

**Aplicativo para la selección y coordinación de protecciones en instalaciones de uso final
tipo residencial**

Jaris David Camargo Martinez

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero electricista

Director

Oscar Arnulfo Quiroga

Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

Primeramente, al Dios todopoderoso a quien debo la existencia de todo lo que soy y me ha dado las capacidades para conseguir este tan importante Triunfo en mi vida profesional.

A mi madre Rosmery Martinez Mercado, motor y eje fundamental de mi vida, quien en momentos de dificultad aparecía para inspirarme con su ejemplo y amor a seguir adelante.

A mi padre Jaime José Camargo Ramos de quien siempre estaré orgulloso por su sencillez de corazón, nunca me reprochaste nada, todo lo que hiciste fue apoyarme una y otra vez.

A mis hermanos Yomeiris Patricia, Jader David y Katerin Daniela por ser una de las razones para seguir luchando en este camino. Quería dedicarles esto con todo mi corazón.

A mi novia Astrid Carolina Jaimes Rueda por tu apoyo y amor incondicional, tu también eres parte de esto.

A la gloriosa Universidad Industrial de Santander por ser mi segunda casa durante mi época de estudios, siempre estaré agradecido con mi alma mater.

Al selecto grupo de docentes de la E3T que se encargaron con sabiduría, disciplina y amor de enseñarnos Ingeniería.

Jaris David Camargo Martinez

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Selección y coordinación de protecciones contra cortocircuito y falla a tierra	15
1.1 Ubicación de las protecciones contra cortocircuito y falla a tierra en una instalación eléctrica	15
1.2 Cálculo de las protecciones en instalaciones de uso final tipo residencial	20
1.2.1 Protecciones Circuitos y acometidas de alumbrado y aplicaciones generales.	21
1.2.2 Protecciones Circuitos ramales de motores de aplicaciones generales.	22
1.2.3 Protecciones Transformadores de potencia.....	23
2. Selección del conductor apropiado.	25
2.2 Cálculo de la carga instalada (paso 1).....	26
2.2.1 Cargas de alumbrado.....	27
2.2.2 Otras cargas para todo tipo de lugares.....	27
2.2.3 Circuitos Ramales necesarios.	27
2.3 Cálculo de la demanda máxima (paso 2)	27
2.4 Identificación de la corriente de plena carga (paso 3)	30
2.4.1 Límites De Carga.....	30
2.5 Identificación del conductor apropiado (paso 4).	32
2.6 Ajuste del conductor por temperatura y agrupamiento. (paso 5).....	33

2.7 Validación del conductor por caída de tensión (paso 6)	35
2.7.1 Método de momentos norma ESSA para el cálculo de regulación de tensión.....	36
2.8 Validación del conductor por condiciones de arranque para motores (paso 7)	38
3. Implementacion de una aplicación utilizando VBA en excel	38
3.1 Cálculos por ramales (hoja 1)	41
3.1.1 Motores.	44
3.2 Calculos por bloques o acometida sub principal (hoja 2)	48
3.3 Cálculo acometida principal (hoja 3).....	50
4. Conclusiones	53
5. Recomendaciones	54
Referencias Bibliográficas	55
Apéndices.....	56

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Unifilar esquema de protecciones.....	16
<i>Figura 2.</i> Esquema de un tablero general.	17
<i>Figura 3.</i> Esquema de un armario de medidores y su diagrama unifilar.....	18
<i>Figura 4.</i> Esquema circuital Tablero de distribución bifásico.....	19
<i>Figura 5.</i> Detalle de las protecciones de un tablero.....	20
<i>Figura 6.</i> Esquema unifilar residencial.....	40
<i>Figura 7.</i> Curva motor trifásico a 115 [V].....	44
<i>Figura 8.</i> Curva motor trifásico a 200 [V] parte 1.....	45
<i>Figura 9.</i> Curva motor trifásico a 200 [V] parte 2.....	45
<i>Figura 10.</i> Curva motor trifásico a 200 [V] parte 1.....	46
<i>Figura 11.</i> Curva motor trifásico a 208 [V] parte 2.....	46
<i>Figura 12.</i> Curva motor trifásico a 230 [V] parte 1.....	47
<i>Figura 13.</i> Curva motor trifásico a 230 [V] parte 2.....	47

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Ajuste de disparo dispositivo de protección para motores.</i>	22
Tabla 2. <i>Ajuste de disparo dispositivo de protección de transformadores.</i>	24
Tabla 3. <i>Listado de tablas de factores de demanda de la NTC 2050</i>	28
Tabla 4. <i>Demandas máximas por nivel tensión norma ESSA.</i>	31
Tabla 5. <i>Demandas máximas por niveles de tensión norma CODENSA.</i>	31
Tabla 6. <i>Niveles de tensión norma CODENSA.</i>	32
Tabla 7. <i>Porcentaje de corrección de conductores por agrupamiento.</i>	34
Tabla 8. <i>Porcentajes de regulación de tensión permitidos norma ESSA.</i>	36
Tabla 9. <i>Cálculos acometida por usuario o carga individual.</i>	42
Tabla 10. <i>Cálculo factor de diversidad.</i>	43
Tabla 11. <i>Cálculos $D_{m\acute{a}x}$ por grupo de cargas.</i>	43
Tabla 12. <i>Cálculo acometido por grupo de cargas (aptos ó servicios generales)</i>	48
Tabla 13. <i>Información conjunto de ramales.</i>	49
Tabla 14. <i>Global de cálculos por ramales.</i>	50
Tabla 15. <i>Calculo protecciones acometida principal</i>	51
Tabla 16. <i>Protecciones transformador.</i>	52
Tabla 17. <i>Listado de numero conductores acometida subterránea por capacidad de corriente.</i>	52

Tabla 18. <i>Listado de numero de conductores acometida en bandeja Aérea por capacidad de corriente.</i>	53
--	----

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Manual de usuario.....	56
Apéndice B. Ejemplos utilizando el aplicativo en VBA.....	71
Apéndice C. Descripción del lenguaje de programación usado	101

Resumen

TÍTULO: Aplicativo para la selección y coordinación de protecciones en instalaciones de uso final tipo residencial *.

AUTORES: Jaris David Camargo Martinez **

PALABRAS CLAVES: Protecciones, Conductores, Motores, Transformadores, Acometida

DESCRIPCIÓN:

La selección y coordinación de protecciones es de vital importancia dentro del correcto funcionamiento de un sistema eléctrico. En el mercado existen programas capaces de realizar dichos cálculos, pero se limitan al ámbito industrial. El objetivo principal de este proyecto de grado fue la elaboración de una herramienta computacional para el cálculo y coordinación de protecciones en instalaciones de uso final tipo residencial ateniendo a la norma técnica Colombiana NTC 2050.

En este trabajo se desarrolla una guía manual del proceso de la selección de protecciones en instalaciones de uso final tipo residencial y luego el mismo proceso se plantea en fórmulas que son plasmadas en visual Basic para aplicaciones en Microsoft Excel. De esta manera el usuario puede dibujar el diagrama unifilar de la instalación eléctrica en el software y después de introducir los datos de entrada el aplicativo arrojará la solución correspondiente.

El programa funciona a partir de tres hojas principales en donde se han programado los cálculos automáticamente, de esta manera se va solucionado el sistema desde el punto de uso final hasta donde está la fuente.

El programa permite imprimir un informe detallado de los resultados a partir de los cuales se puede tener una idea amplia del sistema. Este informe se divide en dos partes, informe por ramales finales e informe acometida principal y sub-principal.

Por último, se desarrolló una guía básica para la utilización del aplicativo para la selección y coordinación de protecciones en instalaciones de uso final tipo residencial..

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
Director: Oscar Arnulfo Quiroga Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica

Abstract

TITLE: Application for the selection and coordination of protections in final use facilities residential type. *

AUTHORS: Jaris David Camargo Martinez **

KEY WORDS: Protections, conductor, Motors, Transformers, Electrical connection

DESCRIPTION:

The selection and coordination of protections is of vital importance within the proper functioning of an electrical system. In the market there are programs capable of performing these calculations, but they are limited to the industrial field.

The main objective of this degree project was the elaboration of a computational tool for the calculation and coordination of protections in residential use end-use facilities in accordance with the Colombian technical standard NTC 2050.

This paper develops a manual guide to the process of selecting protections in residential end-use installations and then the same process is presented in formulas that are embodied in Visual Basic for applications in Microsoft Excel. In this way the user can draw the single-line diagram of the electrical installation in the software and after entering the input data the application will throw the corresponding solution.

The program works from three main sheets where the calculations have been programmed automatically, in this way the system is solved from the point of final use to where the source is.

The program allows you to print a detailed report of the results from which you can have a broad idea of the system. This report is divided into two parts, final charge report and main and sub-main report.

Finally, a basic guide was developed for the use of the application for the selection and coordination of protections in residential end-use facilities.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
Director: Oscar Arnulfo Quiroga Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica

Introducción

Las protecciones eléctricas son fundamentales para la seguridad de una instalación eléctrica. Su función principal es interrumpir oportunamente las corrientes de falla y de sobrecarga que se presenten en la instalación, evitando daños, pérdidas y otras consecuencias. Dado que diversos dispositivos conforman el sistema de protecciones de una instalación, estos dispositivos deben coordinarse apropiadamente para que cada uno opere cuando deba operar y que no actúen cuando no les corresponda.

Las protecciones eléctricas están presentes en toda la cadena desde la generación, la transmisión, el almacenamiento, la distribución y el uso de la energía eléctrica, sin embargo, el presente trabajo de grado se centra en las protecciones de cortocircuito y falla a tierra de instalaciones de uso final residenciales.

Se pretende desarrollar un aplicativo que permita realizar el cálculo y la selección de estas protecciones acorde con las exigencias de la reglamentación colombiana, dado que el software que se encuentra en el mercado o bien está limitado para la selección de productos de un fabricante específico (quien desarrolla la solución) o bien no está desarrollado acorde con los procedimientos establecidos por la reglamentación colombiana. Es el caso de Ecodial de Schneiderr o e-Desing de ABB, los cuales permiten calcular y coordinar protecciones desarrolladas por estos fabricantes aplicando criterios de normas IEC con un enfoque en instalaciones industriales y no bajo criterios de la NTC-2050 que es la que se aplica en Colombia para el diseño de las instalaciones residenciales [2].

Por lo anterior, el actual trabajo de grado busca desarrollar un aplicativo que permita hacer los cálculos de las protecciones de cortocircuito y falla a tierra, que entregue el informe de coordinación que de cumplimiento a las exigencias del RETIE al respecto [1], [3].

Como objetivos específicos se pretende:

- Describir la composición del sistema de protecciones de una instalación tipo residencial, así como el proceso de selección y coordinación de dicho sistema.
- Desarrollar una interfaz que permita la diagramación de una instalación eléctrica y su simulación, cálculo y coordinación de protecciones.
- Elaborar las plantillas para la presentación de informes de selección y coordinación de protecciones acorde con los requerimientos del RETIE realizando la vinculación de estas a la interfaz desarrollada.

El documento detalla la reglamentación y los procedimientos aplicable para el cálculo y coordinación de protecciones en instalaciones de uso final tipo residencial unifamiliares o multifamiliares en Colombia, y cubre desde la acometida general en baja tensión hasta los tableros de distribución de los usuarios o el tablero de distribución para áreas comunes [4].

Asi mismo, se presentan ejemplos de los cálculos de selección y coordinación de protecciones reuniendo las características antes mencionadas junto a las ecuaciones que rigen cada uno de los cálculos.

El aplicativo se programa de tal manera que es posible dibujar el diagrama unifilar de la instalación eléctrica e introducir los datos necesarios para el cálculo de selección y coordinación de protecciones. El aplicativo entregará como resultado el valor nominal de las protecciones que deben usarse en las acometidas y alimentadores de la instalación, e incluso las protecciones de los circuitos ramales de motores derivados del tablero de áreas comunes [3] [5].

Por último, el aplicativo permite generar un informe del cálculo de selección y coordinación de protecciones cuya plantilla está ajustada a los requerimientos de diseño de instalaciones dados en el RETIE (ESSA).

1. Selección y coordinación de protecciones contra cortocircuito y falla a tierra

Para las instalaciones residenciales en BT en Colombia, las protecciones más usadas contra cortocircuito y falla a tierra son las del tipo termomagnético cuyas capacidades nominales están descritas en el artículo 240-6 de la NTC-2050, éstas son: 15, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 160, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 630, 700, 800, 1 000, 1 200, 1250, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 A. No obstante, es posible encontrar en el mercado dispositivos con valores intermedios a los anteriormente mencionados (Diccionario Técnico Electrotecnia, 1999) (Escuela Universitaria de ingeniería ciudad real) (Electric, 2004).

1.1 Ubicación de las protecciones contra cortocircuito y falla a tierra en una instalación eléctrica

En la Figura 1 se observa el esquema unifilar general de una instalación eléctrica que va desde la red primaria en media tensión hasta los circuitos ramales desde donde se derivarán las diferentes salidas. Sobre este diagrama, se resaltan en rojo los puntos de la instalación donde se ubican las

protecciones en baja tensión. Se observa que las protecciones se ubican dentro de los tableros y cumplen funciones como medio de desconexión de las acometidas, subacometidas, alimentadores y circuitos ramales.



Figura 1. Unifilar esquema de protecciones Tomado de: Norma técnica ESSA.

El detalle de las protecciones que se encuentran en estos puntos se muestra a continuación:

Tablero general de acometidas. Contiene las protecciones de las acometidas que alimentan multiples usuarios en una instalación. Este tablero se instalá dentro del local de la subestación fuera de las bóvedas o en cuartos eléctricos destinados para tal fin acorde con lo requerido por el Art.384-4 de la NTC 2050. En la Figura 2 se observa la vista frontal de un tablero general de acometidas y su diagrama unifilar. Se puede apreciar el interruptor totalizador, así como las

protecciones de los alimentadores que se derivan del tablero. Se recomienda que de cada tablero general no se deriven mas de 10 alimentadores.

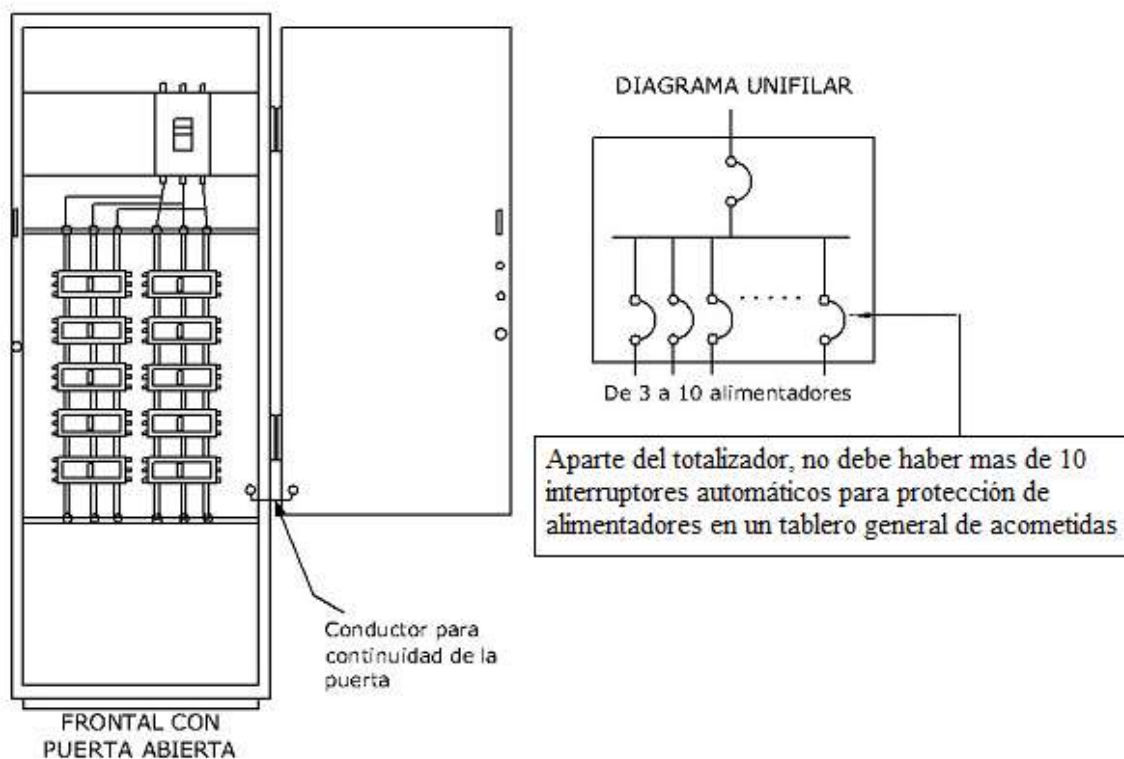


Figura 2. Esquema de un tablero general. Tomado de: Norma codensa

Sub tablero de acometidas.

Armario de medidores. Estos tableros tienen como propósito alojar medidores de energía eléctrica, los cuales pueden ser monofásicos, bifásicos y trifásicos. El armario se instala sobrepuesto o empotrado, deben ubicarse en lugares que permitan garantizar las distancias mínimas y no pueden estar localizados debajo de escaleras. Las dimensiones del armario varían según el número de cuentas y usualmente se construyen para 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24 cuentas. En la Figura 3 se aprecia un esquema de un armario de medidores junto con su representación

unifilar. Se observa que se dispone de un interruptor totalizador, un espacio para la ubicación de los medidores de energía y un espacio para los interruptores que protegen los alimentadores a cada uno de los usuarios.

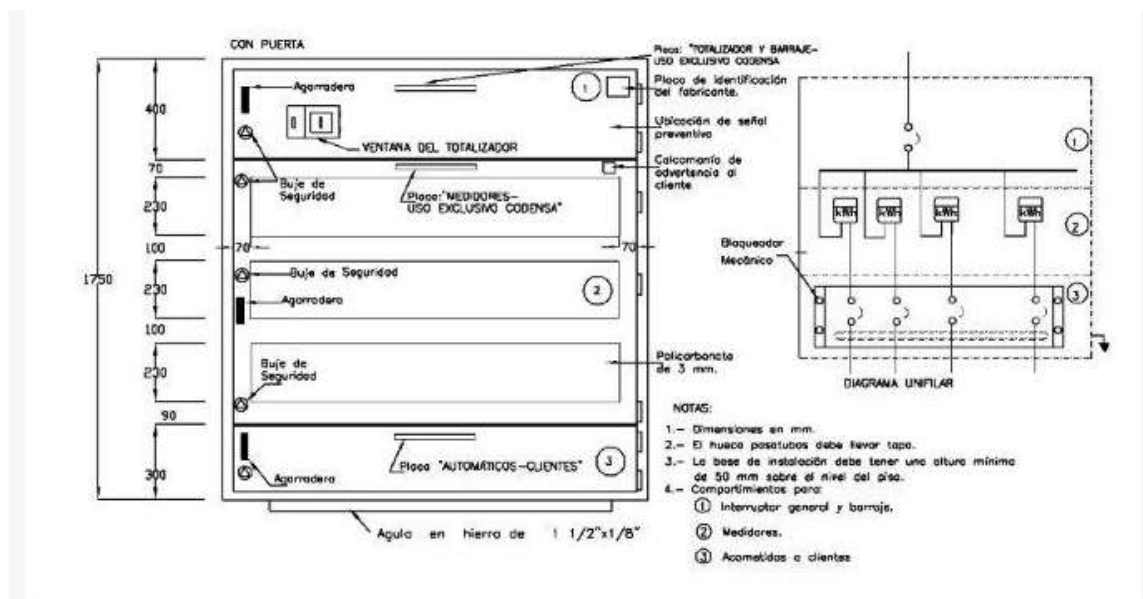


Figura 3. Esquema de un armario de medidores y su diagrama unifilar. Tomado de: Norma Codensa.

Tablero de distribución de usuario.

Un tablero de distribución puede alojar todos los circuitos que se deriven de el, de tal manera que cada uno de los circuitos ramales tenga su protección independiente.

Para instalaciones trifásicas la distribución de las fases debe ser A,B,C, desde el frente hacia atrás y de izquierda a derecha vista desde la parte delantera.

Es importante tener en cuenta que no se deben instalar mas de 42 dispositivos de sobrecorriente y se debe dejar un 30 % de espacio de interruptores libre para reserva. A demás cada circuito debe

disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro y tierra requeridos como se observa en la Figura 4. Ver Norma ESSA 3.1.4

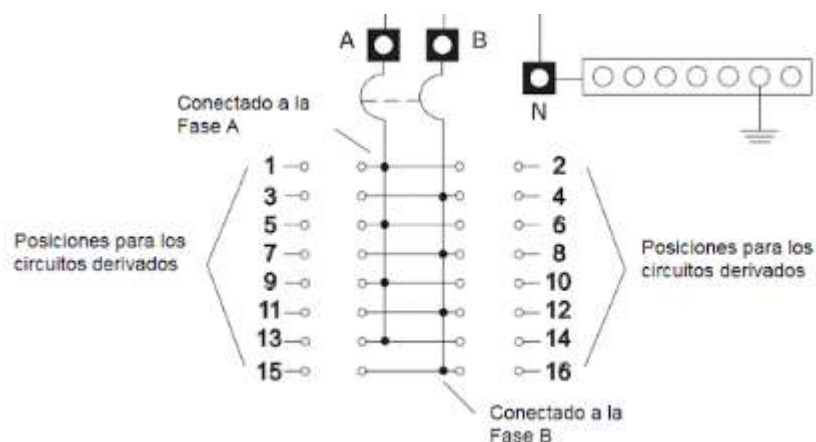


Figura 4. Esquema circuitual Tablero de distribución bifásico. Tomado de: Norma Codensa.

En la Figura 5 podemos apreciar un esquema unifilar de un tablero de de distribución de un usuario con un totalizar opcional. Es importante tener en cuenta que el valor máximo de protección que puede ir en un tablero de distribución de usuario residencial de de 50[A] según tabla 210-24 NTC 2050

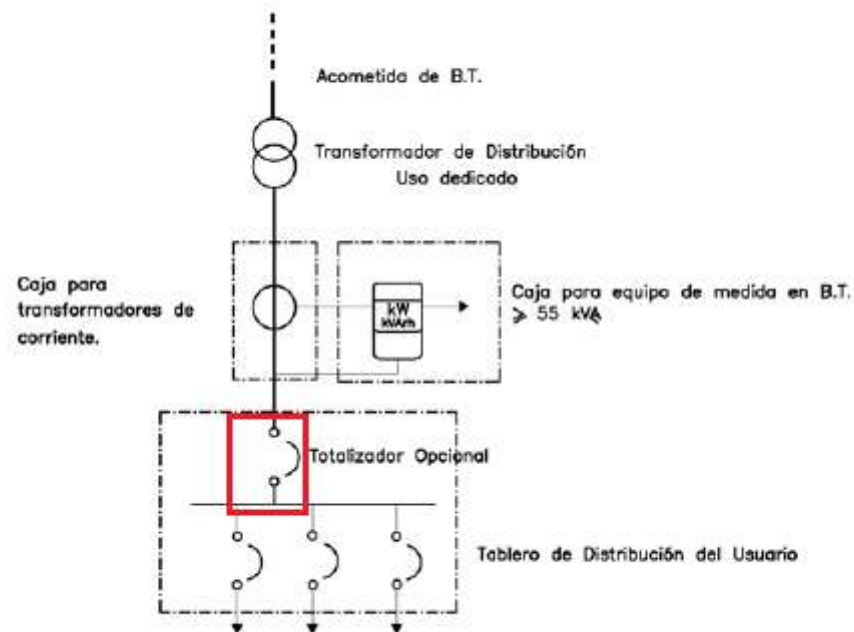


Figura 5. Detalle de las protecciones de un tablero. Tomado de: Norma ESSA.

1.2 Cálculo de las protecciones en instalaciones de uso final tipo residencial

Como parámetros generales para tener en cuenta en la protección Por Sobrecorriente en acometidas aéreas tenemos:

Acometidas con longitud inferior a 50 metros

- No se requieren protecciones adicionales a las de la subestación. acometidas con longitud entre 50 y 100 metros
- para sobrecarga y cortocircuito se utilizarán cortacircuitos tipo abierto con fusible. acometidas con longitud superior a 150 metros
- para sobrecarga y cortocircuito se protege las acometidas con cortacircuitos tipo abierto con fusible.

- Para sobretensión (redes rurales) la protección se hará con descargadores tipo distribución.

Como parámetros generales para tener en cuenta tenemos en la protección Por Sobrecorriente En Acometidas subterráneas tenemos:

Las protecciones de acometidas subterráneas en media tensión derivadas de las redes aéreas, tendrá como mínimo los equipos indicados a continuación.

- Para sobrecarga y cortacircuitos: Cortocircuito tipo abierto con fusible.
- Para sobretensión: Dispositivo de protección contra sobretensión tipo distribución.

Los conductores que no sean cordones flexibles y cables de artefactos eléctricos se deben proteger contra sobrecorriente según su capacidad de corriente. La capacidad de corriente de los conductores aparece en las tablas 310-16 NTC 2050 y siguientes y sus notas. (Aplican los factores de corrección por temperatura y agrupamiento)

1.2.1 Protecciones Circuitos y acometidas de alumbrado y aplicaciones generales.

- Dispositivos de protección de más de 800 A.

Cuando el dispositivo de protección contra sobrecorriente sea de más de 800 A nominales, la capacidad de corriente de los conductores que protege debe ser igual o mayor que la corriente nominal del dispositivo.

- Dispositivos de 800 A nominales o menos.

Se permite usar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del valor nominal inmediato superior a la capacidad de corriente de los conductores que proteja, siempre y cuando no supere los 800A.

Los siguientes ejemplos ilustran esta situación:

Ejemplo 1. Selección de protecciones menores a 800[A]

Tenemos un diseño en el que hemos seleccionado un conductor calibre AWG 2 con capacidad de corriente de 115 [A] a 75°C en acometida subterránea, entonces la protección seleccionada para dicho conductor sería una protección de 125 [A].

Ejemplo 2. Selección de protecciones mayores a 800 [A]

Tenemos un diseño en el que hemos seleccionado un conductor calibre 2000 kcmils con capacidad de corriente de 1385 [A] a 75°C en acometida aérea, entonces la protección seleccionada para dicho conductor sería una protección de 1200 [A].

1.2.2 Protecciones Circuitos ramales de motores de aplicaciones generales. Protección Para Motores

La tabla 1 nos muestra los ajustes de disparo de dispositivo de protección para motores.

Tabla 1.

Ajuste de disparo dispositivo de protección para motores.

Tipo de motor	En porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible con retardo de tiempo ** (elemento dual)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso *
Monofásicos	300	175	800	250
Polifásicos de c.a. distintos a los de rotor devanado				
De jaula de ardilla:				
Todos menos los de Diseño	300	175	800	250
E	300	175	1100	250
Los de Diseño E	300	175	800	250
Síncronicos #	150	150	800	150
Con rotor devanado	150	150	250	150
De cc. (tensión constante)				

Nota. Tomado de: Tabla 430-152 NTC 2050.

Para ciertas excepciones a los valores especificados, véanse los Artículos 430-52 a 430-54. De la NTC 2050

Ejemplo 3. Selección de protección para un motor.

Para un motor con corriente nominal $I_n=24.2$ [A] el dispositivo de protección lo calculamos como 24.2 multiplicado por 2.5, entonces seleccionamos una protección de 60 [A]

Protección Para tableros de Motores

Para un tablero o varios tableros de motores la protección se calculará de acuerdo con el conductor que transporte la corriente de la demanda máxima del conjunto de motores. En el capítulo 3 se detallará como calcular las demandas máximas de circuito de motores.

Ejemplo 4. Selección de protecciones tablero de motores

Se tiene un tablero trifasico de motores que posee un interruptor totalizador con conductor calibre 1/0 con capacidad de corriente de 150 [A] a 75°C en acometida subterránea, entonces la protección seleccionada para dicho conductor seria una protección de 150 [A].

1.2.3 Protecciones Transformadores de potencia. Protección Del Transformador

Protección del transformador: La norma NTC 2050 (Sección 450 -3) establece los valores para la protección contra sobrecorriente

La tabla 2 nos muestra los ajustes de disparo del interruptor de protección.

Tabla 2.

Ajuste de disparo dispositivo de protección de transformadores

Corriente nominal máxima o ajuste de disparo del dispositivo de protección contra sobrecorriente (porcentajes)					
Impedancia nominal del transformador	Primario		Secundario		
	De más de 600 V		De más de 600 V		Hasta 600 V
	Ajuste del interruptor automático	Corriente nominal del fusible	Ajuste del interruptor automático	Corriente nominal del fusible	Ajuste del interruptor automático o corriente nominal del fusible
Hasta 6%	600 %	300 %	300 %	250 %	125 %
Más de 6% y hasta 10%	400 %	300 %	250 %	225 %	125%

Nota. Tomado de: NTC 2050 Tabla 450-3.a).1 NTC 2050 Transformadores de más de 600[V]

Para el lado primario será: $I_p = 3 \cdot I_{pn}$ Donde I_{pn} : corriente nominal del primario.

Para el lado secundario $I_s = 1.25 \cdot I_{ns}$ Donde I_{ns} : corriente nominal del secundario.

Ejemplo 5. Protecciones de un transformador de potencia

Se tiene un transformador trifasico de 75 [KVA] con relaciones de tensiones 13200[V] / (208-120) [V]. las protecciones las calculamos de la siguiente manera:

- Lado primario $I_p = 3 \times I_{NP}$
- Lado secundario $I_s = 1.25 \times I_{NS}$

donde

I_{NP} = corriente nominal del primario.

I_{NS} = corriente nominal del secundario.

Luego tenemos entonces que

$$I_{NP} = \frac{75[kVA]}{\sqrt{3} * 13200 [V]} = 3.28 [A]$$

$$I_{NS} = \frac{75[kVA]}{\sqrt{3} * 208 [V]} = 208.17 [A]$$

- Lado primario $I_p = 3 \times 3.28 \text{ [A]} = 9.84 \text{ [A]}$
- Lado secundario $I_s = 1.25 \times 208.17 \text{ [A]} = 260.22 \text{ [A]}$

Luego las protecciones seleccionadas son:

- Lado primario $I_p = 10 \text{ [A]}$
- Lado secundario $I_p = 250 \text{ [A]}$

Con un fusible con poder de corte del lado de baja dado por

$$I_{coci} = \frac{100 * I_{NS}}{U_z}$$

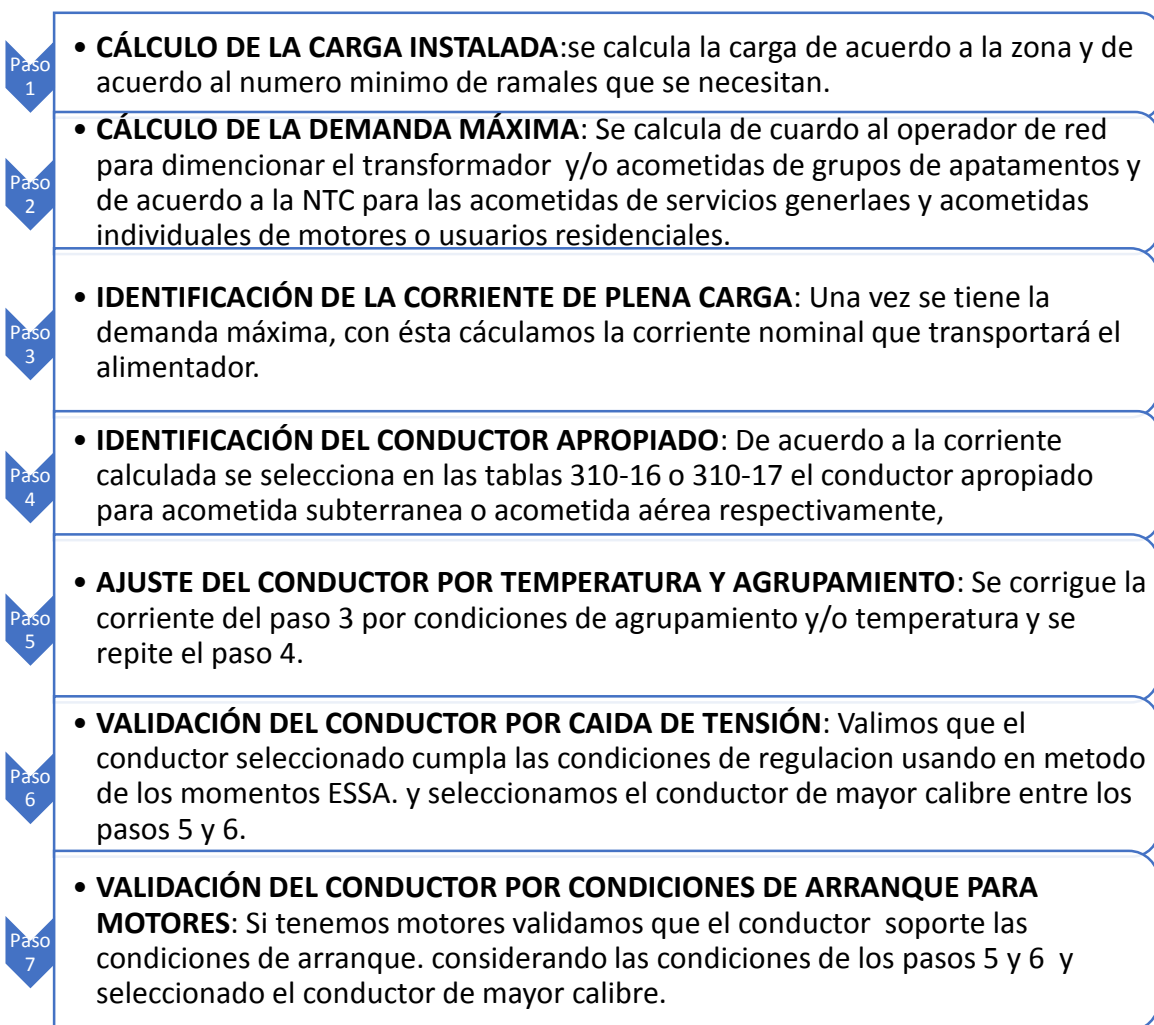
luego

$$I_{coci} = \frac{100 * 208.17}{4} = 5.2 \text{ [kA]}$$

Y seleccionamos un fusible cuyo poder mínimo de corte sea de 10 [kA]

2. Selección del conductor apropiado.

A continuación, hacemos mención de los pasos a tener en cuenta a la hora de seleccionar correctamente el conductor.



2.2 Cálculo de la carga instalada (paso 1)

La carga instalada corresponde a la potencia total demandada si todos los elementos del circuito estuvieran conectadas al mismo tiempo, así por ejemplo si en un salón tenemos 10 tomas

considerando 180[VA] por cada uno de ellos tendríamos entonces una carga instalada de 1800 [VA] aunque solo usemos un solo toma en toda la vida con una potencia de 180[VA].

La NTC 2050 nos dicta los parámetros que debemos tener en cuenta a la hora de calcular la carga instalada de edificaciones de uso final tipo residencial de la siguiente manera:

2.2.1 Cargas de alumbrado. La carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de superficie del suelo, no debe ser menor a la especifica da en la Tabla 220-3.b de la NTC 2050 para las ocupaciones allí relacionadas. El cálculo de la superficie del piso se hace con base en las medidas exteriores del inmueble, apartamento o local (NTC, 1998).

2.2.2 Otras cargas para todo tipo de lugares. En todo tipo de lugares, la carga mínima para cada salida de tomacorriente de uso general y salidas no utilizadas para alumbrado general no debe ser menor a las dictadas en la NTC 2050 seccion 220-3-c

2.2.3 Circuitos Ramales necesarios. Los circuitos necesarios para alumbrado y artefactos incluidos los motores se debe hacer acorde a la sección 220-4 de la NTC 2050.

2.3 Cálculo de la demanda máxima (paso 2)

La demanda máxima corresponde a la potencia máxima que consume un usuario en un tiempo dado, así por ejemplo un usuario que tiene instalados en su casa 10000 [VA] pero lo máximo que llega a utilizar son 2000 [VA] entonces su demanda máxima son 2000 [VA] aunque tenga una carga instalada de 10000 [VA].

La NTC 2050 y los operadores de red de cada zona nos dictan los parámetros a tener en cuenta para calcular las demandas máximas.

En la tabla 3 se muestra un listado de donde encontramos los factores de demanda de los diferentes tipos de cargas.

Tabla 3.

Listado de tablas de factores de demanda de la NTC 2050

Artículo o Tabla NTC 2050	Descripción
220-11	Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado
220-13	Factores de demanda para cargas de tomacorrientes en edificaciones no residenciales
220-14	Motores.
220-15	Calefacción eléctrica fija de ambiente.
220-16	Cargas para pequeños electrodomésticos, planchado y lavandería en unidades de vivienda.
220-17	Carga para artefactos en unidades de vivienda.
220-18	Factores de demanda para secadoras domésticas eléctricas de ropa
220-19	Factores de demanda para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, estufas de sobreponer y otros electrodomésticos
220-20	Equipos de cocinas en edificaciones no residenciales.
220-21	Cargas no coincidentes.
220-22	Carga del neutro del alimentador.

Nota. Tomado de: NTC 2050 listado tablas factores de demandas.

La tabla 220-11 de la NTC 2050 nos indica los factores de demanda para cargas de alumbrado según el tipo de ocupación. Así por ejemplo para una vivienda cuya carga instalada es de 10000[VA] entonces tomaríamos los primeros 3000 [VA] al 100% luego los 7000[VA] restantes los tomaríamos al 35 % lo que daría 2450 [VA] y de esa manera la demanda máxima para este usuario sería de $3000 [VA] + 2450 [VA] = 5450 [VA]$

- Ejemplo para un grupo de motores.

Los conductores de suministro de varios motores o un motor(es) y otra(s) carga(s) deben tener una capacidad de corriente como mínimo igual a la suma de las corrientes a plena carga de todos los motores, más el 25 % de la capacidad de corriente del mayor motor del grupo, más la capacidad de corriente de todas las demás cargas.

Ejemplo 6. Demanda máxima grupo de motores.

se tienen tres motores trifasicos a 208[V] de 7.5 [HP] cada uno con corriente nominal $I = 24.2[A]$ según tabla 430-150 de la NTC 2050 (corriente a plena carga de motores trifásicos). Entonces tenemos.

$$SM1 = SM2 = SM3 = 208[V] * 24.2[A] * \sqrt{3} = 8718 [VA]$$

Luego

$$D_{m\acute{a}x} = \sum S \text{ total de motores} + 25\% \text{ de la } S \text{ del motor mayor}$$

$$D_{m\acute{a}x} = 8718 [VA] + 8718[VA] + 8718[VA] + 0.25 * 8718[VA] = 28334 [VA]$$

$$D_{m\acute{a}x} = 28334 [VA]$$

- Ejemplo para un solo motor.

Los conductores de los circuitos ramales que alimenten un solo motor deben tener una capacidad de corriente no menor al 125 % de la corriente nominal del motor a plena carga.

Ejemplo 7. Demanda máxima un solo motor

Se tiene un motor monofásico a 120 [V] de 1 [HP] con corriente nominal $I = 15.6[A]$ según tabla 430-148 de la NTC 2050 (corriente a plena carga de motores monofásicos). Entonces tenemos.

$$SM1 = 120 [V] * 15.6 [A] = 1872 [VA]$$

Luego

$$D_{m\acute{a}x} = S \text{ total del motor} + 25\% \text{ de la } S \text{ del motor}$$

$$D_{m\acute{a}x} = 1872 [VA] + 0.25 * 1872[VA] = 2340 [VA]$$

$$D_{m\acute{a}x} = 2340 [VA]$$

2.4 Identificación de la corriente de plena carga (paso 3)

La CORRIENTE NOMINAL de un circuito alimentador se calcula con base en la demanda máxima correspondiente y la tensión nominal del servicio: Para los conductores de fase de circuitos alimentadores (Art- 230-42 NTC 2050)

- Caso Monofásico (bifilar o trifilar)

$$I = \frac{D_{m\acute{a}x}}{Vl}$$

- Caso Trifásico

$$I = \frac{D_{m\acute{a}x}}{Vl * \sqrt{3}}$$

2.4.1 Límites De Carga. El nivel de tensión para la alimentación general de un proyecto se selecciona con base en la demanda. Son los OR los que establecen las restricciones. La ESSA maneja las siguientes restricciones

Tabla 4.

Demandas máximas por nivel tensión norma ESSA.

Tensión (kV)	Demanda máxima (kVA)
Baja	Hasta.....30
Media (13,2)	Hasta.....500
Media (34,5)	Hasta.....5000

Tabla 2.1 Demandas máximas por niveles de tensión

Nota. Tomado de: tabla 2.1 norma tecnica ESSA. Demandas máximas por niveles de tension

La norma codensa por ejemplo tiene las siguientes restricciones

Tabla 5.

Demandas máximas por niveles de tensión norma CODENSA.

NIVEL DE TENSIÓN	S [MVA] Máxima Demandada		E (KHW-MES)	
	DESDE	HASTA	DESDE	HASTA
NIVEL 1	MENORES A 0.240		MENORES A 141,178	
NIVEL 2	0.24	4.0	141,178	2,352,960
NIVEL 3	4.0	15.0	2,352,960	8,823,600
NIVEL 4	MAYORES A 15.0		MAYORES A 8,823,600	

Nota. Tomado de: niveles de tension conexión cargas clientes norma codensa

Para los siguientes niveles de tension

Tabla 6.

Niveles de tensión norma CODENSA.

Nivel 4: Sistemas con tensión mayor o igual a 57.5 kV y menor a 220 kV. Nivel 3: Sistemas con tensión mayor o igual a 30 kV y menor a 57.5 kV. Nivel 2: Sistemas con tensión mayor o igual a 1 kV y menor a 30 kV. Nivel 1: Sistemas con tensión menor a 1 kV.

Nota. Tomado de: niveles de tension conexión cargas clientes norma codensa

2.5 Identificación del conductor apropiado (paso 4).

Una vez hemos calculado la corriente nominal del sistema procedemos a calcular el conductor apropiado. La capacidad de corriente de los conductores de 0 a 2000 V nominales debe ser la especificada en las Tablas de capacidad de corriente, 310-16 a 310-19 de la NTC 2050 y sus notas correspondientes. La capacidad de corriente de los conductores sólidos con aislamiento dieléctrico, de 2001 a 35000 V, es la especificada en las Tablas 310-67 a 310-86 de la NTC 2050 con sus notas correspondientes.

Los conductores no deben operar a una temperatura mayor a la de diseño del elemento asociado al circuito eléctrico (canalizaciones, accesorios, dispositivos o equipos conectados) que soporte la menor temperatura, la cual en la mayoría de los equipos o aparatos no supera los 60 °C, de acuerdo con el artículo 110-14 C de la NTC 2050. Ver RETIE Sección: 20.2.9.

Ejemplo 8. Selección del conductor apropiado

Si para una acometida subterránea nuestra corriente nominal calculada es de 50[A] entonces debemos irnos a la columna de 60°C de la tabla 310-16 de la NTC 2050 y seleccionar un conductor 6 AWG con capacidad de corriente $I=55[A]$ pero si nuestra corriente nominal es de 110 [A] entonces vamos a la columna de 75°C de la tabla 310-16 NTC 2050 y seleccionamos un conductor 2 AWG con capacidad de corriente $I=115[A]$

2.6 Ajuste del conductor por temperatura y agrupamiento. (paso 5)

La temperatura del medio que rodea al conductor o la temperatura ambiente limita la capacidad de transporte de corriente por cuanto a mayores valores de la temperatura ambiente es menor el gradiente de temperatura, que a su vez determina la rapidez de disipación de las pérdidas térmicas que aparecen en el conductor al circular la corriente eléctrica.

Las tablas que definen la capacidad de corriente de los conductores (Tablas 310-16 a 310-19 de la NTC 2050 y sus notas correspondientes), expresan dichos valores para una temperatura ambiente de hasta 30°C o 40°C y las mismas incluyen factores de corrección a aplicar cuando la temperatura ambiente es mayor a dicho valor.

La tabla 310-17 de la NTC 2050 nos permite ver como varia la capacidad de corriente del conductor a medida que se está en un intervalo de temperatura diferente, esto por medio el factor de corrección.

Ejemplo 9. Corrección por temperatura

Para una acometida aérea y un conductor 1/0 con una capacidad de corriente de 230 [A] a 75°C con temperatura ambiente de 40°C la capacidad de corriente del conductor se vería sometida a la siguiente variación:

230[A] multiplicado por 0.88 según tabla 310-17 NTC 2050 y su capacidad real de transporte de corriente sería de 202.4 [A]

El número de conductores instalados en la canalización limita la capacidad de corriente por cuanto un número mayor de conductores implica una mayor disipación de pérdidas y por tanto es necesario reducir los valores de capacidad de corriente. La nota 8 de las Tablas 310-16 hasta 310-19 de la NTC 2050 señala cual es el porcentaje de reducción de la corriente por agrupamiento de conductores.

Factores de ajuste. Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable o canalización pase de tres, la capacidad de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente tabla

Tabla 7.

Porcentaje de corrección de conductores por agrupamiento.

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las Tablas, ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Nota. Tomado de: NTC 2050 porcentaje de corrección por agrupamiento de conductores.

Ejemplo 10. Corrección del conductor por agrupamiento.

Para una acometida trifásica subterránea de dos conductores 1/0 AWG por fase con capacidad individual de 150 [A] y por fase de 300 [A] entonces la capacidad de corriente se vería afectada de la siguiente manera:

300 [A] multiplicado por 70% según tabla 9 (porcentaje de corrección de conductores por agrupamiento) entonces la capacidad real de conducción por fase Sería de 210[A].

La capacidad de corriente mínima del conductor se calculará como:

$$I_c = I / (F_t * F_a)$$

Donde I_c es la capacidad mínima de corriente del conductor, I la corriente del alimentador (para demanda máxima o a carga nominal), F_t es el factor de corrección por temperatura y F_a es el factor de corrección por agrupamiento.

2.7 Validación del conductor por caída de tensión (paso 6)

La longitud del conductor determina la caída de tensión debida a la circulación de la corriente eléctrica a través de la resistencia y la reactancia del conductor, las cuales son directamente proporcionales a la longitud. Para cada aplicación o grupo de aplicaciones se deben establecer las caídas de tensión admisibles, considerando los valores dados por las normas, los reglamentos o especificados por los fabricantes de los equipos a instalar, los cuales consultan tanto los aspectos económicos como los requerimientos para el buen funcionamiento de los equipos.

La caída de tensión de los circuitos (alimentador y ramales) debe cumplir con los criterios estipulados por la norma NTC 2050 y las normas de los operadores de red.

La tabla 10 nos muestra los porcentajes de regulación permitidos por la norma ESSA (ESSA) (NTC, 1998).

Tabla 8.

Porcentajes de regulación de tensión permitidos norma ESSA.

Descripción	%
Redes de distribución B.T., zona urbana	3
Redes de distribución B.T., zona rural	3
Acometida desde bornes del transformador (o desde la red de distribución) hasta el tablero de medida	3
Alimentador desde el tablero de medida hasta el tablero de distribución	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público (ver RETILAP)	

Tabla 2.3 Porcentajes de regulación de tensión

Nota. Tomado de: Tabla 2.3 norma técnica ESSA. porcentajes de regulación de tensión.

La **caída de tensión** en un conductor: Es la diferencia de potencial que existe entre los extremos de este La caída de tensión es medida en tanto por ciento de la tensión nominal de la carga.

Para circuitos de corriente alterna (c.a.) la caída de tensión depende de la corriente de carga, del factor de potencia y de la impedancia de los conductores (en estos circuitos es común la combinación de resistencias, capacitancias e inductancias).

$$\Delta V = I * Z$$

Donde ΔV es la caída de tensión, Z es la impedancia del conductor e I es la corriente en la carga.

2.7.1 Método de momentos norma ESSA para el cálculo de regulación de tensión. La regulación de redes y alimentadores se calcula como:

$$\delta\% = \frac{KG \cdot S \cdot L \cdot F_c}{v^2}$$

Donde

KG = constante generalizada que se encuentra en las tablas 3.22 a 3.25. de la norma Técnica ESSA

S= potencia de la carga en [kVA]

L= longitud de la acometida en [m]

Fc. Factor de corrección por tipo de conexión.

V^2 = tensión de línea al cuadrado.

Donde los valores de KG los podemos obtener de la tabla 3.25 de la norma técnica ESSA.

¿Por qué necesitamos factores de corrección Fc?

Dado que valores KG están dados para sistemas tetrafilares balanceados en baja tensión y balanceados en media tensión. Para otras conexiones se debe multiplicar el valor obtenido por los factores indicados en la tabla 3.26 de la norma Técnica ESSA.

Ejemplo 11. Calculo de regulación por método ESSA.

se tiene una acometida bifásica 3 hilos derivada de un transformador trifásico con

S= 10 [kVA]

L= 20 [m]

Conductor= 1/0

Fp= 0.9

VL = 208 [V]

Primero buscamos KG de la tabla 3.25 norma ESSA como 38.16 y entonces

$$\%v = \frac{S * L[m] * KG * F_c}{v^2}$$

$$\%v = \frac{10[kVA]*20[m]*38.16*2.25}{208^2}=0.39 \%$$

Lo que significa que tenemos una caída de tensión de 0.39 %

2.8 Validación del conductor por condiciones de arranque para motores (paso 7)

Se determina de acuerdo la sección 430-6 de la NTC 2050 en donde la capacidad nominal de un motor usada para determinar la de los conductores o interruptores, dispositivos de protección del circuito ramal contra cortocircuitos y falla a tierra, etc., se debe hacer acorde a los valores de las Tablas 430- 147, 430-148, 430-149 y 430-150 de la NTC 2050.

Ejemplo 12. Selección conductor-acometida de un motor.

se tiene un motor trifásico con una potencia de 15 [HP] a 208 [V]. Entonces por la tabla 430-150 TCN 2050 la $I_n = 56.2$ [A] y calculamos el conductor con una corriente mínima de $I_n + I_n$ multiplicado por el 25% de I_n , es decir $56.2[A] + 56.2[A] \times 25 \%$ lo que nos da una $I = 70.25$ [A] luego necesitamos como mínimo un conductor calibre No 3 AWG con capacidad de corriente de 80 [A]

3. Implementacion de una aplicación utilizando VBA en excel

Debido a la gran cantidad de código utilizado, éste no se incluirá en ninguna parte del libro. los estudiantes más curiosos puedan explorarlo directamente el el aplicativo. Este código se ejecuta a

través de macros a lo largo de todos los botones usados en el programa y cada título del código macro corresponde a la función que se realiza para fácil comprensión.

A continuación, haremos una breve explicación de forma en que funciona el aplicativo.

El programa trabaja a partir de tres hojas de cálculo principales que se encargan de realizar los cálculos en cada uno de los niveles de la siguiente manera:

- Protecciones de tablero de distribución de usuarios o cargas finales. (hoja 1)
- Protecciones sub-tablero de acometida o grupos de usuarios o grupos de tableros de servicios generales. (hoja 2)
- Protección tablero acometida general en baja tensión. (hoja 3)
- Protecciones del transformador de potencia. (hoja 3)

Los números 1,2,3,4 indican en que parte del diagrama unifilar de protecciones estamos trabajando ver Figura 6. Esquema unifilar residencial.

En la Figura 6 podemos analizar el esquema unifilar general desde la salida del transformador hasta la barra principal y podemos apreciar encerrados en un rectángulo rojo el conjunto de las protecciones.



Figura 6. Esquema unifilar residencial

El aplicativo calcula las protecciones de acuerdo a los numero en la Figura 6 de la siguiente manera:

1. Protecciones de tablero de distribución de usuarios o cargas finales. (hoja 1)
2. Protecciones sub-tablero de acometida o grupos de usuarios o grupos de tableros de servicios generales. (hoja 2)
3. Protección tablero acometida general en baja tension. (hoja 3)
4. Protecciones del transformador de potencia. (hoja 3)

De esta manera tenemos la ubicación de las protecciones en un esquema unifilar de una instalación de uso final tipo residencial desde el transformador hasta el tablero de distribución de cada usuario.

3.1 Cálculos por ramales (hoja 1)

En esta hoja se realizan los cálculos de las acometidas de todos los usuarios o cargas finales de servicios generales (ver Figura 6. Esquema unifilar residencial) aquí se solucionan los ramales marcados con un “1” y se recopilan los datos necesarios para las hojas de cálculo que siguen que son las de “cálculos 2” para el cálculo de la sub-acometida principal y “cálculos 3” para el cálculo de la acometida principal.

En el cuadro 1 las celdas resaltadas en azul corresponden a los datos que hemos introducido y los otros valores corresponden a los cálculos que ejecuta el aplicativo.

Tabla 9.

Cálculos acometida por usuario o carga individual.

numero de carga
S por O.R
tipo de carga (1,2,3,4,5)
distancia
potencia S (NTC)
fp
In [A]
I corregida por T° (minima de diseño)
S [KVA] (por NTC)
I corregida por T° y (+) arranque de motores (minima de diseño)
Factor de correccion %V
Momento
KG
conductor seleccionado por V%
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 60°
codigo conductor seleccionado por V%
codigo Cseleccionado por capacidad de corriente a 75° o 60°
codigo de conductor Seleccionado (minimo codigo 6 con calibre 8)
conductor Seleccionado
Corriente conductor seleccionado
Factor de correccion por T°(calculado arriba)
Corriente real del conductor a proteger
Conductor de Neutro
Conductor de Tierra
Protección selccionada
KG final
regulacion final
¿ es un motor?
de fases

En el cuadro 2 observamos se guardan los nombres de todos los ramales, la selección del tipo de ramal y se hace el cálculo del factor de diversidad.

Tabla 10.

Cálculo factor de diversidad.

10	
11	Bloque Aptos
12	0,873294273
	nomenclatura
	10(nombre del bloque)
	11(tipo de ramal)
	12(F de diversidad)

En el cuadro 3 se realizan los cálculos de las demandas máxima de acuerdo con el tipo de carga que es. (bloque de apartamentos o servicios generales); estos datos se almacenas para ser usados en la siguiente hoja de cálculos.

Tabla 11.

Cálculos D_{máx} por grupo de cargas.

codigo de control (1 para aptos y 2 para S. generales)		
1		
Dmax por Operador de Red		
0		
Número de elementos para el calculo		
0		
suma de cada apto para calculo del trafo		
0		
Dmax motores servicios generales S [KVA]	potencia maxima m 3f	potencia maxima m 1f
0	0	0
potencia alumbrado servicios generales S [KVA]		
0		
Dmax alumbrado servicios generales S [KVA]		
0		
Dmáx total Servicios generales NTC		
0		
total motores al 100% (para calculo del trafo por O.R)		
0		
suma carga de S.G al 60%(no motor) para el caluclo del trafo		
0		

3.1.1 Motores. Para el cálculo de las corrientes de los motores se hizo necesario realizar unas curvas acordes a los datos de las tablas 430-149 y 430-150 de la NTC 2050 para que los usuarios pudiesen dar como datos de entrada cualquier potencia en HP y no solo los valores que se encuentran en las tablas ya mencionadas, es de aclarar que para los motores monofásicos no se hizo la curva, sino que se realizó el cálculo por interpolación lineal.

En los gráficos 1-7 podemos apreciar las funciones que se usaron para ajustar el modelo.

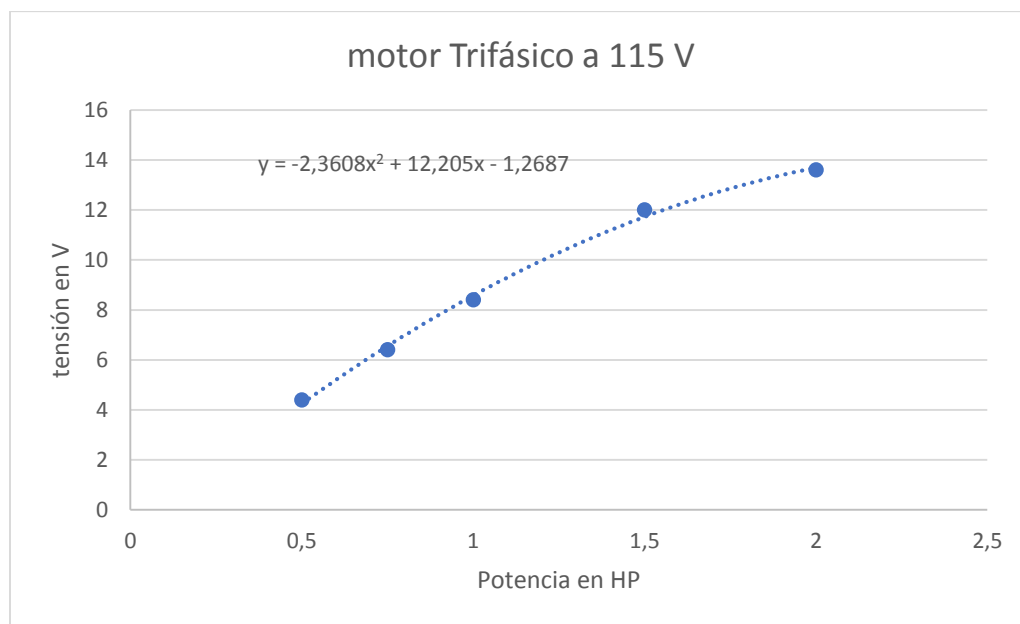


Figura 7. Curva motor trifásico a 115 [V]

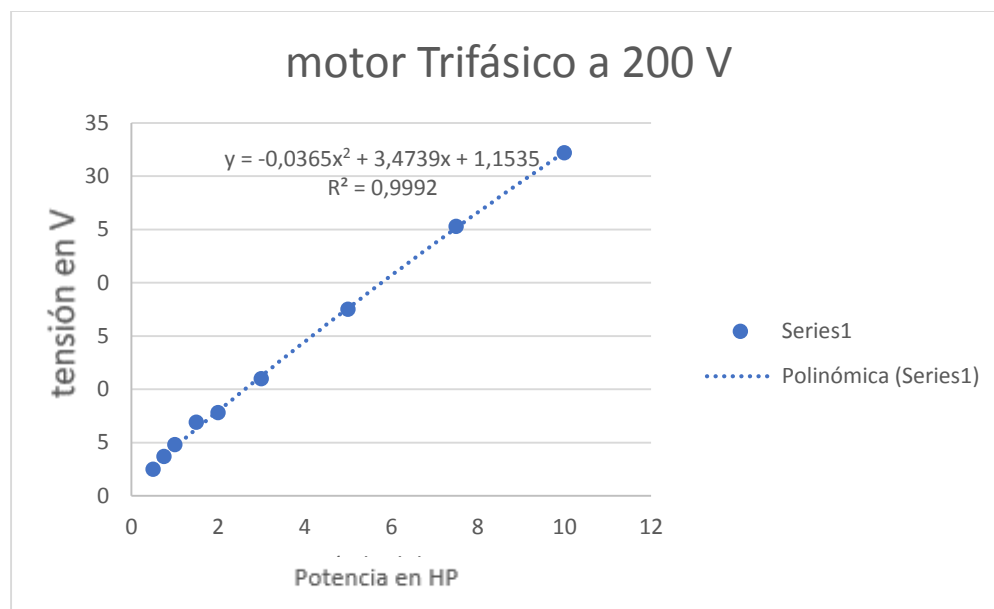


Figura 8. Curva motor trifásico a 200 [V] parte 1

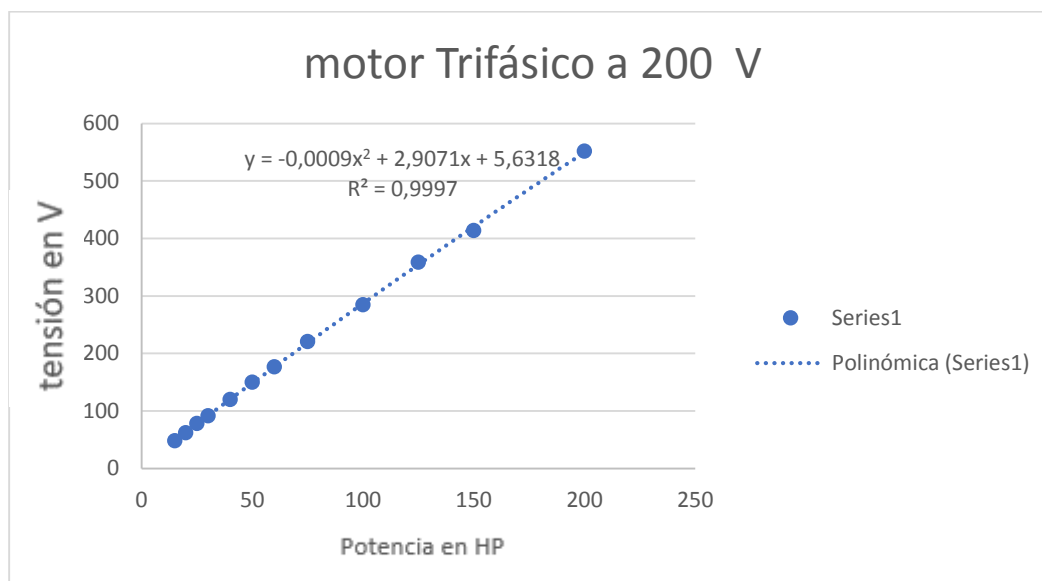


Figura 9. Curva motor trifásico a 200 [V] parte 2

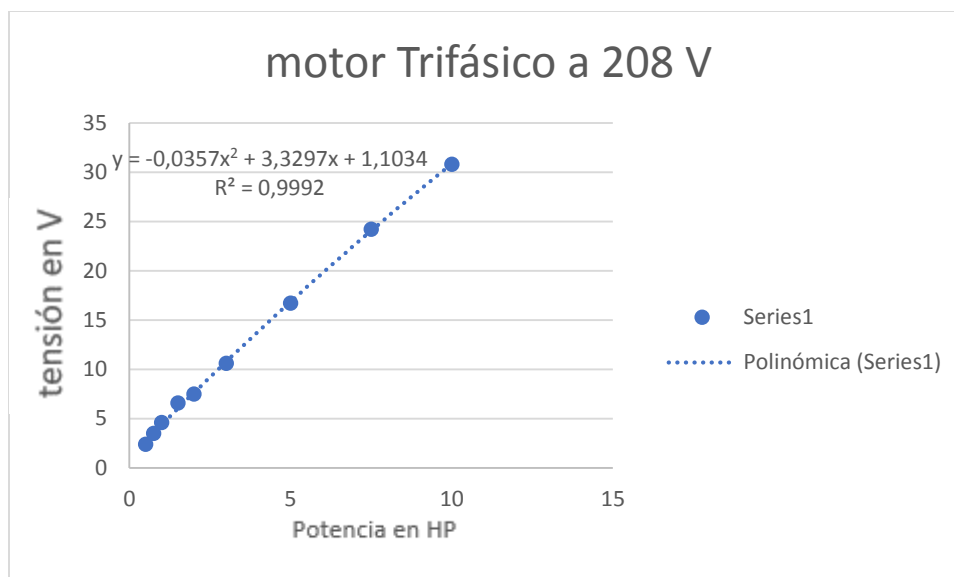


Figura 10. Curva motor trifásico a 200 [V] parte 1

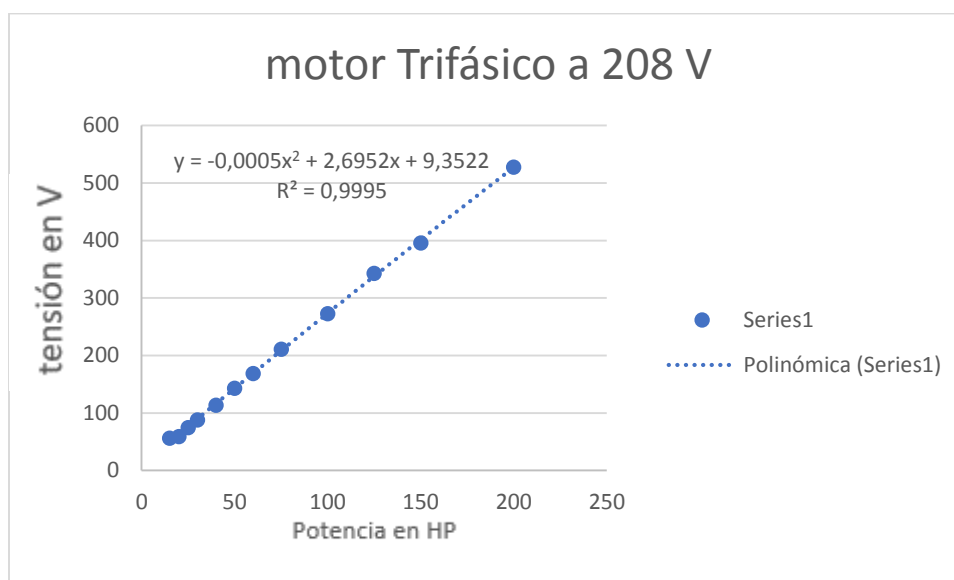


Figura 11. Curva motor trifásico a 208 [V] parte 2

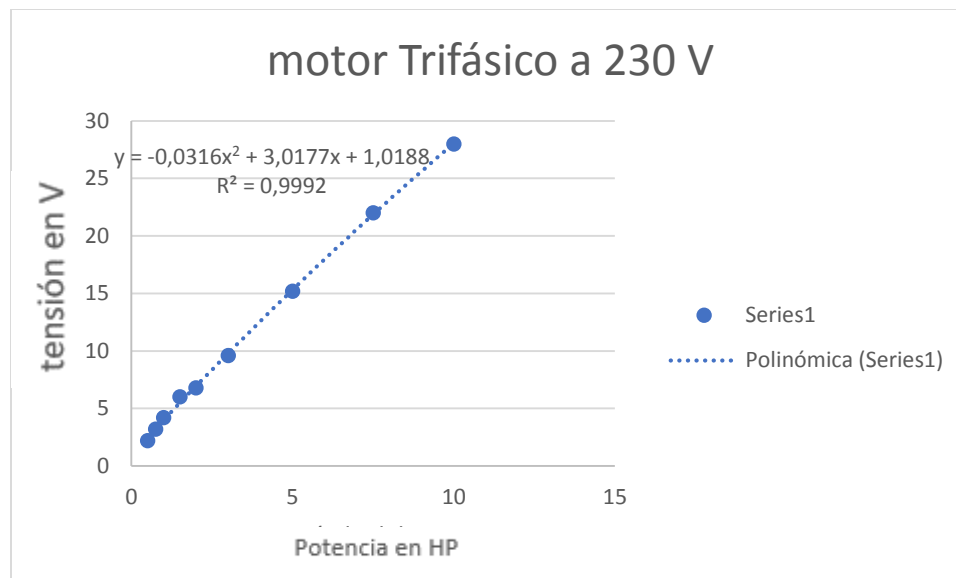


Figura 12. Curva motor trifásico a 230 [V] parte 1

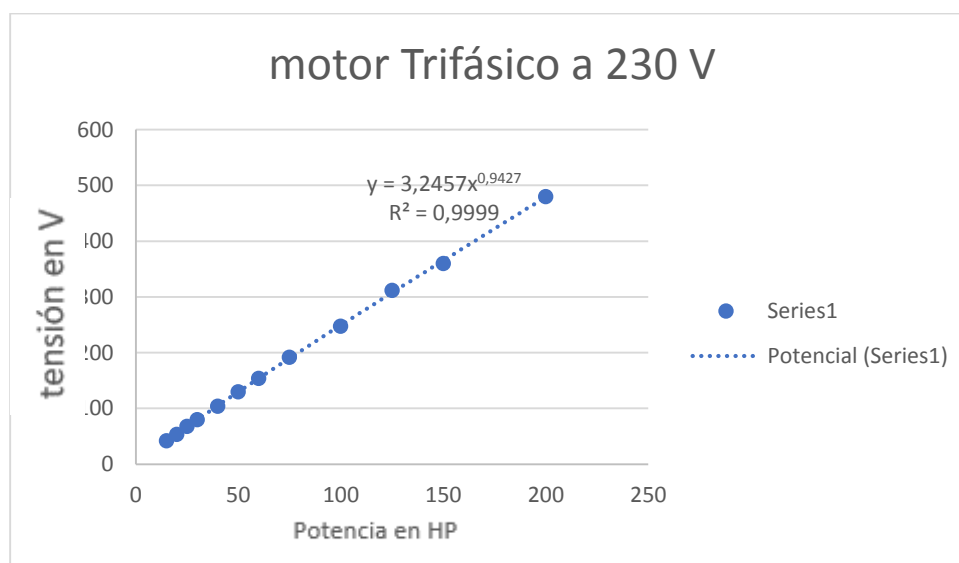


Figura 13. Curva motor trifásico a 230 [V] parte 2

El total de las anteriores curvas se usaron para construir una tabla de la que podemos obtener los valores de corrientes nominales de los motores trifásicos. Para tener mas informacion se puede analizar la hoja de calculo “motores” incluida en el aplicativo en VBA.

3.2 Cálculos por bloques o acometida sub principal (hoja 2)

En esta sección desarrollamos los cálculos de las acometidas de los grupos de apartamentos o de los grupos de las cargas de servicios generales por ramal o por hoja de cálculo (24 por cada uno como máximo). (ver Figura 6. Esquema unifilar residencial) aquí se solucionan los ramales marcados con un “2” en la Figura 6

En el cuadro 4 las celdas resaltadas son los datos introducidos y los demás corresponden a los cálculos realizados por el aplicativo.

Tabla 12.

Cálculo acometido por grupo de cargas (aptos ó servicios generales)

Nombre del ramal
de acometida
Tipo de carga (1 residencial y 2 para servicios generales)
S por O.R
Tipo de acometida (trifasica)
Distancia [m]
D máx en [kVA] (NTC para S.G y O.R para conjunto de aptos)
fp
In [A]
I corregida por T° (minima de diseño)
Factor de correccion %V
Momento
KG
Conductor seleccionado por V%
Conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 60°
codigo conductor seleccionado por V%
codigo C seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 60°
codigo de conductor Seleccionado (minimo codigo 6 con calibre 8)
Conductor Seleccionado
Corriente conductor seleccionado
Factor de correccion por T°(calculado arriba)
Corriente real del conductor a proteger
Conductor de Neutro
Conductor de Tierra
Protección selccionada
KG final
Regulacion final

En la Tabla 13 almacenamos la información relevante de cada uno de los 15 ramales sobre los que se efectúan los cálculos, esta información la usamos para calcular los resultados de la acometida sub-principal y son la Demanda máxima por operador de Red, Demanda máxima por NTC, el número de usuarios o cargas y el nombre del ramal.

Tabla 13.

Información conjunto de ramales.

esta tabla es un resumen organizado de los calculos del ramal 1 y los usamos para base de los calculos de la subacometida principal									
TABLA_datos_capturados_de_1									
ramal #	Cod. Tipo ramal	Cod. Dmax (O.R)	Cod. Dmax (NTC)	Cod. # usuarios	1 (resid) / 2(S.G)	Dmax (O.R)	Dmax (NTC)	# usuarios /cargas	Nombre
1	10	11	18	12	1	0	3,5814	2	
2	20	21	28	22	1	0	16,808129	2	
3	30	31	38	32	1	0	0	0	
4	40	41	48	42	1	0	0	0	
5	50	51	58	52	1	0	0	0	
6	60	61	68	62	1	0	0	0	
7	70	71	78	72	1	0	0	0	
8	80	81	88	82	1	0	0	0	
9	90	91	98	92	1	0	0	0	
10	100	101	108	102	1	0	0	0	
11	110	111	118	112	2	0	0	0	
12	120	121	128	122	2	0	0	0	
13	130	131	138	132	1	0	0	0	
14	140	141	148	142	1	0	0	0	
15	150	151	158	152	1	0	0	0	

En la Tabla 14 se unifican las cargas dependiendo de su tipo (servicios generales o bloques de apartamentos para el cálculo de la demanda máxima global). También se calcula el factor de diversidad de todo el conjunto de usuarios, se unifican las cargas de servicios generales en caso de tener varias zonas sociales y se calcula la demanda máxima total por usuarios residenciales y por servicios generales.

Tabla 14.

Global de cálculos por ramales.

esta tabla es un resumen organizado de los calculos del ramal 1 y los usamos para base de los calculos de la ACOMETIDA PRINCIPAL											
TABLA_datos_capturados_de_1.2											
ramal #	Cod. S.G (no motores) al 60%	Cod. Tipo ramal	Cod. Dmax por usuario (O.R)	Cod. Motores al 100%	Cod. #usuarios	1 (resid)/2(S.G)	Dmax (O.R)	Dmax motores	Dmáx (S.G-no motores)al 60%	# total de usuarios	nombre del bloque
1	199	10	13	19	12	1	0	0	0	2	
2	299	20	23	29	22	1	0	0	0	2	
3	399	30	33	39	32	1	0	0	0	0	
4	499	40	43	49	42	1	0	0	0	0	
5	599	50	53	59	52	1	0	0	0	0	
6	699	60	63	69	62	1	0	0	0	0	
7	799	70	73	79	72	1	0	0	0	0	
8	899	80	83	89	82	1	0	0	0	0	
9	999	90	93	99	92	1	0	0	0	0	
10	1099	100	103	109	102	1	0	0	0	0	
11	1199	110	113	119	112	2	0	0	0	0	
12	1299	120	123	129	122	2	0	0	0	0	
13	1399	130	133	139	132	1	0	0	0	0	
14	1499	140	143	149	142	1	0	0	0	0	
15	1599	150	153	159	152	1	0	0	0	0	
# total de usuarios	4								calculo del trafo		
F diversidad	1,459379118								Dmáx usuarios	0	
									Dmáx S.G	0	
									Total	0	
									trafo		

3.3 Cálculo acometida principal (hoja 3).

En esta hoja calculamos la acometida principal aguas abajo del transformador y las protecciones del transformador. (ver Figura 6. Esquema unifilar residencial) aquí se soluciona la acometida marcada con un con un “3” en la figura 9 y las protecciones del transformador marcadas con un “4” en la misma figura.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se realiza el cálculo de la acometida principal en bandeja destapada o subterránea según haya elegido el usuario en el panel principal de diseño.

Tabla 15.

Calculo protecciones acometida principal

Nombre del ramal	Trifásica subterranea	Trifásica en bandeja	Trifásica en bandeja
Potencia S [KVA]	150	150	150
Distancia [m]	50	50	50
fp	0,9	0,9	0,9
In [A]	416,3583672	416,3583672	416,3583672
I corregida por T° (minima de diseño)	416,3583672	416,3583672	
factor de Correccion por temperatura	1	1	1
Factor de correccion %V	1	1	1
# de conductores por fase	2	1	1
factor de correccion por agrupamiento	0,8	1	1
Momento	7500	7500	7500
KG	17,3056	8,6528	8,6528
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75°	500	350	350
conductor seleccionado por V%	350	1000	1000
codigo conductor seleccionado por V%	18	26	26
codigo Cseleccionado por capacidad de corriente a 75°	20	18	18
codigo de conductor Seleccionado	20	26	26
Conductor Seleccionado	500	1000	1000
Corriente conductor seleccionado	380	935	935
Corriente real del grupo de Conductores a proteger	608	935	935
Conductor de Neutro	400	900	900
Conductor de Tierra	1	2/0	2/0
Protección selccionada	700	1000	1000
KG final	11,139	7,41674	7,41674
regulacion final	0,965496718	1,285723696	1,285723696

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se realizan los cálculos de las protecciones correspondientes del transformador.

Tabla 16.

Protecciones transformador.

Potencia trafo seleccionado [kVA]	150
Tensión lado de alta [v]	13200
Tensión lado de baja [V]	208
I lado de alta (A)	6,56
I lado de baja (A)	416,36
I lado de alta (A) a proteger	19,68
I lado de baja (A) a proteger	520,45
I coci lado de baja [kA]	13,01
# conductores por fase	1
Proteccion Seleccionda lado de alta X3	20
Proteccion Seleccionda lado de baja X3	600
Poder minimo de corte de la proteccion lado de baja [KA]	15

En la Tabla 17 se muestra la manera en que aumenta la corriente a medida que aumentamos en número de conductores por fase. Las columnas resaltadas en amarillo y rojo indican que cuando llegamos a ese número de conductores la corriente posible a transportar disminuye por lo que usar esos números de conductores por fase no tiene sentido.

Tabla 17.

Listado de numero conductores acometida subterránea por capacidad de corriente.

# con por F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
total C por F	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
factor de correccion	1	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45	0,4	0,4	0,4	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
2	115	184	241,5	230	287,5	345	362,25	414	465,75	517,5	506	552	598	563,5	603,75	644	684,25	724,5	764,75	805
1	130	208	273	260	325	390	409,5	468	526,5	585	572	624	676	637	682,5	728	773,5	819	864,5	910
140	150	240	315	300	375	450	472,5	540	607,5	675	660	720	780	735	787,5	840	892,5	945	997,5	1050
20	175	280	367,5	350	437,5	525	551,25	630	708,75	787,5	770	840	910	857,5	918,75	980	1041,25	1102,5	1163,75	1225
30	200	320	420	400	500	600	630	720	810	900	880	960	1040	980	1050	1120	1190	1260	1330	1400
40	230	368	483	460	575	690	724,5	828	931,5	1035	1012	1104	1196	1127	1207,5	1288	1368,5	1449	1529,5	1610
250	255	408	535,5	510	637,5	765	803,25	918	1032,75	1147,5	1122	1224	1326	1249,5	1338,75	1428	1517,25	1606,5	1695,75	1785
350	310	498	651	620	775	930	976,5	1116	1255,5	1395	1364	1488	1612	1519	1627,5	1736	1844,5	1953	2061,5	2170
500	380	608	798	760	950	1140	1197	1368	1539	1710	1672	1824	1976	1862	1995	2128	2261	2394	2527	2660
CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE
		228	190	150	190	190	57	171	171	171	152	152	152	133	133	133	133	133	133	133

En la Tabla 18 se muestra la manera en que aumenta la corriente a medida que aumentamos en número de conductores por fase. Las columnas resaltadas en verde indican la combinación de número de conductores por fase más eficiente posible.

Tabla 18.

Listado de numero de conductores acometida en bandeja Aérea por capacidad de corriente.

para conductores en BANDEJA SIN TAPA																					
# con por F		# de conductores por fase (primera fila) y factor de correccion a aplicar (3ra fila) corriente real de transporte del grupo de conductores (tabla)																			
factor de correccion		1 para conductores menores a 1/0																			
factor de correccion		0.65 para conductores mayores a 1/0																			
CALIBRES DE CONDUCTORES Y CAPACIDAD DE CORRIENTE	6	95	190	285	380	475	570	665	760	855	950	1045	1140	1235	1330	1425	1520	1615	1710	1805	1900
	4	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000	2125	2250	2375	2500
	2	170	340	510	680	850	1020	1190	1360	1530	1700	1870	2040	2210	2380	2550	2720	2890	3060	3230	3400
	1/0	230	299	448.5	598	747.5	897	1046.5	1196	1345.5	1495	1644.5	1794	1943.5	2093	2242.5	2392	2541.5	2691	2840.5	2990
	2/0	285	344.5	516.75	689	861.25	1033.5	1205.75	1378	1550.25	1722.5	1894.75	2067	2239.25	2411.5	2583.75	2756	2928.25	3100.5	3272.75	3445
	3/0	310	403	604.5	806	1007.5	1209	1410.5	1612	1813.5	2015	2216.5	2418	2619.5	2821	3022.5	3224	3425.5	3627	3828.5	4030
	4/0	360	468	702	936	1170	1404	1638	1872	2106	2340	2574	2808	3042	3276	3510	3744	3978	4212	4446	4680
	250	405	526.5	789.75	1053	1316.25	1579.5	1842.75	2106	2369.25	2632.5	2895.75	3159	3422.25	3685.5	3948.75	4212	4475.25	4738.5	5001.75	5265
	350	505	656.5	984.75	1313	1641.25	1969.5	2297.75	2626	2954.25	3282.5	3610.75	3939	4267.25	4595.5	4923.75	5252	5580.25	5908.5	6236.75	6565
	500	620	806	1209	1612	2015	2418	2821	3224	3627	4030	4433	4836	5239	5642	6045	6448	6851	7254	7657	8060

4. Conclusiones

En el presente trabajo de grado describió la composición del sistema de protecciones de una instalación tipo residencial, así como el proceso de selección y coordinación de dicho sistema. Se mostró que los cálculos para las protecciones varían de acuerdo con el tipo de carga, por ende, no se puede aplicar la misma metodología para calcular las protecciones de la acometida de un motor y la acometida de un usuario residencial.

Se desarrollo una interfaz en Excel que permite la diagramación de una instalación eléctrica, así como el cálculo y coordinación de protecciones. El tiempo de ejecución de los cálculos son de cerca de un segundo en promedio por cada botón que se ejecuta. Algunas veces puede tardar un poco más, pero esto se debe a la gran cantidad de código que se ejecuta.

Finalmente, se elaboró una plantilla para la presentación del informe de selección y coordinación de protecciones acorde con los requerimientos del RETIE desde la interfaz desarrollada. Con un solo clic se puede obtener un informe de resultados que entrega información detallada de los cálculos hechos en cada una de las acometidas, lo que permiten tomar decisiones a partir de la información teniendo un panorama completo del sistema.

5. Recomendaciones

Dentro de las observaciones y recomendaciones derivadas del trabajo de grado se se destaca:

La diagramación que se propuso en Excel no permite hacer grandes modificaciones una vez se traza el diagrama unifilar. Se recomienda como trabajo futuro, explorar otras plataformas de programación que permitan hacer más fácil la labor de dibujar el diagrama unifilar del sistema.

Se recomienda a futuro incluir otras funciones como comparación de curvas entre interruptores que podría dar una visión más completa del diseño a quien utilice el aplicativo.

Referencias Bibliográficas

Deitel, H. (1992). *Cómo programar en c++*. Pearson Educación.

Diccionario Técnico Electrotecnia. (1990). Diccionario . En *Diccionario Técnico* . La Habana: Científico-técnica .

Electric, S. (2004). *Manual Ecodial de Schneiderr Electric* .

Escuela Universitaria de ingeniería ciudad real . (s.f.). Protecciones Eléctricas. En U. T. real, *Protecciones Eléctricas* (pág. 50). España.

ESSA. (s.f.). Norma Técnica ESSA. En *Norma Técnica ESSA* (pág. 181). Bucaramanga: ESSA.

Harper, E. (1998). *Protecciones en las instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. LIMUSA.

Jelen, B. (2011). *Visual basic para aplicaciones* . Anaya Multimedia.

NTC. (1998). Norma Técnica Colombiana . En *NTC* (pág. 847). Bogotá.

RETIE. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. *Resolución 90708 de 2013*. Ministerio de Minas y Energía.

Sardiñas, R. Q. (2006). PROGRAMANDO PARA AUTOCAD CON VBA. En *PROGRAMANDO PARA AUTOCAD CON VBA* (pág. 68). Matanzas.

Apéndices

Apéndice A. Manual de usuario

Este aplicativo computacional ha sido desarrollado en Microsoft Excel usando VISUAL BASIC PARA APLICACIONES (VBA). El presente documento está dirigido a entregar una guía que se debe tener en cuenta al momento de utilizar la aplicación. Para garantizar el correcto funcionamiento de la aplicación se recomienda contar con los siguientes requerimientos como mínimo de Software y hardware.

- ✓ Procesador 1.5 MHz
- ✓ Memoria RAM 1 GB
- ✓ Disco duro 1G libre de espacio en C
- ✓ Microsoft office 365 pro o superior
- ✓ Editor de visual Basic Para Aplicaciones

Los requerimientos mínimos de Hardware y software son recomendados y están encaminados a brindar un mejor desempeño de la herramienta durante su uso debido a las operaciones y códigos que se ejecutan.

Introducción

La aplicación está diseñada para solucionar el proyecto en tres grandes pasos que son:

1. **Solución de ramales** (bloques de apartamentos y servicios generales, hasta 24 cuentas en 15 ramales)

2. Solución de sub-acometida principal.

3. Solución de acometida principal

Nota: siempre en ese orden (por simple lógica)

Figura A 1. Orden de calculos por hojas de Excel.



1. Conozca el programa

El programa cuenta con tres ventanas principales que son:

1. Ventana acometida por ramal (son 15)
2. Ventana acometida sub-Principal (es 1)
3. Ventana acometida principal (es 1)

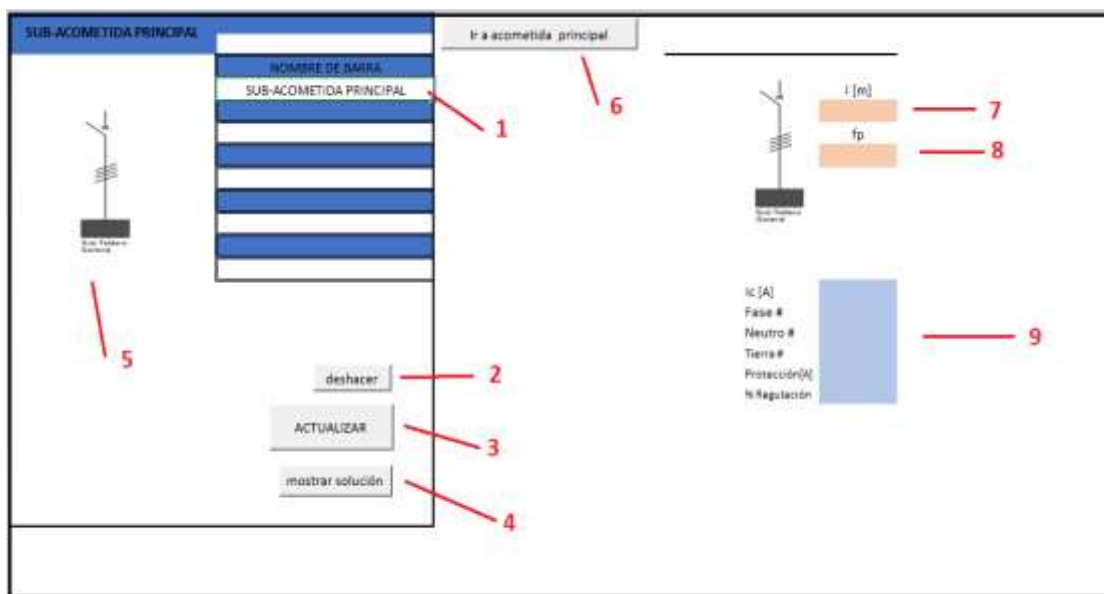
Figura A 2. Ventana acometida por ramales.

1. **Tensión de la barra:**(no se puede modificar acá, esta tensión se define en el ramal principal).
2. **Nombre de la barra:** colocamos un nombre cualquiera, por ejemplo torre 1, torre 2, zona social... etc.
3. **Tipo de acometida:** seleccionamos entre Bloque de apartamentos o servicios generales según sea el caso.
4. **Repetir última carga:** como es común que las demandas de los tipos de apartamentos sean iguales, una vez hemos introducido los datos de una podemos simplemente repetir hasta 23 veces la misma carga.
5. **Selección del tipo de cargas:** podemos elegir entre usuarios monofásicos, bifásicos y trifásicos para tipo de acometida “bloque de apartamentos” y podemos elegir entre cargas

monofásicas, bifásicas, trifásicas, motores monofásicos y motores trifásicos para acometidas tipo “Servicios generales”

6. **Deshacer:** borra los datos de la ultima carga introducidos en la vista ventana (si ya ha presionado actualizar los datos seguirán guardados hasta que vuelva a actualizar)
7. **Actualizar:** Guarda todos los datos introducidos para los respectivos cálculos.
8. **Mostrar solución:** me muestra la solución de las acometidas de cada uno de los ramales.
Esto es corriente de carga, calibres de conductores de fase, tierra y neutro, la protección seleccionada y la regulación de dicho ramal.
9. **Ir a acometida Principal:** me lleva a la ventana acometida principal
10. **Ir a acometida secundaria:** me lleva a la ventana acometida sub-principal
11. **Casilla $I[m]$:** introduzco la longitud de la acometida
12. **Casilla $S[kVA]$ TNC:** introduzco la potencia de la carga según NTC.
13. **Casilla fp :** introduzco el factor de potencia.
14. **Casilla $S[kVA]$ OR:** introduzco la potencia de la carga según operador de Red.
15. **Casillas azules:** casillas donde el software me arroja la solución por ramal automáticamente

Figura A 3. Ventana sub-acometida Principal.



1. **Nombre de la barra:** colocamos un nombre cualquiera, por ejemplo, sub-principal. etc.
2. **Deshacer:** borra los datos del último ramal introducidos en la vista ventana (si ya ha presionado actualizar los datos seguirán guardados hasta que vuelva a actualizar)
3. **Actualizar:** Guarda todos los datos introducidos para los respectivos cálculos.
4. **Mostrar solución:** me muestra la solución de las acometidas de cada uno de los ramales. Esto es corriente de carga, calibres de conductores de fase, tierra y neutro, la protección seleccionada y la regulación de dicho ramal.
5. **Selección tablero:** selecciono un tablero por cada ramal que he utilizado en la vista ventana por ramales.
6. **Ir a acometida Principal:** me lleva a la ventana acometida principal
7. **Casilla l[m]:** introduzco la longitud de la acometida
8. **Casilla fp:** introduzco el factor de potencia.

9. **Casillas azules:** casillas donde el software me arroja la solución por acometida sub-principal automáticamente

Figura A 4. Ventana acometida Principal.

1. **Estrato:** Seleccione el estrato del sitio de ejecución del proyecto.
2. **Tensión lado alta:** escriba la tensión del lado de alta del transformador.
3. **Ramales:** selecciono el ramal que voy a utilizar
4. **Limpiar:** me borra todas las variables que han sido almacenadas.
5. **Imprimir:** me imprime un informe en dos partes de los resultados del proyecto.
6. **Tensión secundaria:** selecciono la tensión del lado de baja del transformador
7. **Nombre de la barra:** Asigno un nombre cualquiera a la barra principal.
8. **Temperatura del proyecto:** selecciono el rango de temperatura del sitio de ejecución del proyecto.
9. **Factor de potencia:** factor de potencia global del grupo de cargas.
10. **Regulación transformador:** regulación máxima permitida desde el secundario del transformador hasta la barra principal.

11. **Regulación sub-principal:** regulación máxima permitida desde la barra principal hasta las diferentes barras de acometidas sub-principales.
12. **Regulación ramal:** regulación máxima permitida desde la barra acometida sub-principal hasta el tablero totalizador de cada usuario.
13. **Limpiar:** me borra los datos de la ventana actual. (los datos seguirán almacenados hasta que pulse limpiar todas las variables grabadas)
14. **Actualizar:** me guarda el dato de la distancia de la acometida principal.
15. **Mostrar solución:** me muestra la solución de la rama principal.
16. **Casilla l[m]:** se introduce la longitud de la acometida principal.
17. **Cacillas naranjas:** se muestra la solución de la acometida principal.
18. **Tipo de acometida:** se selecciona el tipo de acometida.

2. Manos a la obra. ¿cómo solucionar un proyecto?

Paso 1

En la ventana principal introduzco o selecciono los datos que están encerrados en rojo que son los parámetros básicos del diseño.

Figura A 5. Selección parámetros básicos de diseño

MENU PRINCIPAL	
Seleccione estrato del proyecto	TENSIÓN LADO DE BAJA [V]
6	208
TENSION DEL LADO DE ALTA [V]	NOMBRE DE BARRA
13200	PRINCIPAL
Sub-acometida Principal	Temperatura del medio ambiente
ramal 1 ramal 2 ramal 3	26°C hasta 30°C: ▼
ramal4 ramal 5 ramal 6	Factor de Potencia Acometida. principal
ramal7 ramal 8 ramal 9	0,9
ramal 10 ramal 11 ramal 12	Regulación permitida trafo%
ramal 13 ramal 14 ramal 15	2
Limpiar todas las variables grabadas	Regulación permitida sub Principal%
Imprimir informe	2
	Regulación permitida por ramal %
	2
	limpiar
	ACTUALIZAR
	mostrar solución

Paso 2

En la ventana principal selección el ramal que voy a usar 1,2,3,...15

Figura A 6. Ventana selección ramal de diseño.

Paso 3

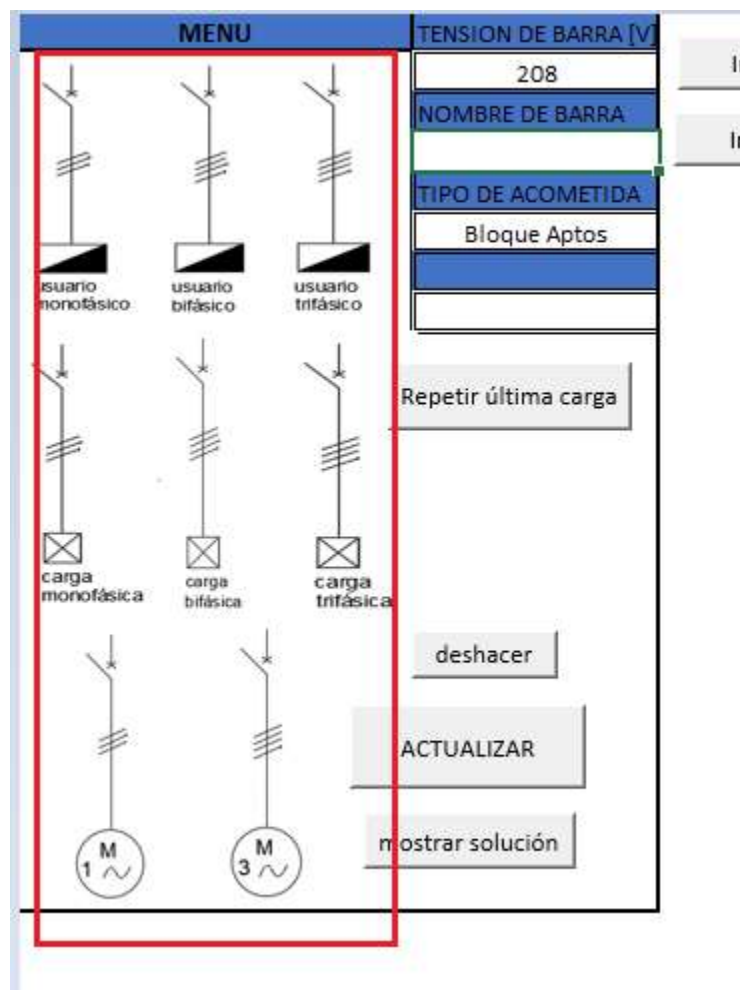
En la rama seleccionada ingreso o selecciono los parámetros encerrados en rojo

Figura A 7. Ventana parámetros de diseño por ramal.

Paso 4

Selecciono el tipo de carga a utilizar, usuario monofásico, bifásico o trifásico si en el paso anterior seleccioné “bloque de apartamentos”. si seleccioné “servicios generales” entonces puedo seleccionar cualquiera de los otros 5 tipos de cargas.

Figura A 8. Ventana selección del tipo de carga.

**Paso 5**

una vez he seleccionado la carga simplemente ingreso los datos encerrados en rojo

Figura A 9. Ventana ingreso de datos de carga por ramal.

The diagram shows a branch circuit with a switch and a transformer, connected to a data entry form. The form is divided into two main sections: a top section for general load data and a bottom section for specific phase and protection data.

Top Section (Yellow background):

- l [m]
- S [kVA] (NTC)
- f_p
- S [kVA] (OR)

Bottom Section (Blue background):

- I_c [A]
- Fase #
- Neutro #
- Tierra #
- Protección[A]
- % Regulación

Puedo utilizar el boton repetir última carga para ahorrar tiempo en caso de que la siguiente carga sea igual.

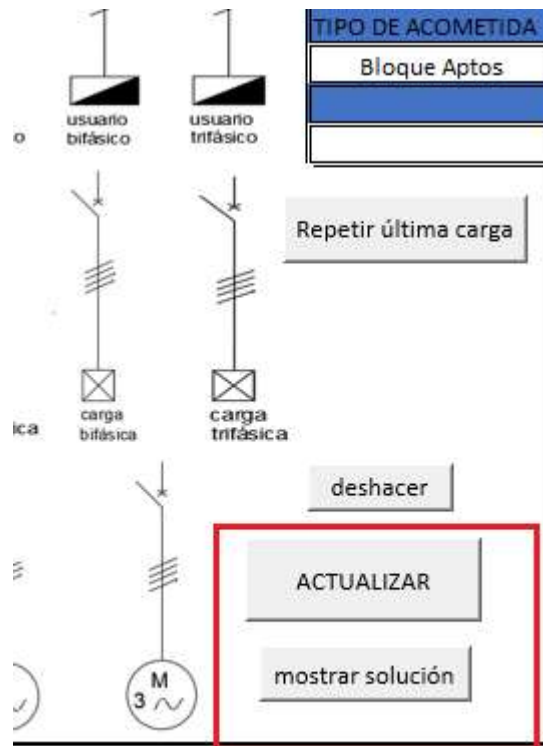
Figura A 10. Botón repetir última carga.

The diagram shows a branch circuit with a switch and a transformer, connected to a button labeled "Repetir última carga".

Paso 6

una vez he terminado de dibujar mis cargas pulso actualizar y luego mostrar solución y listo, he solucinado mi primer ramal.

Figura A 11. Ventana actualizar y mostrar solución.

**Paso 7**

Repetir pasos 2,3,4,5,6 con todos los ramales que vaya a utilizar (son 15 como máximo de 24 cargas/cuentas como máximo cada uno).

Paso 8

Desde cualquier ramal ir a la acometida Sub-principal

Figura A 14. Ventana ingreso de datos Sub-acometida Principal.

The diagram illustrates the data entry interface for a sub-feed. It features two identical columns, each representing a 'Sub Tablero General' (General Sub-board). Each column contains a schematic of a line with a switch and a fault point 'fp', followed by input fields for length 'l [m]' and fault point 'fp'. Below the diagram are two identical sets of input fields for 'Ic [A]', 'Fase #', 'Neutro #', 'Tierra #', 'Protección[A]', and '% Regulación'.

Paso 10

Repito el paso 6

Paso 11

En la ventana principal selecciono o lleno los campos encerrados en rojo.

Figura A 15. Ingreso de datos de carga ventana principal.

Paso 12 en la ventana principal pulso mostrar solución y posteriormente generar informe y listo.

¡Hemos terminado!

Figura A 16. Ventana solución acometida principal y mostrar informe.

Apéndice B. Ejemplos utilizando el aplicativo en VBA

A continuación, realizaremos un ejemplo utilizando una plantilla de cálculo manual y luego haremos el mismo ejemplo utilizando la aplicación en VBA.

Ejemplo 1 utilizando una plantilla con cálculos manuales.

Se tiene una vivienda multifamiliar con 60 unidades de vivienda en tres grupos de 20 unidades de vivienda cada uno. Todas las viviendas son de 172 m².

La zona social tiene las siguientes cargas:

- Bomba contra incendio 7.5 HP 3φ
- Ascensor 12 HP 3φ
- 2 bombas para agua 5 HP 3φ
- Sistema hidroneumático ½ HP 1φ
- Portón eléctrico 1 HP 1φ
- Áreas comunes 400 m².
- Áreas parqueaderos 400 m².
- Salón social 100 m².

El proyecto es estrato socioeconómico 4 y la temperatura del lugar es de 28°C

Cuadro de cargas apartamento tipo

Solución:

En la primera parte haremos los cálculos de las demandas máximas según TNC 2050 y según norma ESSA para después utilizar esa información para calcular las correspondientes protecciones.

1.1.1.1 Cálculo de demandas máximas para cálculo de transformador.

Cuadro B 1. Cuadro de cargas apartamento tipo

Carga Proyectada	S	Und.
Lavadora y plancha	1.500	[VA]
Pequeños aparatos	1.500	[VA]
Pequeños aparatos	1.500	[VA]
Horno microondas	2.000	[VA]
Estufa eléctrica	3.000	[VA]
Horno eléctrico	5.000	[VA]
Carga de alumbrado general ($\text{Am}^2 \times 32 \text{ VA/m}^2$)	5.504	[VA]

total 20.004 [VA]

Cuadro B 2. Demanda máxima según norma ESSA

Carga de mayor potencia	5.000	[VA]	100%
Resto	15.004	[VA]	40%

5000	[VA]
6001,6	[VA]

La Tabla 2.15 de la norma de la ESSA indica que se toma al 100% el valor de la carga de mayor potencia y el resto al 40%

La tabla 2.15 Norma ESSA epm, especifica que el "RESTO" para los estratos 3 y 4 se tome un F.D. del 40%

Demanda máxima de la vivienda según ESSA	11001,6	[VA]
--	---------	------

Cuadro B 3. Demanda máxima según NTC

Cálculo de la demanda máxima vivienda				Und.	Observaciones
Carga de alumbrado general ($\text{Am}^2 \times 32 \text{ VA/m}^2$)	5504			[VA]	NTC 2050, Tabla 220-3.b
Pequeño para aparatos de cocina x 2	3000			[VA]	
Lavadora + Plancha	1500			[VA]	
Carga total para alumbrado y pequeños electrodomésticos				10004	[VA]
Primeros 3000 al 100%				3000	Tabla 220-11 de la NTC 2050 indica que la parte de la carga a la que se aplica el factor de demanda [VA] para las unidades de vivienda toma los primeros 3000 [VA] o menos al 100 %. Que entre 3001 y 120 000 [VA], se debe tomar el 35%. Apartir de 120 000 [VA], se toma el 25 %
Resto al 35%				2451,4	
Demanda máxima alumbrado y pequeños artefactos				5451,4	[VA]
Horno Microondas	1500			[VA]	Tabla 220-19 los factores de demanda de más de 1,75 kW nominales y en este caso específico la columna B, se toma el 80 % del valor
Demanda para aparatos medianos				1500	[VA]
Estufa Eléctrica	2250			[VA]	Tabla 220-19 los factores de demanda de más de 1,75 kW nominales y en este caso específico la columna B (menos de 3,5 kW), se toma el 80 % del valor
Horno Eléctrico	4000			[VA]	
Demanda máxima para aparatos especiales				6250	[VA]
CARGA TOTAL				13201,4	[VA]
Demanda según NTC 2050				13201,4	[VA]

Cuadro B 4. Cuadro de cargas servicios generales

Cantidad	Descripción	Vnominal (V)	Inominal (A)	S	Und.
1	Bomba contra incendio 7,5 HP (3φ)	208	24,2	8718,45	[VA]
1	Ascensor 12 HP (3φ)	208	41,2	14842,98	[VA]
2	Bomba para Agua 5 HP c/u (son dos bombas) (3f)	208	16,7	6016,45	[VA]
1	Sistema Hidroneumático (1/2) HP (1F)	120	10	1200	[VA]
1	Porton Eléctrico 1 HP (1f)	120	16,5	1980	[VA]
	Área del parqueadero 400 m ² (Tabla 220-3: 5 VA/m ²)			2000	[VA]
	Áreas Comunes 400 m ² (Tabla 220-3: 5 VA/m ²)			2000	[VA]
	Salón Social 100 m ² (Tabla 220-3: 10 VA/m ²)			1000	[VA]

Cuadro B 5. Carga total servicios generales

Cálculo de la demanda de Servicios Generales					
Cantidad	Descripción	Vnominal	Inominal		Und.
1	Bomba contra incendio 7,5 HP (3φ)	208	24,2	8718,45	[VA]
1	Ascensor 12 HP (3φ)	208	41,2	14842,98	[VA]
2	Bomba para Agua 5 HP c/u (son dos bombas)	208	16,7	6016,45	[VA]
1	Sistema Hidroneumático (1/2) HP	120	10	1200	[VA]
1	Porton Eléctrico 1 HP	120	16,5	1980	[VA]
	Área del parqueadero 400 m ² (Tabla 220-3: 5 VA/m ²)			2000	[VA]
	Áreas Comunes 400 m ² (Tabla 220-3: 5 VA/m ²)			2000	[VA]
	Salón Social 100 m ² (Tabla 220-3: 10 VA/m ²)			1000	[VA]
	Alumbrado y tomas Areas Comunes			5000	
	Motores			32757,88	
	Carga total servicios generales			37757,88	[VA]

Nota: solo se incluye una bomba para agua por aquellos del uso excluyente de una con respecto a la otra.

Artículo 220-21. Cargas no coincidentes: "Cuando no sea probable que se utilicen simultáneamente dos cargas distintas, se puede omitir la más pequeña de las dos al calcular la carga total del alimentador."

Cuadro B 6. Demanda máxima según norma ESSA servicios generales.

Cálculo de la demanda máxima servicios comunes					
32757,88	[VA]	100%	32757,88	[VA]	
5000	[VA]	60%	3000	[VA]	
Demanda máxima servicios generales según ESSA			35757,88	[VA]	

La Tabla 2.15 de la norma de la ESSA indica que se toma al 100% de la carga especial y áreas comunes.

Cuadro B 7. Demanda máxima según NTC servicios generales.

Cálculo de la demanda máxima servicios generales					
5000	[VA]	100%	5000	[VA]	
32757,88	[VA]	100%	36468,625	[VA]	
NTC 2050: Demanda máxima para servicios generales			41468,625	[VA]	

Cuadro B 8. Calculo demanda máxima alimentador principal.

Cálculo de la demanda máxima de toda la unidad multifamiliar

ESSA epm		
Capacidad mínima del alimentador principal (o conductores de acometida), para 60 unidades de vivienda:		
Carga total calculada:		
Demanda maxima (1) usuario X el numero de usuarios	660.096	[VA]

Factor de diversidad

SECTOR	FACTOR DE DIVERSIDAD
Estrato 1, 2, 3 y 4	$F_{div Res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{(1-N)/6}}$

Nº USUARIOS	FACTOR DIVERSIDAD
60	5,00

Demanda diversificada de las viviendas	132.048	[VA]
--	---------	------

Demanda máxima de la unidad residencial multifamiliar (Demanda diversificada viviendas + servicios generales)	167.805	[VA]
---	---------	------

Con la información de las demandas máximas de los cuadros B1 a B8 ahora procedemos a calcular las protecciones de las diferentes acometidas del ejemplo planteado.

1.1.1.2 Cálculo de protecciones apartamento tipo

Cálculo de conductores por capacidad de corriente

Primero calculamos la corriente de cargas como:

$$I = \frac{D_{m\acute{a}x}}{Vl/\sqrt{3}} [A]$$

para el caso monofásico suponiendo que los usuarios residenciales son de este tipo. Luego tenemos que :

$$I = \frac{13.2[kVA]}{208/\sqrt{3}} = 109,91 [A]$$

Hacemos los ajustes de corrección por temperatura y por agrupamiento acorde a las tablas 310.16 y 310.17 de la NTC 2050.

Luego la I_c mínima de mi diseño está dada por

$$I_c = \frac{I}{Fr * Fa} \text{ [A]}$$

Donde

Fr= factor de corrección por temperatura

Fa= factor de corrección por agrupamiento.

Que para nuestro ejemplo y acorde a la tabla 310-16 TNC 2050

Fr= 1 y Fa= 1

Luego entonces tenemos que

$$I=I_c=109.91\text{[A]}$$

Luego según tabla 310.16 NTC 2050 el conductor seleccionado a 75° C sería un 2 AWG.

Cálculo de conductores por regulación de tensión.

Utilizando el método de los momentos ESSA y suponiendo una regulación máxima del 2% la regulación está dada por

$$\%V = \frac{S * L * Fc * Kg}{Vl^2}$$

Donde

S= potencia de la carga en kVA

L= longitud de la acometida en [m].

Fc= factor de corrección del tipo de acometida. Según tabla 3.26 norma ESSA

Kg= constante generaliza norma ESSA.

Vl= tensión de línea.

Luego entonces para una regulación del 2% resolvemos la ecuación

$$2 = \frac{13.2 * 25 * 6 * Kg}{208^2}$$

Y al resolver para Kg obtenemos que Kg= 43.70 luego según tabla 3.25 de la norma ESSA y para factor de potencia 0.9 el calibre de fase del conductor seleccionado es un 1/0 AWG y con el nuevo Kg=38.16 calculamos la regulación final dada por

$$\%V = \frac{13.2*25*6*38.16}{208^2}=1.74 \%$$

Luego el conductor final seleccionado es un 1/0 AWG con In= 150 [A]

Protección seleccionada

De acuerdo con el apéndice 240-6 NTC 2050 seleccionamos la protección para la corriente máxima que transportara el conductor en condiciones normales de carga. Luego

$$Ip=150 [A]$$

Y de acuerdo a la tabla 250-95 NTC 2050 seleccionamos el calibre mínimo del conductor de puesta a tierra, que para una protección Ip= 150[A] sería un conductor N° 8 AWG.

1.1.1.3 Cálculo de protecciones grupo de apartamentos torre 1

A continuación, haremos el cálculo de la acometida de un grupo de 20 usuarios correspondientes a la torre 1. En el ejemplo se ha considerado que las tres torres son iguales por lo que omitiremos los cálculos de las otras dos torres. Es de recalcar que esta acometida es trifásica mientras las acometidas de los apartamentos tipo son todas monofásicas dos hilos (fase + neutro).

Cálculo de la demanda máxima

Basados en la norma ESSA la demanda máxima esta dada por

$$D_{\text{máx}} = \frac{D_{\text{inv}} * n}{Fd}$$

Donde

D_{inv} = Demanda máxima individual

N = número de usuarios

F_d = factor de diversidad.

Entonces para nuestro ejemplo tenemos según tabla 2.16 norma ESSA

Cuadro B 9 .Factor de diversidad estratos 1,2,3,4

SECTOR	FACTOR DE DIVERSIDAD
Estrato 1, 2, 3 y 4	$F_{div Res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{(1-N)/6}}$

Luego $F_d=4.278$ y la demanda máxima sería:

$$D_{máx} = \frac{11[kVA]*20}{4.278} = 51.417 [kVA]$$

Cálculo de conductores por capacidad de corriente

Primero calculamos la corriente de cargas como:

$$I = \frac{D_{máx}}{208*\sqrt{3}} [A]$$

Luego tenemos que:

$$I = \frac{51.417[kVA]}{208[V]*\sqrt{3}} = 142.71 [A]$$

Hacemos los ajustes de corrección por temperatura y por agrupamiento acorde a las tablas 310.16 y 310.17 de la NTC 2050.

Luego la I_c mínima de mi diseño está dada por

$$I_c = \frac{I}{F_r * F_a} [A]$$

Donde

Fr= factor de corrección por temperatura

Fa= factor de corrección por agrupamiento.

Que para nuestro ejemplo y acorde a la tabla 310-16 TNC 2050

Fr= 1 y Fa= 1

Luego entonces tenemos que

$$I=I_c=142.71[A]$$

Luego según tabla 310.16 NTC 2050 el conductor seleccionado a 75° C sería un 1/0 AWG con capacidad de corriente de 150 [A]

Cálculo de conductores por regulación de tensión.

Utilizando el método de los momentos ESSA y suponiendo una regulación máxima del 2% la regulación está dada por

$$\%V = \frac{S * L * Fc * Kg}{Vl^2}$$

Donde

S= potencia de la carga en kVA

L= longitud de la acometida en [m].

Fc= factor de corrección del tipo de acometida. Según tabla 3.26 norma ESSA

Kg= constante generaliza norma ESSA.

Vl= tensión de línea.

Luego entonces para una regulación del 2% resolvemos la ecuación

$$2 = \frac{51.417 * 25 * 1 * Kg}{208^2}$$

Y al resolver para Kg obtenemos que Kg= 67.31 luego según tabla 3.25 de la norma ESSA y para factor de potencia 1 el calibre de fase del conductor seleccionado es un 2 AWG con nuevo Kg=58.57 calculamos la regulación final dada por

$$\%V = \frac{51.417 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 58.57}{208^2} = 1.72$$

Pero como el en calculo por capacidad de corriente nos da un calibre mayor entonces seleccionamos el calibre mayor y calculamos la nueva regulación en este caso para un conductor calibre 1/0 AWG con In=150 [A]

$$\%V = \frac{51.417 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 38.16}{208^2} = 1.09$$

Protección seleccionada

De acuerdo con el apéndice 240-6 NTC 2050 seleccionamos la protección para la corriente máxima que transportara el conductor en condiciones normales de carga. Luego

$$I_p = 150 \text{ [A]}$$

Y de acuerdo a la tabla 250-95 NTC 2050 seleccionamos el calibre mínimo del conductor de puesta a tierra, que para una protección $I_p = 150 \text{ [A]}$ sería un conductor N° 8 AWG.

1.1.1.4 Cálculo de protecciones motores.

A continuación, haremos el cálculo de la acometida de uno de los motores

- Motor trifásico de 12 HP (ascensor) 208 [V], $f_p = 0.9$, $l = 30 \text{ [m]}$

Cálculo de conductores por capacidad de corriente

Primero calculamos la In de la tabla 430-150 NTC 2050 y por interpolación

$$I = 41.62 \text{ [A]}$$

La corriente mínima de carga de diseño viene dada por

$$I_c = \frac{1.25 \cdot I}{F_t \cdot F_a}$$

Donde

F_t = factor de corrección por temperatura

F_a = factor de corrección por agrupamiento.

Que para nuestro ejemplo y acorde a la tabla 310-16 TNC 2050

$F_t = 1$ y $F_a = 1$

De acuerdo con los ajustes de corrección por temperatura, por agrupamiento y arranque de motores acorde a las tablas 310.16 de la NTC 2050.

Tenemos que la I_c mínima de mi diseño sería

$$I_c = \frac{1.25 \cdot 41.62}{1 \cdot 1} = 52.02 \text{ [A]}$$

Luego según tabla 310.16 NTC 2050 el conductor seleccionado a 60° C sería un 6 AWG con $I_n = 55 \text{ [A]}$

Cálculo de conductores por regulación de tensión.

Utilizando el método de los momentos ESSA y suponiendo una regulación máxima del 2% la regulación esta dada por

$$\%V = \frac{S \cdot L \cdot F_c \cdot K_g}{Vl^2}$$

Donde

S = potencia de la carga en kVA

L = longitud de la acometida en [m].

F_c = factor de corrección del tipo de acometida. Según tabla 3.26 norma ESSA

K_g = constante generaliza norma ESSA.

Vl = tensión de línea.

Luego entonces para una regulación del 2% resolvemos la ecuación

$$2 = \frac{\sqrt{3} * 208 * 41.62 * 30 * 1 * Kg}{208^2}$$

Y al resolver para Kg obtenemos que Kg= 153.9 luego según tabla 3.25 de la norma ESSA y para factor de potencia 0.9 el calibre de fase del conductor seleccionado es un 6 AWG y con el nuevo Kg=138.85.

calculamos la regulación final considerando el calibre mayor de los criterios estudiados que para este caso es el mismo, por consiguiente, el conductor seleccionado es un 6 AWG con Kg=138.85 y la regulación final sería:

$$\%V = \frac{\sqrt{3} * 208 * 41.62 * 30 * 1 * 138.85}{208^2} = 1.44$$

Luego el conductor final seleccionado es un 6 AWG con In= 55 [A]

Protección seleccionada

De acuerdo con la tabla 430-152 NTC 2050 seleccionamos la corriente de protección de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Ip = 2.5 * In [A]$$

Entonces $Ip = 2.5 * 41.62 = 104.05 [A]$

De acuerdo con el apéndice 240-6 NTC 2050 seleccionamos la protección para la condición anterior.

$$Ip = 110 [A]$$

Y de acuerdo a la tabla 250-95 NTC 2050 seleccionamos el calibre mínimo del conductor de puesta a tierra, que para una protección $Ip = 110 [A]$ sería un conductor N° 8 AWG.

1.1.1.5 Cálculo de protecciones servicios generales.

A continuación, haremos el cálculo de la acometida de servicios generales. Esta acometida es trifásica. Asumimos factor de potencia 1

Cálculo de la demanda máxima

Basados en la TNC 2050 tabla 2-20-13, 430-148 y 430-150 calculamos la demanda máxima de servicios generales como:

$$D_{\text{máx}} = D_{\text{máxm}} + D_{\text{máxg}}$$

$D_{\text{máxm}}$ = Demanda máxima de motores

$D_{\text{máxg}}$ = Demanda máxima de alumbrado y tomas servicios generales.

Luego para motores tenemos

$$D_{\text{máxm}} = \Sigma \text{todos} + 0.25 * M_{\text{mayor}}$$

$$D_{\text{máxm}} = 32.757[\text{kVA}] + 0.25 * 14.84[\text{kVA}] = 34.46 [\text{kVA}]$$

Y para tomas y alumbrado

$$D_{\text{máxg}} = 5[\text{kVA}] * 100\% + 0[\text{kVA}] * 50\% = 5[\text{kVA}]$$

Luego

$$D_{\text{máx}} = 41.46[\text{kVA}]$$

Cálculo de conductores por capacidad de corriente

Primero calculamos la corriente de cargas como:

$$I = \frac{D_{\text{máx}}}{208 * \sqrt{3}} [\text{A}]$$

Luego tenemos que:

$$I = \frac{41.46[\text{kVA}]}{208[\text{V}] * \sqrt{3}} = 115.08 [\text{A}]$$

Hacemos los ajustes de corrección por temperatura y por agrupamiento acorde a las tablas 310.16 y 310.17 de la NTC 2050.

Luego la I_c mínima de mi diseño está dada por

$$I_c = \frac{I}{Fr * Fa} \text{ [A]}$$

Donde

Fr = factor de corrección por temperatura

Fa = factor de corrección por agrupamiento.

Que para nuestro ejemplo y acorde a la tabla 310-16 TNC 2050

$Fr = 1$ y $Fa = 1$

Luego entonces tenemos que

$$I = I_c = 115.08 \text{ [A]}$$

Luego según tabla 310.16 NTC 2050 el conductor seleccionado a 75° C sería un 1 AWG con capacidad de corriente de 130 [A]

Cálculo de conductores por regulación de tensión.

Utilizando el método de los momentos ESSA y suponiendo una regulación máxima del 2% la regulación está dada por

$$\%V = \frac{S * L * Fc * Kg}{Vl^2}$$

Donde

S = potencia de la carga en kVA

L = longitud de la acometida en [m].

Fc = factor de corrección del tipo de acometida. Según tabla 3.26 norma ESSA

Kg = constante generaliza norma ESSA.

Vl = tensión de línea.

Luego entonces para una regulación del 2% resolvemos la ecuación

$$2 = \frac{41.16 * 50 * 1 * Kg}{208^2}$$

Y al resolver para Kg obtenemos que Kg= 42.04 luego según tabla 3.25 de la norma ESSA y para factor de potencia 1 el calibre de fase del conductor seleccionado es un 1/0 AWG con nuevo Kg=36.84 calculamos la regulación final dada por

$$\%V = \frac{41.16*50*1*36.84}{208^2}=1.76$$

Que es la regulación calcula con el mayor de los calibres de las hipótesis de calculo.

Protección seleccionada

De acuerdo con el apéndice 240-6 NTC 2050 seleccionamos la protección para la corriente máxima que transportara el conductor en condiciones normales de carga. Luego

$$I_p=150 \text{ [A]}$$

Y de cuerdo a la tabla 250-95 NTC 2050 seleccionamos el calibre mínimo del conductor de puesta a tierra, que para una protección $I_p= 150\text{[A]}$ sería un conductor N° 8 AWG.

1.1.1.6 Cálculo de protecciones acometida principal.

A continuación, haremos el cálculo de la acometida principal. Esta acometida es trifásica. Asumimos factor de potencia 0.9

Cálculo de la demanda máxima

Basados en la TNC 2050 tabla 2-20-13, 430-148 y 430-150 calculamos la demanda máxima de todo el conjunto como

$$D_{\text{máx}} = D_{\text{máx}a} + D_{\text{máx}g}$$

$D_{\text{máx}a}$ = Demanda máxima apartamentos.

$D_{\text{máx}g}$ = Demanda máxima de servicios generales.

Luego tenemos

$$D_{\text{máx}}=167.80 \text{ [kVA]}$$

Trabajamos con el mínimo transformador comercial capaz de suministrar esa potencia que para nuestro caso de 225 [kVA]

Cálculo de conductores por capacidad de corriente.

Primero calculamos la corriente de carga como:

$$I = \frac{D_{\text{máx}}}{208 \cdot \sqrt{3}} \text{ [A]}$$

Luego tenemos que:

$$I = \frac{225 \text{ [kVA]}}{208 \text{ [V]} \cdot \sqrt{3}} = 624.53$$

Hacemos los ajustes de corrección por temperatura y por agrupamiento acorde a las tablas 310.16 y 310.17 de la NTC 2050.

En número de conductores viene dado por

$$In = \frac{I}{I_c * F_c}$$

Donde

I= corriente nominal lado de baja del transformador.

Ic= corriente nominal del conductor seleccionado

Fc= Factor de corrección por agrupamiento

Luego para un conductor 350 kcmils con In=505 [A] a 75°C

Tenemos

$$In = \frac{624.53}{505 \cdot 0.65} = 1.90$$

Lo que es el equivalente a dos conductores por Fase 350 kcmils

Cálculo de conductores por regulación de tensión.

Utilizando el método de los momentos ESSA y suponiendo una regulación máxima del 2% la regulación está dada por

$$\%V = \frac{S * L * Fc * Kg}{n * Vl^2}$$

Donde

S= potencia de la carga en kVA

L= longitud de la acometida en [m].

Fc= factor de corrección del tipo de acometida. Según tabla 3.26 norma ESSA

Kg= constante generaliza norma ESSA.

Vl= tensión de línea.

n= numero de conductores por fase.

Luego entonces procedemos a validar el conductor seleccionado 350 kcmils con factor de potencia de 0.9 y una acometida de 50[m] de longitud.

$$\%V = \frac{225*50*1*14.12}{2*208^2}=1.83 \%$$

Que cumple con la regulación mínima de 2%.

Protección seleccionada

De acuerdo con el apéndice 240-6 NTC 2050 seleccionamos la protección para la corriente máxima que transportaran los conductores en condiciones normales de carga que para nuestro caso es $I=651[A]$. Luego

$$Ip=700 [A]$$

Y de acuerdo a la tabla 250-95 NTC 2050 seleccionamos el calibre mínimo del conductor de puesta a tierra, que para una protección $Ip= 700[A]$ sería un conductor N° 1 AWG.

1.1.1.7 Cálculo de protecciones Transformador.

De acuerdo con la tabla 450-3.a.1 calculamos las protecciones del transformador como sigue:

- Lado primario $I_p = 3 \times I_{PN}$
- Lado secundario $I_p = 1.25 \times I_{NS}$

donde

I_{PN} = corriente nominal del primario.

I_{NS} = corriente nominal del secundario.

Luego tenemos entonces que

- Lado primario $I_p = 3 \times 9.48 \text{ [A]} = 29.52 \text{ [A]}$
- Lado secundario $I_p = 1.25 \times 624.54 \text{ [A]} = 780.67 \text{ [A]}$

Luego las protecciones seleccionadas son:

- Lado primario $I_p = 30 \text{ [A]}$
- Lado secundario $I_p = 800 \text{ [A]}$

Con un fusible con poder de corte del lado de baja dado por

$$I_{coci} = \frac{100 * I_{NS}}{U_z}$$

luego

$$I_{coci} = \frac{100 * 780.67}{4} = 19.51 \text{ [kA]}$$

Y seleccionamos un fusible cuyo poder mínimo de corte sea de 20[kA]

Ejemplo 1 utilizando la aplicación en VBA

A continuación, trabajamos el ejemplo uno utilizando el aplicativo en VBA

Acometida apartamento tipo

Cuadro B 10. Resultados acometida apartamento tipo ejemplo 1

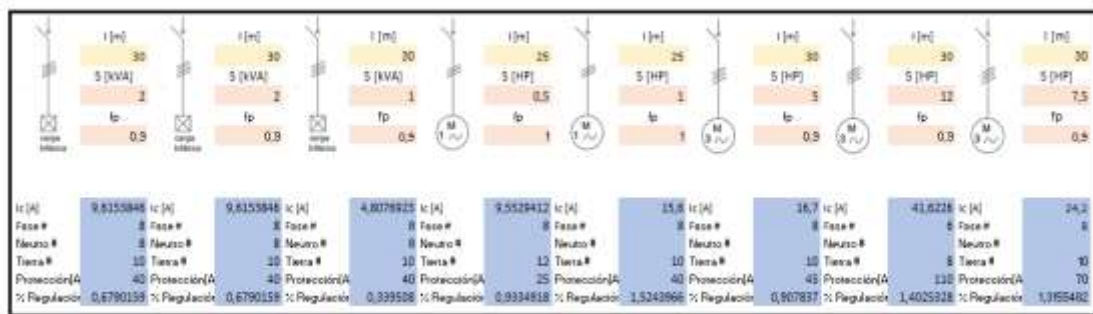
 usuario monotásico	I [m]	25	
	S [kVA] (NTC)	13,2	
	fp	0,9	
	S [kVA] (OR)	11	
	Ic [A]	109,91861	
	Fase #	1/0	
		Neutro #	1/0
		Tierra #	8
		Protección[A]	150
		% Regulación	1,7468521

Acometida motor de 12 HP

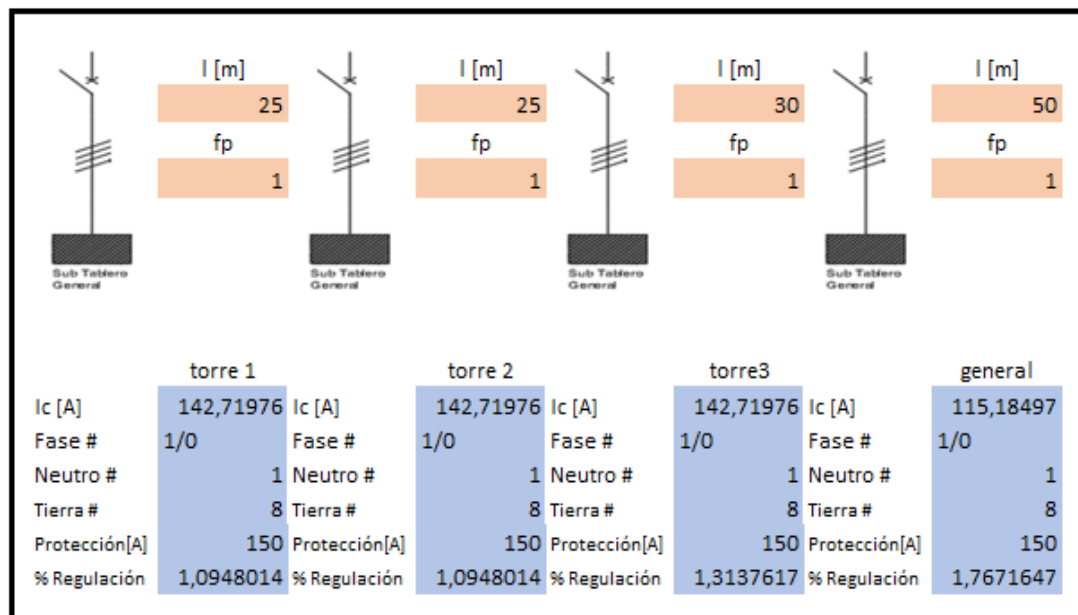
Cuadro B 11. Resultados Acometida motor de 12 HP ejemplo 1

	I [m]	30
	S [HP]	12
	fp	0,9
	Ic [A]	41,6226
Fase #	6	
Neutro #		
Tierra #	8	
Protección[A]	110	
% Regulación	1,4025328	

Cuadro B 12. Resultados Acometida servicios Generales ejemplo 1



Cuadro B 13. Resultados Acometida sub-principal ejemplo 1



Cuadro B 14. Resultados Acometida sub-principal ejemplo 1

Resultados Transformador	
Dmáx Usuarios [kVA]	132,02832
Dmáx S.G[kVA]	35,748487
Total [kVA]	167,7768
Trafo seleccionado [kVA]	225
Proteccion alta (3X)	30
Proteccion baja (3X)	800
poder Min. De corte [kA]	20

l [m] 50

Ic [A]	624,53755
# de con. X fase	2
Fase #	350
Neutro #	300
Tierra #	1
Proteccion	700
% Regulación	1,8369401

A continuacion mostramos los resultados finales que el informe de la aplicación nos proporciona.

Cuadro B 15. Resultados Bloque de apartamentos “Torre1” ejemplo 1

[illegible]

Cuadro B 16. Resultados Bloque de apartamentos “Torre2” ejemplo 1

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES POR RAMAL																								
RAMAL 2	Bloque Aptos-torre 2																							
# de carga	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$I_n [A]$	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
I_c corregida por T^* (mínima de diseño)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
$S [kVA]$ (por NTTC)	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
I_c corregida por T^* y (+) arranque de motores (mínima de diseño)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Factor de corrección %	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Momento	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330
Wg	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7
conductor seleccionado por $V/\%$	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 90°	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
conductor seleccionado	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
Corriente conductor seleccionado	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Factor de corrección por T^* (calculado arriba)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Corriente real del conductor a proteger	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
conductor de neutro	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
conductor de Tierra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Protección seleccionada	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Wg final	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2
regulación final	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
# de fases	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Cuadro B 17. Resultados Bloque de apartamentos “Torre3” ejemplo 1

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES POR RAMAL																								
RAMAL 3	Bloque Aptos-torre3																							
# de carga	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$I_n [A]$	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
I_c corregida por T^* (mínima de diseño)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
$S [kVA]$ (por NTTC)	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
I_c corregida por T^* y (+) arranque de motores (mínima de diseño)	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Factor de corrección %	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Momento	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330
Wg	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7
conductor seleccionado por $V/\%$	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 90°	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
conductor seleccionado	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
Corriente conductor seleccionado	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Factor de corrección por T^* (calculado arriba)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Corriente real del conductor a proteger	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
conductor de neutro	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
conductor de Tierra	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Protección seleccionada	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Wg final	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2
regulación final	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
# de fases	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Cuadro B 18. Resultados Bloque de apartamentos “servicios generales” ejemplo 1

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES POR RAMAL																								
RAMAL 4	servicios G-general																							
# de carga	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
I_n [A]	9,62	9,62	4,81	9,55	15,6	16,7	41,6	14,2																
I_c corregida por T^* (mínima de diseño)	9,62	9,62	4,81	9,55	15,6	16,7	41,6	14,2																
S [kva] (por NTTC)	2	2	1	1,15	1,67	6,02	15	8,72																
I_c corregida por T^* y (+) arranque de motores (mínima de diseño)	9,62	9,62	4,81	11,9	18,5	20,9	52	30,1																
Factor de correccion %	2,25	2,25	2,25	6	6	1	1	1																
Momento	60	60	30	28,7	46,8	180	450	262																
Wg	641	641	1282	503	308	479	152	331																
conductor seleccionado por $V/\%$	12	12	14	10	8	10	6	8																
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 90°	14	14	14	14	14	12	6	8																
conductor seleccionado	8	8	8	8	8	8	8	8																
corriente conductor seleccionado	40	40	40	40	40	40	55	40																
Factor de correccion por T^* (calculado arriba)	1	1	1	1	1	1	1	1																
Corriente real del conductor a proteger	40	40	40	40	40	40	55	40																
conductor de neutro	8	8	8																					
conductor de Tierra	10	10	10	12	10	10	8	10																
Protección seleccionada	40	40	40	25	40	45	120	70																
Wg final	218	218	218	135	135	218	139	218																
regulación final	0,68	0,63	0,54	0,93	1,52	0,91	1,44	0,31																
# de fases	2	2	2	1	1	1	3	3																

Cuadro B 19. Resultados Sub-acometida principal. ejemplo 1

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES SUB-ACOMETIDA PRINCIPAL															
SUB-ACOMETIDA PRINCIPAL															
# de acometida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nombre del ramal	torre 1	torre 2	torre 3	general											
Tipo de carga (1.residencial y 2 para servicios generales)	Aptos	Aptos	Aptos	S. gen	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos
Q por O.R	51,417	51,417	51,417	35,748	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipo de acometida (trifásica)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Distancia [m]	25	25	30	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q máx. en [kVA] (NTC para S.G y O.R para conjunto de aptos)	51,417	51,417	51,417	41,497	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ip	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
In [A]	142,720	142,72	142,72	115,18											
I corregida por T* (mínima de diseño)	142,720	142,72	142,72	115,18											
Momento	1285,429	1285,4	1542,5	2074,9											
IIG	67,314	67,314	86,095	41,703											
Conductor seleccionado por V% Conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 80°	1/0	1/0	1/0	1											
Conductor Seleccionado	1/0	1/0	1/0	1/0											
Corriente conductor seleccionado	150	150	150	150											
Factor de correccion por T* calculado arriba)	1	1	1	1											
Corriente real del conductor a proteger	150	150	150	150											
Conductor de neutro	1	1	1	1											
Conductor de Tierra	0	0	0	0											
Protección seleccionada	150	150	150	150											
IIG final	36,848	36,848	36,848	36,848											
Regulación final	1,099	1,0940	1,3128	1,7672											
RESUMEN DEMANDA MAXIMA															
Demanda máxima	132,0283167														
Demanda S.G.	38,74848683														
Total	167,7768035														

Cuadro B 20. Resultados transformadores y acometida principal. ejemplo 1

ACOMETIDA PRINCIPAL	
Tipo de acometida	Trifásica en bandeja
Potencia tráfalo seleccionado [kVA]	225
Distancia [m]	50
Ip	0,9
In [A]	624,5375508
Factor de Correccion por temperatura	1
n de conductores por fase	2
Factor de correccion por agrupamiento	0,65
Momento	11250
IIG	15,38275556
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75°	350
conductor seleccionado por V%	350
Conductor Seleccionado	350
Corriente conductor seleccionado	505
Conductor de Neutro	300
Conductor de Tierra	1
Protección seleccionada	700
IIG final	14,1286
Regulación final	1,836940066
RESUMEN TRANSFORMADOR	
Tensión lado de alta [V]	13200
Tensión lado de baja [V]	208
I lado de alta [A]	9,84
I lado de baja [A]	624,54
I lado de alta [A] a proteger	29,52
I lado de baja [A] a proteger	780,67
I corti lado de baja [kA]	19,52
Proteccion Seleccionada lado de alta X3	30
Proteccion Seleccionada lado de baja X3	800
Poder minimo de corte de la proteccion lado de baja [kA]	20

Al analizar los resultados del informe podemos validar que son los mismos calculados de forma manual pero obtenidos de forma automática mucho más rápidamente.

[illegible]

Cuadro B 23. Informe de resultados servicios generales ejemplo 2

Cuadro B 24. Informe de resultados sub acometida principal ejemplo 2

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES SUB-ACOMETIDA PRINCIPAL Y ACOMETIDA PRINCIPAL															
SUB-ACOMETIDA-PRINCIPAL															
# de acometida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nombre del ramal	TORRE 1A	TORRE 1B	TORRE 2A	TORRE 2B	TORRE 3A	TORRE 3B	TORRE 4A	TORRE 4B	TORRE 5A	TORRE 5B	SOCIAL				
Tipo de carga [1 residencial y 2 para servicios generales]	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	S. gen	S. gen	Aptos	Aptos	Aptos
S por O.R.	52,720	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	59,41	59,41	0	0	0
Tipo de acometida [trifásica]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Distancia [m]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0
D máx en [kVA] (NTC para 5.G y O.R para conjunto de aptos)	52,720	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	67,159	67,159	0	0	0
It	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
In [A]	146,336	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	186,41	186,41	186,41	186,41	186,41
I corregida por T* (mínimo de diseño)	146,336	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	186,41	186,41	186,41	186,41	186,41
Momento	1581,600	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	2014,8	2014,8	2014,8	2014,8	2014,8
IG	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	32,21	32,21	32,21	32,21	32,21
Conductor seleccionado por V _f	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0
Conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 80°	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	1/0 1/0	3/0 3/0	3/0 3/0	3/0 3/0	3/0 3/0	3/0 3/0
Conductor seleccionado	1/0 1/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	2/0 2/0	3/0 3/0	3/0 3/0	3/0 3/0	3/0 3/0	3/0 3/0
Corriente conductor seleccionado	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200
Factor de corrección por T* (calculado arriba)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Corriente real del conductor a proteger	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200
Conductor de Neutro	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0
Conductor de Tierra	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Protección seleccionada	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200
IG final	38,170	38,17	38,17	38,17	38,17	38,17	38,17	38,17	38,17	38,17	25,589	25,589	25,589	25,589	25,589
Regulación final	1,995	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954	1,9954
RESUMEN DEMANDA MÁXIMA															
Dmáx usuarios	480														
Dmáx 5.G	118,8193875														
Total	598,8193875														

Cuadro B 25. Informe de resultados acometida principal y transformador ejemplo 2

ACOMETIDA PRINCIPAL	
Tipo de acometida	Trifásica en bandeja
Potencia trafo seleccionado [kVA]	630
Distancia [m]	30
Ip	0,9
In [A]	1748,705142
Factor de Correccion por temperatura	1
# de conductores por fase	5
Factor de correccion por agrupamiento	0,65
Momento	18900
Wg	17,16825397
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75°	500
conductor seleccionado por V%	350
Conductor Seleccionado	500
Corriente conductor seleccionado	630
Corriente real del grupo de Conductores a proteger	2015
Conductor de Neutro	400
Conductor de Tierra	250
Protección seleccionada	2000
Wg final	11,139
Regulación final	0,973220692
RESUMEN TRANSFORMADOR	
Tensión lado de alta [V]	13200
Tensión lado de baja [V]	208
I lado de alta [A]	27,56
I lado de baja [A]	1748,71
I lado de alta [A] a proteger	82,67
I lado de baja [A] a proteger	2185,88
I corti lado de baja [kA]	43,72
Protección Seleccionada lado de alta K3	90
Protección Seleccionada lado de baja K3	2000
Poder mínimo de corte de la protección lado de baja [kA]	50

1.1.1.9 Ejemplo 3

Se va a desarrollar el mismo proyecto del ejemplo 2 pero en una zona donde la temperatura ambiente es de 36°C.

Cuadro B 26. Informe de resultados por bloque de apartamentos ejemplo 3

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES POR RAMAL																								
RAMAL 1	Bloque Aptos-TORRE 1A																							
# de carga	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
In [A]	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
I corregida por T° (mínima de diseño)	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9
S [kVA] (por NTC)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
I corregida por T° y (+) arranque de motores (mínima de diseño)	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9
Factor de correccion Niv	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Momento	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Wg	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216
conductor seleccionado por V%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 80°	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Conductor Seleccionado	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Corriente conductor seleccionado	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Factor de correccion por T° (calculado arriba)	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Corriente real del conductor a proteger	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1	45,1
Conductor de Neutro	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Conductor de Tierra	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Protección seleccionada	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Wg final	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
Regulación final	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
# de fases	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

(son 10 iguales)

Cuadro B 27. Informe de resultados servicios generales ejemplo 3

[illegible]

Cuadro B 28. Informe de resultados sub acometida principal ejemplo 3

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES SUB-ACOMETIDA PRINCIPAL Y ACOMETIDA PRINCIPAL																
SUB-ACOMETIDA-PRINCIPAL																
# de acometida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	TORRE 1A	TORRE 1B	TORRE 2A	TORRE 2B	TORRE 3A	TORRE 3B	TORRE 4A	TORRE 4B	TORRE 5A	TORRE 5B	SOCIAL 1	SOCIAL 2				
Nombre del ramal																
Tipo de carga (1: residencial y 2 para servicios generales)																
S por O.R.	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	S. gen	S. gen	Aptos	Aptos	Aptos	
Tipo de acometida (trifásica)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Distancia (m)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
D máx. en (kVA) (NTC para S.G y O.R para conjunto de aptos)	52,720	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	52,72	67,159	67,159		
Ip	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0	
I(4)	146,336	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	146,34	136,41	136,41		
I corregida por T° (mínima de diseño)	166,291	166,29	166,29	166,29	166,29	166,29	166,29	166,29	166,29	166,29	166,29	166,29	211,83	211,83		
Momento	1581,600	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	1581,6	2014,8	2014,8		
Kg	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	41,032	32,21	32,21		
Conductor seleccionado por V ₀	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	2/0	2/0		
Conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 60°	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	4/0	4/0		
Conductor Seleccionado	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	4/0	4/0		
Corriente conductor seleccionado	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	230	230		
Factor de correccion por T° (calculado arriba)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
Corriente real del conductor a proteger	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	202,4	202,4		
Conductor de Neutro	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	3/0	3/0		
Conductor de Tierra	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Protección seleccionada	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	225	225		
Kg final	31,158	31,158	31,158	31,158	31,158	31,158	31,158	31,158	31,158	31,158	31,158	31,158	21,121	21,121		
Regulación final	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	1,139	0,9036	0,9036		
RESUMEN DEMANDA MAXIMA																
Dmáx usuarios	480															
Dmáx S.G	118,8198875															
Total	598,8198875															

Cuadro B 29. Informe de resultados acometida principal y transformador ejemplo 3

ACOMETIDA PRINCIPAL	
Tipo de acometida	Trifásica en bandeja
Potencia trafo seleccionado [kVA]	630
Distancia [m]	30
Ip	0,9
Im [A]	1748,705142
Factor de Corrección por temperatura	0,88
# de conductores por fase	5
Factor de corrección por agrupamiento	0,65
Momento	18900
kg	17,16825397
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75°	500
conductor seleccionado por V%	350
Conductor Seleccionado	500
Corriente conductor seleccionado	620
Corriente real del grupo de conductores a proteger	1773,2
Conductor de Neutro	400
Conductor de Tierra	4/0
Protección seleccionada	1600
kg final	11,139
regulación final	0,973120682
RESUMEN TRANSFORMADOR	
Tensión lado de alta [V]	13200
Tensión lado de baja [V]	208
I lado de alta (A)	27,56
I lado de baja (A)	1748,71
I lado de alta (A) a proteger	62,67
I lado de baja (A) a proteger	2185,88
I corti lado de baja [kA]	43,72
Protección Seleccionada lado de alta X3	50
Protección Seleccionada lado de baja X3	2000
Poder mínimo de corte de la protección lado de baja [kA]	50

1.1.1.10 Ejemplo 4

Se tiene un conjunto residencial con 3 torres con 20 apartamentos cada uno.

Las condiciones de diseño son las siguientes

- En la primera torre todos los usuarios son monofásicos.
- En la segunda torres totos los usuarios son bifásicos.
- En la tercera torre todos los usuarios son trifásicos.
- El proyecto es estrato 4
- La temperatura del lugar del proyecto es de 28°C
- se permite una regulación máxima del 5%.
- Cuanta con una zona social.

A continuación, se muestra el cuadro de cargas modelo.

APARTAMENTO TIPO		ZONA SOCIAL 1	
Dmáx por NTC	10 [KVA]	Motor trifásico	12 HP
Dmáx por O.R	8[kVA]	Motor trifásico	5 HP
fp=	0,9	Motor monofásico	2 HP
		Motor monofásico	2 HP
		iluminacion	10 [KVA]

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES POR RAMAL																											
RAMAL 1		Bloque Agroz-Torre 1																									
# de carga		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
n [4]		83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3		
x corregida por T° (mínima de diseño)		83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3		
S [kVA] (por kWh)		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
x corregida por T° y (+) arranque de motores (mínima de diseño)		83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3	83,3		
Factor de corrección Iw		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
Momento		400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400		
IG		27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
conductor seleccionado por Vti		3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0		
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 90°		1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
conductor seleccionado		3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0		
Corriente conductor seleccionado		165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165		
Factor de corrección por T° (calculado arriba)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Corriente real del conductor a proteger		165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165		
Conductor de neutro		3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0		
Conductor de Tierra		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Protección seleccionada		175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175		
IG final		25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6		
Regulación final		1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42		
# de fases		1	1	1																							

[illegible]

Cuadro B 33. Informe de resultados torre 3 ejemplo 4

[illegible]

Cuadro B 34. Informe de resultados servicios generales ejemplo 4

[illegible]

Cuadro B 35. Informe de resultados sub acometida principal ejemplo 4

INFORME Y RESULTADOS DE CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES SUB-ACOMETIDA PRINCIPAL Y ACOMETIDA PRINCIPAL															
SUB-ACOMETIDA-PRINCIPAL															
# de acometida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nombre del ramal	Torre 1			Torre 2	Torre 3										
Tipo de carga (1 residencial y 2 para servicios generales)	Aptos	Aptos	Aptos	S. gen	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	Aptos	S. gen	S. gen	Aptos	Aptos	Aptos
S por O.R	37,394	37,394	37,394	32,628		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipo de acometida (trifásica)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Distancia [m]	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D máx en [kVA] (NTC para S.G y O.R para conjunto de aptos)	37,394	37,394	37,394	40,376											
Ip	0,9	0,9	0,9	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
In [A]	103,796	103,8	103,8	112,07											
I corregida por T° (mínima de diseño)	103,796	103,8	103,8	112,07											
Momento	1869,715	1869,7	1869,7	2018,8											
KIG	34,709	34,709	34,709	32,145											
Conductor seleccionado por V%	2/0	2/0	2/0	2/0											
Conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75° o 60°	2	2	2	2											
Conductor seleccionado	2/0	2/0	2/0	2/0											
Corriente conductor seleccionado	175	175	175	175											
Factor de correccion por T°(calculado arriba)	1	1	1	1											
Corriente real del conductor a proteger	175	175	175	175											
Conductor de Neutro	1/0	1/0	1/0	1/0											
Conductor de Tierra	8	8	8	8											
Protección seleccionada	175	175	175	175											
KIG final	31,158	31,158	31,158	31,158											
Regulacion final	1,347	1,3465	1,3465	1,4539											
RESUMEN DEMANDA MAXIMA															
Dmáx usuarios	96,00059398														
Dmáx S.G	32,62798294														
Total	128,6482769														

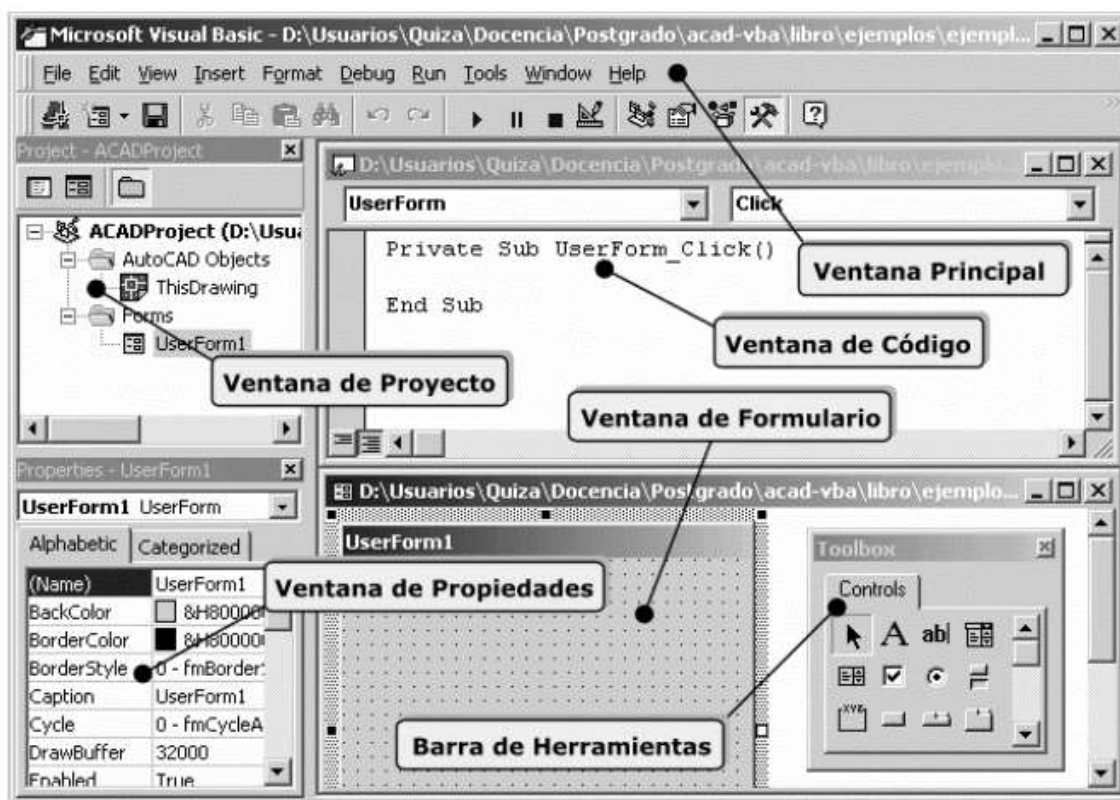
Cuadro B 36. Informe de resultados acometida principal y transformador ejemplo 4

ACOMETIDA PRINCIPAL	
Tipo de acometida	Trifásica en: bandeja
Potencia trafo seleccionado [kVA]	150
Distancia [m]	50
Ip	0,9
In [A]	416,3583672
Factor de Correccion por temperatura	1
# de conducciones por fase	1
Factor de correccion por agrupamiento	1
Momento	7500
KIG	8,6538
conductor seleccionado por capacidad de corriente a 75°	350
conductor seleccionado por V%	1000
Conductor Seleccionado	1000
Corriente conductor seleccionado	935
Corriente real del grupo de Conductores a proteger	935
Conductor de Neutro	900
Conductor de Tierra	2/0
Protección seleccionada	1000
KIG final	7,41674
regulacion final	1,285723696
RESUMEN TRANSFORMADOR	
Tensión lado de alta [V]	13200
Tensión lado de baja [V]	208
I lado de alta [A]	6,56
I lado de baja [A]	416,36
I lado de alta [A] a proteger	19,68
I lado de baja [A] a proteger	520,45
I corti lado de baja [A]	13,01
Proteccion Seleccionada lado de alta K3	20
Proteccion Seleccionada lado de baja K3	600
Poder minimo de corte de la proteccion lado de baja [kA]	15

Apéndice C. Descripción del lenguaje de programación usado

El Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de VBA es el ambiente de trabajo que permite crear, modificar y depurar aplicaciones de VBA para AutoCAD. Ver la siguiente figura C1

Figura C 1. Ventana entorno de desarrollo VBA



Fuente: monografía Ramón Quiza Sardiñas PROGRAMANDO PARA AUTOCAD CON VBA

Se puede acceder al IDE mediante el comando VBAIDE, o con la opción Macros > Visual Basic Editor (Alt+F11) del submenú Tools del menú estándar de AutoCAD. El IDE también puede

abrirse mediante el botón “Visual Basic Editor” del VBA Manager. El IDE cuenta con varias ventanas. (Sardiñas, 2006)

- Ventana Principal: Es la ventana “madre” del IDE. Contiene el menú principal, las barras de herramientas, y el área de trabajo donde se muestran el resto de las ventanas.
- Ventana de Código: Muestra la programación asociada a cada formulario, a cada módulo de código o de clase, o al propio dibujo de AutoCAD.
- Ventana de Formulario: Muestra el diseño del formulario. Permite acceder a cada uno de los controles que lo componen.
- Ventana de Herramientas: Contiene los controles que pueden ser agregados los formularios durante el diseño de la interfaz de usuario.
- Ventana de Proyecto: Muestra los módulos y demás elementos integrantes del proyecto.
- Ventana de Propiedades: Muestra y permite modificar las propiedades del

formulario activo o de uno de sus controles que esté seleccionado. En los siguientes tópicos se explicarán los detalles de cada una de estas ventanas y de los elementos que las componen. (Jelen, 2011)

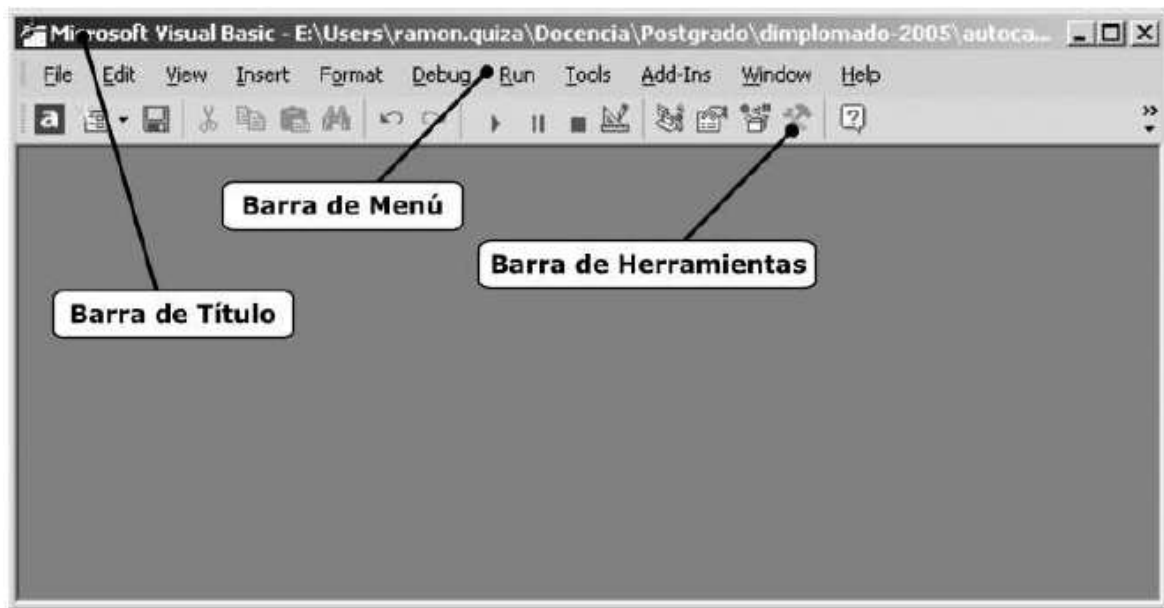
VENTANA PRINCIPAL

La Ventana Principal se compone de los siguientes elementos: Barra de Título: Localizada en la parte superior de la ventana, muestra las palabras “Microsoft Visual Basic” seguidas del nombre del archivo que contiene el proyecto abierto.

• Barra de Menú y barra de herramientas. Juntas proporcionan los menús desplegables necesarios para desarrollar las aplicaciones. Muchos de los submenús presentes en la barra de menú tales como File, Edit, View y Help son similares a los del resto de los programas de

Windows, en cambio, otros como Debug o Run son específicos de VBA. A lo largo de este material se irán viendo las diferentes opciones de las diferentes barras. Ver figura C2. (Sardiñas, 2006)

Figura C 2. Ventana principal

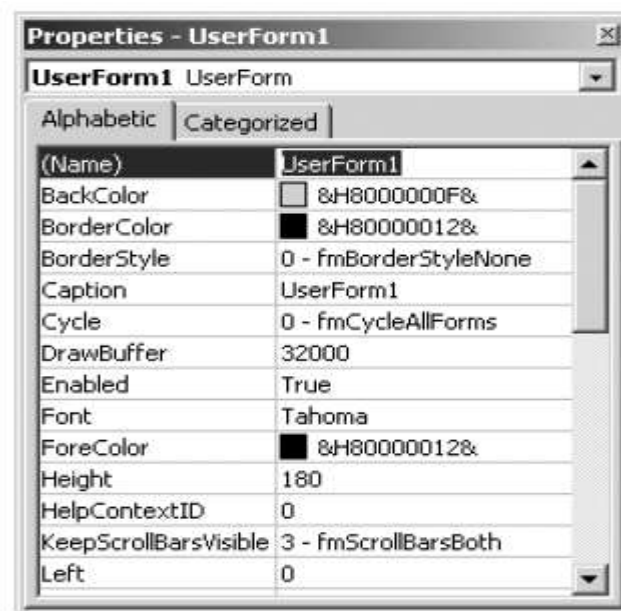


Fuente: monografía Ramón Quiza Sardiñas PROGRAMANDO PARA AUTOCAD CON VBA

VENTANA DE PROPIEDADES

La Ventana de Propiedades (Fig. C3) permite visualizar y modificar las propiedades de los formularios y de cada uno de sus componentes. La lista de propiedades puede mostrarse ordenada alfabéticamente o por categorías. Mediante el cuadro desplegable de la parte superior, se puede seleccionar el componente deseado, lo cual también puede lograrse haciendo clic directamente sobre él, con el ratón, en la Ventana de Formulario. (Sardiñas, 2006)

Figura C 3. Ventana formulario



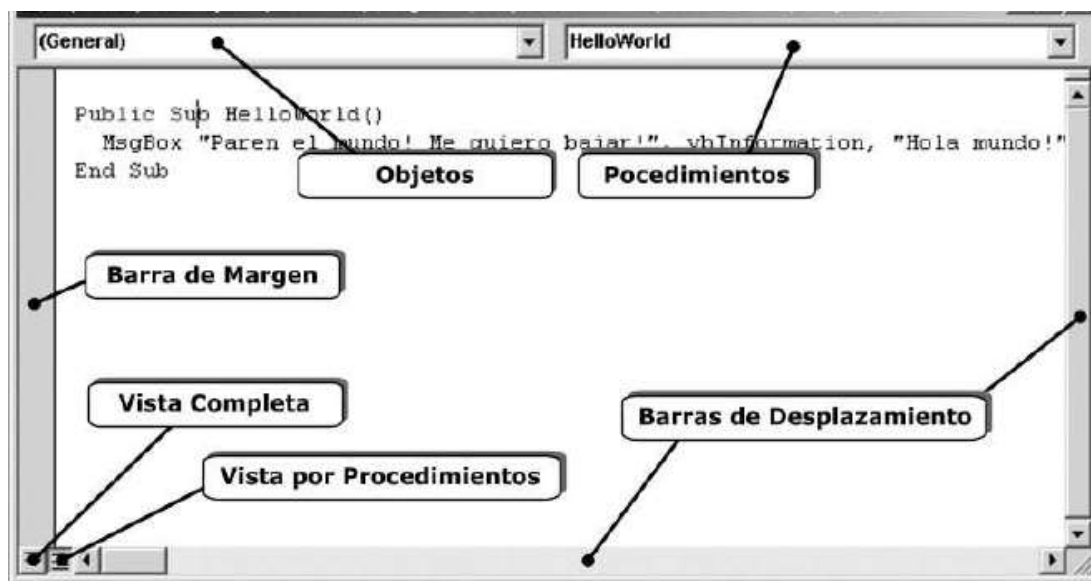
Fuente: monografía Ramón Quiza Sardiñas PROGRAMANDO PARA AUTOCAD CON VBA

VENTANA DE CODIGO

La Ventana de Código (Fig. C4) se utiliza para mostrar, escribir y modificar el código de programación de un formulario o módulo determinado. En la parte superior tiene dos cuadros desplegables. El de la izquierda muestra todos los controles presentes (si es un formulario), además muestra una sección denominada

General con la programación correspondiente a todo el módulo. En el cuadro de la derecha se muestran todas las subrutinas (procedimientos y funciones) del control seleccionado en el cuadro de la izquierda, incluyendo los procedimientos de evento. Ambos cuadros desplegables permiten cambiar el objeto seleccionado y la subrutina dentro del objeto.

Figura C 4. Ventana de código



Fuente: monografía Ramón Quiza Sardiñas PROGRAMANDO PARA AUTOCAD CON VBA

ESTRUCTURA BASICA DEL LENGUAJE VBA

Aquí se pretende exponer un poco los conceptos elementales de este lenguaje de programación, aunque este libro no pretende ser un manual de Visual Basic por obvias razones, está claro que una comprensión básica de las principales estructuras de este lenguaje es una premisa para desarrollar buenos programas.

Comentarios y utilidades básicas

Visual Basic interpreta (o al menos intenta hacerlo) todo el código que se escriba, excepto aquel que esté a la derecha del signo apóstrofe ('), el cual es completamente ignorado. Esta característica es muy útil para escribir comentarios dentro del código. Los comentarios pueden ocupar toda una línea, o estar a continuación de una línea de código, tal como se muestra a continuación: (Sardiñas, 2006)

```
' Esto es un comentario que ocupa toda la línea  
A = B + C ' Este comentario está en la misma línea  
           ' que un fragmento de código (A = B + C)
```

Otro rasgo muy usado de Visual Basic es que puede escribirse una sentencia en más de una línea, empleando el carácter subrayado (_). Por ejemplo, las dos sentencias siguientes son exactamente equivalentes: (Sardiñas, 2006)

```
TiempoMaquinado = Longitud/(Avance*Revoluciones)  
TiempoMaquinado = Longitud/  
                   (Avance*Revoluciones)
```

Proyectos y módulos

El proyecto es el conjunto de todos los archivos necesarios para realizar la acción deseada. A estos archivos se les denomina, en forma genérica, módulos. Los módulos pueden ser varios tipos:

- ✓ Formularios: Contienen la información de un formulario y el código asociado a él.
- ✓ Módulos de código: Contienen código que no está asociado a ningún formulario, además de definiciones de variables.
- ✓ Módulos de clase: Contienen la definición de una clase de objeto.

Variables y constantes

Las variables son una parte muy importante de cualquier lenguaje de programación. Estas pueden entenderse bastante bien como espacios de memoria que se reservan en la computadora para almacenar en ellos determinados valores. Por ejemplo, en un programa para calcular el área de un círculo, se puede definir una variable para almacenar el valor del radio. Esta acción reservará en la memoria un cierto espacio, y durante la ejecución del programa el valor que tome este radio será almacenado en el mismo. Las variables siempre se definen para un tipo de datos determinado. En Visual Basic existen diferentes tipos de datos, entre los cuales cabe destacar los siguientes:

- Boolean (booleano): Representa variables que sólo pueden tomar dos valores (verdadero ó falso,

sí ó no, 0 ó 1). Se almacena en dos bytes de memoria. Se puede usar para representar, por ejemplo, el estado de una válvula (abierto ó cerrado) o el estado de un indicador de seguridad (encendido ó apagado). (Sardiñas, 2006)

Integer (entero): Representan valores numéricos enteros, tales como la cantidad de remaches que hay en una estructura metálica, o la cantidad de válvulas que existen en una red de tuberías. Puede tomar valores entre $-32\,768$ y $32\,767$ y se almacena en dos bytes (16 bits) de memoria.

Long (entero largo): También representa valores numéricos enteros pero en un rango mucho más amplio: desde $-2\,147\,483\,648$ hasta $2\,147\,483\,647$. Se almacena en cuatro bytes (32 bits).

Byte: Es otro tipo de datos para representar valores numéricos enteros, pero sólo en el rango de 0 a 255. Se almacenan en un solo byte.

Single (real de precisión simple): Representa valores numéricos reales en el rango desde $1,4 \cdot 10^{-45}$ hasta $3,4 \cdot 10^{38}$ (para números negativos, desde $-3,4 \cdot 10^{38}$ hasta $-1,4 \cdot 10^{-45}$). Es el tipo de datos apropiado para representar, por ejemplo, el peso de un perfil laminado de determinada longitud, la velocidad de un elemento de máquina en un instante dado o la potencia de un motor eléctrico. Se utilizan 4 bytes para cada variable de este tipo.

Double (real de precisión simple): Al igual que el anterior, también representa valores numéricos reales, pero con una precisión dos veces superior. Admite valores desde $1,8 \cdot 10^{-308}$ hasta $4,9 \cdot 10^{324}$ (o desde $-4,9 \cdot 10^{324}$ hasta $-1,8 \cdot 10^{-308}$, para números negativos). En este tipo de datos se almacenan gran número de variables típicas del trabajo con AutoCAD, como coordenadas, longitudes y ángulos. Requiere 8 bytes para su almacenamiento.

String (cadena): Representa variables de cadena de caracteres del código ASCII, tales como la mayor parte de los textos ordinarios. Ejemplo de su utilización puede ser para almacenar el código del plano de una pieza, el modelo de una máquina, el nombre de un operario, etc.

Object (objeto): Se emplea para representar referencias a objetos (desde el punto de vista de programación) de cualquier tipo. Requiere cuatro bytes.

Variant (variante): Puede almacenar tanto valores numéricos como de texto. Es un tipo de variable muy versátil ya que puede contener casi cualquier información, pero su uso es poco eficiente, por lo que debe evitarse su empleo tanto como se pueda. (Sardiñas, 2006)

Las variables se definen con la instrucción Dim, cuya sintaxis es:

```
Dim <NombreDeLaVariable> As <TipoDeDatos>
```

Por ejemplo, para definir una variable llamada corriente a proteger, de tipo Double,

la instrucción será:

```
Dim corriente_a_proteger As Double
```

La declaración de varias variables puede hacerse en diferentes instrucciones Dim, o en una sola, de la forma:

```
Dim <Variable1> As <Tipo1>, <Variable2> As <Tipo2>, ...
```

La declaración de las variables no es imprescindible en VBA, pero cada variable no declarada será de tipo Variant, con lo que se perderá en eficiencia. Escribiendo la instrucción Option Explicit, al inicio de un módulo la declaración de las variables

se vuelve obligatoria y de no hacerlo se genera un error durante la ejecución del código. La utilización de la instrucción Option Explicit es una buena política de programación que permite generar códigos más eficientes y limpios.

Las constantes son elementos que almacenan un valor que, como lo indica su nombre, no varía durante toda la ejecución del programa. Se definen con la instrucción Const, según la sintaxis: (Sardiñas, 2006)

```
Const <NombreDeLaConstante> [As <TipoDeDato>] = <Valor>
```

Funciones y procedimientos

En los módulos, el código está organizado en subrutinas, las cuales pueden ser procedimientos o funciones. Los procedimientos (procedures) son un conjunto de instrucciones encerradas entre las instrucciones Sub y End Sub, que realizan un conjunto de acciones determinadas. A los procedimientos se les pueden suministrar argumentos, que son variables que las instrucciones del mismo procesarán. En el siguiente ejemplo, se muestra un procedimiento llamado MiMensaje, al cual se le suministran, como argumentos las variables Nombre y Mensaje, ambas del tipo String, y muestra, como acción, un mensaje que combina ambas variables, utilizando en procedimiento MsgBox que ya se vio anteriormente.

```
Sub MiMensaje(Nombre As String, Mensaje As String)
    ' Muestra un mensaje en pantalla
    MsgBox Mensaje, vbInformation, "Mensaje de " & Nombre
End Sub
```

Las funciones (functions) son similares a los procedimientos pero, además, como resultado devuelven un valor que será de un tipo determinado. Se implementan entre las etiquetas Function y End Function. El ejemplo siguiente, se muestra una función que calcula la potencia aparente monofásica dada una corriente y una tensión monofásica. (Sardiñas, 2006)

```
Function potencia(V, I As Double) As Double
    ' me calcula una potencia monofásica'
    |
    S = V * I

End Function
```

Arreglos

Los arreglos son estructuras que permiten hacer referencia a varios valores mediante un mismo nombre. Para referirse a un elemento específico dentro del conjunto se utilizan uno o más índices. El concepto de arreglo dentro de los lenguajes de programación es similar a los de vector o matriz, en Álgebra. Todos los elementos de un arreglo deben ser de un mismo tipo de datos. Por supuesto, si el tipo dato del arreglo es Variant, entonces puede contener diversos tipos de datos. Los arreglos pueden ser estáticos o dinámicos. Los primeros contienen un número fijo de elementos, establecido en su declaración. Por ejemplo, la instrucción (Sardiñas, 2006)

```
Dim Nombres(0 To 9) As String
```

declara un arreglo llamado Nombres, que puede contener 10 valores de tipo String, a los cuales se les puede referir como Nombres(0), Nombres(1)... Nombres(9).

Operadores

Los operadores son elementos que realizan una acción determinada (operación) sobre una o más variables. En Visual Basic existen diferentes tipos de operadores. En la Tabla C1, se muestra un resumen de los mismos, con ejemplos de su aplicación:

Cuadro C 1. Operadores

Tipo	Operador	Operación	Ejemplo
Aritméticos	+	Adición	A + B
	-	Substracción,	A - B
	*	Multipliación	A * B
	/	División	A / B
	\	División entera	A \ B
	Mod	Resto de la división entera	A Mod B
	-	Cambio de signo	- A
	^	Elevación a potencia	A ^ B
De texto	&	Concatenación de cadenas	A & B
	Like	Comparación de cadenas	A Like B
Relacionales	=	Igualdad	A = B
	<>	Diferencia	A <> B
	<	Minoría	A < B
	>	Mayoría	A > B
	<=	Minoría o igualdad	A <= B
	>=	Mayoría o igualdad	A >= B
Lógicos	Not	Negación	Not A
	And	And	A And B
	Or	Or inclusivo	A Or B
	Xor	Or exclusivo	A Xor B

Fuente: monografía Ramón Quiza Sardiñas PROGRAMANDO PARA AUTOCAD CON VBA

Estructuras condicionales

Es común que, en cualquier problema, nos encontremos frente a tomas de decisiones. Por ejemplo, si la presión es demasiado alta, entonces abrimos la válvula de seguridad; si el número de Reynolds dentro de la tubería es mayor que $5 \cdot 10^5$, entonces el régimen del flujo es turbulento, sino el régimen es laminar. Para el tratamiento de estas tomas de decisiones, los lenguajes de programación incorporan las estructuras condicionales. La estructura condicional más usada en Visual Basic es If...Then...Else, la cual permite evaluar una condición, si se cumple se ejecutará un conjunto de instrucciones (llamadas instrucciones positivas), de lo contrario, se ejecutará otro conjunto de instrucciones (instrucciones negativas). La sintaxis de la misma es: (Sardiñas, 2006)

```
If (<Condicion>) Then  
    <InstruccionesPositivas>  
Else  
    <InstruccionesNegativas>  
End If
```

Estructuras repetitivas

Las estructuras repetitivas permiten realizar acciones similares un número determinado de veces con las mismas instrucciones. Dentro de estas se destaca la sentencia For...Next, que tiene la sintaxis:

```
For <var> = <expres1> To <expres2> [Step <expres3>]  
    [<sentencias>]  
    [Exit For]  
    [<sentencias>]  
Next [<var>]
```

La variable del ciclo (llamada “var” en la sintaxis) controla el proceso. El ciclo se ejecuta desde el valor dado por la primera expresión (expres1) hasta el valor dado por la segunda expresión (expres2). La variable del ciclo aumenta su valor en cada iteración del lazo, aumentando cada vez en el valor dado por la tercera expresión (expres3). La instrucción Exit For es opcional y permite interrumpir la ejecución del lazo en un punto dado. (Sardiñas, 2006)