



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Material didáctico interactivo en línea de la materia de
Distribución Eléctrica"

INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
POTENCIA**

Presentada por:

Farley Zapata Posada

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año-2011

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a mi Esposa, mis Hijos, y mis Padres que son lo más importante que yo tengo.

A Dios, por darme las fuerzas y sabiduría día a día en mi vida.

Mi Esposa Johanna que siempre está a mi lado, me dio ánimo, me supo comprender y apoyar en todo proyecto.

Mis Hijos Ederson, Jeanpierre y Piaget que son mi inspiración y por ellos es que sigo adelante.

Mis Padres que son una ayuda incondicional en mi hogar y me apoyan siempre.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Aragundi R.
SUBDECANO DE LA FIEC
PRESIDENTE

Ing. Douglas Aguirre H.
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Alberto Hanze B.
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Pedro F. Echeverria B.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA.

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de graduación de la ESPOL).

Farley Zapata Posada

RESUMEN

En nuestra actualidad vivimos en un mundo donde la tecnología y la informática son las herramientas necesarias en nuestras vidas. Ejemplo:

El Internet que forma partes de las vidas de los estudiantes por las consultas e investigaciones que les ayudaran en su diaria responsabilidad educativa. Basados en esta idea este trabajo trata de la creación de material educativo que puede ser reutilizado, actualizado bajo un formato denominado modelo de objetos de aprendizaje (OA).

El mismo que el estudiante podrá acceder e interactuar a curso en Internet, para nuestro caso será el diseño de material educativo de la Materia de Distribución Eléctrica para los estudiantes de la facultad de ingeniería eléctrica y computación donde ellos encontraran teoría y contenidos interactivos especialización en potencia con la finalidad de reforzar contenidos de clases y favorecer el aprendizaje independiente.

INDICE GENERAL

RESUMEN

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.

ÍNDICE DE TABLAS.

INTRODUCCIÓN.

Marco Teórico Referencial	11
1.1 Objeto de Aprendizaje.....	11
1.2 Estándares de Objeto de Aprendizaje.	12
1.3 Resultados de Aprendizaje en Ingeniería de ABET.....	12
1.4 Taxonomía de Bloom en los Objetos de Aprendizaje.....	13
ANÁLISIS	17
2.1. Estado Actual	17
2.2. Requerimientos.	23
2.2.1. Transformadores De Distribución.	23
2.2.2. Conductores Eléctricos.	58
2.2.3. Herrajes y Aisladores.	76
2.2.4. Reguladores De Voltajes.	91
2.2.5. Reconectador.	105
2.2.6. Seccionalizador.	114
2.2.7. Caja Porta Fusible.....	126
2.2.8. Capacitores	137
2.2.9. Postes.	152
2.2.10. Sistemas de Distribución.....	160
2.2.11. Modelo de los objetos de aprendizaje.	173
DISEÑO.....	178

3.1.	Estructura del objeto	178
3.1.1.	Resultado de aprendizaje.	178
3.1.2.	Definición teórica.....	178
3.1.3.	Partes o elementos constitutivos.	179
3.1.4.	Clasificación.	180
3.1.5.	Conexiones.	180
3.1.6.	Diagramas o esquemas.	181
3.1.7.	Ejercicios resueltos.	181
3.1.8.	Autoevaluación.....	182
3.2.	Herramientas.....	182
3.3.	Página web.....	184
3.4.	Diseño de pruebas con los usuarios.	185
IMPLEMENTACION Y PRUEBAS.		189
4.1.	Objetos de aprendizaje.	189
4.2.	Dificultades y barreras.	189
4.3.	Herramientas utilizadas.....	190
4.4.	Resultado y análisis de las pruebas.	193

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

ANEXOS.

BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Muestra de porcentaje de estudiante sobre la importancia de la materia.....	17
Figura 2: Muestra de porcentaje sobre comprensión de la materia de Distribución.	18
Figura 3: Herramientas utilizadas por los estudiantes en momento de estudio.	19
Figura 4: Horas utilizadas por los estudiantes en momento de estudio.	19
Figura 5: Libros utilizados por los estudiantes en momento de estudio.	20
Figura 6: Porcentaje de estudiante sobre el gusto de tener una herramienta de apoyo.....	21
Figura 7: Porcentaje de estudiante sobre el gusto de tener un portal en Internet.....	21
Figura 8: Porcentaje de estudiante sobre los recursos que debe de tener un portal en Internet.	22
Figura 9: Transformador de Distribución monofásico	23
Figura 10: Núcleo de Transformador de Distribución	24
Figura 11: Bobinas de Transformador trifásico de Distribución	25
Figura 12: Flujo magnético que circula por el núcleo del Transformador.....	26
Figura 13: Vista frontal del tanque de un Transformador de Distribución.	27
Figura 14: a) Vista de Transformador convencional b) vista de Transformador autoprotegido.	28
Figura 15: Esquema de Transformador convencional internamente.....	29
Figura 16: Interruptor de protección de Transformador autoprotegido.....	30
Figura 17: Lámpara de señalización de Transformador autoprotegido.....	31
Figura 18: Esquema del Transformador autoprotegido.	31
Figura 19: Transformador de 100 Kva trifásico.....	33
Figura 20: Transformador de 50 Kva monofásico autoprotegido.	33
Figura 21: Transformador monofásico de 50 Kva tipo poste sumergido en aceite.	36
Figura 22: Transformador seco	36
Figura 23: Banco de Transformadores monofásico en conexión estrella -estrella.....	39

Figura 24: Conexión triángulo- triángulo (delta-delta).	40
Figura 25: Conexión estrella- triángulo (y-delta).....	41
Figura 26: Conexión estrella con neutro a tierra –triángulo (*y-delta).	42
Figura 27: Conexión triángulo –estrella (delta-Y).	43
Figura 28: Conexión interna de un Transformador para poder conectar a un banco de Transformadores triángulo –estrella (delta-Y).	44
Figura 29: Conexión estrella con neutro a tierra –estrella (*Y-Y).	45
Figura 30: Conexión interna de un Transformador para poder conectar a un banco de Transformadores estrella –estrella (Y-Y).....	45
Figura 31: Conexión estrella–triángulo abierto (V-delta abierto).	46
Figura 32: Conexión triángulo–estrella abierto (delta abierto-V).	47
Figura 33: Diagrama de conexión triángulo-triángulo.....	52
Figura 34: Fotografía de conductores	58
Figura 35: Perfil de conductor eléctrico y sus partes	61
Figura 36: Diagrama donde se muestra la fecha en un conductor eléctrico.	62
Figura 37: Conductor AAC	63
Figura 38: Conductor ACSR	63
Figura 39: Conductor ACSR	64
Figura 40: Conductor aislado para media tensión.	66
Figura 41: Conductor preensamblado	67
Figura 42: Herrajes	77
Figura 43: Aislado tipo Pin 55-5.	77
Figura 44: Estructura trifásica centrada pasante con sus respectivos elementos.....	85
Figura 45: Estructura monofasica retenida con su respectivos elementos.	86
Figura 46: Estructura preensamblada en baja tencion con sus respectivos elementos.	87
Figura 47: Regulador de voltaje monofaico	92
Figura 48: Regulador de voltaje monofaico con sus elementos externos.	93

Figura 49: Diagrama interno de un regulador de voltaje monofásico	94
Figura 50: Diagrama de conexión delta abierto de dos reguladores monofásicos en línea trifásica.	96
Figura 51: Diagrama de conexión delta cerrado de tres reguladores monofásicos en línea trifásica.....	97
Figura 52: Diagrama de conexión estrella con neutro a de tres reguladores monofásicos en línea trifásica.	98
Figura 53: Reconectador trifásico.	106
Figura 54: Muestra el corte vertical de un Reconectador (Recloser) con su elementos constitutivo.	107
Figura 55: Muestra un Reconectador (Recloser) monofásico con su equipo de control.....	108
Figura 56: Reconectador trifásico instalado en poste	110
Figura 57: Ubicación de Reconectores en una línea tipo anillo.....	111
Figura 58: Ubicación de Reconectores en sub estacion.	111
Figura 59: Seccionalizador electrónico monofásico	115
Figura 60: Seccionalizador electrónico con sus partes constitutiva.	116
Figura 61: Seccionalizador monofásico hidráulico	117
Figura 62: Seccionalizador trifásico hidraulico.....	117
Figura 63: Diagrama unifilar de línea de alimentacion con dispositivos de porteccion.	122
Figura 64: Caja Porta Fusible o Seccionador	127
Figura 65: Caja Porta Fusible con sus elementos mas importantes.	127
Figura 66: Vista de diferentes tipos de fusible.	129
Figura 67: Curva caracteristica de fusible tipo T.....	129
Figura 68: Capacitores monofásicos y trifásico.	138
Figura 69: Elementos internos de un Capacitor.....	139
Figura 70: Capacitor trifásico con sus partes externas.....	139
Figura 71: Capacitor fijo monofásico.	142

Figura 72: Capacitor automaticotrifásico montado en poste.	142
Figura 73: Banco de Capacitores en estrella con neutro flotante.....	143
Figura 74: Banco de Capacitores en doble estrella con neutro flotante.	143
Figura 75: Banco de Capacitores en estrella con neutro solidamente aterrizado.	144
Figura 76: Banco de Capacitores en doble estrella con neutro solidamente aterrizado.	144
Figura 77: Diagrama unifilar de un alimentador con carga uniformemente distribuidas.	145
Figura 78: Diagrama unifilar de un alimentador con carga reactiva uniformemente distribuida.	148
Figura 79: Vista de postes de hormigon armado.....	152
Figura 80: Vista de postes de madera descortizandolo y preparandolo para su mayor duracion	154
Figura 81: Vista de un poste metálico vestido con estructura en volado pasante en media tension y estructura de retencion en baja tension.	154
Figura 82: Vista de un poste de hormigon centrifugado vestido con una estructura en media tension centrada pasante.....	155
Figura 83: Vista de un sistema de distribucion de energia electrica.	160
Figura 84: Vista de una subestacion clasica tomado	163
Figura 85: Perfiles de voltaje de una alimentadora uniforme	168
Figura 86: Ventana de autoevaluacion de Transformadores bajo la herramienta Hotpotatoes	177
Figura 87: Pantalla principal de Reload editor.	184
Figura 88: Muestra de porcentaje sobre la forma visual de las paginas.	186
Figura 89: Muestra de porcentaje sobre contenidos de las páginas.	186
Figura 90: Muestra de porcentaje sobre contenidos de las páginas.	187
Figura 91: Muestra de porcentaje sobre relación entre actividades y contenidos del sitio web.	187
Figura 92: Pantalla de dreanwever.	190

Figura 93: Pantalla de Hot Potatoes	191
Figura 94: Pantalla de Reload Editon.	191
Figura 95: Pantalla gnomio bajo la plataforma Moodle.	192
Figura 96: Pantalla del Blog de la ESPOL bajo el nombre de Distribucion Eléctrica	193

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de potencias y voltajes.	35
Tabla 2: Características del Cu y Al.....	60
Tabla 3: Tabla de clasificación según su voltaje, potencia y rango.....	95
Tabla 4: Valores de potencias nominales de los Capacitores	141

INTRODUCCIÓN

Existe nuevo actor en la era de las tecnologías de la información orientándonos en el campo educativo, considerándose una alternativa nueva y que conlleva al existo en el campo pedagógico, este elemento no pretende sustituir al maestro pero cambia su papel de protagonista principal a un supervisor y dinamizador que solo a un transmisor de conocimiento y los estudiantes de ser receptor pasan a ser competidores que les permitan ser más independientes en sus aprendizajes.

Bajo este escenario que se ha tratado de plantear la creación de un material que lleva consigo el nombre de “Material didáctico interactivo en línea de la materia de Distribución Eléctrica” mediante un modelo de objeto de aprendizaje (OA) y estandarizado, esta idea es que los estudiante de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de la ESPOL que tomen la materia puedan reforzar sus conocimientos adquiridos en clase de una manera independiente a la hora y el lugar que quieran, pues contarán con actividades, teoría y ejercicios las 24 horas del día.

CAPITULO 1

Marco Teórico Referencial

1.1 Objeto de Aprendizaje

Se entenderá como Objeto de Aprendizaje (OA) a la entidad digital que sirve como un mediador entre el estudiante y el contenido educativo que él desea aprender, siendo su objeto de generar conocimientos habilidades y actitudes en función de las necesidades del estudiante.

Constituido por componentes internos editables como: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización.

Además de tener una estructura externa que facilite su identificación, almacenamiento y recuperación de información denominados metadatos que son datos que se pueden guardar, intercambiar y procesar por medio del ordenador y que están estructurados de tal forma que permiten ayudar a la identificación, descripción clasificación y localización del contenido de un documento o recurso *web* y que, por tanto, también sirven para su recuperación(1.Referencia Corporación de Investigación Tecnológica de Chile (INTEC)).

1.2 Estándares de Objeto de Aprendizaje.

Una de las principales funciones de los estándares en Objeto de Aprendizaje, es servir como facilitadores de la durabilidad y de la reutilización en el tiempo de los contenidos y de la interoperabilidad, es decir, facilitar el intercambio de los contenidos entre diversas plataformas y sistemas. En la actualidad, existen diversos estándares como el AICC (Aviation Industry CBT Committee), LTSC (Learning Technology Standards Committee), IMS (Instructional Management System), el más utilizado el SCORM (Shareable Courseware Object Reference Model).

Estos estándares abordan aspectos relativos a los contenidos, cómo se empaquetan los cursos, cómo se describen tanto los cursos como los propios elementos que componen dichos cursos (objetos de aprendizaje) y cómo se describen las evaluaciones o exámenes de modo que puedan ser intercambiables entre sistemas (2.Referencia Wikipedia).

1.3 Resultados de Aprendizaje en Ingeniería de ABET.

Los resultados de aprendizaje en ingeniería de ABET es lo que se espera que los estudiantes sepan y estén en capacidad de hacer al momento de graduarse y estos son:

- a) Aplicar conocimientos en matemáticas, ciencia e ingeniería.
- b) Diseñar, conducir experimentos, analizar e interpretar datos.
- c) Diseñar sistemas, componentes o procesos bajo restricciones realistas.
- d) Trabajar como equipo multidisciplinario.
- e) Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- f) Comprender la responsabilidad ética y profesional.
- g) Comunicarse efectivamente.
- h) Entender el impacto de la ingeniería en el contexto social, medio ambiental, económico y global.
- i) Comprometerse con el aprendizaje continuo.
- j) Conocer temas contemporáneos.
- k) Usar técnicas, habilidades y herramientas para la práctica de la ingeniería (3.Referencia Proyecto ABET ESPOL).

1.4 Taxonomía de Bloom en los Objetos de Aprendizaje.

La taxonomía de Bloom es un proceso de pasos ordenados donde se desarrolla habilidades del pensamiento.

Según la Taxonomía de Bloom en los Objetos de Aprendizaje se pueden clasificar en los siguientes niveles:

- a) Conocimiento.- Se refiere a la capacidad de recordar hechos específicos y universales, métodos y procesos, esquemas,

estructuras o marcos de referencia sin elaboración de ninguna especie.

Verbos que se usan con frecuencia para redactar objetivos de este nivel:

Definir - Señalar – Describir - Nombrar – Identificar – Narrar – Indicar – Mencionar.

- b) Comprensión.- Se refiere a la capacidad de comprender o aprehender; en donde el estudiante sabe qué se le está comunicando y hace uso de los materiales o ideas que se le presentan, sin tener que relacionarlos con otros materiales o percibir la totalidad de sus implicaciones.

Verbos que se usan con frecuencia para redactar objetivos de este nivel:

Traducir – Resumir – Expresar – Parafrasear – Discutir.

- c) Aplicación.- Se guía por los mismos principios de la comprensión y la única diferencia perceptible es la cantidad de elementos novedosos en la tarea por realizar.

Verbos que se usan con frecuencia para redactar objetivos de este nivel:

Demostrar- Practicar – Emplear – Solucionar – Aplicar – Operar
– Usar.

- d) Análisis.- Consiste en descomponer un problema dado en sus partes y descubrir las relaciones existentes entre ellas. En general, la eventual solución se desprende de las relaciones que se descubren entre los elementos constituyentes. Implica el fraccionamiento de una comunicación en sus elementos constitutivos de tal modo, que aparezca claramente la jerarquía relativa de las ideas y se exprese explícitamente la relación existente entre éstas.

Verbos que se usan con frecuencia para redactar objetivos de este nivel:

Organizar- Reconstruir- Proponer- Reordenar.

- e) Evaluación.- Se refiere a la capacidad para evaluar; se mide a través de los procesos de análisis y síntesis. Requiere formular juicios sobre el valor de materiales y métodos, de acuerdo con determinados propósitos. Incluye los juicios cuantitativos y cualitativos de acuerdo a los criterios que se sugieran (los cuales son asignados).

Verbos que se usan con frecuencia para redactar objetivos de este nivel:

Juzgar- Evaluar- Apreciar – Revisar- Corregir- Seleccionar – Justificar – Valorizar.

- f) Crear.- Consiste en juntar los elementos para formar un todo coherente y funcional; generar, planear o producir para reorganizar elementos en un nuevo patrón o estructura.

Verbos que se usan con frecuencia para redactar objetivos de este nivel:

Diseñar- construir- planear- producir- idear- trazar- elaborar
(4.Referencia Eduteka.org).

CAPITULO 2

ANÁLISIS

2.1. Estado Actual

Para poder analizar la viabilidad del proyecto se procedió a realizar el estudio del estado actual mediante el análisis estadístico de las encuestas, donde arrojó los siguientes resultados.

Importancia de la materia de Distribución Eléctrica

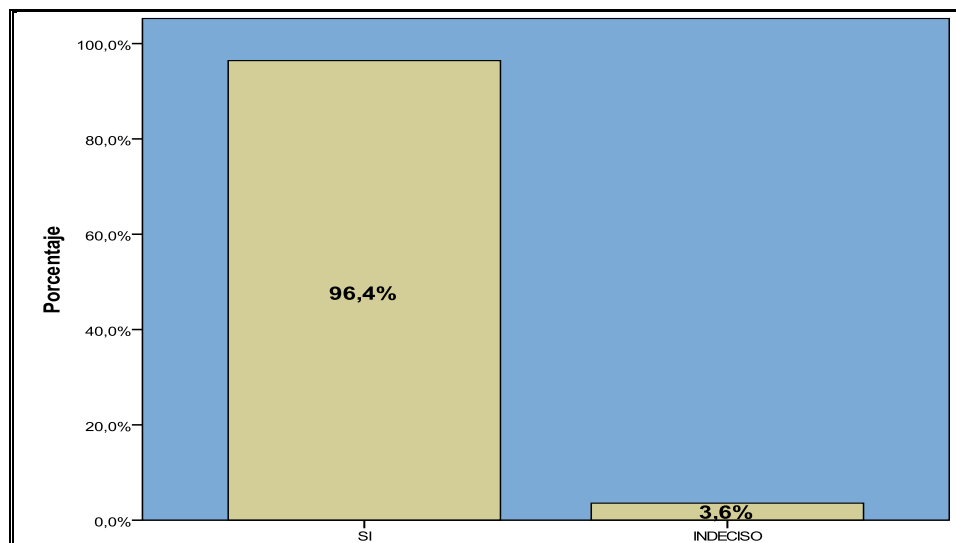


Figura 1: Muestra de porcentaje de estudiante sobre la importancia de la materia.

Los estudiantes que fueron consultados en las encuestas realizadas en la facultad antes mencionada, se inclinan en un 96,4% que la importancia que ésta materia de Distribución; este en

el pensum académico y un 3.6% que están indeciso sobre aquello, mientras que no existe estudiante alguno que crea que no debe estar la materia en el pensum.

Comprensión de la materia de Distribución Eléctrica

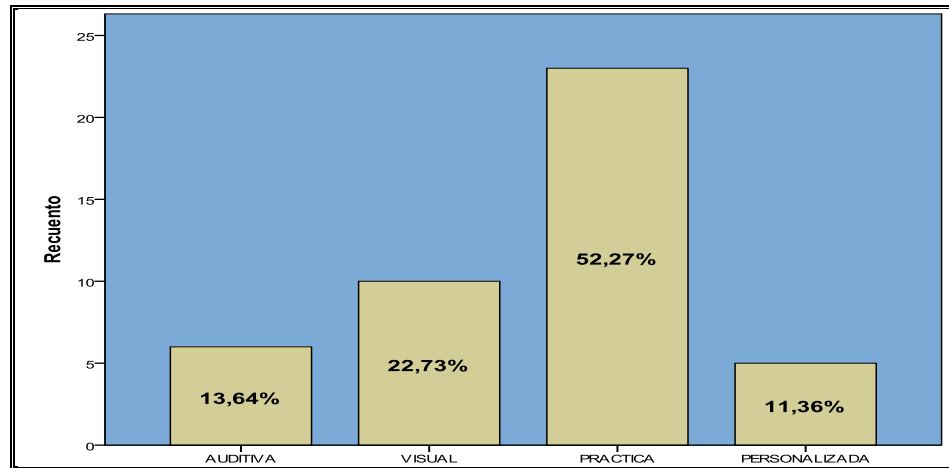


Figura 2: Muestra de porcentaje sobre comprensión de la materia de Distribución.

Se puede observar que los encuestados se inclinaron en un porcentaje de 52.7% sobre la importancia en la práctica para aprender la materia y con un 22,73% sobre la importancia que tiene la enseñanza de manera visual para los estudiantes, seguido de la forma la auditiva con un porcentaje de 13.64% y finalmente con una ayudante de cátedra con un 11.36%.

Herramientas utilizadas para estudiar la materia de Distribución Eléctrica

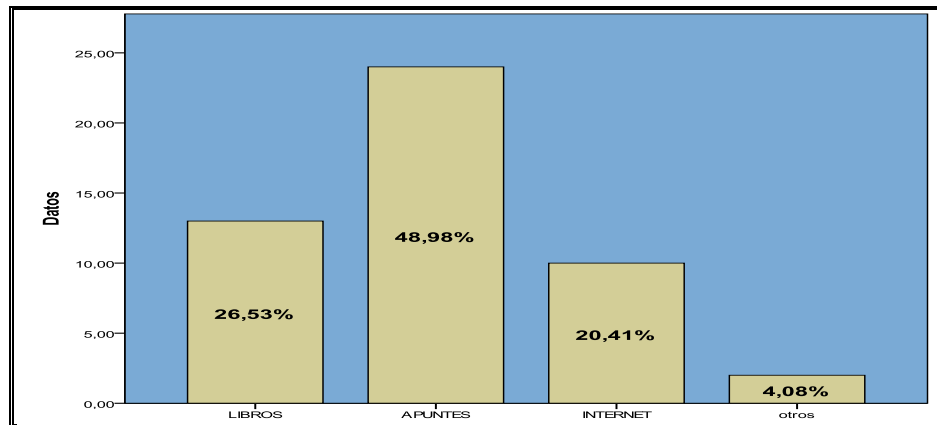


Figura 3: Herramientas utilizadas por los estudiantes en momento de estudio.

Las herramientas de estudio que los estudiantes utilizan en la materia de Distribución son en mayor porcentaje los apuntes con un 48.98% seguido por los libros con un 26.53% mientras que el Internet se ubica en un 20.41% y por último en un 4.08% los exámenes tomados en anteriores semestres.

Horas semanales estudiadas por un estudiante en la materia de Distribución Eléctrica.

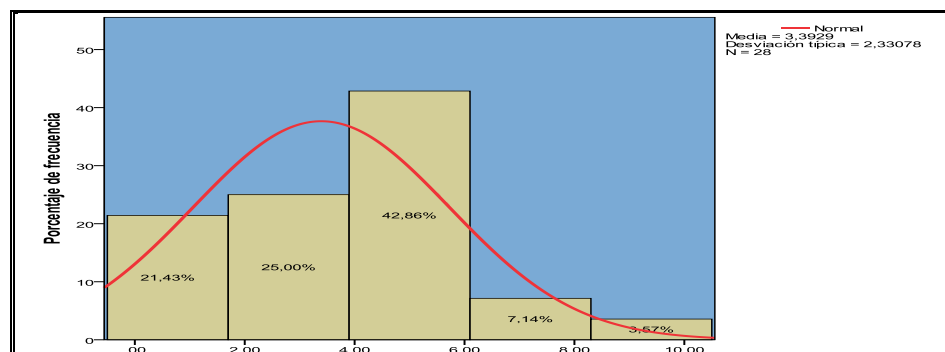


Figura 4: Horas utilizadas por los estudiantes en momento de estudio.

Las horas de estudio que los estudiantes utilizan en la materia de Distribución son de 4 a 6 horas con un porcentaje de 428.86%, seguido por el intervalo de 2 a 4 horas de estudio con un porcentaje de 25% adicional se pudo conocer que los estudiantes tienen una media de horas de estudio de 3.39 horas.

Disponibilidad de libros en la materia de Distribución Eléctrica.

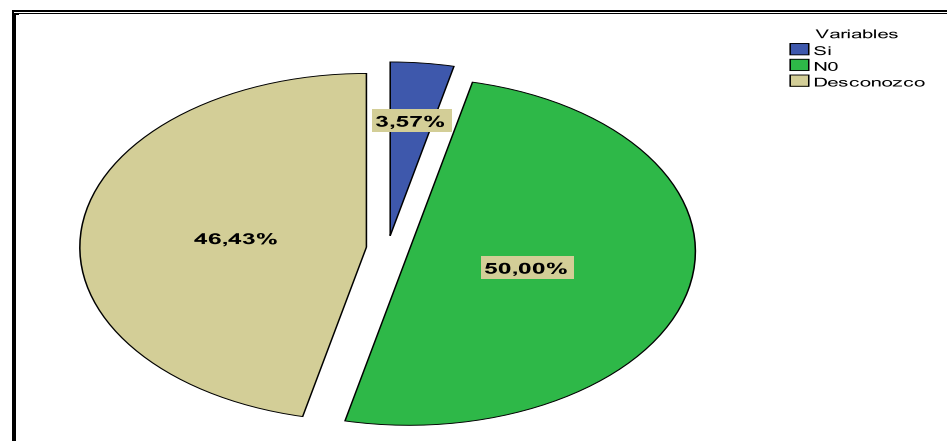


Figura 5: Libros utilizados por los estudiantes en momento de estudio.

Los estudiantes en un 46.43% opinan que si existen libros adecuados para sus estudios en la materia de Distribución y un 50% que no existen, mientras que el 3.57% opinaron que desconocían sobre el tema.

Gusto por el utilizar una herramienta de apoyo para la materia de Distribución Eléctrica.

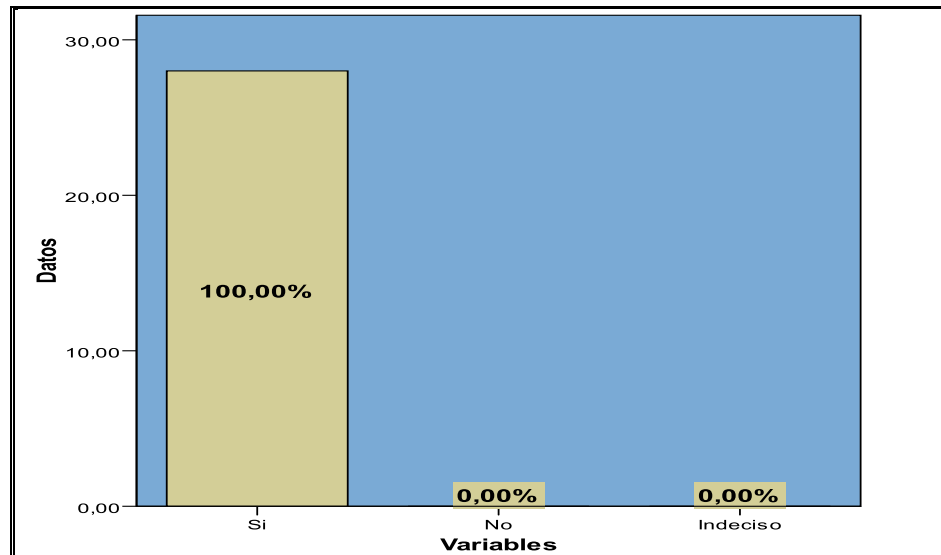


Figura 6: Porcentaje de estudiante sobre el gusto de tener una herramienta de apoyo.

Los estudiantes en su total mayoría les agradarían tener una herramienta exclusiva para el estudio de la materia de Distribución.

El gusto por tener un portal en Internet interactivo de la materia de Distribución Eléctrica.

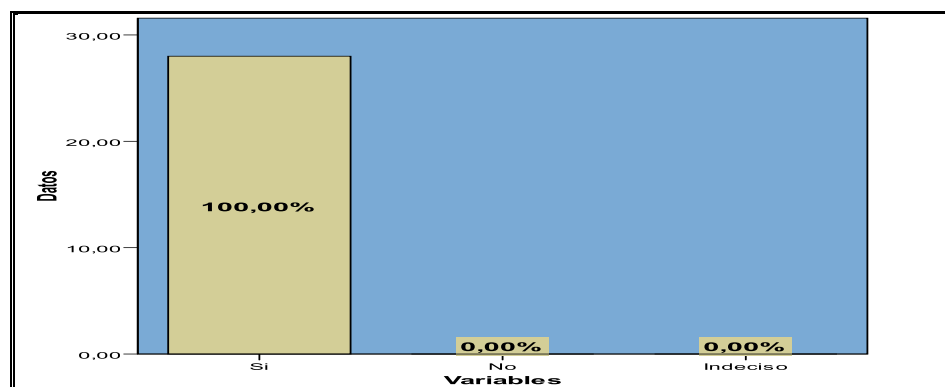


Figura 7: Porcentaje de estudiante sobre el gusto de tener un portal en Internet.

Los estudiantes en su total mayoría les agradecerían tener como herramienta exclusiva un portal en Internet para el estudio de la materia de Distribución.

Recursos que debería contener el portal de Internet de la materia de Distribución Eléctrica.

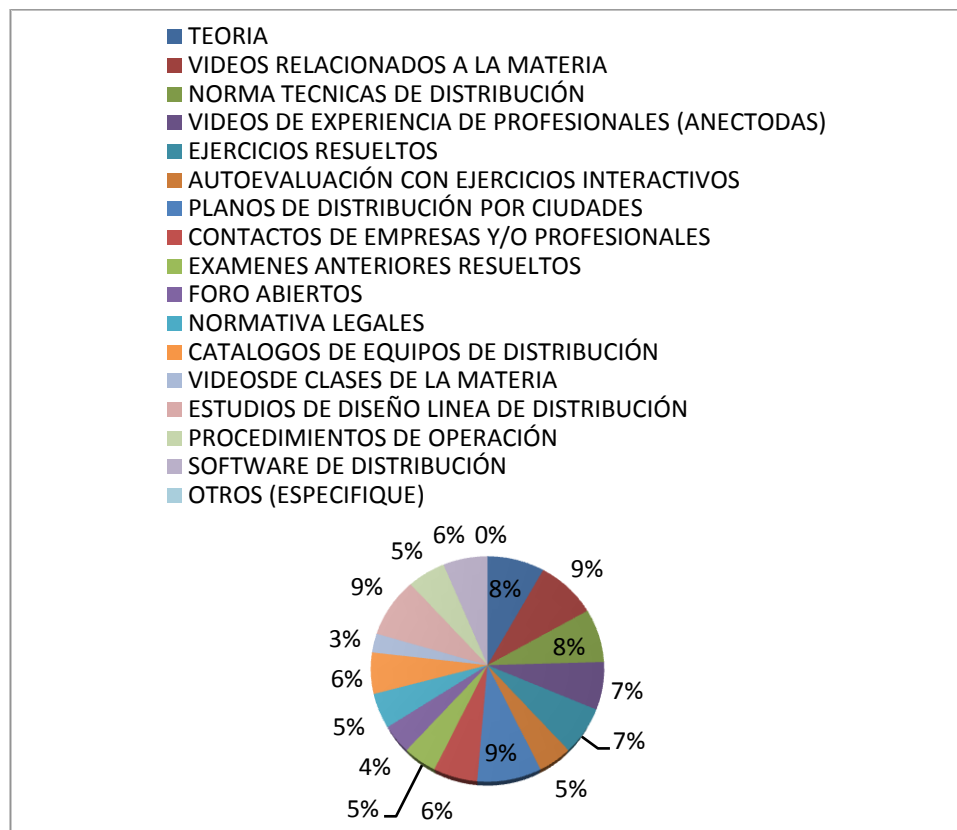


Figura 8: Porcentaje de estudiante sobre los recursos que debe de tener un portal en Internet.

La mayoría de los estudiantes con un 9% escogieron videos relacionados con la materia, planos de distribución, estudio y diseño seguido con un 8% la teoría, normas técnicas, con un 7% videos de experiencias profesionales, ejercicios resueltos, con un 6% catálogo y equipos, software, contactos de empresas, con un

5% autoevaluación con ejercicios interactivos, exámenes anteriores, normativas legales, procedimiento operativos, con un 4% foros abiertos, y finalmente videos de clases de materias con un porcentaje del 3%.

2.2. Requerimientos.

2.2.1. Transformadores de Distribución.

2.2.1.1. Resultado de aprendizaje.

Reconocer características, capacidades y tipos de Transformadores de distribución utilizado en la vida practica. Además diferenciar los tipos de conexiones de los bancos de Transformadores con Transformadores monofásicos.

2.2.1.2. Definición Teórica.



Figura 9: Transformador de distribución monofásico tomado de Catálogo de Transformadores Promelsa.

Un Transformador de Distribución Eléctrica es considerado una máquina estática, esto quiere decir que no tiene partes móviles, además su eficiencia es la más altas entre las máquinas eléctricas, sirve para tomar el voltaje de media tensión que tienen las redes de distribución en las zonas pobladas y transformarlo en voltajes adecuados a nivel de los usuarios: Residenciales, Comerciales, Industriales ó Institucionales. Figura 9.

2.2.1.3. Partes Del Transformador De Distribución.

Un Transformador de Distribución Eléctrica está constituido principalmente de:

2.2.1.3.1. Núcleo magnético.



Figura 10: Núcleo de Transformador de distribución tomado de Catálogo de Transformadores ABB.

El núcleo magnético del Transformador de distribución está formado por laminas de acero al silicio (4%) con un espesor aproximado de 0.355 mm, esta laminas se recubren con un aislante de 0.0254 mm de espesor.

El núcleo magnético del Transformador de distribución constituye el circuito magnético que transfiere la energía de un circuito a otro y su función principal es la de conducir el flujo magnético. Véase Figura 10.

2.2.1.3.2. Bobinados.



Figura 11: Bobinas de Transformador trifásico de distribución tomado de catálogo Trafo CZ fabricantes.

Los bobinados o devanados del Transformador de distribución están formados por alambre de cobre (Cu) y dependiendo la corriente, este alambre de cobre puede ser delgado, grueso o barra.

La función principal del devanado primario o de alta es crear un campo magnético con una pérdida de energía muy pequeña. El devanado secundario o de baja debe aprovechar el flujo magnético para producir una fuerza electromotriz que permita hacer funcionar una carga determinada. Figura 12.

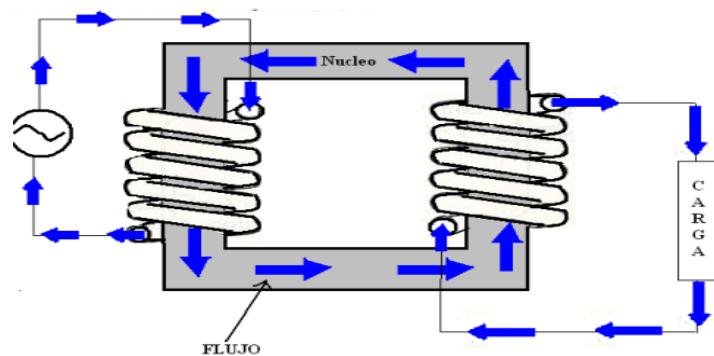


Figura 12: Flujo magnético que circula por el núcleo del Transformador.

En los tipos de Transformadores de distribución más comunes encontramos que el devanado secundario se encuentra envuelto en el centro del núcleo de Transformador de distribución con suficiente aislamiento y sobre este se aloja el devanado primario también con suficiente aislamiento.

2.2.1.3.3. Tanque principal.

El tanque es un dispositivo en el cual sirve para colocar en su interior el núcleo magnético con sus respectivos bobinados. Estos a su vez quedan sumergidos en aceite aislante que contiene el tanque. Para eso el tanque debe ser completamente hermético. En la parte superior del tanque lleva una tapa que se la coloca herméticamente.

Sobre la tapa se encuentran colocados otros accesorios como las boquillas aislantes de porcelana llamadas bushings. Estas se conectan con las terminales de alta tensión. En la parte frontal del tanque se encuentran también boquillas aislantes de porcelana, estas se conectan a los terminales de baja tensión.

Figura 13.



Figura 13: Vista frontal del tanque de un Transformador de distribución.

2.2.1.4 Tipos y Clases de Transformadores De Distribución.

2.2.1.4.1. Tipo de Transformadores de Distribución.

Dentro de los tipos de Transformadores en distribución tenemos los siguientes:

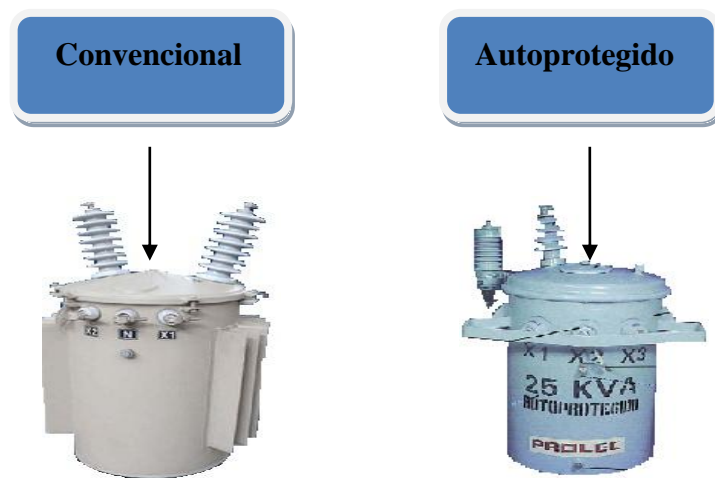


Figura 14: a) Vista de Transformador convencional b) vista de Transformador autoprotegido.

2.2.1.4.1.1. Convencional:

En los tipos convencionales contiene solo los elementos básico de un Transformador sin ningún equipo de protección sea este por sobrevoltaje, sobrecarga y cortocircuito. Para poder proteger a este tipo de Transformador se utiliza elementos adicionales como fusibles, pararrayo.

Podemos encontrar Transformadores tipo convencional con dos bushings en el lado de alto voltaje, pero lo más común es usar un solo bushing.

Este tipo de Transformadores son muy utilizados especialmente para armar bancos de Transformadores. En la Figura 15, podemos ver una representación de un Transformador convencional.

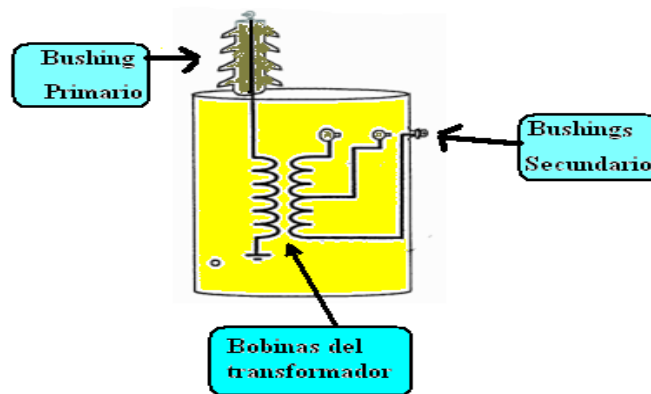


Figura 15: Esquema de Transformador convencional internamente.

2.2.1.4.1.2. Tipo autoprotegido:

Este tipo de Transformador a diferencia del Transformador convencional consta de:

- a) Un interruptor que protege de las posibles sobrecargas y cortocircuitos este se encuentra montado en el interior del Transformador en el lado de bajo voltaje. Figura 16.

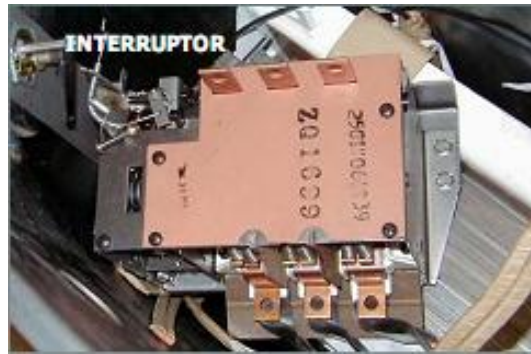


Figura 16: Interruptor de protección de Transformador autoprotegido General Electric.

- b) Un fusible montado en el interior del Transformador conectado en serie con la bobina de alta, para las posibles fallas que en este suceda.
- c) Uno o más pararrayos montados en el exterior del tanque para protección por sobrevoltaje.

En la mayoría de los Transformadores autoprotegidos excepto algunos con capacidades de 5 kva, el interruptor consta de una lámpara de señalización que opera cuando se llega a una temperatura predeterminada a manera de advertencia antes del disparo. Cuando ocurre el disparo se puede restablecer el servicio por medio de un asa externa como muestra la Figura17.



Figura 17: Lámpara de señalización de Transformador autoprotegido General Electric.

En la Figura 18. Podemos ver una representación de un Transformador autoprotegido con sus respectivas protecciones.

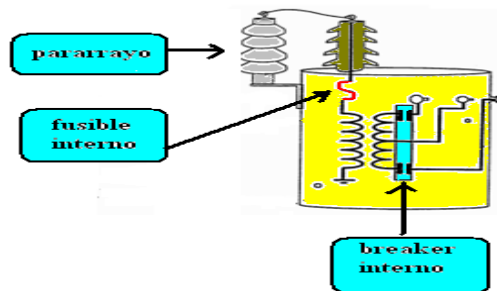
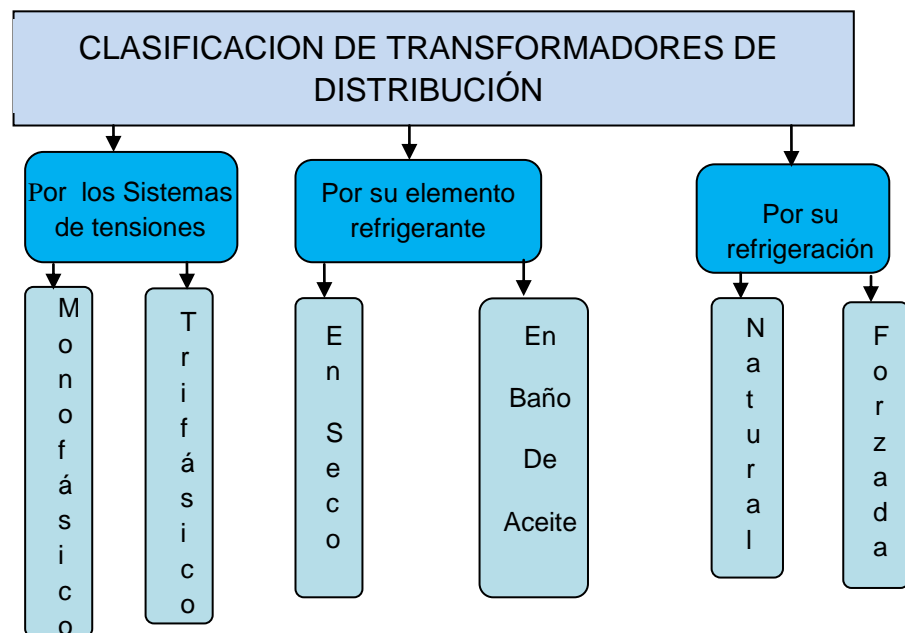


Figura 18: Esquema del Transformador autoprotegido.

El costo y el tiempo de instalación de los Transformador autoprotegido es mínimo a comparación del convencional por sus características antes mencionadas.

2.2.1.4.2 Clasificación de Transformadores de Distribución

Los Transformadores de distribución se clasifican como se muestra a continuación:



2.2.1.4.2.1 Por su sistema de tensión

En esta clasificación están principalmente los Transformadores trifásicos y los Transformadores monofásicos.

El Transformador trifásico (Figura 19) consta de sus tres bobinas en el primario y tres en su secundario unidas todas por un solo núcleo magnético.



Figura 19: La fotografía tomada en las redes de distribución del centro de Babahoyo, muestra un Transformador de 100 Kva trifásico.

Los Transformadores monofásicos (Figura 20) constan de una bobina en el primario y otra en el secundario. Se puede formar sistema trifásico con bancos de Transformadores monofásicos.



Figura 20: En las redes de distribución del centro de Babahoyo, muestra un Transformador de 50 Kva monofásico autoprotegido.

Económicamente un Transformador trifásico es más barato que un banco de Transformador monofásico, esto se debe a que el trifásico se gasta menos materia prima en su

construcción en comparación al banco de Transformador monofásico.

La ventaja en tener un banco de Transformadores monofásico es que si se llegara haber un daño en unos de los Transformadores monofásico podría solo reemplazar el Transformador dañado, pero en un Transformador trifásico debería ser reemplazado por completo.

La Tabla 1, muestra las potencias y voltajes nominales de los transformadores monofásico y trifásico según normas americanas (ASA).

KVA		Alta tensión			Baja tensión
Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico
5	20	2400/4160 Y	2400	12/240	208 Y/120
10	45	4800/8320 Y	4160 Y/2400	240/480	240
15	75	2400/4160 Y	4160 Y	2400	480
25	112,5	4800/8320 Y	4800	2520	480 Y/277
37,5	150	7200/12470 Y	8320 Y/4800	4800	240 X480
50	225	12470 Y*/7200	8320 Y/4800	3040	2400
75	300	7620/13200 Y	7200	6900	4160 Y/2400
100	500	13200 Y*/7620	12000	7200	4800
167		12000	12470 Y/7200	7360	12470 Y/7200
250		13200/22860 Y*	12470 Y	7980	13200 Y/7620
333		13200	13200 Y/7620		
500		13800/23900 Y*	13200 Y		
		13800	13200		
		14400/24940 Y*	13800		
		22900	22900		
		34400	34400		
	43800	43800			

Tabla 1: Valores de potencias y voltajes tomados de manual de Transformadores eléctrico General Electric.

Nota: *Y (Estrella con neutro a tierra). También pueden obtenerse Transformadores de otros voltajes por ejemplo: 2400 x 7200 para sistemas de 2400 voltios que vayan a convertirse después en sistemas de 7200 voltios.

2.2.1.4.2.2 Por su elemento refrigerante.

Transformadores bañados en aceite (Figura 21), son aquellos que su núcleo y sus bobinas se encuentran sumergido en aceite aislante.



Figura 21: Foto tomada en las redes de distribución de Babahoyo muestra un Transformador monofásico de 50 Kva tipo poste sumergido en aceite.

Transformador seco (Figura 22), son aquellos su núcleo y bobinas no están sumergidos en algún líquido aislantes.

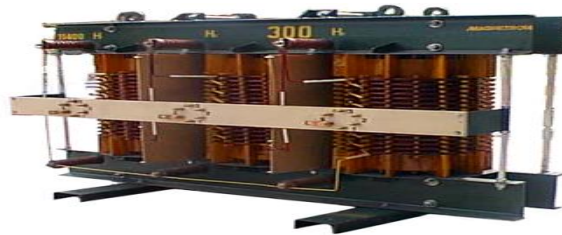


Figura 22: Transformador seco tomada de catálogo de Transformadores Magnetrón S.A. industrias colombianas.

Los Transformadores, sumergidos en aceite, lo recomendable es usarse en exteriores de las edificaciones, esto se debe que

si un Transformador explota y se incendia, riega aceite ardiendo a una temperatura mayor a los 400 grados centígrados ocasionando incendio muy difícil de controlar.

Para interior de las edificaciones se debe usar los Transformadores secos.

Económicamente el Transformador bañado en aceite es mucho más barato que el Transformador seco, es por eso que en nuestro medio se utilice en edificaciones los Transformadores bañados en aceite, pero no es recomendable por lo expuesto anterior.

2.2.1.4.2.3 Por refrigeración.

En esta clasificación tenemos refrigeración natural y forzada.

Por refrigeración natural tenemos:

Clase AA: Ventilación aire/ auto-enfriado.

Clase AN: Enfriado al ambiente no ventilado.

Clase GA: Sellado con gas.

Clase OA: Núcleo y bobinas en aceite, enfriamiento por circulación del aire exterior.

Clase OW: Al aceite enfriado por agua.

Clase OW/A. Al aceite, enfriado por agua / auto enfriado.

Por refrigeración forzada tenemos:

Clase OA/FA: Al aceite similar a la clase OA, enfriado por circulación forzada del aire.

Clase OA/FA/FA: Al aceite, auto enfriado / enfriado por la circulación forzada del aire / enfriado por la circulación forzada del aire.

Clase FOA: Al aceite, enfriado por la circulación forzada del aceite con circulación forzada del aire.

Clase FOW: Al aceite, enfriado por la circulación forzada del aceite y circulación forzada de agua por medio de un intercambiador.

Clase OA/FA/FOA: Al aceite, auto enfriado / enfriado por la circulación forzada del aire / enfriado por la circulación forzada del aceite.

Clase OA/FOA/FOA: Al aceite, auto enfriado / enfriado por la circulación forzada del aire / enfriado por la circulación forzada del aceite.

Clase OA/FOA/FOA: Al aceite, auto enfriado / enfriado por la doble circulación forzada del aire y del aceite.

2.2.1.5 Conexiones del Transformador de distribución.

En nuestro medio podemos encontrar con mayor frecuencia bancos de Transformadores monofásicos conectados en grupos trifásico. Por lo tanto a continuación se mostrara especialmente estas conexiones según las normas americanas. Véase Figura 23.



Figura 23: Banco de Transformadores monofásico en conexión estrella -estrella.

2.2.1.5.1 Triángulo –triángulo servicio 120/240 voltios, desfase angular 0° según normas americanas.

Muy utilizados para servicio de energía trifásica a 240 voltios y pequeños porcentajes de energía monofásica a 120/240 voltios. No hay problemas de sobretensiones producidas por la tercera armónica. Véase la Figura 24.

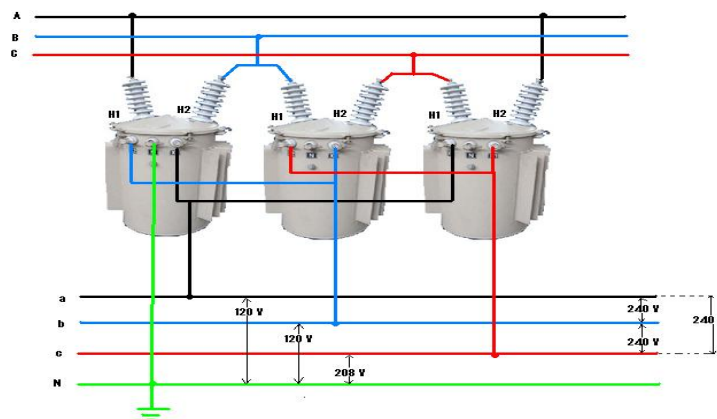


Figura 24: Conexión triángulo- triángulo (delta-delta).

Para evitar elevadas corrientes circulantes se aconseja que los Transformadores tengan iguales relaciones de transformación. Además para que no se reduzca la capacidad del banco de Transformador, al menos deben tener los Transformadores la misma impedancia.

2.2.1.5.2 Estrella-triángulo servicio 120/240 voltios, desfase angular 30° según normas americanas.

Se utiliza para servicio de energía trifásica a 240 voltios y pequeños porcentajes de energía monofásica 120/240 voltios. Si se tiene Transformadores con distintas impedancia y relación de transformación no se produce excesivas corrientes circulantes. No hay problemas de sobretensiones producida por la tercera armónica. Véase en la Figura 25.

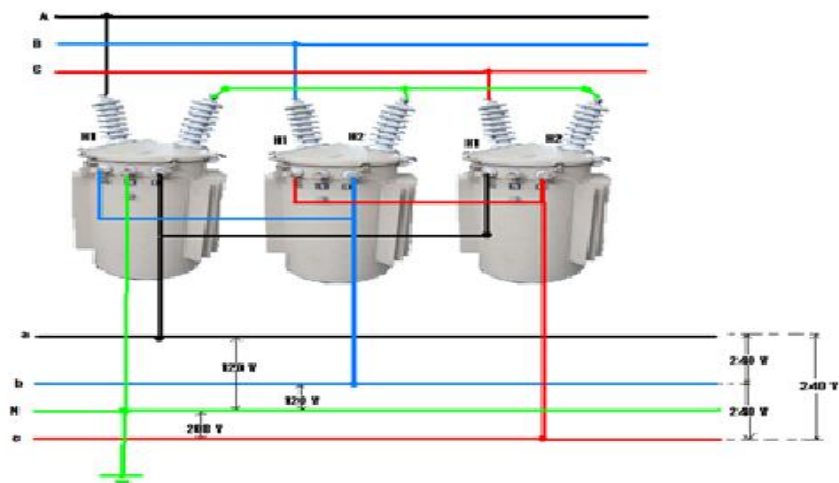


Figura 25: Conexión estrella- triángulo (y-delta).

2.2.1.5.3 Estrella con neutro a tierra- triángulo servicio 120/240 voltios, desfase angular 30° según normas americanas.

Utilizados para servicio de energía trifásica 240 voltios y pequeños porcentajes de energía monofásica a 120/240 voltios.

Véase la Figura 26.

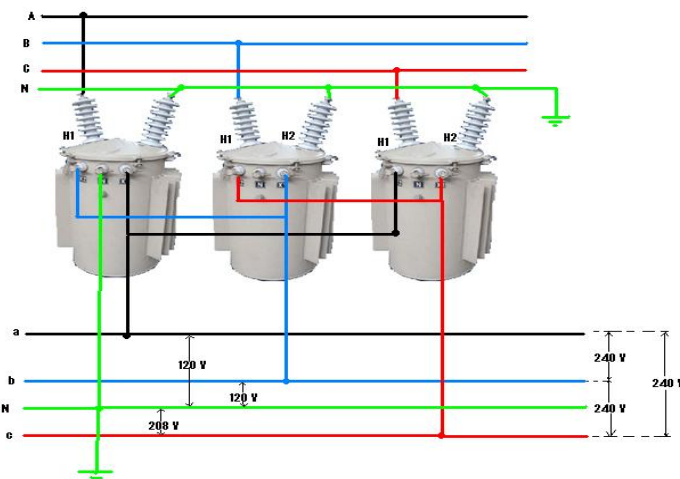


Figura 26: Conexión estrella con neutro a tierra –triángulo (*y-delta).

Estos Transformadores pueden quemarse con facilidad si se produce un cortocircuito en el primario ya que cada Transformador puede actuar como Transformador para conexión a tierra, cuando existen condiciones de desequilibrio en el sistema primario, lo cual reduce la capacidad con respecto a la carga conectada y esto hace que aumente la posibilidad en

quemarse. En el caso de abrirse una fase en el primario quedaría el banco conectado en estrella abierto-triángulo, suministrando carga trifásica con capacidad reducida.

2.2.1.5.4 Triángulo– estrella servicio 120/208 voltios, desfase angular 30° según normas americanas.

Usada para suministro de energía a 208 y 120 voltios donde ambas tensiones pueden ser tomadas en cualquier de las 3 fases en el secundario. Nos ayuda a distribuir las cargas monofásicas en las tres fases para tener una carga total equilibrada. Véase en la Figura 27.

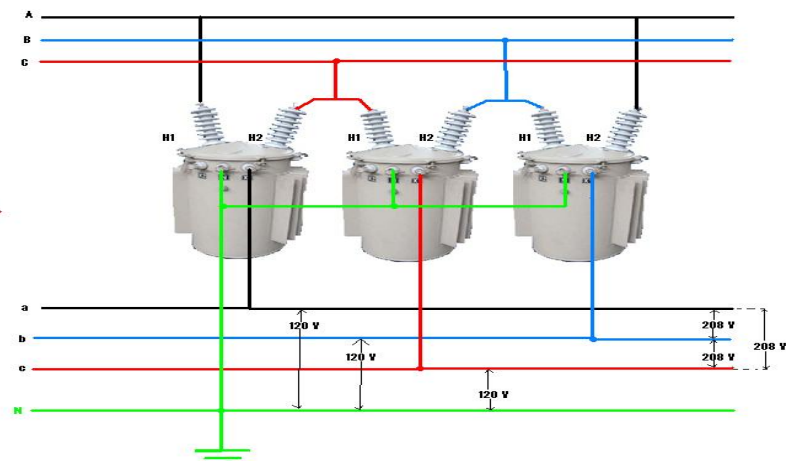


Figura 27: Conexión triángulo –estrella (delta-Y).

Cada uno de los Transformadores en la Figura 27 internamente deben estar conectadas sus bobinas en lado del secundario en paralelo como se muestra en la Figura 28.

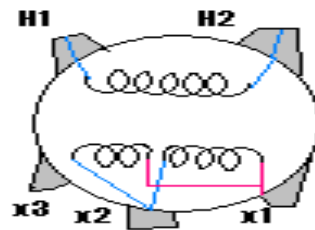


Figura 28: Conexión interna de un Transformador para poder conectar a un banco de Transformadores triángulo –estrella (delta-Y).

2.2.1.5.5 Estrella con neutro a tierra–estrella servicio 120/208 voltios, desfase angular 0° según normas americanas.

Para alimentar cargas monofásicas y trifásicas. Es muy importante tener conectado bien el neutro de los Transformadores al neutro del sistema, de no ser así se podría producir voltajes excesivos en el circuito secundario. Véase en la Figura 29.

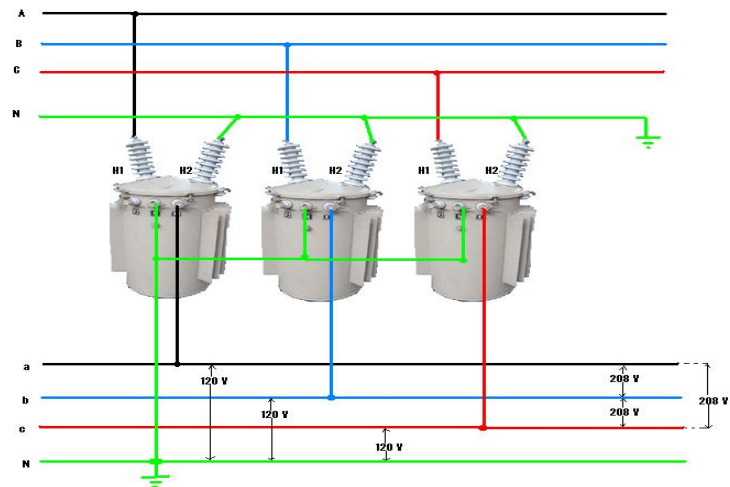


Figura 29: Conexión estrella con neutro a tierra –estrella (*Y-Y).

Cada uno de los Transformadores en la Figura 29 internamente deben estar conectadas sus bobinas en lado del secundario en paralelo como se muestra en la Figura 30.

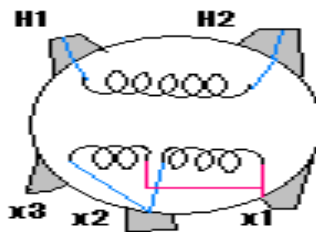


Figura 30: Conexión interna de un Transformador para poder conectar a un banco de Transformadores estrella –estrella (Y-Y).

2.2.1.5.6 Estrella abierta- triángulo abierto servicio 120/240 voltios, desfase angular 0° según normas americanas.

Utilizado para suministro de energía monofásica 120/240 voltios y pequeños porcentaje de energía trifásica. Por lo

general se utiliza Transformadores de distinta capacidades. No es muy efectiva cuando predomina las cargas trifásicas pues la capacidad es solo del 86.6% de la correspondiente a dos unidades que forma el banco trifásico. La capacidad de este banco es solamente el 57.7% de un banco triángulo-triángulo cerrado de tres unidades. Véase la Figura 31.

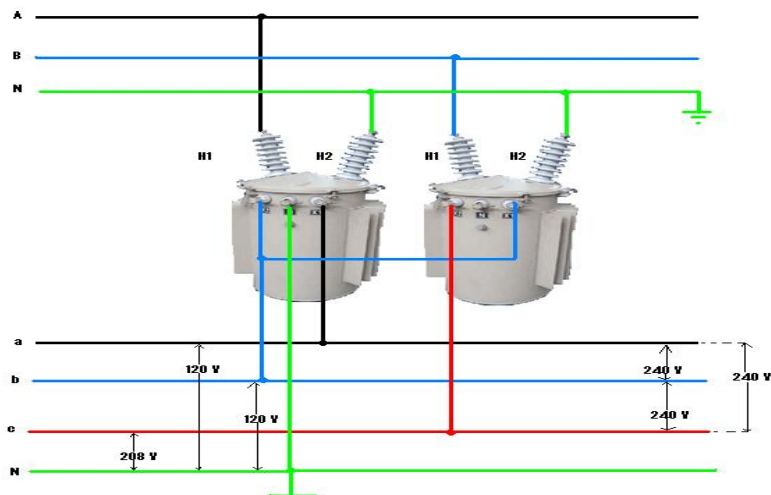


Figura 31: Conexión estrella-triángulo abierto (V-delta abierto).

2.2.1.5.7 Triángulo - triángulo abierto servicio 120/240 voltios, desfase angular 0° según normas americanas.

Utilizado para suministro de energía monofásica 120/240 voltios y pequeños porcentaje de energía trifásica. Por lo general se utiliza Transformadores de distinta capacidades. No es muy efectiva cuando predomina las cargas trifásicas pues

la capacidad es solo del 86.6% de la correspondiente a dos unidades que forma el banco trifásico. La capacidad de este banco es solamente el 57.7% de un banco triángulo-triángulo cerrado de tres unidades. Véase la Figura 32.

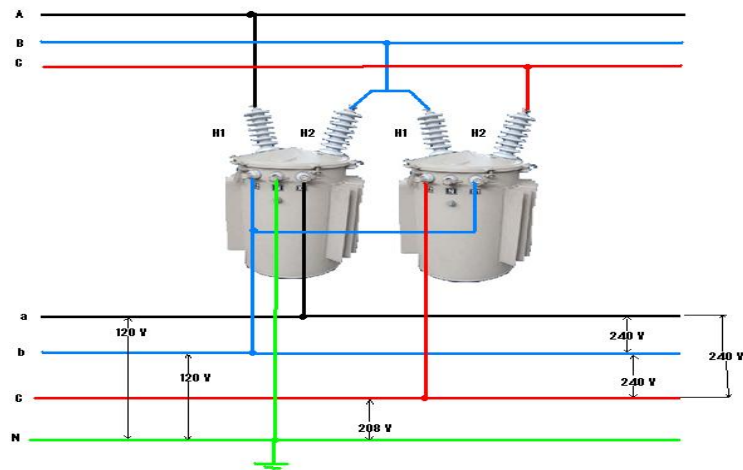


Figura 32: Conexión triángulo-estrella abierto (delta abierto-V).

2.2.1.6 Ejercicios resueltos de Transformadores.

Ejercicio 2.2.1.6.1.

Si en una industria donde se produce barras de chocolates, se tiene tres Transformadores cada uno con una potencia de 33.3 Kva. Determine a) la potencia instalada de un banco de Transformadores monofásicos conectados en $Y - \Delta$ que hagan funcionar los motores que se necesitan para producir las barras de chocolates.

Solución:

Si sabemos que la potencia instalada de un banco de Transformadores es dado por la siguiente expresión

$$S_{3\phi \text{Transf}} = 3 S_{1\phi}$$

Donde $S_{1\phi}$ es la potencia del Transformador monofásico.

Por lo tanto la potencia instalada del banco de Transformador será:

$$S_{3\phi \text{Transf}} = 3 \cdot 33.3 \text{ Kva} = 100 \text{ Kva}$$

Ejercicio 2.2.1.6.2.

Si para el ejercicio anterior la carga máxima trifásica es de 100 Kva y se produce un daño en uno de los Transformadores monofásicos y la producción no puede detenerse completamente pues produciría pérdidas económicas entonces es necesario realizar una conexión Y - Δ abierto. Determine a) la potencia instalada del banco de Transformador Y - Δ abierto b) La carga máxima que puede suplir con esta conexión.

Solución:

- a) Como solo se tiene dos Transformadores en el banco, su carga instalada será:

$$S_{3\phi \text{Transf}} = 2S_{1\phi}$$

$$S_{3\phi \text{Transf}} = 2 * 33.3 \text{ Kva} = 66.66 \text{ Kva}$$

- b) Si,

$$S_{3\phi Ld}(\text{potencia de carga}) = \sqrt{3} * V_{ll} * I_l = \sqrt{3} * V_{sn} * I_{sn} = \sqrt{3} S_{1\phi}.$$

Donde V_{ll} voltaje de línea –línea y I_l corriente de línea en el primario, V_{sn} voltaje línea neutro, I_{sn} corriente de línea en el secundario entonces se puede concluir que la carga máxima que se puede conectarse es:

$$S_{3\phi Ld} = \sqrt{3} S_{1\phi} = \sqrt{3} * 33.33 = 57,73 \text{ Kva}.$$

Ejercicio 2.2.1.6.3.

Se conecta un Transformador trifásico y su lado de baja se conecta a una línea de 20 Kv y absorbe 20 A. Si la relación de espiras por fase es igual a 100, calcular la tensión compuesta y la corriente de línea en el secundario

del Transformador para las siguientes conexiones a) estrella-estrella b) estrella- triángulo.

Solución:

La potencia del Transformador en todos los casos es la misma y es:

$$S_{3\phi \text{ transf}} = \sqrt{3} \cdot V_{II} \cdot I_{II} = \sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 20 = 693 \text{ Kva}$$

a) La tencion en el primario sera:

$$V_1 = 20000 / \sqrt{3} \text{ V}$$

Su corriente sera.

$$I_1 = 20 \text{ A}$$

De acuerdo con la siguiente ecuación

$$m = 100 = V_1 / V_2 = I_2 / I_1$$

De donde se deduce

$$V_2 = 200 / \sqrt{3} \text{ V y } I_2 = 2000 \text{ A}$$

Entonces los valores compuesto en el secundario serán respectivamente: tension 200 V y corriente 2000 A.

- b) Los valores simples en el primario teniendo en cuenta que está conectado en estrella será:

$$\text{Tension } V_1 = 20000/\sqrt{3} \text{ V}$$

$$\text{Corriente } I_1 = 20 \text{ A}$$

Los valores simples en el lado del secundario según la relación de transformación será:

$$V_2 = 200/\sqrt{3} \text{ y } I_2 = 2000 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta que está conectado en el lado del secundario en triángulo corresponde los valores de línea.

$$V_2 = 200/\sqrt{3} \text{ V y } I_2 = 2000 \cdot \sqrt{3} \text{ A}$$

Ejercicio 2.2.1.6.4.

Se requiere dar servicio a un motor trifásico de 350 Hp, con una eficiencia del 80% , un voltaje de 480 v conectado en delta y un factor de potencia en atraso de 0.75, desde un alimentadora de 13800 v, para lo cual se cuenta con 3 Transformadores monofásicos de las siguientes características:

$$S = 167 \text{ kVA}$$

$$a = 13800/480 \text{ v}$$

Determinar:

a) conexión para poder dar servicio al motor.

Solución:

La conexión usada será triángulo- triángulo como se muestra en la Figura 33.

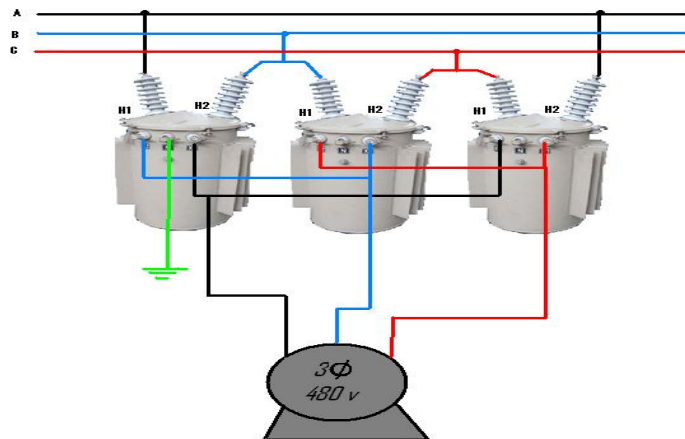


Figura 33: Diagrama de conexión triángulo-triángulo.

b) Las corrientes en el primarios del Transformador.

Solución:

La potencia activa del motor en Kw realizamos conversión.

$$P = (350 \text{ Hp} \times 0.746 \text{ Kw}) / 1 \text{ Hp} = 261.1 \text{ Kw}$$

Este valor 261.1 Kw es la potencia de salida del motor.

Ahora determinemos la potencia de netrada mediante la ecuación de eficiencia.

$$\eta = P \text{ salida} / P \text{ entrada}$$

Despejando.

$$P \text{ entrada } 3\phi = P \text{ salida} / \eta = 261.1 \text{ Kw} / 0.8 = 326.38 \text{ Kw}$$

Mediante la ecuación que relaciona la potencia activa con la aparente.

$$P = S \cdot \cos\phi = S \cdot f_p$$

Calculamos la potencia aparente trifásica que provoca el motor en el lado del primario del motor, de la siguiente manera:

$$S_{3\phi} = P_{3\phi} / f_p = 326.38 \text{ Kw} / 0.75 = 435.16 \text{ Kw}$$

Calculamos el ángulo de desfase.

$$\phi = \cos^{-1}(0.75) = 41.40^\circ \text{ como esta en atraso sera } -41,40^\circ$$

Con la ecuación.

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} V_L \cdot I_L$$

Donde V_L . Es el voltaje de línea y I_L corriente de línea en el lado primario del Transformador.

Despejando.

$$I_L = \frac{S_3 \phi}{\sqrt{3} V_L} = \frac{435.16}{\sqrt{3}(13800)} = 18.19 \text{ A}$$

Como la corriente primaria está desfasado 30° con respecto a la corriente secundaria entonces la corriente en la fase A será 18.19A a un ángulo de -71.40° , la corriente en la fase B será 18.18 A a un ángulo de 48.6° y la corriente en C será 18.19 A a un ángulo de -191.4° .

2.2.1.7 Autoevaluación de Transformadores de Distribución.

2.2.1.7.1. Completar

El Transformador de distribución eléctrico es considerado una máquina (1) debido a que sus partes son (2). Básicamente su función es de (3) niveles de voltajes altos a niveles de voltajes bajos. Sus elementos más resaltantes son (4), tanque antioxidante, (5). Para formar bancos de Transformadores se utiliza Transformadores (6) monofásico debido a la ventaja de no contar con una (7) interna.

La eficiencia de un Transformador eléctrico solo se considera la potencia (8), normalmente se expresa en (9) se mide como la relación de la potencia (10) sobre la potencia (11).

Solución:

1) Estática, 2) fijas, 3) convertir, 4) bobinas, 5) núcleo, 6) convencionales 7) protección. 8) activa, 9) porcentajes, 10) salida, 11) entrada.

2.2.1.7.2. Una según corresponda.

- 1) Transformador clase GA.
 - 2) Transformador clase AN.
 - 3) Transformador clase OA.
 - 4) Transformador clase FOA.
 - 5) Transformador clase FOW.
-
- a) Enfriado al ambiente no ventilado.
 - b) Núcleo y bobinas en aceite, enfriamiento por circulación del aire exterior.
 - c) Al aceite, enfriado por la circulación forzada del aceite con circulación forzada del aire.

- d) Al aceite, enfriado por la circulación forzada del aceite y circulación forzada de agua por medio de un intercambiador.
- e) Sellado con gas.

Solución:

- 1) e, 2) a, 3) b, 4) c, 5) d.

2.2.1.7.3. Crucigrama

Vertical

- 1) Conductor del flujo magnético.
- 2) Máquina estática de mucha eficiencia.
- 3) Aisladores de porcelana donde se conecta los conductores de alta y baja tensión en un Transformador.
- 4) Unidades de potencia aparente.
- 5) Dispositivo donde se colocan los elementos y accesorios del Transformador de distribución.

Horizontal

- 1) Aislante y refrigerante del Transformador.
- 2) Crea el campo magnético.
- 3) Produce la fuerza electromotriz.

Solución:

Vertical

- 1) Núcleo, 2) Transformador, 3) Bushings, 4) Kva, 5) tanque

Horizontal

- 1) Aceite 2) Devanado primario 3) Devanado de baja.

2.2.1.7.4. Escoja lo correcto.

Los bancos de Transformadores trifásicos en estrella delta cumple con:

- a) El servicio monofásico no es posible.
- b) Sólo se da servicio trifásico.
- c) Se puede dar en porcentajes pequeño de energía trifásica.
- d) La tercera armónica genera sobretensiones produciendo problemas en el sistema.
- e) Se produce excesivas corrientes circulantes.

Solución: Opción c.

2.2.2. Conductores Eléctricos.

2.2.2.1. Resultado de aprendizaje

Reconocer características y tipos de conductores en Distribución Eléctrica utilizada en la vida practica.

2.2.2.2. Definición Teórica.



Figura 34: Fotografía de conductores tomada de manual de Procobre México.

Los conductores eléctricos son aquellos elementos que permiten transportar con facilidad y de forma segura la corriente eléctrica desde la fuente de alimentación hacia las cargas.

Los materiales más usados son de aluminio (Al) y cobre (Cu).

El Al debido a las cualidades eléctricas como la conductividad (Al 60% del Cu) y mecánicas como la resistencia de tracción (Al 40% del Cu), además de ser más liviano que el Cu y más económico,

ha dado lugar a un amplio uso en líneas de transmisión y distribución.

En cambio el Cu por tener un coeficiente de dilatación menor que el Al y más duro manteniendo una buena calidad de contacto, es muy utilizado en instalaciones industriales e interiores.

2.2.2.3. Partes De los Conductores Eléctricos.

Los conductores eléctricos están constituidos por tres elementos básicos que son:

2.2.2.3.1. El elemento conductor.

Es el que se forma por hilos de alambres que se trenzan entre sí, su función es permitir que fluya la corriente eléctrica por él. Puede ser Cobre (Cu) o Aluminio (Al) ya que estos materiales son buenos conductores y además son económicos en comparación al Oro o Plata. Todos los conductores en mayor o menor proporción se calientan esto se debe a la resistencia del metal, produciendo pérdidas de energía que es un parámetro muy importante al momento de de diseño de líneas eléctricas.

En Tabla 2 muestra las características más importantes del Cu y Al.

CARACTERISTICAS	Cu	Al
Peso específico g/cm^3 a 20°C	8,89	2,7
Resistividad ($\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{km}$ a 20°C)	17,241	28,264
Coefficiente de temp. (α) ($1/^\circ\text{C}$)	0,00393	0,00403

Tabla 2: Características del Cu y Al

2.2.2.3.2. El aislamiento.

Entre los aislante que podemos encontrar en los conductores eléctricos tenemos PVC (cloruro de polivinilo), el polietileno (PE), el caucho, la goma y el nylon. El tipo de aislante depende de la utilización o condiciones que se requiera en las instalaciones eléctricas.

Su función principal es el de evitar que la energía eléctrica circule por él y no entre en contacto con otras fases o con las personas.

2.2.2.3.3. La cubierta protectora.

Llamado también armadura o pantalla, puede ser de cualquier material resistente por ejemplo de cinta, alambre trenzado, etc.

Su función principal es de proteger tanto al conductor como al aislante de daños mecánicos como golpes, raspaduras, etc.

La Figura 35, muestra los tres elementos básicos de un conductor eléctrico.



Figura 35: Perfil de conductor eléctrico y sus partes tomada de manual de Procobre México.

2.2.2.4. Clasificación y tipos de Conductores Eléctricos.

Dentro de la clasificación hablaremos principalmente de dos:

2.2.2.4.1. Conductores desnudos.

Los conductores desnudos son muy utilizados para construcción de líneas aéreas.

Dentro de los conductores tenemos los siguientes tipos:

2.2.2.4.1.1. Todo aluminio (AAC).

Este tipo de conductor es más barato tiene la desventaja de ser muy blando, por ello se lo usa para vanos cortos o medios. Si el vano es muy largo este se cuelga y presenta una flecha muy grande. La expresión para determinar la flecha en una línea esta dado por:

$$S=w L^2/8T$$

Donde w es el peso unitario, L : longitud y T : tensión mecánica.

A medida que aumenta la tensión la flecha se reduce. Figura 36.

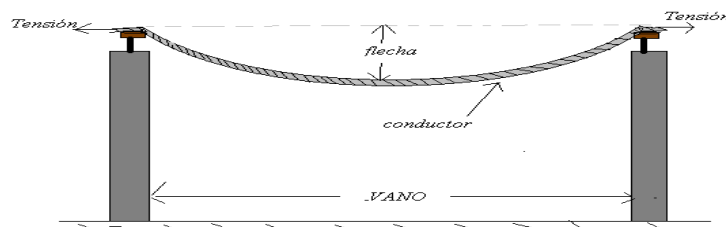


Figura 36: Diagrama donde se muestra la flecha en un conductor eléctrico.

Este tipo de conductor no debe de templarse más allá del 25% de su tensión de ruptura, lo más aconsejable es aplicar una tensión de 1500 libras. Figura 37.



Figura 37: Conductor AAC foto tomada de redes de baja tensión de la ciudad de Babahoyo.

2.2.2.4.1.2. Aluminio con alma de acero (ACSR).

Se lo utiliza para vanos largos y están compuestos por aluminio y acero galvanizado donde en el centro se ubica los hilos de acero y en el exterior los hilos de aluminio, el alma de acero normalmente consta de 1, 7 o 19 alambres. Figura 38.

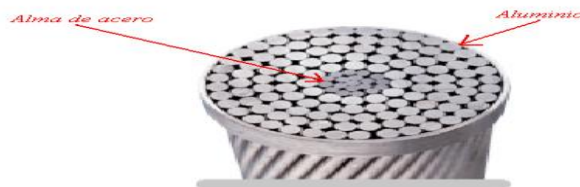


Figura 38: Conductor ACSR tomado de catálogo ECN Cable Group España.

2.2.2.4.1.3. Aleaciones de aluminio 62001 (AAAC)

Estos conductores tienen el doble de resistencia que el AAC y su conductividad es 15% menos que el AAC. Es muy utilizado en ambientes contaminados por los gases de la

combustión produciendo lluvias con alto grado de acides.

Figura 39.

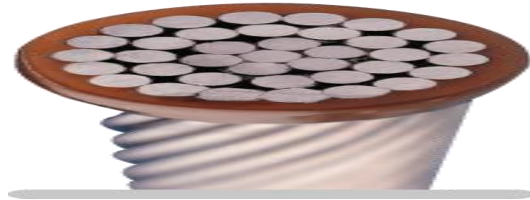


Figura 39: Conductor ACSR tomado de catálogo ECN Cable Group España.

2.2.2.4.2. Conductores aislados.

2.2.2.4.2.1. Conductores aislados para media tensión

Usados para líneas de distribución subterránea es más costosa y menos flexible que los conductores desnudos en líneas aéreas, esto se debe a que este tipo de conductores no tiene menos de seis capas que del centro hacia el exterior son:

- a) **El conductor central**, este puede ser de aluminio (Al) o cobre (Cu). En muchos de los casos se emplea a menudo Cu, ya que el Cu por unidad de volumen es mejor y con ello necesitamos menos sección de Cu que el Al para conducir la misma cantidad de corriente lo que

implica utilizar menos aislante las capas de aislamiento, reduciendo el costo de total del conductor.

- b) **Una capa semiconductor**, esta tiene dos propósitos: el primero es de crear una superficie equipotencial que evite un gradiente de potencial excesivo que pueda causar daño del aislamiento principal, y evitar la presencia de vacíos que también coadyuvan al daño del aislamiento.
- c) **El aislamiento principal**, cuyo material es generalmente polietileno reticulado o elastómero (caucho natural o sintético).
- d) **Otra capa semiconductor**, con la función similar a la primera.
- e) **Una pantalla eléctrica**, que generalmente es de Cu y constituye el conductor de retorno, este es generalmente laminado. A veces se coloca la pantalla como la última capa, en cuyo caso se emplea conductores circulares.

- f) **La última capa constituye una cubierta exterior**, que proporciona una protección mecánica y es generalmente hecha de policloruro de vinilo (PVC).Figura 40.

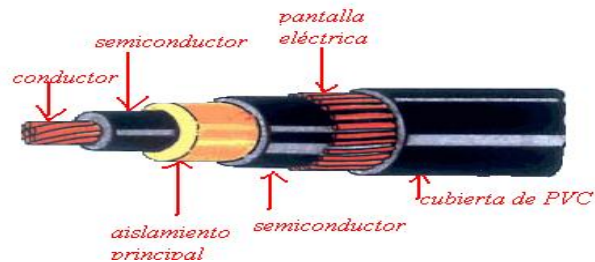


Figura 40: Conductor aislado para media tensión.

2.2.2.4.2.2. Conductores preensamblados.

Este tipo de conductor es utilizado para líneas aéreas en redes secundarias de distribución, colocadas sobre postes o fachadas. Está constituido por múltiples conductores de fase, cuya función es únicamente conducir la corriente eléctrica y por un conductor neutro que además cumple con una función mecánica.

Unos de los fines del uso del cable preensamblado en las empresas eléctricas de nuestro medio son de disminuir pérdidas de energía.

Los conductores de fases son de aluminio tipo AAC y el neutro puede ser tipo (AAAC) o (ACSR), el aislante es de polietileno reticulado. Figura 41.



Figura 41: Conductor preensamblado tomado de catálogo CYA conductores eléctricos.

2.2.2.5. Conexiones de los conductores eléctricos

Para realizar las conexiones en los conductores eléctricos debemos considerar ciertas condiciones como:

- a) La conexión no deben aumentar la resistencia eléctrica del conductor.
- b) La conexión de conductores será realizada en conductores sin tensión mecánica, o en las uniones de conductores realizada en el bucle entre cadenas horizontales de un apoyo, debiendo tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20 % de la carga de rotura del conductor.

- c) En el caso de una derivación se puede usar una conexión con un conductor en tensión mecánica el cual no se debe cortar y el otro conductor (derivación) sin tensión mecánica.
- d) Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, se recomienda que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas horizontales de amarre.
- e) Las piezas de conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos. Deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.

2.2.2.6. Ejercicios resueltos de conductores eléctrico

Ejercicios 2.2.2.6.1

Un circuito primario se construirá con un conductor de ACSR cal 1/0 AWG, en forma aérea, con una longitud aproximada de 95 metros, a una tensión de 13200 V, soportando una carga total instalada de 30 KVA. Determinar la caída de tensión.

Solución:

Calculamos la corriente en el conductor mediante la ecuación:

$$I = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}}$$

Donde

KVA = Potencia KVA del sistema

KV = Tensión en kilovoltios

I = Corriente en amperios.

$$I = \frac{30}{1.732 \times 13.2} = 1.31 \text{ A.}$$

Luego calculamos la impedancia para un conductor 1/0 AWG de ACSR.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$X_L = X_A + X_A'$$

Donde:

R = Resistencia del conductor.

X_L = Reactancia inductivo

X_A = reactancia inductiva propia

X_A' = Reactancia inductiva mutua

$$X_A = 0.2576 - 0.1736 (0.733) = 0.281 \Omega / \text{Km.}$$

$$X_A' = 0.1736 \times \text{LOG } 90 - 0.2576 = 0.082 \Omega / \text{Km.}$$

$$X_L = 0.281 + 0.082 = 0.363 \Omega / \text{Km.}$$

$$Z = \sqrt{(0.717)^2 + (0.363)^2} = 0.803 \Omega / \text{Km.}$$

Calculamos el voltaje.

$$V = L \times I \times Z$$

Donde:

V = Caída de tensión en volts.

L = Longitud equivalente de la línea.

I = Corriente del sistema

Z = Impedancia.

$$V = 0.095 \times 1.31 \times 0.803 = 0.099 \Omega / \text{Km.}$$

Obtenemos la caída de voltaje en porcentaje:

$$\% e = V \times 100 / V_N$$

$$\% e = 0.099 \times 100 / 7621 = 0.0013 \%$$

Ejercicios 2.2.2.6.2

Demuestre que la sección transversal del cobre es 1.61 veces la del aluminio.

Solución:

Para demostrar esta relación utilizaremos la siguiente ecuación:

$$R = (L / S) \rho$$

Donde:

R: resistencia del material “Al, Cu, Acero, etc.”

ρ : resistividad del material

L: longitud del conductor

S: sección del conductor

Para el Al:

$$R_{Al} = L_{Al} \times \rho_{Al} / S_{Al}$$

Para Cu:

$$R_{Cu} = L_{Cu} \times \rho_{Cu} / S_{Cu}$$

Se asume:

$$R_{Cu} = R_{Al} = R \text{ y } L_{Cu} = L_{Al} = L$$

Si igualamos la ecuación 1 y 2 obtenemos:

$$L_{Al} \times \rho_{Al} / S_{Al} = L_{Cu} \times \rho_{Cu} / S_{Cu}$$

Despejando S_{Al} :

$$S_{Al} = 1,61 \times S_{Cu}$$

Esto significa que el conductor de Al tiene una sección 1.61 veces que el Cu para una misma resistencia.

Ejercicios 2.2.2.6.3

Determinar la relación de resistencia mecánica de tracción del aluminio y cobre. ¿Explique el resultado?

Solución:

Para realizar la relación de tracción utilizamos la ecuación siguiente:

$$T = S \times \sigma$$

Donde:

T: Tensión máxima a la tracción del material “Al, Cu, Acero, etc.”

σ : Carga de rotura del material

S: Sección del conductor

Para el Al:

$$T_{Al} = S_{Al} \times \sigma_{Al}$$

Para el Cu:

$$T_{Cu} = S_{Cu} \times \sigma_{Cu}$$

Dividiendo las dos ecuaciones anteriores.

$$T_{Cu}/T_{Al} = (S_{Cu} \times \sigma_{Cu}) / (S_{Al} \times \sigma_{Al})$$

Si $\sigma_{Cu} = 45$ y $\sigma_{Al} = 20$ Sustituimos en la ecuación anterior.

$$T_{Cu}/T_{Al} = (S_{Cu} \times 45) / (S_{Al} \times 20)$$

Si conocemos la relación de área del Al y Cu.

$$S_{Al} = 1,61 \times S_{Cu}$$

Sustituimos en la expresión anterior.

$$T_{Cu}/T_{Al} = (S_{Cu} \times 45) / (1,61 \times S_{Cu} \times 20)$$

Finalmente nos queda reducida la expresión:

$$T_{Cu} = 1.40 \times T_{Al}$$

En la ecuación final podemos observar que para una misma resistencia, la máxima de tracción del Cu es mayor que la del Al.

2.2.2.7. Autoevaluación de conductores eléctricos.

2.2.2.7.1. Complete.

La función principal de los conductores eléctricos es de (1) la energía eléctrica desde los (2) hasta las (3). Los conductores de aluminio son más usados en (4) y (5), esto se debe a cuatro características especiales la primera (6) la segunda (7) la tercera (8) y la cuarta (9) en comparación a los conductores de cobre.

Solución:

1) transportar, 2) generadores 3) cargas 4) transmisión 5) distribución 6) conductividad 7) mecánica 8) densidad 9) economía.

2.2.2.7.2. Una según corresponda.

1) Conductor ASCR.

- 2) Conductor AAAC.
 - 3) Conductor AAC.
 - 4) Conductor media tensión aislado.
 - 5) Conductor preensamblado.
-
- a) Es blando utilizado en vanos cortos.
 - b) Usados en líneas aéreas sobre poste o fachadas.
 - c) Uno de sus elementos es una pantalla eléctrica.
 - d) Usados en ambientes contaminados por gases.
 - e) Compuesto de acero y aluminio.

Solución:

- 1) e, 2) d, 3) a, 4) c, 5) b.

2.2.2.7.3. Crucigrama.

Vertical

- 1) Elementos que se forma por hilos de alambres.
- 2) Siglas de conductor que sirve para construcciones de líneas para vanos largos.
- 3) Nombre de elemento que contiene los conductores subterráneos.

4) Números de elementos que tiene un conductor subterráneo.

Horizontal

- 1) Nombre con que está hecho los aislantes de un conductor.
- 2) Conductor usado para disminuir las pérdidas por robo de energía.

Solución:

Vertical

- 1) conductor, 2) ACSR, 3) cobre, 4) seis.

Horizontal

- 1) Polietileno reticulado.
- 2) Preensamblado.

2.2.2.7.4. Escoja lo correcto.

Para realizar conexiones correcta en los conductores se debe.

- a) No hay problema con el aumento de resistencia eléctrica del conductor.
- b) En el caso de una derivación se puede usar una conexión con un conductor en tensión mecánica el cual se debe cortar y el otro conductor (derivación) sin tensión mecánica.

c) La conexión de conductores será realizada en conductores sin tensión mecánica preferentemente.

d) Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección, no es recomendable que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas horizontales de amarre.

Solución: opción c

2.2.3. Herrajes y Aisladores.

2.2.3.1. Resultado de aprendizaje.

Identificar los tipos de herrajes y aisladores así como su aplicación en Distribución Eléctrica.

2.2.3.2. Definición Teórica.

2.2.3.2.1. Herrajes.

Son todos aquellos elementos utilizados para la fijación de aisladores, conductores etc. que encontramos en Distribución Eléctrica. Figura 42.



Figura 42: Foto de diversos herrajes tomada de catálogo de Pistar Holding.

2.2.3.2.2. Aisladores

Son elementos utilizados en líneas eléctricas y su función principal es que la corriente que circula por el conductor no circule por los herrajes o estructuras. Figura 43.



Figura 43: Aislado tipo Pin 55-5.

2.2.3.3. Partes de los Herrajes y Aisladores.

2.2.3.3.1. Herrajes.

Estos elementos están diseñados para cumplir adecuadamente su función mecánica y eléctrica, además se deben proteger

adecuadamente contra la corrosión atmosférica. Es por eso que son elementos galvanizados.

2.2.3.3.2. Aisladores.

Los aisladores se construyen con vidrio, porcelana o cualquier elemento que no permita que circule la corriente por él, además que soporte altas temperaturas.

Los aisladores deben ser contruidos de manera que puedan resistir condiciones mecánicas muy severas, descargas atmosféricas y arcos alimentados por la corriente de servicio, sin dejar caer el conductor.

2.2.3.4. Clases de Herrajes y Aisladores.

2.2.3.4.1. Clases de Herrajes

A continuación mencionaremos algunos herrajes utilizados como son:

a) Grapa terminal o pistola; puede llevar 5 pernos o menos según su aplicación por ejemplo para líneas de 69 Kv lleva 5

pernos para menores tensiones menor números de pernos, sirve para sujetar al conductor en los terminales.

- b) Grapas de compresión;** son de una sola vida y se las utiliza en baja tensión.

- c) Estribos;** son utilizados para conexión de equipos de media tensión como Capacitores; Transformadores con el fin de evitar puntos calientes que se puede transmitir por la línea.

- d) Grapa de línea viva;** se conectan en el estribo, tiene un agujero por donde entra la pértiga para ajustarse en el estribo.

- e) Separadores de madera;** Se utilizan en circuitos secundarios para evitar unión de las líneas.

- f) Bastidor;** se lo utiliza para sostener al aislador tipo rollo puede ser de 1,3 o 5 vías.

- g) Reversible;** utilizado en acometidas secundarias para evitar que en épocas lluviosas el agua entre en las tuberías y produzca daño.

- h) Abrazadera;** Usado para sujetar elementos como el bastidor, luminarias, etc., al poste.
- i) Grapa perno partido;** Se la utiliza en baja tensión para conectar las acometidas a la red.
- j) Perno máquina;** Usado para sujetar elementos al poste como estructuras en baja tensión, Transformadores, seccionadores etc.
- k) Cruceta;** Elemento utilizado en estructuras bifásicas, trifásicas, se lo instala sobre el poste en diversa tipos de estructuras según sea el caso.
- l) Tensor mecánico;** Se lo utiliza para estructuras preensamblado de retención se ajusta al poste mediante perno de ojo o una turca de ojo.
- m) Ménsula de suspensión;** Utilizado en estructuras preensamblado como pasante de este se coloca la pinza de suspensión.

2.2.3.4.2. Clases de Aisladores.

Dentro de las clases de aisladores encontramos los siguientes:

- a) Aislador de suspensión;** (bola, socket) consiste de un disco de porcelana contenido entre una bola y un socket, de esta manera la porcelana esta en compresión, cada disco tiene ciertas características eléctricas y mecánicas: Este ángulo bola socket, permite que se unan las unidades unas con otras para formar una cadena, pudiendo soportar mayor voltaje. Estos aisladores se los colocan en los terminales de las líneas de altas.

- b) Aislador tipo pin;** puede construirse en una pieza para voltajes hasta 35 Kv y 2 o 3 piezas para voltajes de 69 Kv, tiene una especie de ranura donde descansa y es atado el conductor.

- c) Aislador tipo poste;** Se lo utiliza a nivel de 69 Kv en vanos cortos, sostienen el conductor al poste de manera rígida, su tensión máxima es de 1600 libras contiene una abrazadera llamada mariposa.

- d) **Aislador tipo rollo;** Se usan en baja tensión y va montado en el bastidor.

- e) **Aislador tipo retención;** Se lo instala en tensores de media tensión.

- f) **Pararrayo;** limita los esfuerzos debido al sobrevoltaje en el aislamiento del o los equipos que protege, permitiendo que los incrementos repentinos de voltaje se desvíen o se dirijan a tierra, antes que exista daño.

En su interior está compuesto por bloques resistencia no líneal separados por aire o gas.

Cuando aparece una sobretención debida por ejemplo a una descarga atmosférica, en los terminales del pararrayo, se abren las explosiones del pararrayo, permitiendo circular por las resistencias la llamada corriente de descarga. En líneas de 69 Kv se utiliza pararrayo de 60 y 72 Kv.

g) Pinza de suspensión; Componente fabricado de plástico aislante sobre él conductor preensamblado en estructura pasante.

h) Pinza de retención; Se sujeta al tensor mecánico en estructura de retención, la pinza por su otro extremo sostiene al conductor preensamblado del neutro.

2.2.3.5. Conexiones de Herrajes y Aisladores.

Cuando conectamos o unimos herrajes y aisladores formamos diferentes tipos de estructuras tanto en media como en baja tensión en Distribución Eléctrica como ejemplo tenemos:

En media tensión:

Monofásica:

- Estructura tangente simple.(UP).
- Estructura tangente doble.(UP2).
- Estructura retenida. (UR).
- Estructura doble retenida. (UR2).
- Estructura angular. (UA).

Trifásica:

- Estructura centrada pasante.(CP).
- Estructura centrada retenida. (CR).
- Estructura centrada doble retenida. (CR2).
- Estructura centrada pasante doble. (CP2).
- Estructura en volado pasante. (VP).
- Estructura en volado retenida. (VR).
- Estructura en volado doble retenida. (VR2).
- Estructura en volado pasante doble. (VP2).

En baja tensión:

En preensamblado:

- Estructura Dr1.
- Estructura Ds1.
- Estructura de suspensión (ESP).
- Estructura de retención con tensor (EST).

2.2.3.6. Ejercicios resueltos de aisladores y herrajes**Ejercicios 2.2.3.6.1**

Construir una estructura en media tensión que sea trifásica centrada pasante.

Solución:

Para la construcción de este tipo de estructura se necesitara:

MATERIALES	CANTIDAD
ABRAZADERA DE UNA VÍA 5 1/2"	1
AISLADOR PIN 55 – 5	3
CRUCETA GALV. EN CALIENTE 2 1/2 * 2 1/2 * 1/4 *2,4 mtrs.	1
PERNO MÁQUINA 1/2 * 1 1/2	2
PERNO PIN 5/8 * 8	2
EXTENCIÓN DE PUNTA SIMPLE	1
PERNO TIPO U 5/8 * 12	1
PIE DE AMIGO EN PLATINA GALV. 1/2 * 1/4 * 28"	2

La cruceta se sujeta al poste por medio de un perno en U y los dos pie de amigo, sobre la cruceta se instala los pernos pin y de cada perno pin colocamos un aislador tipo pin y sobre este descansa el conductor como vemos en la Figura 44.



Figura 44: Estructura trifásica centrada pasante con sus respectivos elementos.

Ejercicios 2.2.3.6.2

Construir una estructura de retención en media tensión que sea monofásica.

Solución:

Para la construcción de este tipo de estructura se necesitara:

MATERIALES	CANTIDAD
AISLADOR DE SUSPENSIÓN (52 - 1)	2
GRAPA TIPO PISTOLA # 4 - 2/0	1
PERNO DE OJO 5/8 x 10"	1

En el poste se coloca el perno de ojo en ocasiones y dependiendo las circunstancias se utiliza abrazadera de una vía con tuerca de ojo, luego de instalar el perno de ojo sobre este se coloca los dos aisladores de suspensión en y de este se instala la grapa tipo pistola que sirve para sujetar el conductor, como muestra la Figura 45.



Figura 45: Estructura monofásica retenida con su respectivos elementos.

Ejercicios 2.2.3.6.3

Construir una estructura de retención en baja tensión preensamblado.

Solución:

Para la construcción de este tipo de estructura se necesitara:

MATERIALES	CANTIDAD
PERNO DE OJO	1
TENSOR MECÁNICO	1
PINZA DE RETENCIÓN	1
CORREAS DE AMARRE	8

Del poste se sujeta el perno de ojo, del perno de ojo se ensambla el tensor mecánico y finalmente de este se engancha la pinza de retención, por este pasa y se sujeta el neutro del el conductor preensamblado y sus fases se hace un lazo donde se amarran con las correas de amarre (precintos) como muestra la Figura 46.



Figura 46: Estructura preensamblada en baja tensión con sus respectivos elementos.

2.2.3.7. Autoevaluación de aisladores y herrajes.

2.2.3.7.1. Completar.

Los herrajes y aisladores son elementos muy usados en Distribución Eléctrica. Los (1) son usados para (2) elementos a estructuras o postes. Los (3) su función principal es de no permitir que la (4) circule por los herrajes o estructuras.

Los herrajes están diseñados para resistir, fuerzas (5) y generalmente estos elementos son (6) para evitar su deterioro por el ambiente. Los aisladores pueden construirse de (7), (8) o cualquier elemento que soporte altas (9), deben soportar condiciones (10) severas, descargas (11) y (12) eléctricos.

Solución:

1)herrajes, 2) fijar, 3)aisladores, 4)corriente, 5) mecánicas,6) galvanizados, 7) vidrio, 8) porcelana, 9) temperaturas, 10) mecánicas 11) atmosféricas, 12) arcos.

2.2.3.7.2. Una según corresponda

- 1) Grapa tipo pistola
- 2) Grapa kelvin
- 3) Perno partido

- 4) Perno máquina
 - 5) Grapa de compresión
 - 6) Perno de ojo
-
- a) Usado para sujetar acometidas.
 - b) Sobre este descansa la pinza de retención.
 - c) Utilizado como terminales de retención en líneas de altas.
 - d) Se sujeta al estribo.
 - e) Sujeta cualquier elemento al poste.
 - f) Se usa en baja tensión por una sola vez.

Solución:

- 1) C, 2) d, 3) a, 4) e, 5) f. 6) b.

2.2.3.7.3. Crucigrama.

Vertical.

- 1) Elemento de protección para líneas y equipos.
- 2) Aislador usado en línea de 69 kv y no tiene grados de libertad.
- 3) Aislador usado en terminales de líneas.

Horizontal.

- 1) Aislador usado en estructuras pasante en el cual el conductor descansa sobre él.
- 2) Aislador usado en los tensores.
- 3) Aislador usado en líneas de baja tensión.

Solución:

Vertical:

- 1) Pararrayo, 2) poste, 3) suspensión.

Horizontal:

- 1) Pin, 2) Retención, 3) Rollo.

2.2.3.7.4. Escoja lo correcto.

Según los conceptos de herrajes y aisladores se tienen:

- a) La pinza de retención sirve como pasante y sobre el descansa el conductor.
- b) El tensor mecánico es usado en líneas de media tensión.
- c) El pararrayo protege la línea de posibles sobrevoltajes debido a la carga.
- d) La cruceta es un elemento que se usa para formar estructura bifásica y trifásica en líneas de distribución.

e) Las estructuras centradas pasantes usada en baja tensión.

Solución: opción d.

2.2.4. Reguladores De Voltajes.

2.2.4.1. Resultado de aprendizaje.

Identificar y reconocer los elementos externos e internos de un regulador de voltaje, así como su aplicación en Distribución Eléctrica.

2.2.4.2. Definición Teórica.

Un regulador de voltaje es un autotransformador con un mecanismo de cambio de tap bajo carga, colocado en uno de sus devanados que permite variar y controlar el voltaje entregado en un rango máximo de +/-10% en +/- 16 pasos, significa que cada paso va a tener una proporción de 5/8 % .Figura 47.



Figura 47: Regulador de voltaje monofaico Foto tomado de catálogo de Cooper power systems.

2.2.4.3. Partes de un Regulador de voltaje.

El regulador de voltaje está constituido básicamente de:

- a. Bushing de entrada (S): En donde se instala la fuente de entrada.
- b. Bushing de salida (L): En donde se instala la carga.
- c. Bushing común (SL): En donde se instala el común de la carga y la fuente.
- d. Devanados: Devanado paralelo (shunt) y devanado en serie que es 10% del shunt y es en este devanado donde se sub divide en derivaciones para el tap.
- e. Transformadores de medición: Transformadores de corriente (CT) y de potencial (PT).
- f. Circuito control: Controla y regula el voltaje en la carga utiliza las señales que envía lo CT y PT y simula una impedancia para fluctuar el voltaje de la carga. Consta

también de cuatro posiciones de control estas son: raise, off, auto, lower.

El off seccionaliza la acción porque no podemos pasar de una activa a otra activa, se debe pasar de activa a pasiva.

Cuando se tiene carga no se puede desconectar el interruptor porque se produciría un fogonazo debido a esto lo primero se baja manualmente hasta lower que es el punto de partida y luego se lo puede colocar en off.

El auto es una banda muerta, esta es una pequeña zona donde la acción es nula.

g. Reactor: Su función es que al variar los contactos del tap, varia la magnitud de la corriente y la energía es muy grande, entonces se forma un arco, este lo atenúa.

h. Pararrayo: Elemento que se conecta en el bobina serie y sirve de elemento de protección.

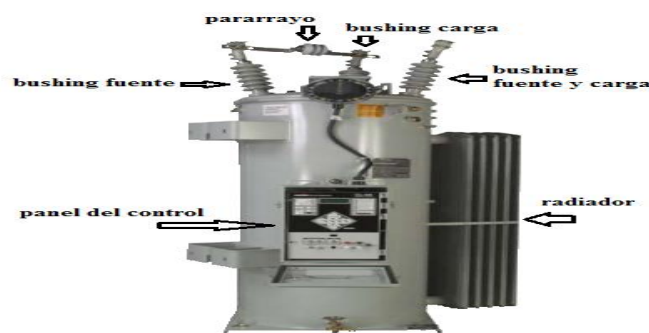


Figura 48: Regulador de voltaje monofásico con sus elementos externos.

La trayectoria de la corriente que entra por S para llegar a L es:
 Pasa por el reactor a cualquiera de los devanados, luego pasa por VR y luego se dirige a L. Con VL baja voltaje y VR sube el voltaje, a continuación se muestra la Figura 49, los elementos internos básico de del regulador de voltaje.

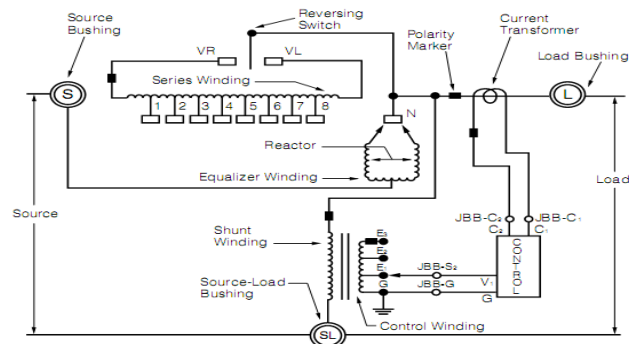


Figura 49: Diagrama interno de un regulador de voltaje monofásico tomado de catálogo de Cooper power systems.

2.2.4.4. Clasificación de reguladores de voltaje.

Los reguladores de voltaje podemos clasificar por su voltaje, potencia y su porcentaje de regulación como muestra en la siguiente tabla 3.

Capacidad en voltios	Capacidad KVA	Corriente de carga				
		Rango de regulación				
		±10%	±8 3/4%	±7 1/2 %	±6 1/4%	±5%
2500	25	100	110	120	135	160
	50	200	220	240	270	320
	75	300	330	360	405	480
	100	400	440	480	540	640
	125	500	550	600	668	668
	167	668	668	668	668	668
	250	1000	1000	1000	1000	1000
	333	1332	1332	1332	1332	1332
416.3	1665	1665	1665	1665	1665	
5000	25	50	55	60	68	80
	50	100	110	120	135	160
	100	200	220	240	270	320
	125	250	275	300	336	400
	167	334	367	401	451	534
	250	500	550	600	668	668
	333	668	668	668	668	668
	416.3	833	833	833	833	833
7620	38.1	50	55	60	68	80
	57.2	75	83	90	101	120
	76.2	100	110	120	135	160
	114.3	150	165	180	203	240
	167	219/232	241/255	263/278	296/313	350/370
	250	328/347	361/382	394/417	443/469	525/556
	333	438/464	482/510	526/557	591/625	668
	416.3	548/580	603/638	658/668	668	668
	500	656/668	668	668	668	668
	667	875/926	875/926	875/926	875/926	875/926
833	1093/1157	1093/1157	1093/1157	1093/1157	1093/1157	
13800	69	50	55	60	68	80
	138	100	110	120	135	160
	207	150	165	180	203	240
	276	200	220	240	270	320
	414	300	330	360	405	480
	500	362	398	434	489	579
	552	400	440	480	540	640
	667	483	531	580	652	668
833	604	664	668	668	668	
14400	72	50	55	60	68	80
	244	100	110	120	135	160
	288	200	220	240	270	320
	333	231	254	277	312	370
	416	289	318	347	390	462
	432	300	330	360	405	480
	500	347	382	416	468	555
	576	400	440	480	540	640
	667	463	509	556	625	668
	720	500	550	600	668	668
833	578	636	668	668	668	
19920	50	25.1	28	30	34	40
	100	50.2	55	60	68	80
	200	100.4	110	120	135	160
	333	167	184	200	225	267
	400	200.8	220	240	270	320
	500	250	275	300	338	400
	667	335	369	402	452	536
	833	418	460	502	564	668
34500	50	50	55	60	68	80
	100	100	110	120	135	160
	150	150	165	180	203	240
	200	200	220	240	270	320

Tabla 3: Tabla de clasificación según su voltaje, potencia y rango de regulación tomado de catálogo Cooper Power System.

2.2.4.5. Conexión de reguladores de voltaje.

Los reguladores de voltajes pueden ser instalados en circuitos monofásicos, bifásicos o trifásicos.

En los circuitos trifásicos pueden ser conectados de las siguientes formas:

2.2.4.5.1. Dos reguladores conectados en delta abierto.

En la Figura 50, muestra la conexión de dos reguladores conectados en delta abierto mediante juegos de switches.

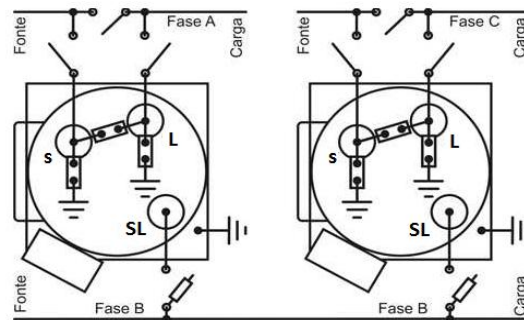


Figura 50: Diagrama de conexión delta abierto de dos reguladores monofásicos en línea trifásica. Tomado de catálogo ITB - Equipamentos Eléctricos Ltda.

Sus características son:

- Voltaje nominal del regulador es igual al voltaje nominal entre fases del alimentador.

- Para una carga puramente resistiva. El desfase entre la corriente y el voltaje medidas en el regulador será $- 30^\circ$ para un de los reguladores y $+ 30^\circ$ para el otro.
- Regulación: $\pm 10\%$ del voltaje entre fases para las tres fases.
- La corriente es medida solamente en 2 de las 3 fases.

2.2.4.5.2. Tres reguladores conectados en delta.

En la Figura 51, muestra la conexión de tres reguladores conectados en delta cerrado mediante juegos de switches.

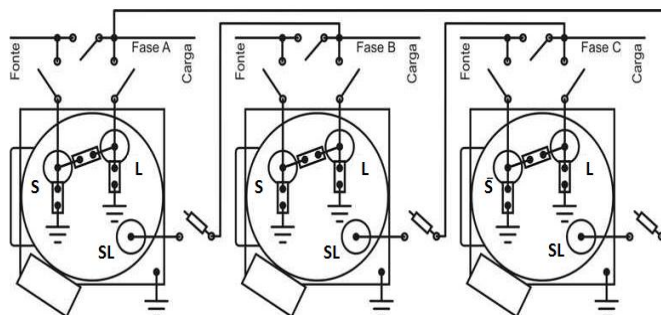


Figura 51: Diagrama de conexión delta cerrado de tres reguladores monofásicos en línea trifásica. Tomado de catálogo ITB - Equipamentos Eléctricos Ltda.

- Voltaje nominal del regulador es igual al voltaje nominal fase-fase del alimentador.

- Para una carga puramente resistiva, el desfase entre la corriente y el voltaje medidos en el regulador será -30° para todos los reguladores.
- Regulación: $\pm 15\%$ del voltaje fase-fase.
- La corriente es medida en las 3 fases.

2.2.4.5.3. Tres reguladores conectados en estrella puesta a tierra.

En la Figura 52, muestra la conexión de tres reguladores conectados en estrella con sus neutros aterrizados a tierra mediante juegos de switches.

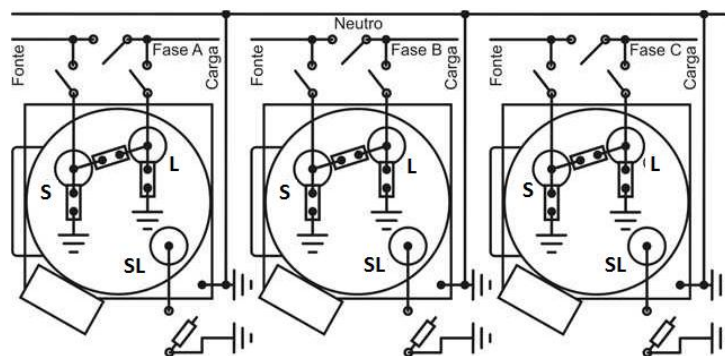


Figura 52: Diagrama de conexión estrella con neutro a de tres reguladores monofásicos en línea trifásica. Tomado de catálogo ITB - Equipamentos Eléctricos Ltda.

Obsérvese en la Figura 52, que los terminales comunes SL se conectan en forma individual e independiente a tierra eso se

debe para eliminar la posibilidad de fluctuaciones del neutro por la pérdida de tierra.

- Voltaje nominal del regulador es igual a el voltaje nominal fase- neutro del alimentador.
- Para una carga puramente resistiva, la desfase entre la corriente y el voltaje medidas en el regulador será 0° (cero grado).
- La corriente es medida en las 3 fases.

2.2.4.6. Ejercicios resueltos de reguladores de voltaje

Ejercicios 2.2.4.6.1

Un regulador trifásico tipo Subestación valores nominales (13800 Kv) 375 Kva, 157 amp. La regulación tiene un rango de +/-10% la relación del Transformador de potencia PT=7960/120, y la del Transformador de corriente CT=200/5, la corriente de carga es de 150 amp, el punto de regulación se encuentra a 3 millas de la S/E siendo esta una alimentadora expresa, el conductor es AWG 2/00 cobre y el espaciamento equivalente entre conductores es 55,5". Calcule la caída de voltaje en la resistencia y reactancia del conductor.

Solución:

$$r = 0.481\Omega/\text{milla}, x = 0.7178\Omega/\text{milla}.$$

Calculamos la caída de voltaje en la resistencia con la siguiente relación:

$$R = \frac{CT}{PT} * r * l * I$$

Donde R es la caída de voltaje en la resistencia del conductor, r resistencia del conductor y l la longitud del conductor y I la corriente base

$$R = \frac{\frac{200}{5}}{\frac{7960}{120}} * \frac{0.481\Omega}{\text{millas}} * 3\text{millas} * 5\text{amp} = 4,35\text{ v}$$

Calculamos la caída de voltaje en la reactancia con la siguiente relación:

$$X = \frac{CT}{PT} * x * l * I$$

Donde X es la caída de voltaje en la reactancia del conductor, x reactancia del conductor y l la longitud del conductor y I la corriente base.

$$X = \frac{\frac{200}{5}}{\frac{7960}{120}} * \frac{0.7178\Omega}{\text{millas}} * 3\text{millas} * 5\text{ amp} = 6,49\text{ v}$$

Ejercicios 2.2.4.6.2

Se tiene una alimentadora radial y se desea conocer las caídas de voltajes por resistencia y reactancia del conductor

teniendo un regulador trifásico en la S/E con valores nominales (13800 Kv) 375 Kva, 157 amp. La regulación tiene un rango de +/- 10%, la relación del Transformador de potencia PT=7960/120, y la del Transformador de corriente CT=200/5, la corriente de carga es 150 amp. Y se ramifica como indica la Figura, el punto de regulación se encuentra a 3 millas de la S/E, el conductor es AWG 2/00 cobre y el espaciamiento equivalente entre conductores es 55,5”.

Solución:

$$r = 0.481 \Omega/\text{milla}, x = 0.7178 \Omega/\text{milla}.$$

Calculamos la resistencia y reactancia efectiva hasta el punto de regulación de la alimentadora, de la siguiente manera:

$$R_{\text{ef}} = \frac{\sum_{p=1}^n I_p r_p l_p}{I_t}$$

Donde R_{ef} es resistencia efectiva, I_p corriente en cada tramo de la línea, r_p resistencia por unidad de longitud, l_p longitud en cada tramo de la línea.

$$R_{\text{ef}} = \frac{150 * 0.481 * 1 + 130 * 0.481 * 1 + 120 * 0.481 * 1}{150} =$$

$$R_{\text{ef}} = 1,2827 \Omega$$

$$X_{\text{ef}} = \frac{\sum_{p=1}^n I_p x_p l_p}{I_t}$$

Donde X_{ef} es reactancia efectiva, I_p corriente en cada tramo de la línea, x_p reactancia por unidad de longitud, l_p longitud en cada tramo de la línea.

$$X_{ef} = \frac{150 * 0.7178 * 1 + 130 * 0.7178 * 1 + 120 * 0.7178 * 1}{150}$$

$$X_{ef} = 1,914\Omega$$

Luego calculamos la caída de voltaje en resistencia y reactancia hasta el punto de regulación donde la corriente base (I) es 5 amp:

$$R = \frac{CT}{PT} * R_{ef} * I \quad y \quad X = \frac{CT}{PT} * X_{ef} * I$$

$$R = \frac{\frac{200}{5}}{\frac{7960}{120}} * 1,2827\Omega * 5\text{amp} = 3,86 \text{ v}$$

$$X = \frac{\frac{200}{5}}{\frac{7960}{120}} * 1,914\Omega * 5\text{amp} = 5,77 \text{ v}$$

2.2.4.7. Autoevaluación de reguladores de voltaje.

2.2.4.7.1. Completar.

El regulador de voltaje funciona como un (1) con un cambiador de (2), estos equipos no (3) al sistema sino que solo regula el (4)

en el lado de la (5). Las capacidades están en (6) y su máxima regulación es de (7) %, generalmente se colocan en la (8) de distribución. Contiene en su interior una bobina (9) que es (10) % de la bobina (11) y es aquí donde se localiza el (12).

Solución:

1) Autotransformador, 2) tap, 3) protegen, 4) voltaje, 5) carga, 6) Kva, 7) 10, 8) Subestación, 9) serie, 10) 10, 11) serie, 12) tap.

2.2.1.7.2 Escoja lo correcto.

Se utiliza el Tap para.

- a) Para Conectar y desconectar al Transformador de distribución.
- b) Para regular corriente en el lado de baja del Transformador.
- c) Para regular el voltaje en el lado de alta.
- d) Para regular la potencia reactiva del Transformador.
- e) Para regular la tensión en el lado de baja.

Solución: Opción e.

2.2.1.7.3 Escoja lo correcto.

En los reguladores conectados en delta abierto se puede decir que:

- a) Se mide la corriente en las tres fases.
- b) El voltaje nominal del regulador es igual al nominal entre las fases del alimentador.
- c) Si la carga es puramente resistiva el desfase entre la corriente y el voltaje es de 30° .
- d) Esta configuración despeja la falla fácilmente.
- e) Ningunas de las anteriores.

Solución: opción b.

2.2.1.7.4 Escoja lo correcto.

En una conexión en delta para reguladores de voltaje se cumple que:

- a) El voltaje nominal del regulador es diferente al nominal entre fase y fase del alimentador.
- b) Se obtiene una regulación del +/- 15% del voltaje.
- c) Para cargas puras resistivas el ángulo de desfase entre la corriente y el voltaje es de 30° .

- d) Todas las alternativas son verdaderas.
- e) Se mide la corriente en una fase.

Solución: opción b.

2.2.5. Reconectador.

2.2.5.1. Resultado de aprendizaje.

Identificar y reconocer los elementos constitutivos de un Reconectador, así como su aplicación en Distribución Eléctrica.

2.2.5.2. Definición Teórica:

El Reconectador es un dispositivo que tiene acciones lentas y rápidas, está diseñado para permanecer abierto luego de una secuencia selecta de disparos. La primera operación es casi instantánea, las otras operaciones que tenga tendrán un tiempo de retardo. Si existe una falla el Reconectador (recloser) dispara, si es falla de naturales temporal y no existe más, el siguiente disparo no se llevara a cabo y el recloser volverá a su posición de cerrado. Si la falla persiste el recloser volverá a disparar hasta que quede abierto.

Son bastantes usados ya que en el sistema de alimentación eléctrica el 80 al 90% son fallas temporales donde el Reconector actuará. Figura 53.



Figura 53: Reconector trifásico tomado de catálogo cooper power systems.

2.2.5.3. Partes Del Reconector.

El Reconector consta de las siguientes partes constitutivas:

- a) **Tanque de acero inoxidable.** Este tanque contiene los demás elementos del Reconector.
- b) **Gas hexafluoruro de azufre (SF6).** Se encuentra ubicado dentro del tanque tiene propiedades de aislación eléctrica.
- c) **Gabinete de control.** Cumple las funciones de protección y controla y monitorea al Reconector. El gabinete se conecta al Reconector mediante un cable umbilical enchufe.
- d) **Bushings aislantes.** Sirve para aislar el tanque de los conductores y proporciona un doble sello en el tanque.
- e) **Transformadores de corrientes (CT).** Elementos ubicados en bushing aislante y sirven para censar la corriente de carga.

- f) **Pararrayos.** Están ubicados en la parte superior del tanque y sirve de elemento de protección contra descargas atmosféricas.
- g) **Solenoide.** Es controlado desde el gabinete de control y este actúa en el instante de recibir una corriente controlada. Haciendo accionar contactos ubicados en el interruptor de vacío.
- h) **Transformador interno de tensión.** Es el que alimenta a la unidad con un voltaje que puede ser de 110 v, 220 v, 240 v, 415 v.
- i) **Bobina de apertura.** Es controlado desde la gabinete de control mediante una corriente controlada y es el encargado de realizar la apertura de de los contactos del interruptor de vacío.

En la Figura 54, muestra las partes más resaltantes del Reconectador.

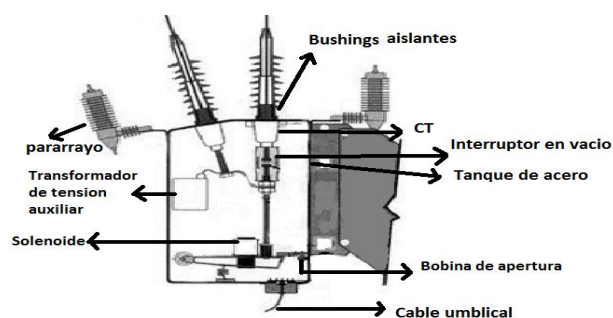


Figura 54: Muestra el corte vertical de un Reanclador (Recloser) con sus elementos constitutivos.

2.2.5.4. Clasificación de Reconectores.

El Reconector o recloser se pueden clasificar como monofásicos y trifásicos.

2.2.5.4.1. Reconector monofásico.

Es usado para protección de líneas monofásicas, puede ser usado en circuitos trifásicos cuando la carga predominante es monofásica, de esta manera cuando ocurre una falla permanente en una línea el Reconector monofásico puede accionarse dejando afuera la línea pero manteniéndose en funcionamiento el sistema con las otras dos líneas. La Figura 55, muestra un Reconector monofásico.



Figura 55: Muestra un Reconector (Recloser) monofásico con su equipo de control foto tomado de catálogo de ABB.

2.2.5.4.2. Reconectador trifásico.

Los Reconectores trifásicos son utilizados en protección de líneas trifásicas de esta manera al accionarse el Reconectador trifásico abre las tres líneas dejando fuera de servicio el sistema, el objetivo es prevenir el daño de equipos trifásico como motores de gran capacidad. La Figura 53 muestra un Reconectador trifásico.

2.2.5.5. Conexión de Reconectores.

La forma de conectar al sistema de alimentación de energía eléctrica en los Reconectores monofásico y trifásico es la misma que conectar los Disyuntores ya que estos se deben conecta en serie a la red con la línea. La Figura 56, muestra Reconectador trifásico conectado en redes aéreas de media tensión.



Figura 56: Reconector trifásico instalado en poste tomado del catálogo Siemens.

2.2.5.6. Ejercicios resueltos de Reconectores.

Ejercicios 2.2.5.6.1

Explicar las diferencias y semejanzas entre un Disyuntor y un Reconector.

Solución:

Entre las semejanzas tenemos las siguientes:

Se pueden hacer coordinaciones.

El Disyuntor y Reconector despejan la falla en la línea de alimentación.

Entre las diferencias tenemos:

El Disyuntor no se reconecta por si solo, necesita que alguien lo reponga, mientras el Reconector si se reconecta cuando ocurre una falla.

Ejercicios 2.2.5.6.2

Explicar dos aplicaciones típicas de los Reconectores.

Solución:

En las redes tipo anillos los Reconectores realizan las operaciones aislando el sector de la falla sin dejar en funcionamiento toda la línea. Observe la Figura 57.

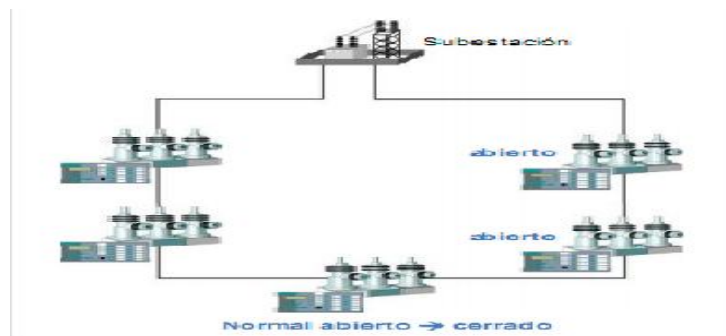


Figura 57: Ubicación de Reconectores en una línea tipo anillo tomado de catálogo Siemens.

En las sub estaciones se pueden usar reconectaores en las salidas de los alimentadores . Observe la Figura 58.



Figura 58: Ubicación de Reconectores en sub estación tomado de catálogo Siemens.

2.2.5.7. Autoevaluación de Reconectores.

2.2.5.7.1. Completar.

La función de los Reconectores o (1) es de (2) la línea de distribución en el momento que ocurre una falla. Los Reconectores pueden sensor fallas (3) donde este actúa y vuelve a (4) y fallas (5) donde luego de varias operaciones queda (6).

Solución:

1) recloser, 2) proteger, 3) temporales, 4) cerrarse 5) permanentes, 6) abierto.

2.2.5.7.2. Una según corresponda.

- 1) Cumple con la función de protección, control y monitoreo del Reconector.
- 2) Elemento que sirve para sensor corriente de carga.
- 3) Elemento que tiene la propiedad de aislación eléctrica.
- 4) Elemento que mediante órdenes del mando de control realiza la apertura del interruptor de vacío.
- 5) Sirve para aislar del tanque de los conductores.

- a) Bushing aislante.
- b) Gabinete de control.
- c) Bobina de apertura.
- d) CT.
- e) SF6.

Solución:

1) b, 2) d, 3) e, 4) c, 5) a.

2.2.5.7.3. Escoja lo correcto.

- a) Los Reconectores regulan y despejan fallas en el Sistema de Distribución.
- b) Los Reconectores sólo se colocan en las subestaciones.
- c) Los Reconectores al igual que los Disyuntores se conectan en serie a las alimentadoras del sistema.
- d) Sólo existen Reconectores tipo monofásico en el mercado.
- e) Todas las alternativas son falsas.

Solución: opción c.

2.2.6. Seccionalizador.

2.2.6.1. Resultado de aprendizaje.

Identificar y reconocer los elementos constitutivos de un Seccionalizador, así como su aplicación en Distribución Eléctrica.
Diferenciar los tipos de Seccionalizador que existen.

2.2.6.2. Definición Teórica:

Es un dispositivo de protección que aísla automáticamente secciones falladas de línea, es relativamente bajo en costo, debido a que no está diseñado para interrumpir corriente de falla y consiguientemente no requiere tener una capacidad de interrupción y puede operarse manualmente.

Son más flexibles que las cajas Porta Fusible y además ofrece mucha seguridad en funcionamiento.

Éste se asocia con un dispositivo de protección que si puede interrumpir corriente de falla tal como el Disyuntor o Reconectador.

Figura 59.



Figura 59: Seccionizador electrónico monofásico tomado de catálogo CELSA.

2.2.6.3. Partes Del Seccionador.

Los Seccionizador están constituidos de las siguientes partes:

- 1) **Base de montaje**, hecha de porcelana aislante, aquí es donde va a descansar el Seccionizador.
- 2) **Tubo Seccionizador electrónico**, aquí se monta los elementos electrónico del Seccionizador.
- 3) **Tarjeta electrónica**, este es un elemento de control.
- 4) **Transformador de corriente**, censa la corriente y envía señales a los elemento de control.
- 5) **Cubierta de encapsulamiento**, este proteja a los elementos electrónicos de elementos externos que pueden causar daños.
- 6) **Sistema electromecánico**.



Figura 60: Seccionalizador electrónico con sus partes constitutiva tomado de catálogo CELSA.

2.2.6.4. Clasificación y tipos de Seccionalizador.

2.2.6.4.1. Clasificación.

Básicamente los Seccionalizador se clasifican en:

2.2.6.4.1.1. Seccionalizador monofásico.

Son empleados mayormente en líneas monofásicas o en alimentadores trifásicos con carga predominante monofásica.

El principio de funcionamiento está orientado en sensor una sobrecorriente en una bobina conectada en serie con la línea, si existe una falla reactiva automáticamente el mecanismo de conteo, una vez que el Seccionalizador complete su ciclo de operación, la reposición de los contactos a su estado inicial deberá ser hecha manualmente. Figura 61.



Figura 61: Seccionalizador monofásico hidráulico tomado de catálogo Cooper power.

2.2.6.4.1.2. Seccionalizador trifásico.

Son empleados en líneas trifásicas donde es indispensable interrumpir las tres fases.

El sistema de control puede ser hidráulico o electrónico, el control electrónico es empleado en los Seccionalizadores de gran capacidad y Seccionalizador de menor capacidad se usan el control hidráulico. Figura 62.



Figura 62: Seccionalizador trifásico hidráulico tomado de catálogo de Cooper power.

2.2.6.4.2. Tipos de Seccionalizadores.

Dentro de los tipos de Seccionalizadores tenemos cuatro y estos son:

2.2.6.4.2.1. Seccionalizador hidráulico.

Tiene la apariencia de un interruptor en aceite.

Su medio aislante y la interrupción del circuito son corregidos por medio de las propiedades dieléctricas del aceite.

Su control es accionado mediante una bobina sumergida en aceite, la cual se encuentra en serie con la línea, esta bobina es la encargada de sensar una sobrecorriente y acciona un pistón que actúa sobre el mecanismo de conteo. Este tipo de Seccionalizador debe ser cerrado manualmente una vez que se han abierto.

2.2.6.4.2.2. Seccionalizador tipo seco.

Tiene la apariencia exterior similar a la Caja Porta Fusible de tipo abierto. El medio aislante es el aire, puede ser provisto de

un elemento rompe carga para extinguir el arco que se forma al abrirse con la carga.

Opera a través de una bobina de tipo seco conectada en serie con la línea.

El mecanismo de conteo es mecánico y el control del tiempo de memoria se consigue mediante el uso de un pistón de silicio.

Este tipo de Seccionalizador es construido solamente para versiones monofásicas.

2.2.6.4.2.3. Seccionalizador en vacío.

Exteriormente son similares a los interruptores de aire.

La interrupción de corriente de las corrientes de carga se la efectúa en un medio en vacío o en aire.

Este tipo de Seccionalizador sensa una pérdida de voltaje y utiliza un control de tiempo para el control de disparo de cierre y apertura en condiciones de carga.

2.2.6.4.2.4. Seccionalizador electrónico.

Exteriormente se asemeja a un Seccionalizador hidráulico trifásico o a un interruptor trifásico en aceite.

Tiene montado un circuito electrónico de control o muchas veces este circuito electrónico se encuentra en un lugar remoto y es conectado a través de un cable de control.

El control electrónico permite cambiar convenientemente los niveles de corriente de trabajo, el número de conteos antes del disparo y los tiempos de memoria y reposición sin tener que desenergizar.

2.2.6.5. Conexión de Seccionalizador.

Sabemos que los Seccionalizadores se conectan a la línea de alimentación de tal forma que permita sensar la sobrecorriente y permitir que sus elementos de respaldo actúen, para esto el Seccionalizador se debe coordinar de la siguiente manera.

- a) El Seccionalizador debe contar solamente las interrupciones que efectúa el equipo de respaldo debido a las fallas ubicadas en la zona primaria de protección del Seccionalizador.

- b) Los Seccionadores no equipados con accesorios de sensor de fallas a tierra, deben ser coordinados con el nivel mínimo de disparo de fase del equipo de respaldo.
- c) El Seccionador debe aislar la sección de línea con falla en un número de conteos que deben ser uno menor que el número total de operaciones del equipo de respaldo.
- d) El tiempo de memoria del Seccionador deberá ser lo suficientemente grande como para que pueda recordar los conteos previos hasta que la secuencia de disparo y recierres sea efectuado.
- e) Los Seccionadores están limitados a ser coordinados con equipos de protección de respaldo que tengan reconexión automáticas.

2.2.6.6. Ejercicios resueltos de Seccionador.

Ejercicios 2.2.6.6.1.

Explicar el funcionamiento de la coordinación de un reconectador-seccionador.

Solución:

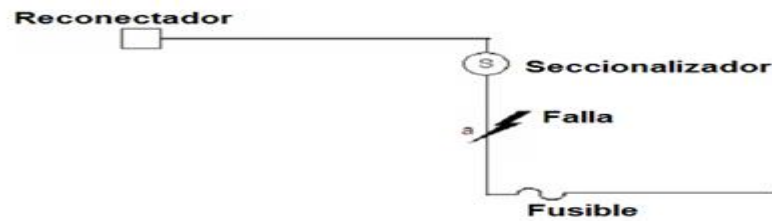


Figura 63: Diagrama unifilar de línea de alimentación con dispositivos de protección.

El diagrama de la Figura 63, muestra una falla en un punto “a” de la línea de alimentación. Para esto asumimos lo siguiente.

El Reconectador está ajustado para operar en su primera apertura en curva rápida y dos curvas lentas que es coordinación común.

Se analiza en el Seccionalizador para dos casos el uno para una falla temporal y el otro para una falla permanente en el punto “a”.

Para el primer caso el Reconectador detecta la falla y abre la línea en curva rápida en ese instante el Seccionalizador cuenta la primera apertura, como falla temporal, al desaparecer la fuente de alimentación, el Reconectador acciona y cierra, como ya no existe la falla el servicio se restablece automáticamente. En este caso el Seccionalizador no alcanza el número de apertura programada y

la falla fue eliminada, después de transcurrir el tiempo de rearme, se reinicia el contador del Seccionalizador.

Para el caso donde la falla es permanente en el punto “a”, el Reconectador hace su primera apertura y el Seccionalizador cuenta su primera apertura, como la falla persiste el Reconectador hace su segunda apertura en curva lenta, el Seccionalizador cuenta su segunda apertura, el Reconectador hace su tercera operación de apertura lenta y el Seccionalizador cuenta la tercera apertura en ese instante el Seccionalizador abre. Como la falla ha sido aislada el Reconectador realiza el último recierre y el resto del sistema sigue en funcionamiento mientras donde hubo la falla se encontrara aislada.

2.2.6.7. Autoevaluación de Seccionador.

2.2.6.7.1. Completar.

Los (1) son equipos de protección que su función es aislar automáticamente (2) falladas de línea. Puede interrumpir corriente tal como (3) o (4). Podemos encontrar varios tipos como el (5) se asemejan a los interruptores hidráulico, tipo(6)

apariciencia de interruptor de aire, tipo (7) con apariciencia de interruptor de aceite, tipo(8) con apariciencia de Caja Porta Fusible.

Solución:

- 1) Seccionalizadores, 2) secciones, 3) Disyuntores, 4) Reconectores, 5) electrónicos, 6) vacio, 7) hidráulicos, 8) seco.

2.2.6.7.2. Una según corresponda.

- 1) Tiene montado un circuito de control electrónico.
 - 2) Opera a través de una bobina tipo seco conectada en serie con la línea.
 - 3) El control es accionado mediante una bobina sumergida en aceite.
 - 4) Sensa pérdidas de voltaje utilizando un control de tiempo.
-
- a) Seccionalizador hidráulico,
 - b) Seccionalizador tipo seco.
 - c) Seccionalizador tipo vacío
 - d) Seccionador electrónico.

Solución:

1) d, 2) b, 3) a, 4) c.

2.2.6.7.3. Escoja lo correcto.

- a) Los Seccionalizadores monofásicos solo pueden ser usados para alimentadores monofásicos.
- b) En la coordinación de Seccionalizador el tiempo de memoria del Seccionalizador deberá ser lo suficientemente grande como para que pueda recordar los conteos previos hasta que la secuencia de disparo y recierres sea efectuado.
- c) Los Seccionalizadores al momento de la coordinación debe contar todo tipo de interrupciones de los equipos de protección.
- d) El Seccionalizador al momento de su coordinación debe aislar la sección de línea con falla en un número de conteos que deben ser uno mayor que el número total de operaciones del equipo de respaldo.
- e) Todas las alternativas son verdaderas.

Solución. Opción b.

2.2.7. Caja Porta Fusible.

2.2.7.1. Resultado de aprendizaje.

Reconocer características, partes y tipos Cajas Porta Fusible, además diferenciar los diferentes tipos de fusible para sus distintas aplicaciones en Distribución Eléctrica utilizada en la vida práctica.

2.2.7.2. Definición Teórica:

La Caja Porta Fusible también conocidas como Seccionador es un dispositivo mecánico y de ruptura lenta ya que depende de la manipulación manual. Son elementos de protección contra sobrecorrientes son más baratos que otros elementos de protección. Se los emplean en ramales donde la línea es relativamente corta o de poca importancia en el que los Reconnectadores no se justifiquen, además pueden proteger a otros elementos del sistema como a los Transformadores y Capacitores.

Su función es la interrumpir las corrientes de falla y sobrecarga.

Figura 64.

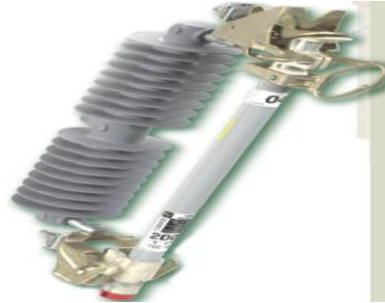


Figura 64: Caja Porta Fusible o Seccionador tomado de catálogo de S& Electric Mexicana.

2.2.7.3. Partes De la caja Porta Fusible.

La Caja Porta Fusible está constituida principalmente de los siguientes elementos Figura 65.

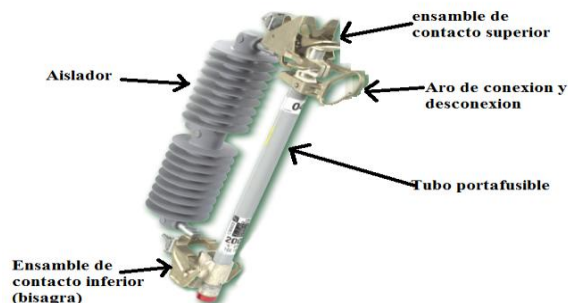


Figura 65: Caja Porta Fusible con sus elementos mas importantes.

- a) **Base de porcelana aisladora.** Este elemento es el que contiene al tubo Porta Fusible, además aísla a los otros elementos de la Caja Porta Fusible con el poste o estructura donde este se monte.

- b) **Ensamble de contactos superior e inferior.** Están ubicados en los extremos de la base de porcelana y sobre este es que descansa el tubo portafusible. Además el contacto inferior actúa como una bisagra donde el tubo portafusible puede pivotar para realizar su acción de cierre o apertura.
- c) **Aro de apertura y cierre.** Está ubicado en el tubo portafusible y su función es de enganchar la pértiga y de por medio de un operario realizar cierre y desconexión de la línea o equipo.
- d) **Tubo Porta Fusible.** Tiene la función de alojar a la tira fusible y a la vez también de extinguir el arco por medio del alargamiento de la flama, y por un revestimiento interno de ácido bórico el cual se logra por la acción desionizadora del vapor y la turbulencia de las partículas de oxido de boro.
- e) **Tira Fusible.** Este elemento es el que actúa de una manera que se funde en el momento de una sobrecorriente, existen de diferentes capacidades desde 6 a 200 amperios y existe 2 tipos especialmente uno de acción rápida tipo K y otro de acción lenta tipo T. Figura 66.

Por lo general los fusible empieza a fundirse al 150% de su valor nominal es decir si tengo un fusible 30 sea K o T a partir de los 45 amperios empieza a deteriorarse.

2.2.7.4. Clasificación de las cajas Porta Fusible.

Las Cajas Porta Fusible la vamos a clasificar por su fusible, estas pueden ser:

- a) Tipo Standard.** Estos elementos por ejemplo sirven para proteger un Transformador, para estos se debe considerar que la capacidad del fusible debe de ser lo suficientemente para proteger rápidamente en un caso de corto circuito en el secundario. Debe ser lo suficientemente grande para evitar que el fusible se queme por corriente de arranque de motores o descargas atmosféricas. Y además su capacidad debe ser adecuada para realizar coordinaciones con los otros equipos de protecciones del sistema.
- b) Tipo de poder.** En ingles power fuses, estos son silenciosos y despejan fallas grandes, vienen entubados a diferencias del estándar que lo empleamos dentro de tubo portafusible. En este se produce un arco solo el 20% de lo que se produce en el Standard.

c) Tipo limitador de corriente. Es una tira metálica larga con orificio, esta se ubica en forma de espiral dentro de tubo de vidrio de tal manera que disipa el arco más rápido y la energía que se libera es menor al de los otros tipos. Es relativamente costoso .Se funde en múltiples puntos de la trayectoria de grandes impedancia permitiendo que se viole el principio natural de la corriente, esta no se interrumpe al pasar por cero sino en otro punto.

2.2.7.5. Conexión de las cajas Porta Fusible.

Las Cajas Porta Fusible se las conectan en serie con la línea o equipos a proteger o seccionalizar.

Para realizar una correcta conexión y desconexión luego de una falla o por mantenimiento de una caja portafusible se debe cumplir con los siguientes pasos.

a) Desconexión:

Primero es desconectar el interruptor principal, luego desconectar el Seccionador o Caja Porta Fusible, finalmente se recomienda bajar el tubo Porta Fusible o más conocido como

vela para evitar que otros operarios la manipulen de esta forma se procede a realizar reparaciones o mantenimiento donde se las requieran.

b) Conexión :

Se procede de una manera inversa, primero se conecta el Seccionador y luego el interruptor principal.

Es importante seguir con este proceso pues si no fuese así el operario podría estar en riesgo y en segundo lugar el fusible no actuaría teóricamente por sus propias características constructivas.

2.2.7.6. Ejercicios resueltos de Cajas Porta Fusible.

Ejercicios 2.2.7.6.1

Explicar cuales son las funciones de proteccion que realiza las Cajas Porta Fusible.

Solución:

Al Transformador lo protege contra:

- a) Corto circuitos en el secundario
- b) Sobrecargas peligrosas

Al Sistema de Distribución lo protege contra:

- a) Averías del Transformador.
- b) Interrupciones de servicio en zonas adyacentes, aislando el Transformador averiado.

Ejercicios 2.2.7.6.2

Cuales son las reglas que deben tener en cuenta en la coordinación de protecciones con Caja Porta Fusible. Explicar la diferencia entre un fusible tipo K y T.

Solución:

- a) El tiempo máximo de despeje de la falla del fusible de protección es menor o igual a 0.75 tiempo mínimo de fusión del fusible de respaldo.

La corriente en el punto de aplicación del fusible no debe exceder la capacidad del fusible.

- b) La diferencia principal en un fusible tipo K tiene una respuesta más rápida cuando se requiere despejar la falla con respecto al tipo T.

Los tipos T son más usados en zonas rurales en cambio los tipos K son más utilizados en zonas urbanas.

Ejercicios 2.2.7.6.2

Se requiere determinar el fusible apropiado para proteger un Transformador trifásico de 1000 kva, 23kv en el primario, 440/220 v en el secundario. La tensión $U_{cc} = 5\%$, 10% de sobrecarga.

Solución:

Calculamos corriente nominal del Transformador.

$$I_n = \frac{Kva}{\sqrt{3} * Kv} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 23} = 25.10 \text{ amp}$$

Determinar luego el punto A de la curva de fusión del fusible.

$$I_{activacion} = 12 * I_n = 12 * 25.10 \text{ amp} = 301.22 \text{ amp}$$

Primera condición.

Trazo de la horizontal 0.1 segundo de la curva de los fusibles y trazo vertical a 301.22 amp. La intersección de estas dos rectas da el punto a. Aplico el calibre inmediato superior a la derecha (63 A), que se denomina punto c. $I_c = 650 \text{ amp}$.

Condición que se debe cumplir: $0.8 * I_c > I_a$.

$$0.8 * 650 \text{ amp} > 301.22 \text{ amp}$$

$$520 \text{ amp} > 301.22 \text{ amp}$$

Segunda condición.

$$I_{mínima \text{ de corte}} = 5 * I_c = 5 * 63 = 315 \text{ amp.}$$

Según la condición.

$I_n \cdot 100 / U_{cc} > I$ mínima de corte.

$25.1 \cdot 100 / 5 > 315$

$502 > 315$.

Tercera condición.

$I_c > 1.3 \cdot I$ sobrecarga

$63 \text{ amp} > 1.3 \cdot 10\% \cdot 25.1$

$63 \text{ amp} > 35 \text{ amp}$.

Por lo tanto el fusible seleccionado será de 63 amp. Por fase.

2.2.7.7. Autoevaluación de Cajas Porta Fusible.

2.2.7.7.1. Completar.

Las Cajas Porta Fusible o llamados en muchas ocasiones (1) es un dispositivo de acción (2), su manipulación es (3). Son muy utilizados en ramales (4) y también en (5) y (6), además es un elemento de protección bastante (7) en comparación a otros elemento de protección.

Solución:

- 1) Seccionadores ,2) lenta, 3) manual, 4) cortos, 5) Transformadores, 6) Capacitores, 7) económico.

2.2.7.7.2. Una según corresponda.

- 1) Elemento que actúa hasta fundirse en el momento de un cortocircuito.
- 2) Se encuentra ubicado en la vela y desde allí se desconecta o conecta manualmente.
- 3) Elementos que contiene a la vela.
- 4) Elemento que aloja la tira fusible.
- 5) Elementos que se encuentran en los extremos de la base de porcelana.
 - a) Ensamble de contactos inferior y superior.
 - b) Tubo Porta Fusible.
 - c) Base de porcelana aislada.
 - d) Tira fusible.
 - e) Aro de apertura y cierre.

Solución:

- 1) d, 2) e, 3) c, 4) b, 5) a.

2.2.7.7.3. Elija lo correcto.

- a) Los fusibles tipos poder producen arco la mitad de lo que se produce en los tipos estándar.
- b) Los fusible limitar de corriente, disipa el arco más rápido y la energía que se libera es menor al de los otros tipos.
- c) Los fusible tipo k son de acción más lenta que los de tipo T.
- d) El tiempo maximo de despeje de la falla del fusible de proteccion es mayor o igual 0.75 tiempo mínimo de fusión del fusible de respaldo.

Solución: opcion b

2.2.8. Capacitores.**2.2.8.1. Resultado de aprendizaje**

Reconocer características, tipos de Capacitores como sus diferentes potencias nominales en distribución utilizada en la vida practica. Además observar las diferentes conexiones de banco de Capacitores monofásicos.

2.2.8.2. Definición Teórica:

Los Capacitores (Figura 68) son elementos utilizados en los sistemas eléctricos de media tensión con el objetivo de suministrar potencia reactiva al sistema y regular la tensión del sistema, produce ahorro de pérdidas y mejora el factor de potencia. Pueden estar instalados en subestaciones, o alimentadores de Distribución Eléctrica.



Figura 68: En la fotografía se muestran Capacitores monofásicos y trifásico tomado del catálogo de LIFASA.

2.2.8.3. Partes del Capacitor.

Los Capacitores en su forma más simple está formado internamente por un dieléctrico y dos capas de conductor, de una manera muy compacta. Figura 69.



Figura 69: En la fotografía se muestran los elementos internos de un Capacitor tomado del catálogo de LEYDEN.

Externamente está formada por tanque rectangular donde se deposita el dieléctrico y las dos capas de conductor. Además bushing aislantes donde se conectan las líneas eléctricas, este puede ser uno o dos si son Capacitores monofásicos y tres si son Capacitores trifásicos. Figura70.



Figura 70: En la fotografía se muestran Capacitor trifásico con sus partes externas tomado del catálogo de LEYDEN.

2.2.8.4. Clasificación del Capacitor.

Los Capacitores podemos clasificar por su tensión como:

- a) **Capacitores monofásicos.** Este tipo de Capacitores son usado en líneas monofásicas y para montar bancos de Capacitores en líneas trifásicas.

- b) **Capacitores trifásicos.** Este tipo de Capacitores son usado en líneas trifásicas.

La diferencia entre un banco de Capacitores trifásico y un Capacitor trifásico es que económicamente el Capacitor trifásico es más económico que hacer un banco trifásico, pero si la unidad se daña se debe cambiar toda lo que no ocurre con el banco trifásico.

La Tabla 4, muestra algunos valores de potencias nominales para Capacitores monofásicos y trifásicos.

Tensión	Potencia nominal Kvar	Tensión	Potencia nominal Kvar
6 a 36 Kv tensión monofásica	40	4 a 7.2 kv tensión trifásica	30
	60		60
	100		90
	120		100
	180		120
	200		180
	240		200
	300		240
	360		300
	400		360
	480		
	600		

Tabla 4: Valores de potencias nominales de los Capacitores tomados de catálogo LEYDEN.

También se tiene Capacitores según la necesidad de conexión como son:

- a) Capacitores Fijos.** Este tipo de Capacitores pueden ser empleados en líneas donde la compensación de reactivos debe ser permanente contiene un elemento de protección externa que puede ser un fusible de alta capacidad de ruptura especialmente cuando existen motores grandes en media tensión o fusibles con seccionamiento en barra.

Figura 71.



Figura 71: Capacitor fijo monofásico tomado de catálogo LEYDEN.

b) Capacitores automáticos. Este tipo de Capacitores se utilizan cuando la compensación de potencia reactiva no es permanente en las líneas en media tensión. En otras palabras los Capacitores automáticos se conectan y desconectan del alimentador de una forma programable.

Está constituido por un fusible de alta capacidad de ruptura, un tanque externo que es un interruptor que realiza la acción de conectar y desconectar el Capacitor, un temporizador que es el que manda la orden al interruptor a que actúe.

Figura 72.

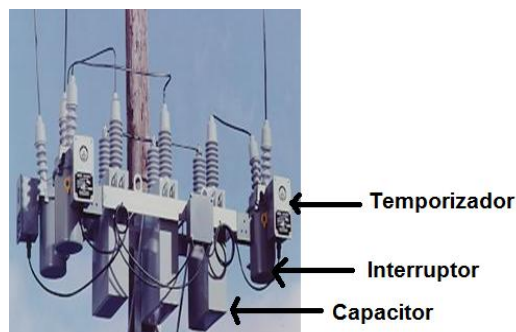


Figura 72: Capacitor automaticotrifásico montado en poste tomado de catálogo ABB.

2.2.8.5. Conexión del Capacitor.

Los Capacitores monofásicos forman bancos de Capacitores trifásicos con diferentes conexiones entre las más usadas tenemos:

a) Conexión estrella y doble estrella con neutro flotante.

Son las más usuales y se utiliza en sistemas con neutro flotante o sólidamente aterrizado. Sus conexiones se muestran a continuación. Figura 73 y Figura 74 respectivamente



Figura 73: Banco de Capacitores en estrella con neutro flotante.

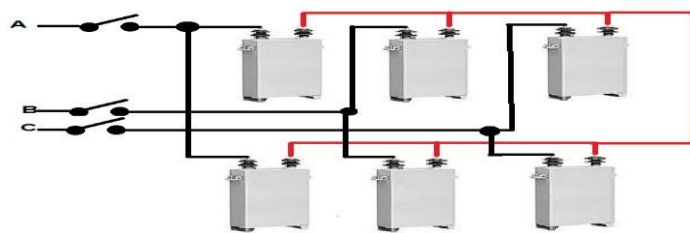


Figura 74: Banco de Capacitores en doble estrella con neutro flotante.

b) Conexión estrella y doble estrella con neutro sólidamente aterrizado.

Solo se usa en sistemas multi-aterrizados y en todos los niveles de tensión pero es un camino o retorno para los armónicos. Sus conexiones se muestran a continuación. Figura 75 y Figura 76 respectivamente.

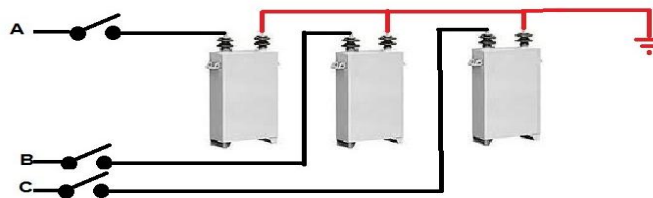


Figura 75: Banco de Capacitores en estrella con neutro solidamente aterrizado.

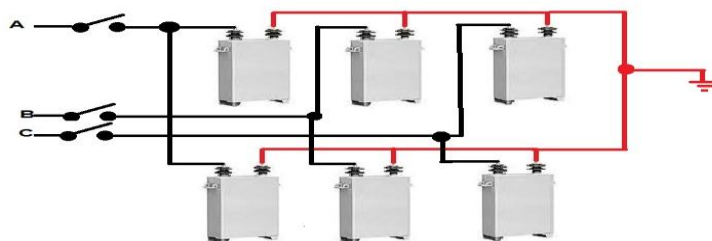


Figura 76: Banco de Capacitores en doble estrella con neutro solidamente aterrizado.

2.2.8.6. Ejercicios resueltos del Capacitor.

Ejercicio 2.2.8.6.1

Calcular la capacidad del banco de Capacitores óptimos para cada nodo del alimentador mostrado en la Figura 77, así como

la capacidad y localización del banco que produciría la máxima reducción en los costos de operación del mismo.

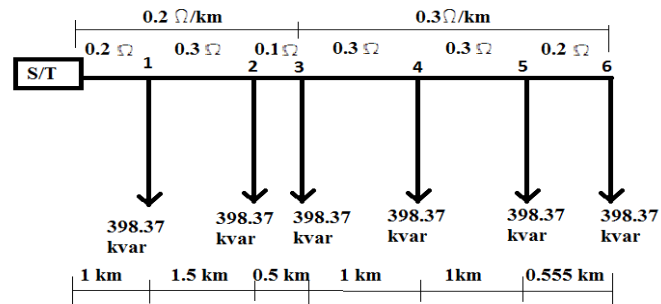


Figura 77: Diagrama unifilar de un alimentador con carga uniformemente distribuidas.

Solución:

Datos:

$$K1 = 0,005 \text{ \$/w-h}$$

$$K2 = 20 \text{ \$/w}$$

$$T = 1 \text{ año}$$

$$FC = 0,5$$

$$\text{Tensión} = 23 \text{ Kv.}$$

El método utilizado es momento eléctrico.

Calculamos la constante A y B.

$$A = K1 * FC * T + K2 = 0.005 * 0.5 * 8760 + 20 = 41.9$$

$$B = K1T + K2 = 0.005 * 8760 + 20 = 63.8$$

Calculamos la corriente reactiva de cada ramal.

$$-jI's = \frac{398.37 \text{ kvar}}{\sqrt{3} * 23 \text{ kv}} = 10 \text{ Amp.}$$

Luego calculamos la capacidad optima para cada nodo del alimentador.

Para el nodo 1.

$$M_0^N = 0.2 * 10 + 0.5 * 10 + 0.6 * 10 + 0.9 * 10 + 1.2 * 10 + 1.4 * 10 = 48$$

$$M_{N1}^N = 0.3 * 10 + 0.4 * 10 + 0.7 * 10 + 1 * 10 + 1.2 * 10 = 36$$

$$R_{N1} = 0.2 \Omega$$

$$I_c = \frac{A(M_0^N - M_1^N)}{BR_{N1}}$$

$$I_c = \frac{41.9(48 - 36)}{63.8 * 0.2} = 39.4 \text{ Amps}$$

Para los siguientes nodos se realiza las mismas operaciones anteriores, a continuación se muestra cuadro de corriente de los demás nodos.

Nodos	R (ohms)	Ic (Amps)
2	0.5	35.46
3	0.6	33.93
4	0.9	29.18
5	1.2	25.17
6	1.4	22.51

Luego procedemos al cálculo del máximo ahorro en la alimentadora de la siguiente forma.

$$\Delta C_s = 3 \frac{A^2 * (M_0^N - M_1^N)^2}{B * R_{Ni}}$$

Para el nodo1.

$$\Delta C_s = 3 \frac{41.9^2 * (48 - 36)^2}{63.8 * 0.2} = \$59437.57$$

Para los otros nodos se calcula de la misma manera. Observe la tabla de dato de resultados.

Nodos	R (ohms)	ΔCs (\$)
2	0.5	120361.1
3	0.6	132221.09
4	0.9	146759.45
5	1.2	145567.03
6	1.4	135857.32

Con los resultados anteriores obtenemos la corriente y el ahorro máximos.

$$\Delta Cs = \$ 146759.45 \quad I_c = 29.18 \text{ Amp}$$

De esta manera se puede calcular la capacidad del banco de Capacitores.

$$Kvar = \sqrt{3} * 29.18 * 23 = 1162.4$$

Su localización será en el nodo 4 o sea a 4 km de la fuente.

Ejercicio 2.2.8.6.2

En la siguiente Figura 78, muestra un alimentador de 6.6 Kv con carga reactiva uniformemente distribuida (20 cargas de 80 Kvar c/u) Determínese:

- a) Las pérdidas de potencia sin instalar Capacitores en la línea.**

- b) Las pérdidas de potencia con un banco de Capacitores de 600 Kvar instalado a distintas distancias $a = 0.1, 0.2, 0.3, \dots, a$ en p.u.
- c) El punto donde se obtiene la mínima pérdida de potencia.

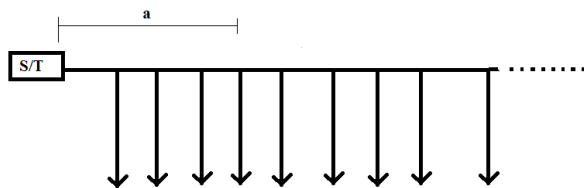


Figura 78: Diagrama unifilar de un alimentador con carga reactiva uniformemente distribuida.

Solución:

Para calcular las pérdidas de potencia sin Capacitores lo resolvemos de la siguiente manera.

Calculamos la corriente total reactiva del alimentador.

$$I_q = \frac{Kvar}{\sqrt{3} * Kv} = \frac{20 * 80}{\sqrt{3} * 6.6} = 139.96 \text{ Amp}$$

Luego calculamos perdidas de potencia sin Capacitores.

$$P_{sc} = I^2 * R = 139.96^2 * R$$

Calculamos a continuación las pérdidas de potencia con Capacitor.

Primero calculamos la corriente del Capacitor.

$$I_c = \frac{Kvar}{\sqrt{3} * Kv} = \frac{600}{\sqrt{3} * 6.6} = 52.486 \text{ Amp}$$

Luego las pérdidas de potencia en cada punto donde se ubicará el Capacitor.

$$P_{cc} = R(I^2 - 6II_c a + 3II_c a^2 + 3I_c^2 a)$$

Reemplazando los valores me que la siguiente expresión.

$$P_{cc} = R(19.589 - 35.813a + 22.038a^2)Kw$$

La siguiente tabla muestra las pérdidas para cada posición de a.

A	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Pcc	16.228R	13.308R	10.829R	8.79R	7.192R
A	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Pcc	6.035R	5.319R	5.043R	5.208R	5.184R

Finalmente vamos a determinar el punto en que se obtiene la mínima pérdida de potencia.

$$a = 1 - \frac{I_c}{2I_0} = 1 - \frac{52.486}{2*139.964} = 0.8125 \text{ p.u.}$$

Ejercicio 2.2.8.6.3

En el alimentador del problema anterior se decide instalar 2 bancos de Capacitores de 300 kvar c/u, determínese:

- a) Las distancias en que se obtienen las pérdidas mínimas.**
- b) La reducción de pérdidas en p.u.**

Solución:

Para determinar la ubicación de los Capacitores donde se obtendrá las perdidas mínimas se procede lo siguiente.

Calculamos la corriente de la carga y corriente nominal de los Capacitores.

Corriente de cada Capacitor.

$$I_c = \frac{Kvar}{\sqrt{3} * Kv} = \frac{300}{\sqrt{3} * 6.6} = 26.243 \text{ Amp}$$

En este caso los Capacitores son iguales tendrán el mismo valor de corriente.

Corriente de la carga.

$$I_Q = \frac{Kvar}{\sqrt{3} * Kv} = \frac{20 * 80}{\sqrt{3} * 6.6} = 139.96 \text{ Amp}$$

Calculamos la ubicación de los bancos de Capacitores con la siguiente expresión.

$$a = 1 - \frac{3I_c}{2I_Q} = 1 - \frac{3 * 26.24}{2 * 139.964} = 0.719 \text{ p.u.}$$

Ubicación de Capacitor 2.

$$b = 1 - \frac{I_c}{2I_Q} = 1 - \frac{26.24}{2 * 139.964} = 0.909 \text{ p.u.}$$

Para calcular la reducción de pérdidas lo realizamos de la siguiente manera.

$$Rn = 3 \frac{I_c}{I_Q} (2a - a^2 - 3a \frac{I_c}{I_Q} + 2b - b^2 - b \frac{I_c}{I_Q})$$

$$Rn = 3 \frac{26.24}{139.96} (2 + 0.719 - 0.719^2 - 3 * 0.719 \frac{26.24}{139.96} + 2 * 0.906$$

$$- 0.906^2 - 0.906 \frac{26.243}{139.964}) = 0.753 \text{ p.u.}$$

2.2.8.7. Autoevaluación del Capacitor.

2.2.8.7.1. Completar.

El Capacitor es un elemento que suministra al Sistema de Distribución potencia (1) con el fin de bajar el (2), disminuir las (3) de energía en las líneas, regulando el (4), se instalan en (5) o (6). Por su tiempo de uso tenemos dos clases de Capacitores (7) y (8).

Solución:

1) reactiva, 2) factor de potencia, 3) pérdidas, 4) voltaje, 5) subestaciones, 6) alimentadora, 7) fijos, 8) desconectables.

2.2.8.7.2. Elija lo correcto.

- a) Los Capacitores se deben colocar solo en las subestaciones.
- b) Los Capacitores se conectan en serie con los alimentadores.
- c) Los Capacitores contienen en su interior aislador eléctrico SF6.
- d) Los Capacitores pueden programar la entrega de reactivo en la línea.

Solución: opción d.

2.2.9. Postes.

2.2.9.1. Resultado de aprendizaje.

Reconocer las diferentes clases de postes así como su aplicación en la vida diaria.

2.2.9.2. Definición Teórica:

En el Sistema de Distribución aérea es necesario la utilización de los postes ya que sobre estos van los conductores, aisladores elementos de protecciones, Transformadores etc., evitando de esta forma el contacto cercano de las personas a las líneas de alimentaciones sean estas en baja tensión como en alta tensión. Por lo general existen postes de 9 – 21 metros de altura y se utilizan según su necesidad.



Figura 79: Vista de postes de hormigón armado tomado de catálogo de Dermigon.

2.2.9.3. Partes del poste.

Los postes están constituidos de una sola unidad, sus elementos constitutivo depende de qué clase de postes sea y los hablaremos en la clasificación. Todos los postes contienen una placa donde están especificados nombre de fabricante, altura y clase de poste, esfuerzo útil, fecha de fabricación y número de serie.

2.2.9.4. Clasificación de los postes.

Los postes para Distribución Eléctrica básicamente se clasifican en:

a) Postes de madera. Se los utiliza más en la sierra, se lo trata con sustancias a presión y a temperatura suficiente para mayor duración y protegerlo contra daños de bacterias, hongos, insectos, etc. El tiempo de duración es de 40 a 50 años.

Esta clase de poste por lo general tiene forma cilíndrica, estos postes pueden ser de pino. Figura 80.



Figura 80: Vista de postes de madera descortizandolo y preparandolo para su mayor duracion tomado de catálogo de Altensa.s.a.

b) Postes metálicos. Por lo general se construye de acero, este tipo de poste tiene una serie de ventajas con respecto a otros entre las que se destacan superior resistencia mecánica, fácil mantenimiento, mejor estética. Figura 81.



Figura 81: Vista de un poste metálico vestido con estructura en volado pasante en media tension y estructura de retencion en baja tension.

c) Poste de hormigón. Estos postes están fabricado esencialmente de cemento, piedra, agua, arena, con una estructura interna de hierro.

Existen diferentes tipos de postes de hormigón como los centrifugados que generalmente son cilíndricos esto es una ventaja ya que no importa cómo se los paren, pues para cualquier lado es lo mismo, Los vibrado que por lo general tiene forma rectangular, la vibración ayuda a que no se formen capas de polvo y de esta manera evitar la contaminación del ambiente. Figura 82.



Figura 82: Vista de un poste de hormigón centrifugado vestido con una estructura en media tension centrada pasante.

2.2.9.5. Conexión en postes.

Los postes es la base de las estructura eléctricas en los sistemas de distribución es aquí donde se conectan los demás elementos mediante pernos y abrazaderas.

En muchas ocasiones se conectan dos postes entre sí por medio de crucetas formando estructura según las necesidades, por

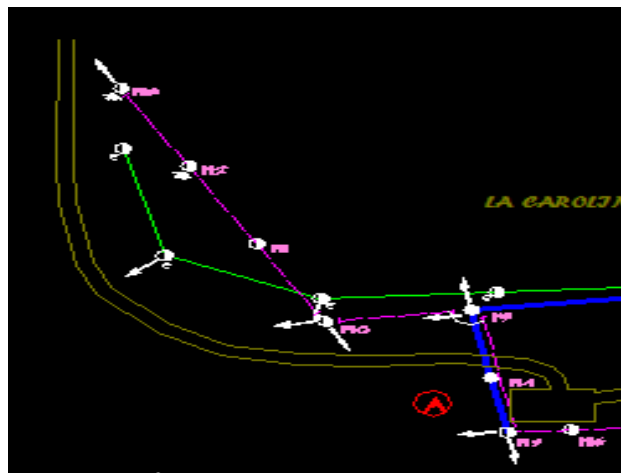
ejemplo si se monta banco de Transformadores de capacidades de 100 kva se utiliza una estructura H.

En el diseño para par un poste debe de seguir ciertos requisitos por ejemplo se entierra el poste a una profundidad aproximada del 10% de la altura del poste. También se debe conocer a la distancia que se van a colocar los postes, además que tipos de esfuerzo van a realizar.

2.2.9.6. Ejercicios resueltos de Poste.

Ejercicio 2.2.9.6.1

Dado el diagrama unifilar de una línea eléctrica de una zona rural, por construir explicar el proceso para izar los postes.



Solución:

En el diagrama podemos observar una línea rosa que nos representa línea en baja tensión y la línea verde y azul línea de media tensión.

Lo primero es de verificar que tipo de poste se usaran por lo se utilizan poste centrifugado 9 metros y 350 kg para la línea secundaria, de 11 metros 350 kgf en estructura pasantes y donde se formen ángulos pequeños, 11 metros 500 kgf se utilizaran para zonas donde existieran ángulos grande y montajes de Transformadores por ejemplo de 50 Kva, también donde existan estructuras terminales de retenciones donde existen tensiones por los cables y su longitud. A continuación se hace realizar el estaqueo y desbroce, se procede hacer huecos donde se pararán los poste, la profundidad de los huecos depende del poste si es un poste de 9 metros se suele hacer de 1,60 metro y si es poste de 11 metros aproximadamente será 1, 80 metros. Es importante que el poste este bien aplomado y alineado con la línea a construir, para rellenar los espacios que quedan al izar el poste se a conseja que se le introduzca material pétreo como piedras. Si el terreno es bando se recomienda introducir cemento con eso se garantiza que el poste no se desaplome.

2.2.9.7. Autoevaluación de Poste.

2.2.9.7.1. Completar.

Los postes en Distribución Eléctrica se pueden clasificar como poste de (1) muy usados en la sierra, postes (2) usados como ornamentales y postes (3), y dependiendo las condiciones se escoge su tamaño, por lo general zonas rurales son poste de (4) metros en niveles de voltajes bajos, y (5) metros para media tensión. En zona urbana por lo general son postes de (6) metros o mayores. También se toma en mucha consideración el (7) útil.

Solución:

1) Madera, 2) metálicos, 3) hormigón, 4) 9, 5) 11, 6) 11, 7) esfuerzo.

2.2.9.7.2. Elija lo correcto.

a) Los postes de hormigón se fabrican de arena y cemento con una estructura interna de hierro.

- b) Los postes centrifugados son por lo general centrifugados y al momento de izarlo no importa como se lo haga.
- c) Los datos más importantes en un poste son su altura, su esfuerzo útil, clase de poste, y fecha de fabricación.
- d) Los postes de madera pueden llegar a durar 40 años sin importar que sea tratado por sustancias.
- e) Los postes metálicos no tienen mucha resistencia mecánica pero son fáciles en mantenimiento.

Solución: opción c.

2.2.9.7.3. Elija lo correcto.

- a) El tamaño de los postes no es importante en el momento de construir una línea de alimentación.
- b) Es importante formar otras tipos de estructura en el poste por ejemplos para montar Transformadores mayores a 100 kva.
- c) Se debe enterrar el poste 30% de su altura.
- d) En lugares de la línea donde existan fuerza de tensiones grandes no es importante escoger bien la clase de esfuerzo útil del poste.

Solución: opción b.

2.2.10. Sistemas de Distribución.

2.2.10.1. Resultado de aprendizaje.

Comprender los diferentes Sistemas de Distribución que tenemos, conocer e identificar los diferentes elementos que forman un Sistema de Distribución Eléctrico.

2.2.10.2. Definición Teórica:

El Sistema de Distribución es el conjunto de elementos, que su objetivo es de energizar de una manera eficiente una carga eléctrica y este puede estar en distintos niveles de voltajes.

Figura 83.

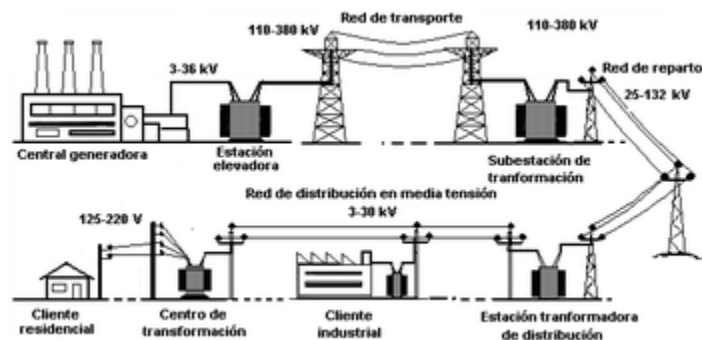


Figura 83: Vista de un sistema de distribución de energía eléctrica tomada de [www. Wikipedia. Com](http://www.Wikipedia.Com).

2.2.10.3. Partes de los Sistemas de Distribución.

Los Sistemas de Distribución están formados básicamente por:

- a) **Los Transformadores de distribución;** son los encargados de entregar energía a los usuarios del sistema eléctrico.

- b) **Subestaciones de distribución;** es básicamente un centro de cambio de voltaje, donde podemos encontrar Transformadores, elementos de control y protección del sistema, además es de aquí que salen las alimentadoras de distribución, que en conjunto con los Transformadores de distribución dan el servicio a los abonados. Para un buen diseño es recomendable que las Subestaciones se encuentren en el centro de la población que se va a dar el servicio. Figura 84

Las Subestaciones están configuradas según sus barras de la siguiente manera.

Barra simple. Son económicas, se pueden expandir simple de operación la aplicación de relé en la protección es simple. Sus

desventajas son baja confiabilidad en el Sistema y tiene problemas de mantenimiento.

Barra simple seccionalizada. Su operación es flexible, si hay una falla el elemento queda aislado el resto sigue operando. Sus desventajas el costo es mayor en comparación de la barra simple, se requiere breaker adicionales para seccionalizar.

Barra principal y Barra de transferencia. Costo razonable, Subestación fácil expandible. Desventajas es que se requiere un breaker adicional para poder hacer transferencia, problema de calibrar la coordinación de los breaker con los demás.

Anillo. Tiene una operación flexible, alta confiabilidad, no tiene barra principal, se puede alimentar con doble alimentación. Desventajas Esta limitado a cuatro circuito, El sistema de alimentación a los relés debe tener su propia fuente.

Breaker y $\frac{1}{2}$. Es de operación flexible, alta confiabilidad, se puede aislar cualquiera de las barras sin que haya interrupciones del sistema, cada circuito tiene doble alimentación. Desventajas es que se necesita un breaker $\frac{1}{2}$

para cada circuito, si hay una falla los elementos de protección nunca abrirá al mismo tiempo.

Doble breaker doble barra. Operación flexible, alta confiabilidad, se puede fácilmente aislar cualquiera de las barras simples, cada circuito tiene doble alimentación. Desventajas el costo es muy alto en comparación a las otras barras.



Figura 84: Vista de una subestacion clasica tomado de [www. Electric Power e Tool. Com.](http://www.ElectricPowerTool.com)

c) **Alimentadores de distribución;** Son aquellas que transportan energía en media tensión por medio de los conductores.

Estas pueden estar clasificada como:

Radial seccionalizado. Esta alimentadora tiene su tronco principal y de este se ramifica otros ramales secundarios cada ramal se puede seccionalizar.

Expreso. Esta alimentadora tiene un solo troco principal y al final de ella de concentra la carga a alimentar.

Mallado. Esta alimentadora se forma como una malla donde en cualquier punto se puede alimentar las cargas.

2.2.10.4. Clasificación en los Sistemas de Distribución.

En los Sistemas de Distribución se clasifican de la siguiente manera:

Sistema de Distribución industrial. Comprende grande consumidores de energía tales como las industrias, este tipo de consumidores reciben el suministro en alta tensión.

Sistemas de distribución comerciales. Estos comprenden grandes complejos comerciales, supermercados, aeropuerto.

Sistemas de distribución urbana. Este Sistema alimenta a poblaciones y centros urbanos de gran consumo, pero con densidad pequeña.

Sistemas de distribución rural. Estos Sistemas suministran a zona de menor densidad de cargas, debido a las largas distancias el costo del Kwh es mayor.

2.2.10.5. Conexión de los Sistemas de Distribución.

Los Sistemas de Distribución están conectados de tal manera que permite llegar a dar un servicio óptimo a los usuarios del Sistema. Conectado desde la Subestación ésta se conecta a las líneas de alimentación, las líneas de alimentación se conecta a los Transformadores de Distribución y este a su vez se conecta a los usuarios del Sistema.

2.2.10.6. Ejercicios resueltos de los Sistemas de Distribución.

Ejercicios 2.2.10.6.1

Obtener y graficar los perfiles de voltaje para máxima y mínima cargas de una alimentadora uniformemente distribuida de siguientes características:

Voltaje de Subestación 13800 v

Voltaje de alimentadora 13200 v

Longitud: 18 km.

Conductor ACSR Drake $r = 0.1284 \Omega/\text{millas}$.

$X = 0.7886 \Omega/\text{millas}$.

Carga máxima pico: 9000kva, carga mínima: 3000kva

Fp 0,8 (máxima y mínima). Voltaje regulado en la Subestación a 1,025 p.u. fijo en las dos cargas.

Solución:

Calculamos la impedancia de la línea

$$z = r \cos \theta + x \sin \theta$$

$$r = \frac{0.1284 \Omega}{\text{millas}} * 18 \text{ km} * \frac{1 \text{ milla}}{1.609 \text{ km}} = 1.43642014 \Omega$$

$$x = \frac{0.7886 \Omega}{\text{millas}} * 18 \text{ km} * \frac{1 \text{ milla}}{1.609 \text{ km}} = 8.82212554 \Omega$$

$$z = 1.43642014 \Omega * 0.8 + 8.82212554\Omega * \text{sen}(\cos^{-1}0.8)$$

$$= 6.4424114\Omega$$

Luego calculamos el voltaje por unidad en diferentes puntos de la línea para carga uniformemente distribuida.

$$V_{p.u} = 1 - \frac{Kva * Z(2x + x^2 + c)}{2000 * Kv^2}$$

Carga máxima.

Obtengo el valor de la constante C.

$$V_{p.u} = 1 - \frac{9000 * 6.4424114\Omega(2x + x^2 + c)}{2000 * 13.2^2}$$

$$1.025 = 1 - \frac{9000 * 6.4424114\Omega(2x + x^2 + c)}{2000 * 13.2^2}$$

Reemplazando x=0 obtenemos el valor de C.

$$C = - 0.150254297$$

Con este valor obtengo la expresión para el voltaje p.u.

$$V_{p.u} = 1 - 0.1663846(2x + x^2 - 0.150254297)$$

Para la mínima carga obtenemos una relación similar.

$$V_{p.u} = 1 - \frac{3000 * 6.4424114\Omega(2x + x^2 + c)}{2000 * 13.2^2}$$

Reducimos la expresión.

$$V_{p.u} = 1 - 0.055462(2x + x^2 - 0.150254297)$$

A continuación muestra una tabla en diferentes posiciones de la línea los diferentes voltajes p.u. máximo y mínimo de la alimentadora.

Long.	V p.u	
	Máximo	Mínimo
0	1.02500	1.00833
0.1	0.99339	0.99780
0.2	0.96510	0.98837
0.3	0.94014	0.98005
0.4	0.91851	0.97284
0.5	0.90021	0.96674
0.6	0.88524	0.96175
0.7	0.87359	0.95786
0.8	0.86527	0.95509
0.9	0.86028	0.95343
1	0.85862	0.95287

La gráfica de los perfiles sería:

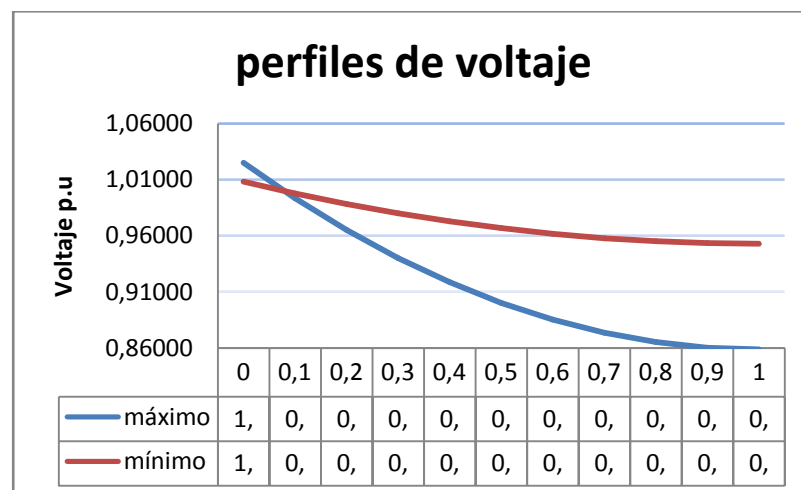


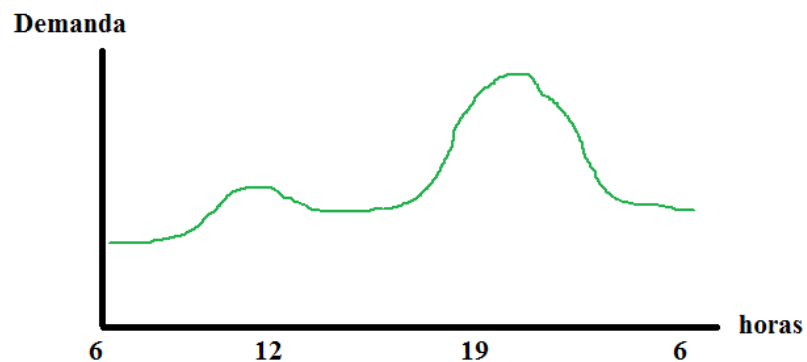
Figura 85: Perfiles de voltaje de una alimentadora uniforme

Ejercicios2.2.10.6.2

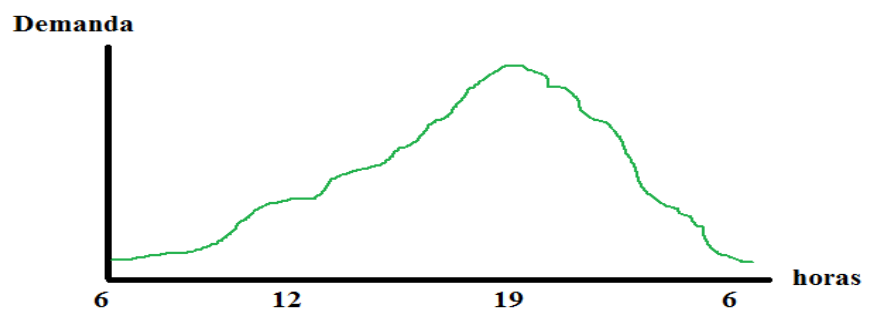
Mencionar y dibujar los diferentes tipos de cargas en un Sistema de Distribución

Solución:

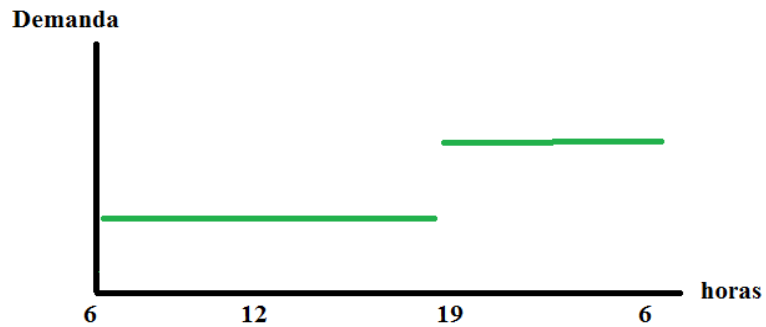
Carga residencial, su comportamiento de mayor demanda es en horas en la noche.



Carga comercial, su comportamiento mayor demanda son en horas de la tarde hasta la noche.



Carga industrial su comportamiento es más constante y mayor demanda es en la noche y madrugada.



2.2.10.7. Autoevaluación de los sistemas de distribución.

2.2.10.7.1. Completar

El conjunto de elementos eléctricos conectados de una manera ordenada y lógica, cuyo objetivo es (1) de una manera eficiente a una (2), se lo denomina (3). Sus elementos más relevantes son (4) es el centro de cambio de voltaje, (5) es que da el servicio a los usuarios a niveles de tensiones adecuados, (6) es el que se encarga de (7) la energía eléctrica hacia los Transformadores de distribución.

Solución:

- 1) Energizar, 2) carga, 3) Sistema de Distribución, 4) Subestación, 5) Transformador de distribución, 6) alimentadoras, 7) transportar.

2.2.10.7.2. Una según corresponda.

- 1) Barra simple seccionalizada
 - 2) Barra simple.
 - 3) Anillo.
 - 4) Breaker y $\frac{1}{2}$.
 - 5) Barra principal y Barra de transferencia.
-
- a) Su operación es flexible, si hay una falla el elemento queda aislado el resto sigue operando su costo es mayor que la barra simple.
 - b) Tiene problemas de mantenimiento, son muy económicas, la aplicación del relé es simple.
 - c) Desventajas es que requiere un breaker adicional para hacer transferencia, problema en calibrar la coordinación de los breaker.

- d) No tiene barra principal se puede alimentar con doble alimentación, es limitado a cuatro servicios.
- e) Tiene alta confiabilidad, se puede aislar cualquiera de las barra sin que se interrumpa el servicio, la desventajas que necesita de un breaker y medio para cada circuito.4

Solución:

- 1) a, 2) b, 3) d, 4) e, 5) c.

2.2.10.7.3. Escoja lo correcto.

- a) Lugares de menor densidad de carga son conocido como sistemas residencial.
- b) Los alimentadores de pueden clasificar sol como mallado y expreso.
- c) El sistema comercial es costo del kw es mayor que el residencial.
- d) En el sistema industrial su mayor densidad de cargas son en las noches, en este sistemas son obligado a pagar una demanda dependiendo el factor de potencia.

Solución: opción d.

2.2.11. Modelo de los objetos de aprendizaje.

2.2.11.1. Resultado de aprendizaje.

Comprender las características partes y definición de modelo SCORM a si como su funcionamiento.

2.2.11.2. Definición Teórica:

SCORM (Sharable Content Object Reference Model) es un conjunto de normas técnicas que permiten a los sistemas de aprendizaje en línea importar y reutilizar contenidos de aprendizaje que se ajusten al estándar.

Los principales requerimientos que el modelo SCORM trata de satisfacer son:

Accesibilidad: capacidad de acceder a los componentes de enseñanza desde un sitio distante a través de las tecnologías web, así como distribuirlos a otros sitios.

Adaptabilidad: capacidad de personalizar la formación en función de las necesidades de las personas y organizaciones.

Durabilidad: capacidad de resistir a la evolución de la tecnología sin necesitar una reconcepción, una reconFiguración o una reescritura del código.

Interoperabilidad: capacidad de utilizarse en otro emplazamiento y con otro conjunto de herramientas o sobre otra plataforma de componentes de enseñanza desarrolladas dentro de un sitio, con un cierto conjunto de herramientas o sobre una cierta plataforma.

Reusabilidad: flexibilidad que permite integrar componentes de enseñanza dentro de múltiples contextos y aplicaciones.

2.2.11.3. Partes del modelo del Objeto de Aprendizaje.

Nuestro modelo de Objeto de Aprendizaje es el SCORM, este modelo puede empaquetar la información web de una manera organizada los elementos que pueden formar parte son páginas web, gráficos, programas, presentaciones flash y cualquier cosa que funcione en un navegador web.

2.2.11.4. Clasificación del modelo del Objeto de Aprendizaje.

Podemos clasificar el modelo SCOM como:

a) **SCORM Content Aggregation Model**, el objetivo del modelo de agregación de contenidos de SCORM es proveer

un medio común de componer contenidos educativos desde diversas fuentes compatibles y reusables.

El modelo, incluye especificaciones para:

Los metadata, constituyen la clave para la reusabilidad. Describen e identifican los contenidos educativos, de manera que pueden formar la base de los repositorios.

CSF (*Content Structure Format*), es un componente necesario para mover un contenido educativo de un lugar a otro, pero no es suficiente por sí mismo. Es necesario agregar y guardar los contenidos en un paquete. Para ello está diseñado el *Content Packaging* o empaquetar, es el proceso de identificar todos los recursos necesarios para representar los contenidos educativos y después reunir todos los recursos junto a un manifiesto.

- b) **SCORM Run-Time Environment**, el objetivo del entorno de ejecución de SCORM es proporcionar un medio para la interoperabilidad entre los objetos compatibles de contenidos SCO, y los sistemas de gestión de aprendizaje, LMS.

Para ello se cuenta con tres componentes de ejecución:

Launch. Es el mecanismo que define el método común para que los LMS lancen un SCO basado en Web. Este mecanismo define los procedimientos y las responsabilidades para el establecimiento de la comunicación entre el contenido a mostrar y el LMS.

API (Application Program Interface). Es el mecanismo para informar al LMS del estado del contenido (por ejemplo si está inicializado, finalizado o en error) y es usado para intercambiar datos entre el LMS y los SCO (por ejemplo datos de tiempo, de puntuación, etc.).

API, es simplemente un conjunto de funciones predefinidas que se ponen a disposición de los SCO, como por ejemplo LMSInitalize o LMSSetValue.

2.2.11.5. Autoevaluación del modelo del Objeto de Aprendizaje.

Las autoevaluaciones en los modelos de aprendizaje se las realiza mediante actividades interactivas donde se evalúan los contenidos dentro de la pagina existen muchas herramientas

para estas actividades en este caso usamos Hot Potatoes.

Figura 86.

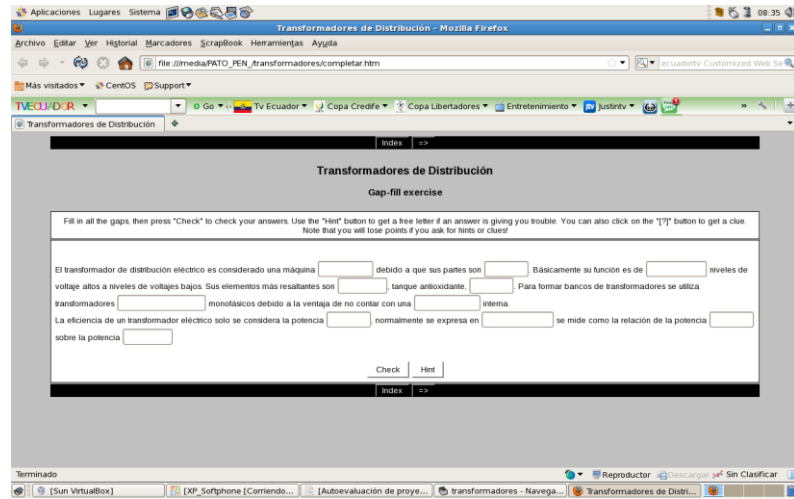


Figura 86: Muestra un ejemplo de autoevaluación de Transformadores bajo la herramienta Hotpotatoes

CAPITULO 3

DISEÑO.

3.1. Estructura del objeto.

3.1.1. Resultado de aprendizaje.

En los títulos principales se utiliza el tipo de letra verdana, el tamaño de letra 16 y color de letra azul. El fondo para los títulos principales es de color beige.

En los subtítulos se utiliza formato con letra verdana, el tamaño de la letra 14, color de letra es negro con negrillas.

En los contenidos de los resultados de aprendizaje se usa letra verdana, tamaño de letra 12 y color de letra negro.

El fondo tanto en los subtítulos como en los contenidos es de color celeste.

3.1.2. Definición teórica.

En los títulos principales se utiliza el tipo de letra verdana, el tamaño de letra 16 y color de letra azul. El fondo para los títulos principales es de color beige.

En los subtítulos se utiliza formato con letra verdana, el tamaño de la letra 14, color de letra es negro con negrillas.

En los contenidos de las definiciones teóricas se usa letra verdana, tamaño de letra 12 y color de letra negro.

El fondo tanto en los subtítulos como en los contenidos es de color celeste.

3.1.3. Partes o elementos constitutivos.

En los títulos principales se utiliza el tipo de letra verdana, el tamaño de letra 16 y color de letra azul. El fondo para los títulos principales es de color beige.

En los subtítulos se utiliza formato con letra verdana, el tamaño de la letra 14, color de letra es negro con negrillas.

En los contenidos de las partes o elementos constitutivos se usa letra verdana, tamaño de letra 12 y color de letra negro.

El fondo tanto en los subtítulos como en los contenidos es de color celeste.

3.1.4. Clasificación.

En los títulos principales se utiliza el tipo de letra verdana, el tamaño de letra 16 y color de letra azul. El fondo para los títulos principales es de color beige.

En los subtítulos se utiliza formato con letra verdana, el tamaño de la letra 14, color de letra es negro con negrillas.

En los contenidos de las clasificaciones se usa letra verdana, tamaño de letra 12 y color de letra negro.

El fondo tanto en los subtítulos como en los contenidos es de color celeste.

3.1.5. Conexiones.

En los títulos principales se utiliza el tipo de letra verdana, el tamaño de letra 16 y color de letra azul. El fondo para los títulos principales es de color beige.

En los subtítulos se utiliza formato con letra verdana, el tamaño de la letra 14, color de letra es negro con negrillas.

En los contenidos de las conexiones se usa letra verdana, tamaño de letra 12 y color de letra negro.

El fondo tanto en los subtítulos como en los contenidos es de color celeste.

3.1.6. Diagramas o esquemas.

En las imágenes en este proyecto se utiliza los programas Paint con formato Portable Network Graphics (P.N.G) y las imágenes dinámicas se uso Adobe Flash.

3.1.7. Ejercicios resueltos.

En los títulos principales se utiliza el tipo de letra verdana, el tamaño de letra 16 y color de letra azul. El fondo para los títulos principales es de color beige.

En los subtítulos se utiliza formato con letra verdana, el tamaño de la letra 14, color de letra es negro con negrillas.

En los contenidos de los ejercicios se usa letra verdana, tamaño de letra 12 y color de letra negro.

El fondo tanto en los subtítulos como en los contenidos es de color celeste.

3.1.8. Autoevaluación.

Para las autoevaluaciones se utilizó el programa Hot Potatoes con un formato de fondo color gris, letra color negro, letra número 14 para enunciado y 12 para el resto del texto, tipo letra Arial.

3.2. Herramientas.

3.2.1. Hot Potatoes.

Es un sistema para crear ejercicios educativos que pueden realizar posteriormente a través de la web. Los ejercicios que crea son del tipo respuesta corta, selección múltiple, rellenar los huecos, crucigramas, emparejamiento y variados, para crear ejercicios sólo hay que introducir los datos (textos, preguntas, respuestas, etc.) y el programa generará las páginas Web automáticamente. Posteriormente se pueden publicar dichas páginas en cualquier servidor.

Las actividades encontradas son:

JCLOZE: Genera un texto con huecos en blanco, donde tenemos que introducir las palabras que faltan.

JQUIZ: Genera una serie de preguntas, que pueden ser tipo test y de introducción de la respuesta en un cuadro de texto.

JCROSS: Genera crucigramas con espacios para introducir las respuestas.

JMIX: Genera ejercicios de ordenar frases.

JMATCH: Genera ejercicios de asociación.

3.2.2. Paint

Originalmente llamado Paintbrush, es un programa simple de dibujo gráfico desarrollado por Microsoft. Paint ha acompañado al sistema operativo Microsoft Windows desde la versión 1.0. Siendo un programa básico, se incluye en todas las nuevas versiones de este sistema.

3.2.3. Reload editor.

Esta herramienta sirve para empaquetar contenidos estandarizados. Esta puede trabajar con diferentes estándares, en esta ocasión se trabaja en formato SCORM. Su pantalla principal se muestra a continuación. Figura 87.

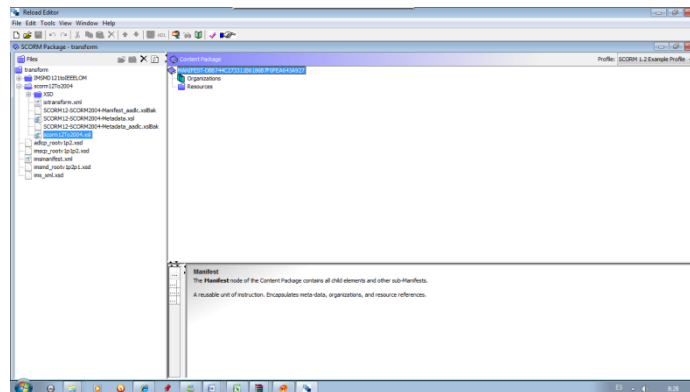


Figura 87: Pantalla principal de Reload editor.

3.3. Pagina web.

3.3.1. Dreamweaver.

Ésta es una herramienta de construcción y edición de páginas web basado en estándares.

Los lenguajes de programación que domina Dreamweaver son Active Server Pages (ASP), Cascading Style Sheet (CSS), Hypertext Pre-processor (PHP), Structured Query Language (SQL), Java Server Pages (JSP), y Extensible Markup Language (XML).

El potencial del software en cuanto a la capacidad de programar bajo los lenguajes que acabamos de citar es de lo más amplio, permitiendo la creación de aplicaciones y diseños web complejos.

3.3.2. Moodle

Es un Sistema de Gestión de Cursos de Código Abierto (Open Source Course Management System, CMS), conocido también como Sistema de Gestión del Aprendizaje (Learning Management System, LMS) o como Entorno de Aprendizaje Virtual (Virtual Learning Environment, VLE). Es muy popular entre los educadores de todo el mundo como una herramienta para crear sitios web dinámicos en línea para sus estudiantes. Para utilizarlo, necesita ser instalado en un servidor web, puede ser instalado tanto en un ordenador personal como en un servidor proporcionado por una compañía de hospedaje de páginas web.

3.4. Diseño de pruebas con los usuarios.

Al poner la prueba la página con cinco estudiantes de la carrera de eléctrica a los cuales se les pregunto.

Sobre el entorno visual del diseño de las páginas, ellos respondieron.

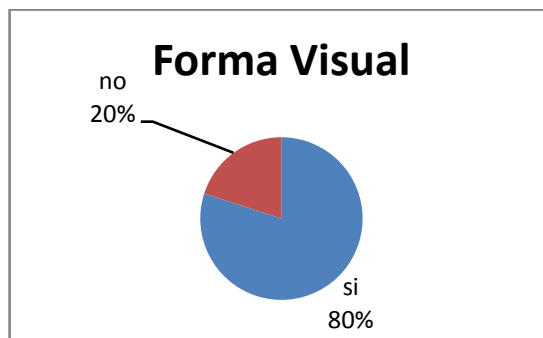


Figura 88: Muestra de porcentaje sobre la forma visual de las paginas.

De un 100% el 80% de los estudiantes le agrada la forma visual de las páginas.

Sobre el contenido de las páginas ellos respondieron:

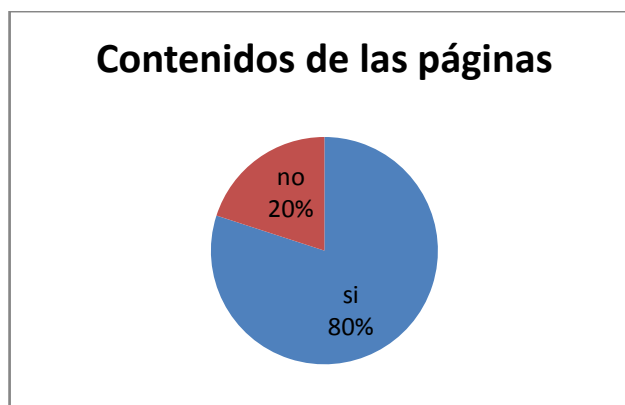


Figura 89: Muestra de porcentaje sobre contenidos de las páginas.

De un 100% el 80% de los estudiantes están de acuerdo con los contenidos del sitio web.

Sobre el manejo y comprensión del sitio web ellos respondieron:

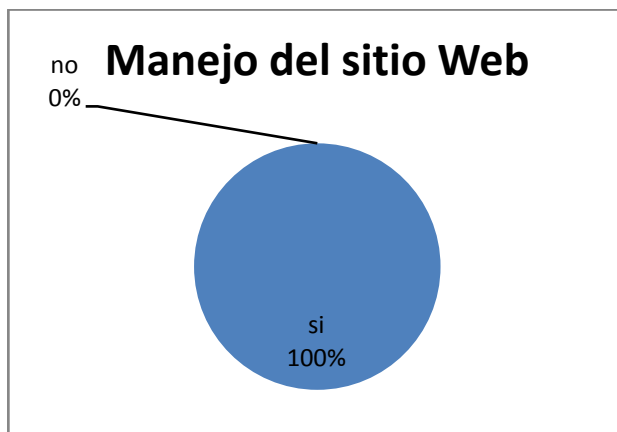


Figura 90: Muestra de porcentaje sobre contenidos de las páginas.

El 100% de los estudiantes respondieron que su manejo y comprensión es sencillo.

Sobre la relación entre actividades y contenidos del sitio web ellos respondieron:



Figura 91: Muestra de porcentaje sobre relación entre actividades y contenidos del sitio web.

El 100% de los estudiantes respondieron que si se encuentra relacionados los contenidos con las actividades en el sitio web.

Sobre las autoevaluaciones del sitio web ellos respondieron:

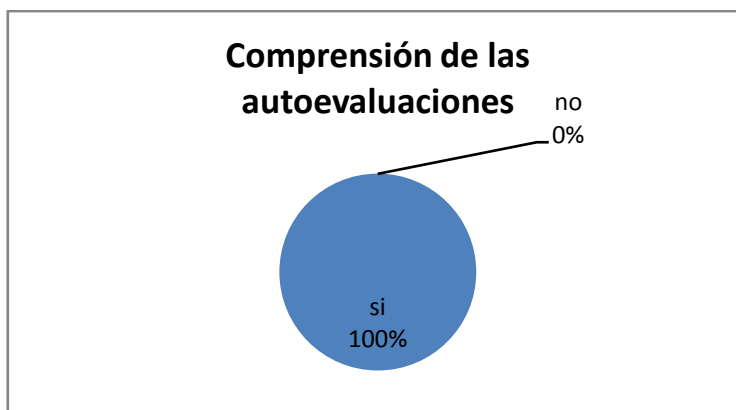


Figura 91. Muestra de porcentaje sobre comprensión de las autoevaluaciones del sitio web.

El 100% de los estudiantes respondieron que los ejercicios de las autoevaluaciones del sitio web son comprensibles.

Dentro de las cosas que sugirieron los estudiantes fue el incremento de más actividades y más ejercicios de exámenes anteriores.

CAPITULO 4

IMPLEMENTACION Y PRUEBAS.

4.1. Objetos de aprendizaje.

El Objeto de Aprendizaje implementado es en base de texto, imágenes y actividades de la materia de Distribución Eléctrica, mediante creación de páginas web que estarán en línea.

4.2. Dificultades y barreras.

Dentro de las dificultades presentadas fueron, tratar de que el Objeto de Aprendizaje de la materia de Distribución Eléctrica subirlo directamente al blog de la ESPOL, esto no fue posible de una manera directa, ya que la plataforma que maneja este sitio está bajo el software Word Press, ésta herramienta sólo puede subir texto, multimedia como videos y no en formato SCORM. Otra dificultad fue el manejo de la herramienta Reload editor al momento de empaquetar los archivos del Objeto de Aprendizaje.

4.3. Herramientas utilizadas.

Para la creación de este sitio web se implementó con varios programas entre ellos: Dreamweaver donde se trabajó bajo la codificación HyperText Markup Language (HTML), ésta herramienta es la principal para el diseño de todas las páginas web en éste proyecto. A continuación podemos observar una de las pantallas del programa. Figura 92.

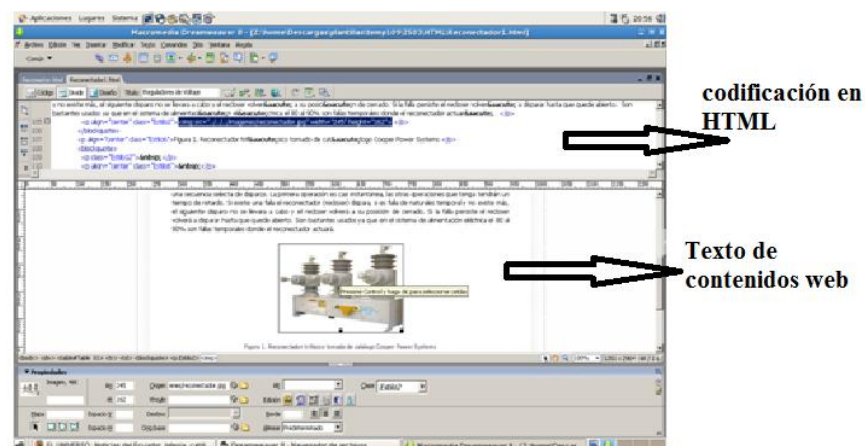


Figura 92: Pantalla de dreamweaver, donde podemos observar el diseño la página de Reconectores.

Para la creación de las actividades interactivas nos basamos en el programa Hot Potatoes, especialmente en las actividades de crucigramas, completar, unir lo correcto. Una vez creadas las actividades, seleccionamos el formato con que se trabajará, en este caso le damos formato web. A continuación podemos observar la

pantalla del programa implementando uno de los requerimientos de nuestro trabajo. Figura 93.

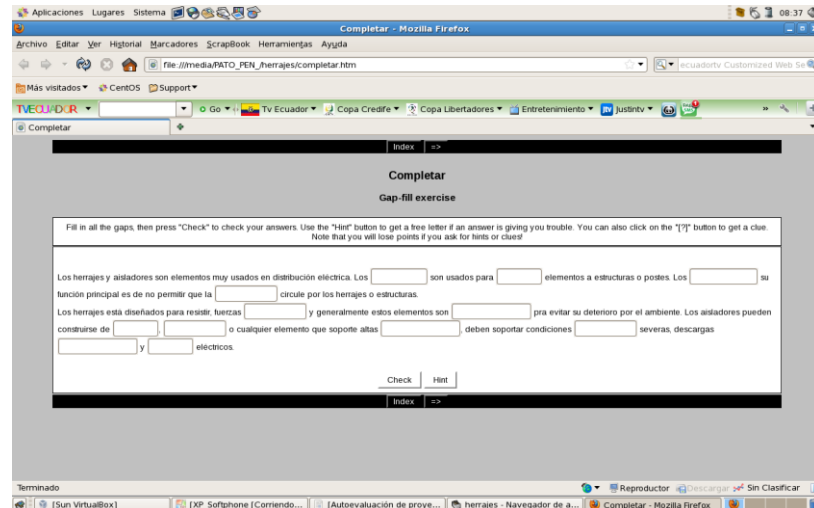


Figura 93: Pantalla de Hot Potatoes, donde podemos observar la implementación de la actividad de completar de los Transformadores Eléctricos.

Luego de tener las páginas y las actividades didácticas creadas para cada uno de los requerimientos de nuestro proyecto, se procedió a estandarizar nuestras páginas en el formato SCORM, para esto nos ayudamos con la herramienta Reload editor. A continuación vemos la página principal del programa. Figura 94.

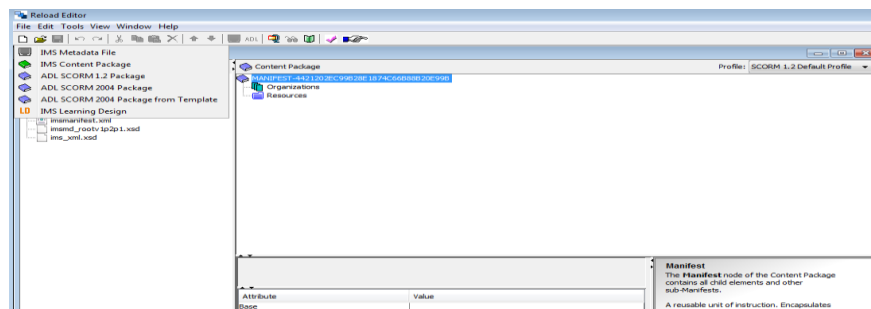


Figura 94: Pantalla de Reload Editor donde se empaquetan y estandariza los objetos de aprendizaje.

Luego de tener empaquetados nuestros objetos de aprendizaje, lo subimos a la plataforma educativa Moodle, para esto se creó una cuenta en un sitio gratuito llamado Gnomio que trabaja bajo la plataforma Moodle con la dirección www.far01.mdl.gnomio.com. Veremos a continuación unas de sus páginas. Figura 95.

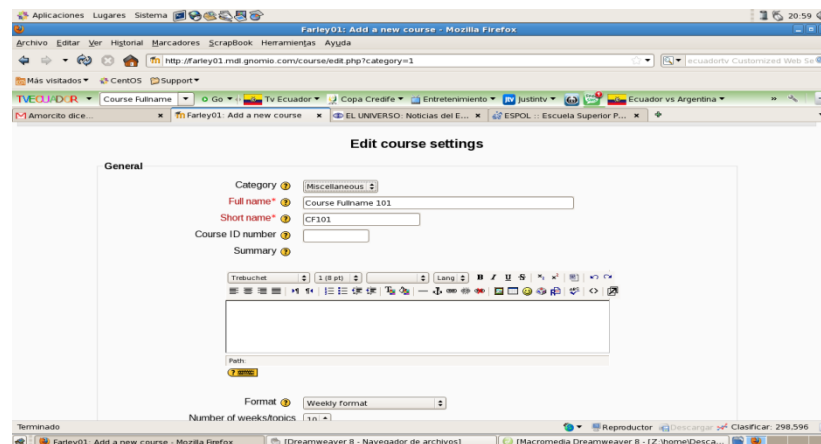


Figura 95: Pantalla gnomio que funciona bajo la plataforma Moodle.

Para que acceda los estudiantes de la ESPOL se crea un Blog con el nombre Distribución Eléctrica y cuya dirección es:
<http://blog.espol.edu.ec/distribucionelectrica/>.

Finalmente se realizó el enlace de la plataforma Gminio con el blog de la ESPOL cuya dirección es:

<http://farley01.mdl.gnomio.com/mod/scorm/player.php?a=5¤torg=ORG-8545CF56-425A-9703-6142-DD1D57A988BB&scoid=55>

En la Figura 96, observamos la página principal del Blog de la ESPOL.

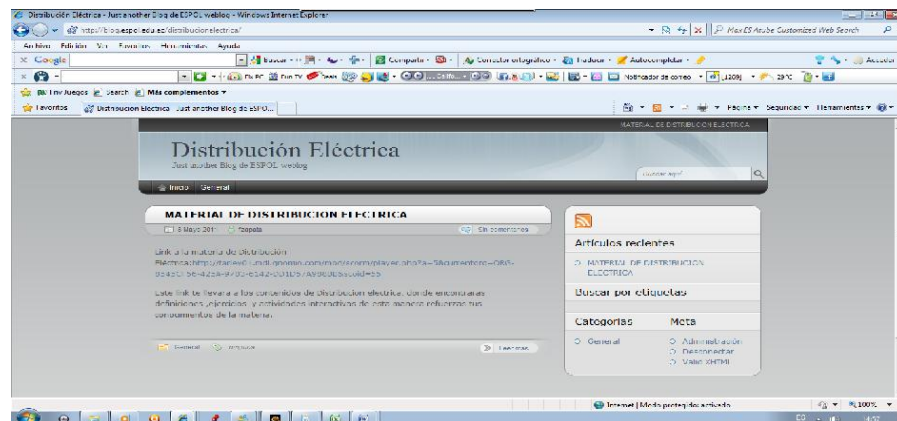


Figura 96: Pantalla del Blog de la ESPOL bajo el nombre de Distribución Eléctrica .

4.4. Resultado y análisis de las pruebas.

Como resultado se pudo resolver la manera de utilizar mi Objeto de Aprendizaje creando con el Blog de la ESPOL mediante un enlace o Link con una plataforma externa que si nos permite subir sin problemas nuestro Objeto de Aprendizaje. Dentro de las pruebas puedo mencionar que a lo que se refiere a las autoevaluaciones se incremento unas actividades ya que sólo contaba con una actividad cada requerimiento de nuestro Objeto de Aprendizaje.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones de este trabajo son:

- 1) Los estudiantes de la FIEC especialización Potencia, pueden acceder a esta herramienta educativa durante las 24 horas.
- 2) Los estudiantes con esta herramienta interactiva se ayudaran para recordar y reforzar definiciones importantes dentro de la materia de Distribución Eléctrica.
- 3) Los ejercicios resueltos serán complemento para las definiciones teóricas dentro de la materia de Distribución Eléctrica.
- 4) Las actividades interactivas están realizada de tal forma que los estudiantes pongan a prueba sus conocimientos sobre la materia de Distribución Eléctrica.

Se recomienda lo siguiente:

- 1) La implementación a futuro de videos con anécdotas de profesionales del área.
- 2) La implementación a futuro de planos de Distribución Eléctrica de diferentes provincias del Ecuador, de esta manera los estudiantes se reaccionaran con la vida práctica.
- 3) El aumento de contenidos no solo de la materia de Distribución Eléctrica sino también en otras materias que dictan en la FIEC.
- 4) El incremento de más actividades dinámicas interactivas.
- 5) Que este proyecto sea un modelo de referencia para que sea aplicado en otras materias de la especialización en Potencia.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] ESPOL, Proyecto ABET, www.abet.espol.edu.ec , fecha de consulta Marzo del 2010.
- [2] Francisco Alvarez y Jaime Muñoz, Fundamento de Enfoque de los Objetos de Aprendizaje, Objeto de Aprendizaje, 2010.
- [3] Cooper Power Systems Inc., folleto de Reguladores de Voltajes, www.cooperpower.com, fecha de consulta Septiembre del 2010.
- [4] ABB, seccionalizadores, www.abb.com, fecha de consulta Julio 2010.
- [5] Leo Salomón, Distribución Eléctrica, apuntes de clases, 2007.
- [6] General Electric Co, Manual de transformadores Eléctrico, General Electric, 1998.
- [7] INPROEL S.A, Catalogo de postes, www.inproel.com, fecha de consulta Octubre 2010.
- [8] Wikipedia Enciclopedia Libre, SCORM, www.wikipedia.com, fecha de consulta Julio 2010.
- [9] Jesus Mora, Transformadores, Maquinas electricas 5º edicion, 2003.
- [10] Juan Alercio Alamos Hernández, Conductores Eléctricos, http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electronica_y_electronica/conductores_electricos.asp, fecha de consulta Marzo del 2010.
- [11] Juan Alercio Alamos Hernández, Cajas porta fusibles, http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electronica_y_electronica/conductores_electricos.asp, fecha de consulta Abril del 2010.
- [12] Leo Salomon, Distribucion Electrica 2, Exámenes Anteriores, 2007.
- [13] Jorge Chiriboga, Distribucion Electrica 1, Exámenes Anteriores, 2006.