octubre del 2020 en <https://www.partesdel.com/partes-del-capacitor.html>
- [7] García-Villalón, J. L., Sellschopp-Sánchez, F. S., Vargas-Salas, R. Impacto de Sags de Tensión en Transformadores Trifásicos Δ -Y ante Diferentes Tipos de Cargas Trifásicas Balanceadas. pag. 30.
- [8] Montaña Marmolejo, G., Torijano Martínez, L. (1991). Capacitores de potencia para el control de reactivos en una planta industrial (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).
- [9] Enríquez Harper, G. (2018). El ABC de las instalaciones eléctricas industriales. 2da. ed. Editorial Limusa, SA México.

A

Anexo I

TABLA # 2

CORRIENTE PERMITIDA EN CONDUCTORES DE COBRE FORRADOS A 30°C
NO MAS DE TRES CONDUCTORES ACTIVOS EN EL TUBO CONDUIT

CALIBRE A W G	AREA mm ²	60°C	75°C	90°C	110°C		
		TIPO: R, RW, RU T, TW	TIPO: RUM, RH, RHW, (THW) UNICON VINANEL 2000 100	TIPO: TA, TBS; TH, TBS, PEP	TIPO: AVA, AVL; AA, AAA		
14	2.06	15 Amp	15 Amp	25 Amp	30 Amp		
12	3.31	20	20	30	35		
10	5.25	30	30	40	40		
8	8.35	40	45	50	60		
6	13.30	55	65	70	80		
4	21.15	70	85	90	105		
2	33.66	95	115	120	135		
0	53.48	125	150	155	190		
00	67.43	145	175	185	215		
000	85.03	165	200	310	245		
0000	107.2	195	230	235	275		
M C M							
250	126.64	215	255	270	315		
300	152.00	240	285	300	345		
350	177.35	260	310	325	390		
400	202.71	280	335	360	420		
500	253.35	320	380	405	470		
600	303.99	355	420	455	535		
700	354.27	385	400	190	560		
RANGO DE TEMP. FACTORES DE CORRECCION PARA TEMPERATURAS MAYORES A 30°C							
31 a 40°C		0.82	0.86	0.90	0.94		
41 a 45°C		0.71	0.82	0.85	0.90		
46 a 50°C		0.58	0.75	0.80	0.87		
51 a 55°C		0.41	0.67	0.74	0.83		
56 a 60°C		---	0.58	0.67	0.74		
61 a 70°C		---	0.35	0.52	0.71		
71 a 80°C		---	---	0.30	0.61		
FACTORES DE CORRECCION PARA MAS DE TRES CONDUCTORES ACTIVOS EN EL TUBO CONDUIT							
4 a 6	0.80	7 a 24	0.70	25 a 42	0.60	43 y mas	0.50

TABLA #3

NUMERO DE CONDUCTORES ADMISIBLES EN TUBO CONDUIT

CALIBRE	DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO								
	13 mm 1/2"	19 mm 3/4"	25 mm	32 mm 1 1/4"	38 mm 1 1/2"	52 mm 2"	64 mm 2 1/2"	76 mm 3"	102 mm 4"
14	8	15	25	44	60	98	142	218	
12	7	12	20	34	47	77	111	171	
10	4	8	13	23	32	52			
8	2	4	7	13	17	28	40		
6	1	2	3	7	10	16	23	36	
4	1	1	3	5	7	12	17	27	47
2	1	1	2	4	5	9	13	20	34
1	1	1	1	3	4	7	11	17	
0		1	1	2	3	5	8	12	21
2/0		1	1	1	3	5	7	10	18
3/0		1	1	1	2	4	6	9	15
4/0			1	1	1	3	5	7	13
250			1	1	1	2	4	6	10
300				1	1	2	3	5	9
350				1	1	1	3	4	8
400				1	1	1	2	4	7
500				1	1	1	1	3	5
600					1	1	1	3	5
750					1	1	1	2	4
1000						1	1	1	2

TABLA # 4

Capacidad de Ampers de Interruptores Termomagneticos

LÍNEA	CAPACIDAD EN AMPERS
QO	15, 20, 30, 40, 50, 70
FAL	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
KAL	125, 150, 175, 200, 225
LAL	225, 250, 300, 350, 400
MAL	500, 600, 700, 800, 900, 1000
PAF	600, 700, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000

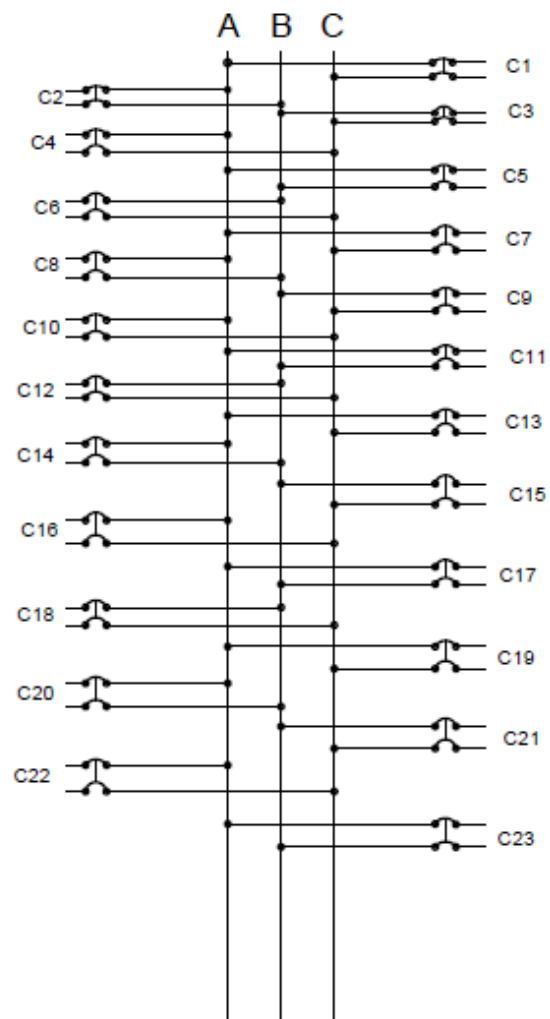
CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL EN AMPERS RMC SIMÉTRICA

LÍNEA	Icc Simétrica 240 Volts	Icc Simétrica 480 Volts CA	Icc Simétrica 600 Volts CA	Icc Simétrica 250 Volts C.D
FAL	10,000	14,000	14,000	10,000
FAL	65,000	25,000	18,000	10,000
MAL	25,000	22,000	22,000	10,000
FAL	65,000	35,000	25,000	10,000
FAL	42,000	30,000	22,000	10,000
FAL	65,000	35,000	25,000	10,000
MAL	42,000	32,000	22,000	14,000
FAL	65,000	50,000	25,000	14,000
FAL	65,000	50,000	25,000	-----
FAL	125,000	100,000	65,000	-----
QO	10,000	-----	-----	5,000
PAF	-----	10,000	-----	-----

B

Anexo II

DIAGRAMA UNIFILAR DEL EDIFICIO 1 DE LA SUBESTACIÓN 3 DEL ITSAT



**DIAGRAMA UNIFILAR DEL EDIFICIO 2
DE LA SUBESTACIÓN 3 DEL ITSAT**

