



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO.

5

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES "ACATLAN".

290 380

SIZER 1.7 – DETERMINACIÓN DE CALIBRE DE
CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN MATEMÁTICAS APLICADAS
Y COMPUTACIÓN.

PRESENTA

MARIO ALBERTO BLANCAS SALDAÑA.



ASESOR:

FÍS-MAT JORGE LUIS SUÁREZ
MADARIAGA





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico este trabajo a mi esposa Ana
Lilia Contreras Martínez.

Por su inmenso amor, comprensión y
ternura.

Te amo Lilita.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres: Martha Saldaña Cisneros y Mario Blancas Gutiérrez por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera. A mis hermanos: Alfredo, María del Rosario, Martha Yazmin y Juan Antonio Blancas Saldaña por su apoyo. A mi esposa Ana Lilia Contreras Martínez por haber soportado mis incontables ratos de mal humor durante este trabajo y no obstante siempre animándome a terminar.

A mi asesor el Físico-Matemático Jorge Luis Suárez Madariaga, por su paciencia y confianza en el trabajo y en mi persona. Al Ingeniero Felipe Reséndiz Sánchez por su amistad, su apoyo incondicional y su profesionalismo.

A mis compañeros de la carrera: Elia Santillán Moncayo, Sonia Verónica García Cosme y Sergio Alejandro Matías Hernández, quienes siempre estuvieron presentes cuando los necesité.

Y por último y no por ello menos significativo a la Universidad Nacional Autónoma de México, nuestra Máxima Casa de Estudio.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN	3
CABLE DE ENERGIA ELECTRICA	3
DETERMINACION DE CALIBRE DE CIRCUITOS EN BAJA TENSION.	7
DETERMINACION DE CALIBRE DE CIRCUITOS EN MEDIA TENSION	17
CONFIGURACIÓN DE CIRCUITOS	27
ANTECEDENTES ACADÉMICOS	28
ANÁLISIS Y DISEÑO	30
PROBLEMA	30
OBJETIVOS	32
ANALISIS DEL PROBLEMA	33
PROPUESTA DE SOLUCION.....	36
DISEÑO DEL SISTEMA.....	37
RESULTADOS	41
INSTALACION DEL SISTEMA	41
USO DEL SISTEMA	46
ANÁLISIS DE BENEFICIOS	70
CONCLUSIONES	71
GLOSARIO	73
BIBLIOGRAFÍA	75

Introducción

Al egresar de la carrera de Matemáticas Aplicadas y Computación con la preespecialidad de Simulación y Análisis de Decisión, comencé mi desarrollo profesional prestando mis servicios en el departamento eléctrico de una empresa dedicada al diseño y desarrollo de plantas industriales. En esta compañía realicé programas de corte técnico para el propio departamento y al término de un año me separé de esta para incorporarme a una empresa dedicada al desarrollo de software administrativo.

Después de un tiempo y debido a la necesidad de mantenimiento a los sistemas hechos para el departamento eléctrico de la antes mencionada empresa, reinicie comunicación con el Ingeniero Felipe Reséndiz Sánchez, encargado de los programas técnicos del departamento. En una platica informal acerca de las deficiencias o inexistencia de herramientas en la determinación de calibre en conductores eléctricos, nos planteamos el reto de crear un programa para este fin.

Tuvieron que pasar casi dos años y medio para que fuera liberado para su venta el programa Sizer 1.7, determinación de calibre de conductores eléctricos; enfocado a: firmas de ingeniería, unidades verificadoras, consultores independientes, etc.

En la primera parte de este trabajo se define la estructura interna de un cable protegido, así como el cálculo para la determinación de calibre de conductores eléctricos, para baja y media tensión (hasta 35,000 Volts).

En la segunda parte se define el problema, se analiza y se presenta la solución para la automatización del proceso de determinación de calibre.

En la tercera parte se presenta la mecánica de instalación, registro del sistema, además de la captura y determinación de calibre de circuitos.

Contextualización

CABLE DE ENERGIA ELECTRICA

Un cable aislado de energía eléctrica parece ser un dispositivo eléctrico relativamente simple. De hecho, este cable es un sofisticado sistema de componentes eléctricos. Para entender esta afirmación se examinarán sus componentes y operación básica. Por simplicidad, la explicación se limitará a cables de un solo conductor. Sin embargo, estos fundamentos también aplican a cables multi-conductores.

Existen dos componentes básicos en un cable. Estos son el conductor y el aislante eléctrico, este último también llamado dieléctrico (Figura 1). Un tercer componente usado en algunos diseños es una armadura exterior.

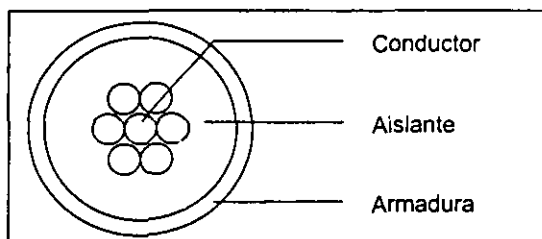


Figura 1. Elementos de un cable en baja tensión

Conductor

El conductor puede ser de cobre o aluminio con una sección sólida o de hilo trenzado. La principal razón de usar conductores trenzados es la de obtener mayor flexibilidad. Los conductores trenzados pueden ser a su vez concéntricos, compactos o sectoriales esto para conseguir la flexibilidad, el diámetro y la capacidad de conducción deseados. Para la misma área de sección transversal de un conductor hay diferencias de diámetro entre los de tipo sólidos y los trenzados. Esta es una consideración importante en la selección de conectores y en los métodos de empalme y terminado.

Aislante eléctrico o dieléctrico

El aislante eléctrico debe de proveer propiedades físicas y eléctricas adecuadas para prevenir un corto circuito entre el conductor energizado y otro conductor cercano. Para cables en baja tensión, 600 Volts o menos, la densidad del aislante requerida para la protección física contra daños es más que adecuada para suministrar a su vez la capacidad dieléctrica necesaria.

Armadura

Para aplicaciones especiales o condiciones extremas, una cubierta extra se aplica sobre el aislante eléctrico para proteger al conductor del medio en el cual será instalado. Existen diversos materiales disponibles para usar como armaduras, según el requerimiento del diseño, como son: contra efectos físicos, químicos o térmicos.

Otra consideración en el diseño e instalación de cables es el campo dieléctrico. En todos los cables eléctricos, independiente de sus rangos de tensión, existe un campo dieléctrico presente cuando el conductor es energizado. Este campo dieléctrico es típicamente representado por líneas de flujo electrostáticas y líneas equipotenciales entre el conductor y la tierra.

Cuando un conductor es energizado hay líneas electrostáticas de flujo creado dentro del dieléctrico. La densidad de estas líneas de flujo es dependiente de la magnitud de diferencia potencial entre el conductor y la tierra.

La distancia entre las líneas equipotenciales representa una caída de tensión en el aislamiento. Para una determinada tensión, estas líneas están unidas más cercas al conductor.

En la figura 2 representa el campo eléctrico de un cable desprotegido en contacto con tierra. Esto no toma en cuenta la diferencia en las constantes dieléctricas de la aislamiento y el aire circulante.

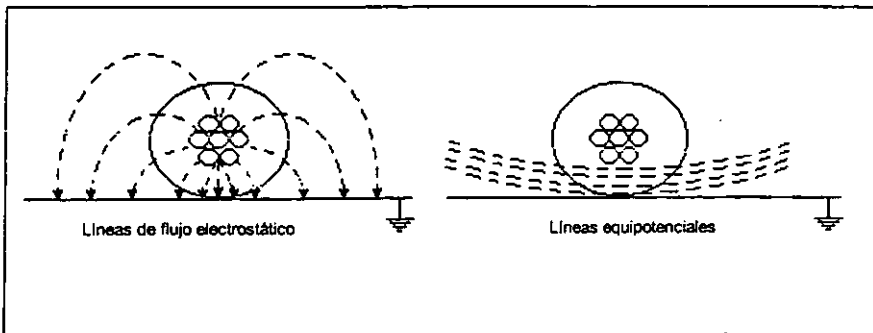


Figura 2. Campo dieléctrico de un cable en baja tensión en contacto con tierra

Observe que las líneas de flujo electrostático están saturadas en la más cerrada área de aislación a tierra. También las líneas equipotenciales son excéntricas en su relación a el conductor y la superficie del cable dieléctrico. Esta distorsión de los campos es aceptable si la potencia dieléctrica del aislante del cables es adecuada para resistir la concentración de las tensiones dieléctricas. Los cables de baja tensión son diseñados para cumplir con este requisito.

Calibres

Desde hace años las dimensiones de los cables se han expresado comercialmente por números de calibres, en especial en Estados Unidos. Esta práctica ha traído consigo ciertas confusiones, debido al gran número de escalas de calibres que se han utilizado. En Estados Unidos, la escala más usada para cables destinados a usos eléctricos es la "American Wire Gage" (AWG), misma que ha sido adoptada en México.

La "American Wire Gage" también conocida como la "Brown and Sharpe Gage" fue ideada en 1857 por J. R. Brown. Esta escala de calibres, así como algunas otras de las escalas usadas, tiene la propiedad de que sus dimensiones representan aproximadamente los pasos sucesivos del proceso de estirado del cable y, además, sus números son regresivos, un número mayor representa un cable de menor diámetro, correspondiendo a los pasos de estirado.

A diferencia de otras escalas, los calibres del "American Wire Gage" no se han escogido arbitrariamente, sino que están relacionados por una ley matemática. La escala se formó fijando dos diámetros y estableciendo una ley de progresión geométrica para diámetros intermedios. Los diámetros base seleccionados son 0.4600 pulgadas (calibre 4/0) y 0.0050 pulgadas (calibre 36), y hay 38 dimensiones entre estos dos. Por lo tanto, la razón entre un diámetro cualquiera y el diámetro siguiente en la escala está dada por la expresión:

$$\sqrt[39]{\frac{0.4600}{0.0050}} = \sqrt[39]{92} = 1.1229$$

Esta progresión geométrica puede expresarse como sigue:

La razón entre dos diámetros consecutivos en la escala es constante e igual a 1.1229.

Para secciones superiores a 4/0 se define el cable directamente por su diámetro o área. Las unidades adoptadas en Estados Unidos con este fin son:

Mil, para diámetros, siendo una unidad de longitud igual a una milésima de pulgada.
Circular mil, para áreas, unidad que representa el área del círculo de un mil de diámetro. Tal círculo tiene un área de 0.7854 mils cuadrados. Para secciones mayores se emplea la unidad designada por las siglas KCM o MCM, que equivale a mil circular mils.

mm ²	AWG o MCM	Área de la sección transversal, mm ²	Número de alambres	Diámetro exterior nominal, mm	Peso nominal Kg/Km
-	8	8.37	7	3.40	75.9
-	6	13.30	7	4.29	120.7
-	4	21.15	7	5.41	191.9
-	2	33.6	7	6.81	305
-	1	42.4	19	7.59	385
50	-	48.3	19	8.33	438
-	1/0	53.5	19	8.53	485
-	2/0	67.4	19	9.55	612
70	-	69.0	19	9.78	626
-	3/0	85.0	19	10.74	771
-	4/0	107.2	19	12.06	972
-	250	126.7	37	13.21	1149
150	-	147.1	37	14.42	1334
-	300	152.0	37	14.48	1379
-	350	177.3	37	15.65	1609
-	400	203	37	16.74	1839
240	-	239	37	18.26	2200
-	500	253	37	18.69	2300
-	600	304	61	20.6	2760
-	750	380	61	23.1	3450
-	800	405	61	23.8	3680
-	1000	507	61	26.9	4590

Tabla 1. Construcciones preferentes de cable de cobre con cableado redondo compacto.

DETERMINACION DE CALIBRE DE CIRCUITOS EN BAJA TENSION.

A continuación se cubrirán los criterios utilizados para el cálculo y selección de los conductores en baja tensión (hasta 600 V) para un transformador y un motor. Considerando para ello los criterios de capacidad de conducción de corriente, caída de tensión bajo operación normal, y máxima caída de tensión durante el arranque para el caso del motor*.

Los conductores seleccionados son de cobre, tienen aislamiento con temperatura máxima de operación de 75°C.

Datos Generales considerados para diseño

Los datos listados a continuación constituyen los criterios considerados como base para el cálculo de los parámetros que intervienen en la selección de conductores en baja tensión.

Campo	Valor
Tensión nominal del sistema:	480 / 277 V.
Temperatura ambiente:	40 y 38°C
Tipo de conductor:	Monopolar
Material del conductor:	Cobre
Material del aislamiento:	THW
Máxima Temperatura de Operación del Conductor:	75°C
Máxima caída de tensión en por ciento permitida para el circuito:	3 %
Máxima caída de tensión en por ciento permitida para el circuito durante el arranque de motores:	15 %

Ejemplo de selección de conductores para un transformador

1.- Para demostrar el método empleado en el cálculo y selección de los conductores de un transformador se consideran los datos del equipo, circuito y canalización listados a continuación:

* En la parte de la bibliografía se enlistan los documentos, estándares y normas utilizados para el cálculo y selección de conductores en baja tensión.

Campo	Valor
Tipo de Carga:	Transformador
Potencia:	45 KVA
Tensión Nominal:	480 - 220/127V
Número de Fases:	3
Tensión Nominal del Primario:	480V
Tensión Nominal del Secundario:	220/127V
Factor de Potencia del sistema:	0.9
Factor de Demanda:	1.0
Longitud del circuito:	15 m
Tipo de Conductor:	Monopolar
Sistema de soporte o canalización:	Tubo
Material dominante entre los sistemas de soporte o canalización:	Acero
Tipo de protección:	Interruptor Termomagnético

2.- Se determina el valor de la corriente nominal del primario del transformador considerando la capacidad nominal del mismo, el factor de incremento de capacidad por pasos forzados de enfriamiento y el factor de incremento de capacidad por límite de elevación de temperatura²⁰⁰:

$$I_n = \frac{CAP * 1000}{\sqrt{3} * V}$$

Donde:

I_n	Corriente Nominal [Amp.]
CAP	Capacidad Nominal del transformador [KVA].
V	Tensión [Volts].

$$I_n = \frac{4500}{\sqrt{3} * 480} = 54.12$$

3.- Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 310-16 y 310-17³, considerando una temperatura máxima de operación de 75°C y una temperatura ambiente de 38°C. El factor de corrección por temperatura es de 0.88.

4.- Se considera que el conductor se instalará en tubo, la corriente del conductor no deberá ser mayor que la capacidad indicada en la tabla 310-16³.

5.- Se selecciona el conductor por capacidad de conducción aplicando el factor de corrección por temperatura y el factor decremental debido al tipo de canalización (para tubo, factor de corrección por agrupamiento), considerando los valores de la tabla 310-16³, se determina la capacidad de conducción corregida para un conductor de calibre 6 AWG (65 Amp.), y se verifica que cumpla la condición de que la capacidad de conducción de corriente corregida del conductor sea mayor que la corriente para selección del conductor.

$$CAPCI * FCT * FDC > I_s$$

Donde:

<i>CAPCI</i>	Capacidad de conducción de corriente de la tabla correspondiente [Amperes].
<i>FCT</i>	Factor de corrección por temperatura.
<i>FDC</i>	Factor decremental debido al tipo de canalización.(para tubo, Factor de corrección por agrupamiento).
<i>Is</i>	Corriente para selección del conductor [Amperes].

$$(65.Amp.)(0.88)(1.0) > 54.12.Amp.$$

$$57.2.Amp. > 54.12.Amp.$$

6.- Aplicando la nota del artículo 310-15³, la cual indica que esa sección no toma en consideración la caída de tensión en los circuitos. Se verifica que el calibre del conductor propuesto cumpla con los requisitos de caída de tensión. En cumplimiento con el art. 215-2 en su nota 1 y con el art. 210-19 en su nota 4³; de los mismos artículos se define una máxima caída de tensión permisible en el circuito de 3%.

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot \left(\frac{I_N}{CF}\right) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sin\theta)}{V \cdot 10}$$

Donde :

<i>e%</i>	Caída de tensión en por ciento.
<i>L</i>	Longitud del conductor [metros].
<i>I_N</i>	Corriente nominal. [Amp.]
<i>CF</i>	Número de conductores por fase
<i>R</i>	Resistencia [Ω/Km].
<i>X</i>	Reactancia [Ω/Km].
<i>V</i>	Tensión del sistema [Volts].
<i>θ</i>	Angulo de defasamiento entre la tensión y la corriente.
<i>cos θ</i>	Factor de potencia

Aplicando los valores de Resistencia y Reactancia para un conductor monopolar, en canalización magnética de la tabla No. 9 Resistance and Reactance for 600V cables, 3-phase, 60 Hz, 75°C three single conductors in conduit⁹.

Para un conductor monopolar calibre 6 AWG se tiene:

$$R_{75^\circ C} = 1.6076 \Omega/Km$$

$$X_{75^\circ C} = 0.2099 \Omega/km$$

$$e\% = \frac{.3 \cdot 15 \cdot \left(\frac{54.12}{1} \right) \cdot (1.6076 \cdot 0.9 + 0.2099 \cdot 0.43)}{480 \cdot 10} = 0.4506$$

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 1 conductor monopolar por fase de calibre 6 AWG cumple con los requisitos de caída de tensión.

7.- Cálculo del calibre del conductor de puesta a tierra del equipo.

- a. En la tabla 250-95¹ y 250-122⁴ del artículo 250-95¹ y 250-122⁴ se describe el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra considerando el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. Por medio de un estudio de coordinación de protecciones se establece que el ajuste de disparo del interruptor termomagnético es de 100 Amp. con marco de 100 Amp. al que corresponde un conductor de puesta a tierra calibre 8 AWG.
- b. Según el artículo 250-95¹ y 250-122⁴ y considerando que se realizó la compensación de calibre por caída de tensión para los conductores de fuerza, se realiza el ajuste para el conductor de puesta a tierra.

$$A_C = A_{COND} \cdot FI$$

$$FI = \frac{A_{CCT}}{A_{CCC}}$$

Donde:

A_C	Área corregida [mm ²].
A_{COND}	Área del conductor [mm ²].
FI	Factor de incremento.
A_{CCT}	Área del conductor seleccionado por caída de tensión [mm ²].
A_{CCC}	Área del conductor seleccionado por capacidad conducción [mm ²].

$$FI = \frac{Area(6AWG)}{Area(6AWG)} = \frac{13.3mm^2}{13.3mm^2} = 1.0$$

Entonces:

$$A_C = 8.367 \cdot 1.0 = 8.367mm^2$$

Por lo tanto, el calibre del conductor de puesta a tierra será el conductor con área próxima a 8.367 mm². El conductor que cubre este requisito es un conductor de área de 8.367 mm² correspondiente al calibre 8 AWG.

Ejemplo de selección de conductores para un motor

1.- Para demostrar el método empleado en el cálculo y selección de los conductores de un Motor se consideran los datos del equipo, circuito y canalización listados a continuación:

Campo	Valor
Tipo de Carga:	Motor
Potencia:	100 HP
Tensión Nominal del Motor:	440 V
Número de Fases:	3
Tensión Nominal del Sistema:	480V
Factor de Potencia:	0.89
Letra de código:	.
Eficiencia:	0.91
Factor de demanda:	1.0
Longitud del circuito:	18 m.
Tipo de conductor	Monopolar
Sistema de soporte o canalización:	Ambos(tubo conduit de acero y charola de aluminio)
Material dominante entre los sistemas de soporte o canalización:	Aluminio
Tipo de charola:	Charola tipo escalera. Sin cubierta, con espaciamientos máximo entre travesaños de 23 cm.
Arreglo de conductores:	Los conductores serán instalados en la charola sin separación entre sí.
Tipo de protección:	Interruptor termomagnético.

2.- Se determina el valor de la corriente nominal del Motor aplicando el artículo 430-6 a)³, según el cual se puede obtener el valor de corriente de la tabla 430-150³ cuando este valor se emplea como base para la selección de conductores.

3.- De la tabla 430-150³ se obtiene una corriente nominal de 130 Amp. para un motor de 100 HP operando en 440V.

4.- Aplicando el artículo 430-22³, la capacidad de un conductor que alimenta un solo motor deberá tener una capacidad no menor al 125% de la corriente nominal del motor a plena carga, por lo tanto:

$$I_s = 1.25 * I_N * FD$$

Donde :

I_s	Corriente para selección del conductor [Amperes].
I_N	Corriente nominal del motor [Amperes].
FD	Factor de demanda.

$$I_s = (1.25)(130 \text{ Amp.})(1.0) = 162.5 \text{ Amp.}$$

5.- Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 310-16 y 310-17³, considerando una temperatura máxima de operación de 75°C y una temperatura ambiente de 40°C. El factor de corrección por temperatura es de 0.88.

6.- Debido a que el conductor se instalará en tubo conduit y en charola se determina el calibre del conductor por capacidad de conducción para cada caso.

7.- Cálculo del conductor considerando tubo conduit:

- a. Se considera que el conductor se instalará en tubo, la corriente del conductor no deberá ser mayor que la capacidad indicada en la tabla 310-16³.
- b. Se selecciona el conductor por capacidad de conducción aplicando el factor de corrección por temperatura y el factor decremental debido al tipo de canalización (para tubo, Factor de corrección por agrupamiento), considerando los valores de la tabla 310-16³, se determina la capacidad de conducción corregida para un conductor de calibre 3/0 AWG (200 Amp.) y se verifica que cumpla la condición de que la capacidad de conducción de corriente corregida del conductor sea mayor que la corriente para selección del conductor.

$$CAPCI * FCT * FDC > Is$$

$$(200\text{Amp.})(0.88)(1.0) > 162.5\text{Amp.}$$

$$176.0\text{Amp.} > 162.5\text{Amp.}$$

- c. Aplicando la nota del artículo 310-15³, la cual indica que esa sección no toma en consideración la caída de tensión en los circuitos. Se verifica que el calibre del conductor propuesto cumpla con los requisitos de caída de tensión, en cumplimiento con el artículo 215-2 en su nota 1 y con el artículo 210-19 en su nota 4³; de los mismos artículos se define una máxima caída de tensión permisible en el circuito de 3% :

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * L * \left(\frac{I_N}{CF} \right) * (R * \cos \theta + X * \sin \theta)}{V * 10}$$

Aplicando los valores de Resistencia y Reactancia para un conductor monopolar, en canalización no magnética, tabla No. 9 Resistance and Reactance for 600 Volts cables 3-Phase, 60 Hz, 75 °C three single conductors in conduit⁹. Ya que, aunque se está analizando la caída de tensión para tubo de acero, el material predominante entre ambos sistemas es el aluminio. Así, considerando un conductor por fase :

Para un conductor monopolar calibre 3/0 AWG se tiene :

$$R_{75^\circ\text{C}} = 0.2526 \ \Omega/\text{Km}$$

$$X_{75^\circ\text{C}} = 0.1377 \ \Omega/\text{km}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 318 \cdot \left(\frac{130.0}{1}\right) \cdot (0.2526 \cdot 0.89 + 0.1377 \cdot 0.4559)}{480 \cdot 10} = 4.29$$

Como la caída de tensión excede el 3% se incrementa el calibre.

Para un conductor monopolar calibre 350 KCM se tiene :

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = 0.1247 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$X_{75^{\circ}\text{C}} = 0.1312 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 318 \cdot \left(\frac{130.0}{1}\right) \cdot (0.1247 \cdot 0.89 + 0.1312 \cdot 0.4559)}{480 \cdot 10} = 2.54$$

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 1 conductor monopolar por fase de calibre 350 KCM cumple con los requisitos de caída de tensión.

- d. Debido a que la carga es un motor, se calcula la caída de tensión al momento del arranque, considerando que ésta no deberá exceder el 15% de la tensión nominal para permitir el arranque del motor. Para éste cálculo se emplea la corriente de arranque, que será el producto de la corriente nominal por el número de veces que se incrementa la misma durante el arranque (Factor de corriente de arranque). Se emplea también el factor de potencia del motor en el momento del arranque, cuyo valor típico es de 0.30 para un motor de 100 HP según gráfica 10 Pág. 2-36¹⁰.

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{I_N}{CF}\right) \cdot FA \cdot L \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \text{sen}\theta)}{V \cdot 10}$$

Donde :

$e\%$	Caída de tensión en por ciento.
L	Longitud del conductor [metros].
I_N	Corriente nominal. [Amp.]
CF	Número de conductores por fase
FA	Factor de corriente de arranque.
R	Resistencia [Ω/Km].
X	Reactancia [Ω/Km].
V	Tensión del sistema [Volts].
θ	Angulo de defasamiento entre la tensión y la corriente.
$\cos \theta$	Factor de potencia

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{130}{1}\right) \cdot 6 \cdot 318 \cdot (0.1247 \cdot 0.30 + 0.1312 \cdot 0.9539)}{480 \cdot 10} = 14.55$$

Por lo tanto el conductor monopolar de calibre 350 KCM cumple con los valores considerados para caída de tensión durante el arranque del motor.

8.- Cálculo del conductor considerando charola

- Se considera que el conductor se instalará en charola sin tapa, la corriente del conductor no deberá sobrepasar el 65% de la capacidad indicada en la tabla 310-17 de acuerdo con el artículo 318-11 b) 2)³.
- Se selecciona el conductor por capacidad de conducción aplicando el factor de corrección por temperatura y el factor decremental debido al tipo de canalización (para charola, Factor decremental de charola), considerando los valores de la tabla 310-17³. Se determina la capacidad de conducción corregida para un conductor de calibre 3/0 AWG (310 Amp.) y se verifica que cumpla la condición de que la capacidad de conducción de corriente corregida del conductor sea mayor que la corriente para selección del conductor.

$$CAPCI \cdot FCT \cdot FDC > I_s$$

$$(310 \text{ Amp.})(0.88)(0.65) > 162.5 \text{ Amp.}$$

$$117.32 \text{ Amp.} > 162.5 \text{ Amp.}$$

- Aplicando la nota del artículo 310-15³, la cual indica que esa sección no toma en consideración la caída de tensión en los circuitos. Se verifica que el calibre del conductor propuesto cumpla con los requisitos de caída de tensión, en cumplimiento con el artículo 215-2 en su nota 1 y con el artículo 210-19 en su nota 4³; de los mismos artículos se define una máxima caída de tensión permisible en el circuito de 3% :

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot \left(\frac{I_N}{CF}\right) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sin\theta)}{V \cdot 10}$$

Aplicando los valores de Resistencia y Reactancia para un conductor monopolar, en canalización no magnética, tabla No. 9 Resistance and Reactance for 600 Volts cables 3-Phase, 60 Hz, 75 °C three single conductors in conduit⁹. Y considerando un conductor por fase :

Para un conductor 3/0 AWG se tiene :

$$R_{75^\circ\text{C}} = 0.2526 \ \Omega/\text{Km}$$

$$X_{75^\circ\text{C}} = 0.1377 \ \Omega/\text{km}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * 318 * \left(\frac{130.0}{1}\right) * (0.2526 * 0.89 + 0.1377 * 0.4559)}{480 * 10} = 4.29$$

Como la caída de tensión excede el 3% se incrementa el calibre.

Para un conductor monopolar calibre 350 KCM se tiene :

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = 0.1247 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$X_{75^{\circ}\text{C}} = 0.1312 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * 318 * \left(\frac{130.0}{1}\right) * (0.1247 * 0.89 + 0.1312 * 0.4559)}{480 * 10} = 2.54$$

- d. Debido a que la carga es un motor, se calcula la caída de tensión al momento del arranque, considerando que ésta no deberá exceder el 15% de la tensión nominal para permitir el arranque del motor. Para éste cálculo se emplea la corriente de arranque, que será el producto de la corriente nominal por el número de veces que se incrementa la misma durante el arranque (factor de corriente de arranque). Se emplea también el factor de potencia del motor en el momento del arranque, cuyo valor típico es de 0.30 para un motor de 100 HP según la gráfica 10 Pág. 2-36¹⁰.

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * \left(\frac{I_N}{CF}\right) * FA * L * (R * \cos\theta + X * \text{sen}\theta)}{V * 10}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * \left(\frac{130}{1}\right) * 6 * 318 * (0.1247 * 0.30 + 0.1312 * 0.9539)}{480 * 10} = 14.55$$

Por lo tanto el conductor monopolar de calibre 350 KCM cumple con los valores considerados para caída de tensión durante el arranque del motor.

9.- Elección final del calibre

El criterio para la selección del calibre se toma en base al mayor número de conductores por fase. Para este caso ambos sistemas son alimentados por un solo conductor por fase; por lo tanto, el siguiente criterio será verificar el calibre de cada sistema. Como el calibre seleccionado es el mismo, el criterio de selección final será la caída de tensión más crítica, es decir la mayor. Como se puede observar, la caída de tensión para ambos sistemas es la misma. Por lo tanto, el conductor finalmente seleccionado será monopolar calibre 350 KCM.

10.- Cálculo del calibre del conductor de puesta a tierra del equipo.

- a. En la tabla 250-95¹ y 250-122⁴ del artículo 250-95¹ y 250-122⁴ se describe el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra considerando el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. De la tabla de motores en 440V podemos estimar que el ajuste o dispositivo de protección contra sobrecorriente es de 200 Amp. al que correspondería un conductor de puesta a tierra de calibre 6 AWG de acuerdo con la tabla 250-95¹ y 250-122⁴.
- b. Según el artículo 250-95¹ y 250-122⁴ y considerando que se realizó la compensación de calibre por caída de tensión para los conductores de fuerza, se realiza el ajuste para el conductor de puesta a tierra.

$$FI = \frac{A_{CCT}}{A_{CCC}}$$

$$A_C = A_{COND} * FI$$

$$FI = \frac{Area(350AWG)}{Area(3/0AWG)} = \frac{177.33mm^2}{85.01mm^2} = 2.085$$

$$A_C = 13.30 * 2.085 = 27.74mm^2$$

Por lo tanto, el calibre del conductor de puesta a tierra será el conductor con área próxima a 27.74 mm². El conductor que cubre este requisito es un conductor de área de 33.62 mm² correspondiente al calibre 2 AWG.

DETERMINACION DE CALIBRE DE CIRCUITOS EN MEDIA TENSION

A continuación se cubrirán los criterios utilizados para el cálculo y selección de los conductores en media tensión para un transformador y un motor. Considerando para ello los criterios de capacidad de conducción de corriente, caída de tensión bajo operación normal, caída de tensión durante el arranque para el caso del motor y por esfuerzos térmicos bajo condiciones de corto circuito.

Los conductores seleccionados son de cobre, tienen aislamiento con temperatura máxima de operación de 90°C y permiten una elevación máxima de temperatura durante condiciones de corto circuito de 250°C.

Datos generales considerados para diseño

Los datos listados a continuación constituyen los criterios considerados como base para el cálculo de los parámetros que intervienen en la selección de conductores en media tensión.

Campo	Valor
Tensión del sistema:	4160 / 13800 / 34500 V.
Temperatura ambiente:	41 °C
Tipo de conductor:	Tipo MV, Monopolar
Material del conductor:	Cobre
Máxima Temperatura de Operación del Conductor:	90 °C
Máxima Temperatura Admisible en el aislamiento bajo condiciones de corto circuito:	250 °C
Máxima caída de tensión en por ciento permitida para el circuito:	3 %
Máxima caída de tensión en por ciento permitida para el circuito durante el arranque de motores:	15 %

Ejemplo de selección de conductores para un transformador

1.- Para demostrar el método empleado en el cálculo y selección de los conductores de un transformador se consideran los datos del equipo, circuito y canalización listados a continuación.

* En la parte de la bibliografía se enlistan los documentos, estándares y normas utilizados para el cálculo y selección de conductores en media tensión.

Campo	Valor
Tipo de Carga:	Transformador
Potencia:	15MVA
Tensión Nominal:	33-13.8 KV
Número de Fases:	3
Tensión Nominal del Sistema:	33-13.8KV
Factor de Potencia:	0.9
Eficiencia:	-
Factor de Demanda:	1.0
Clase de enfriamiento:	OA/FA/FA
Factor de incremento de carga por pasos forzados de enfriamiento:	1.667
Límite de elevación de temperatura:	55 °C
Factor de incremento de capacidad por límite de elevación de temperatura	1.0
Longitud del circuito:	258 m
Tipo de Conductor:	Monopolar
Sistema de soporte o canalización:	Charola
Material dominante entre los sistemas de soporte o canalización:	Aluminio
Tipo de Charola:	Charola tipo escalera. Sin cubierta, con espaciamiento máximo entre travesaños de 23 cm.
Arreglo de conductores:	Los conductores serán instalados en la charola formando una configuración trébol.
Valor de la Corriente de Corto Circuito:	12.272 KA
Duración de la falla en ciclos por segundo:	5 Ciclos por segundo

2.- Determinamos el valor de la corriente nominal del secundario del transformador considerando la capacidad nominal del mismo, el factor de incremento de capacidad por pasos forzados de enfriamiento y el factor de incremento de capacidad por límite de elevación de temperatura²⁰⁸:

$$I_N = \frac{CAP * FICE * FICT}{\sqrt{3} * V}$$

Donde:

I_N	Corriente nominal [Amp].
CAP	Capacidad Nominal del transformador [KVA].
$FICE$	Factor de incremento de capacidad por pasos forzados de enfriamiento.
$FICT$	Factor de incremento de capacidad por límite de elevación de temperatura.

$$I_v = \frac{1500KVA * 1.6667 * 1.0}{\sqrt{3} * 13800KV} = 1045.945$$

3.- Debido a que la temperatura ambiente del sitio de instalación es de 41 °C y las tablas de capacidad de conducción de corriente están determinadas para una temperatura ambiente de 40 °C, es necesario calcular el factor de corrección por temperatura, el cual permite encontrar la capacidad de conducción de los conductores a la temperatura del sitio de instalación. En las notas a las tablas 310-69 a 310-84 en el inciso 1³ se presenta la fórmula:

$$I_2 = I_1 * \frac{\sqrt{TC - TA_2 - \Delta_{TD}}}{\sqrt{TC - TA_1 - \Delta_{TD}}}$$

Donde:

I_1	Capacidad de corriente de las tablas a la temperatura Ambiente TA_1 .
I_2	Capacidad de corriente de las tablas a la temperatura Ambiente TA_2 .
TA_1	Temperatura ambiente al rededor del cable en °C según las tablas.
TA_2	Temperatura ambiente en °C en que se calculará la capacidad de corriente.
Δ_{TD}	Aumento de temperatura debido a las pérdidas en el dieléctrico.
TC	Temperatura máxima de operación del conductor.

De esta fórmula podemos definir al radical como el factor de corrección por temperatura (FCT), de la siguiente manera:

$$FCT = \frac{\sqrt{TC - TA_2 - \Delta_{TD}}}{\sqrt{TC - TA_1 - \Delta_{TD}}}$$

El aumento de temperatura debido a las pérdidas en el dieléctrico Δ_{TD} puede obtenerse del Estándar IEEE std-835-1985. Sin embargo, debido a que este valor es verdaderamente representativo sólo hasta niveles de tensión del orden de 69 Kv. podemos considerar este término despreciable, de tal forma que:

$$FCT = \frac{\sqrt{90 - 41}}{\sqrt{90 - 40}} = 0.98$$

4.- Al determinar el calibre del conductor que alimentará al equipo se considera que los conductores serán instalados en charolas sin cubierta. De acuerdo con el artículo 318-13 inciso b subinciso 1 y 3³, la corriente que circulará en el conductor no deberá sobrepasar el 75% de la capacidad de corriente determinada a partir de la tabla 310-67³.

5.- Se selecciona entonces el conductor por capacidad de conducción aplicando los factores de corrección por temperatura y debido a la instalación en charolas. De la tabla 310-67³ se selecciona el conductor que cumple la condición de que la capacidad de conducción de corriente corregida del conductor sea mayor que la corriente para selección del circuito.

$$CAPCI * FCT * FDC > I_{CIRCUITO}$$

Donde:

<i>CAPCI</i>	Capacidad de conducción de corriente de la tabla correspondiente [Amperes].
<i>FCT</i>	Factor de corrección por temperatura.
<i>FDC</i>	Factor decremental debido al tipo de canalización.(para tubo, Factor de corrección por agrupamiento).
<i>I_{circuito}</i>	Máxima corriente que circula en el circuito bajo condiciones normales.[Amperes]

Como las capacidades de conducción que se muestran en la tabla 310-67³ no permiten conducir la corriente del transformador con un solo conductor por fase se elige instalar 3 conductores por fase, por lo tanto la condición anterior para 3 conductores por fase de calibre 500 KCM es:

$$(580 \text{ Amp.})(0.98)(0.75) > \frac{1045.945 \text{ Amp.}}{3}$$

$$426.3 \text{ Amp.} > 348.64 \text{ Amp.}$$

Se concluye entonces que 3 conductores calibre 500 KCM cumplen con los criterios de capacidad de conducción.

6.- Se verifica que el arreglo de conductores propuesto cumpla con los requisitos de caída de tensión. Para lo cual se calcula la caída de tensión en los conductores aplicando la fórmula matemática general definida⁶. Integrando los conceptos de corriente de línea:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * L * \left(\frac{I_N}{CF}\right) * (R * \cos\theta + X * \text{sen}\theta)}{V * 10}$$

Donde :

$e\%$	Caída de tensión en por ciento.
L	Longitud del conductor [metros].
I_N	Corriente nominal. [Amp.]
CF	Número de conductores por fase
R	Resistencia [Ω /Km].
X	Reactancia [Ω /Km].
V	Tensión del sistema [Volts].
θ	Angulo de defasamiento entre la tensión y la corriente.
$\cos \theta$	Factor de potencia

Aplicando los valores de Resistencia y Reactancia de la tabla 4A-7 "60 Hz. Impedance data for three phase copper cable circuits in approximate ohms per 1000 ft at 75 °C", y corrigiendo los valores de resistencia por temperatura a 90 °C según fórmula¹¹ se tiene:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T_2 + T}{T_1 + T}$$

Donde:

T	234.5 °C Para cobre recocido estirado en frio con 100 % de conductividad.
T	228 °C Para aluminio estirado en frio con 97.3 % de conductividad.
R_2	Resistencia a la temperatura del ambiente [Ω]
R_1	Resistencia determinada a la temperatura de referencia T_1 [Ω].
T_2	Temperatura ambiente del lugar de instalación [°C].
T_1	Temperatura empleada para la determinación de la resistencia R_1 [°C].

Para un conductor de 500 KCM tenemos:

$$R_{75^\circ\text{C}} = 0.09317 \Omega/\text{Km}$$

$$X_{75^\circ\text{C}} = 0.1381 \Omega/\text{km}$$

Debido que el valor de la reactancia no está en función de la temperatura, sino que únicamente depende del arreglo que se tenga entre los conductores, se tiene:

$$X_{75^\circ\text{C}} = X_{90^\circ\text{C}}$$

Corrigiendo el valor de la resistencia a la Máxima Temperatura de Operación del Conductor:

$$R_{90^\circ\text{C}} = 0.09317 * \frac{90 + 234.5}{75 + 234.5} = 0.097685 \Omega/\text{Km}$$

Se calcula la caída de tensión en por ciento con los valores de resistencia corregida a la nueva temperatura:

$$e\% = \frac{3 \cdot 258 \cdot \left(\frac{1045.945}{3}\right) \cdot (0.097685 \cdot 0.9 + 0.1381 \cdot 0.4358)}{13800 \cdot 10} = 0.167214$$

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 3 conductores monopolares de calibre 500 KCM es muy pequeña, por lo que se considera que cumple con los requisitos de caída de tensión.

7.- Según la recomendación del Estándar⁷ y para cumplir con los requisitos del Manual de Procedimientos para la Operación de Unidades de Verificación de Instalaciones, se calcula el área mínima con la que debe contar el conductor para soportar los esfuerzos térmicos impuestos bajo condiciones de corto circuito. De la fórmula:

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 \cdot t = K \cdot \log_{10} \left[\frac{T_2 + T}{T_1 + T} \right]$$

Donde:

<i>I</i>	Magnitud de la corriente de falla [Amperes]
<i>t</i>	Tiempo de duración de la falla [segundos].
<i>A</i>	Sección transversal del conductor [cm].
<i>K</i>	Constante que depende de las características térmicas del conductor (0.0297 para conductores de cobre y 0.0125 para conductores de aluminio).
<i>T</i> ₂	Temperatura final del conductor [°C].
<i>T</i> ₁	Temperatura inicial del conductor [°C].

Sustituyendo valores y despejando el área:

$$A = \sqrt{\frac{12272}{60 \cdot 0.0297 \cdot \log_{10} \left(\frac{250 + 234.5}{90 + 234.5} \right) \cdot 1973.52}} = 24.965 \text{ mm}^2$$

El área mínima del conductor para soportar los esfuerzos térmicos, corresponde a un conductor de calibre 2 AWG. El área de un conductor monopolar calibre 500 KCM es de 253.4 mm², considerando el arreglo de 3 conductores por fase el área total de los conductores es de 760.2 mm². Por lo tanto podemos garantizar que el aislamiento del conductor no sufrirá degradación alguna.

Ejemplo de selección de conductores para un motor

1.- Para demostrar el método empleado en el cálculo y selección de los conductores de un Motor se consideran los datos del equipo, circuito y canalización listados a continuación.

Campo	Valor
Tipo de Carga:	Motor
Potencia:	1750 HP
Tensión Nominal:	4.0 KV
Número de Fases:	3
Tensión Nominal del Sistema:	4.16 KV
Factor de Potencia:	0.868
Eficiencia:	0.9640
Factor de Demanda:	1.0
Factor de Servicio:	1.0
Longitud del circuito:	258 m
Tipo de Conductor:	Tripolar
Sistema de soporte o canalización:	Ambos
Material dominante entre los sistemas de soporte o canalización:	Aluminio
Tipo de Charola:	Charola tipo escalera. Sin cubierta, con espaciamiento máximo entre travesaños de 23 cm.
Arreglo de conductores:	Los conductores serán instalados en la charola formando una configuración trebol
Valor de la Corriente de Corto Circuito:	12.272 KA
Duración de la falla en ciclos por segundo:	5 Ciclos por segundo

2.- Determinamos el valor de la corriente nominal del Motor considerando la capacidad nominal del mismo:

$$I_N = \frac{HP * 0.746}{\sqrt{3} * V * \xi * FP}$$

Donde:

I_N	Corriente nominal del motor [Amperes]
HP	Capacidad nominal del motor [HP]
V	Tensión nominal [KV]
ξ	Eficiencia del motor.
FP	Factor de potencia.

$$I_N = \frac{1750 * 0.746}{\sqrt{3} * 4.0 * 0.9640 * 0.868} = 225.19 \text{ Amp.}$$

3.- Debido a que la temperatura ambiente del sitio de instalación es de 41 °C y las tablas de capacidad de conducción de corriente están determinadas para una temperatura ambiente de 40 °C, es necesario calcular el factor de corrección por temperatura.

$$FCT = \frac{\sqrt{.90 - 41}}{.90 - 40} = 0.98$$

4.- Al determinar el calibre del conductor que alimentará al equipo se considera que los conductores serán instalados en charolas sin cubierta. De acuerdo con el artículo 318-13 inciso a³, la corriente que circulará en el conductor no deberá sobrepasar la capacidad de corriente determinada a partir de la tabla 310-75³.

5.- Se selecciona entonces el conductor por capacidad de conducción aplicando los factores de corrección por temperatura y debido a la instalación en charolas. De la tabla 310-75³ se selecciona el conductor que cumple la condición de que la capacidad de conducción de corriente corregida del conductor sea mayor que la corriente para selección del circuito.

$$CAPCI * FCT * FDC > I_{CIRCUITO}$$

Según el artículo 430-124³ el conductor derivado para alimentar un solo motor deberá tener una capacidad no menor que el valor para el cual su dispositivo de protección contra sobrecarga es seleccionado para dispararse. Considerando que dicho disparo es ajustado para operar a no más del 125 % de la corriente nominal a plena carga. Para un conductor de calibre 350 KCM se tiene:

$$(350 \text{ Amp.})(0.98)(1.0) > (1.25)(225.19) \text{ Amp.}$$

$$343.0 \text{ Amp.} > 281.48 \text{ Amp.}$$

Se concluye entonces que con 1 conductor tripolar calibre 350 KCM se cumple con los criterios de capacidad de conducción.

6.- Se verifica que el calibre del conductor propuesto cumpla con los requisitos de caída de tensión. Para lo cual se calcula la caída de tensión en los conductores aplicando la fórmula matemática general:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * L * \left(\frac{I_N}{CF}\right) * (R * \cos\theta + X * \sin\theta)}{V * 10}$$

Aplicando los valores de Resistencia y Reactancia⁶ de la tabla 4A-7 "60 Hz. Impedance data for three phase copper cable circuits, in approximate ohms per 1000 ft at 75 °C", y corrigiendo los valores de resistencia por temperatura a 90 °:

Para un conductor calibre 350 KCM tenemos:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T_2 + T}{T_1 + T}$$

$$R_{75^\circ\text{C}} = 0.1207 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$X_{75^\circ\text{C}} = 0.1076 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Debido que el valor de la reactancia no está en función de la temperatura, sino que únicamente depende del arreglo que se tenga entre los conductores, se tiene:

$$X_{75^\circ\text{C}} = X_{90^\circ\text{C}}$$

Corrigiendo el valor de la resistencia a la Máxima Temperatura de Operación del Conductor:

$$R_{90^\circ\text{C}} = 0.1207 * \frac{90 + 234.5}{75 + 234.5} = 0.1265 \Omega / \text{Km}$$

Se calcula la caída de tensión en por ciento con los valores de resistencia corregida a la nueva temperatura:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * 258 * \left(\frac{225.19}{1} \right) * (0.1265 * 0.868 + 0.1076 * 0.4965)}{4160 * 10} = 0.3948$$

Se observa que la caída de tensión para un conductor tripolar calibre 350 KCM es muy pequeña, por lo que se considera que cumple con los requisitos de caída de tensión bajo operación normal.

7.- Debido a que la carga es un motor, calculamos la caída de tensión al momento del arranque, considerando que ésta no deberá exceder el 15% de la tensión nominal para permitir el arranque del motor. Para éste cálculo empleamos la corriente de arranque, que será el producto de la corriente nominal por el número de veces que se incrementa la misma durante el arranque (factor de corriente de arranque). Se emplea también el factor de potencia del motor en el momento del arranque, cuyo valor típico es de 0.159 para un motor de 1750 HP según los datos del fabricante.

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * \left(\frac{I_N}{CF} \right) * FA * L * (R * \cos\theta + X * \text{sen}\theta)}{V * 10}$$

Donde:

$e\%$	Caída de tensión en por ciento.
L	Longitud del conductor [metros].
I_N	Corriente nominal. [Amp.]
CF	Número de conductores por fase
FA	Factor de corriente de arranque]
R	Resistencia [Ω /Km].
X	Reactancia [Ω /Km].
V	Tensión del sistema [Volts].
θ	Angulo de defasamiento entre la tensión y la corriente.
$\cos \theta$	Factor de potencia

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * \left(\frac{225.19}{1}\right) * 6 * 258 * (0.1265 * 0.159 + 0.1076 * 0.9872)}{4160 * 10} = 1.8337$$

Por lo tanto el conductor tripolar de calibre 350 KCM cumple con los valores considerados para caída de tensión durante el arranque del motor.

7.- Según la recomendación⁷, para cumplir con los requisitos del Manual de Procedimientos para la Operación de Unidades de Verificación de Instalaciones, se calcula el área mínima con la que debe contar el conductor para soportar los esfuerzos térmicos impuestos bajo condiciones de corto circuito. De la fórmula:

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 * t = K * \log_{10} \left[\frac{T_2 + T}{T_1 + T} \right]$$

Sustituyendo valores y despejando el área:

$$A = \frac{12272}{\sqrt{\frac{60 * 0.0297 * \log_{10} \left(\frac{250 + 234.5}{90 + 234.5} \right) * 1973.52}{5}}} = 24.965 \text{ mm}^2$$

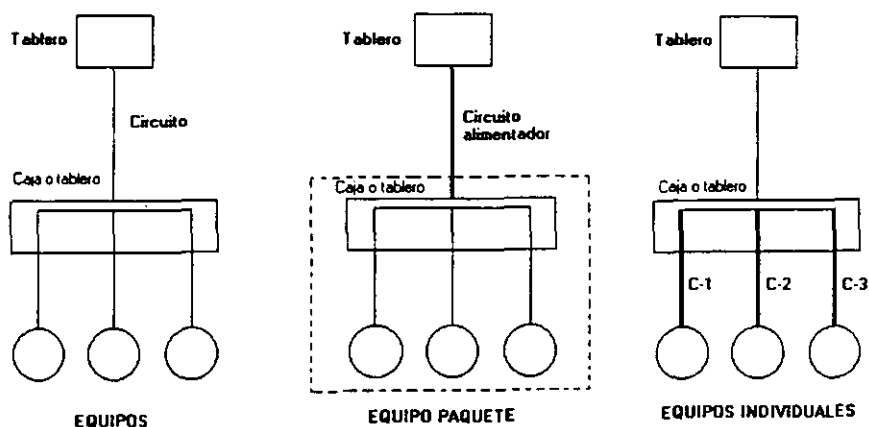
El área mínima del conductor para soportar los esfuerzos térmicos, corresponde a un conductor de calibre 2 AWG. El área de un conductor calibre 350 KCM es de 177.3 mm². Por lo tanto podemos garantizar que el aislamiento del conductor no sufrirá degradación alguna.

CONFIGURACIÓN DE CIRCUITOS

Dado que no es posible describir las características de todos los equipos y como en la práctica de ingeniería se puede presentar la condición de que más de un equipo se encuentre conectado a un circuito, la norma los abarca dentro del concepto de un "Circuito Alimentador" o "Alimentador general" o "Equipo paquete".

Este circuito es considerado como un conjunto de aparatos o equipos, una "caja negra" a la cual se le proporciona la alimentación. De manera que bajo este concepto la relación siempre permanece uno a uno.

Para solucionar el problema primero se debe calcular el circuito alimentador con una potencia igual a la suma de las potencias de los equipos individuales, y después se debe calcular en el Programa cada uno de los circuitos individuales con la potencia individual.



ANTECEDENTES ACADÉMICOS

Para dar solución al problema de automatización en la determinación de calibre de conductores eléctricos, es necesario utilizar los conocimientos académicos adquiridos durante la carrera de Matemáticas Aplicadas y Computación, los cuales se encuentran en las siguientes asignaturas:

Teoría de sistemas.

De esta materia se utilizarán los conceptos básicos de sistema, diagramas de flujo, enfoque de sistemas, de este último basándonos en el seguimiento de los siguientes serie de pasos:

1. Definición del problema.
2. Reunión de datos para identificar plenamente el problema.
3. Identificación de las alternativas.
4. Evaluación de las alternativas.
5. Selección de la mejor alternativa.
6. Implementación de la solución y observación de su desarrollo para evaluar.

Sistemas de información.

La determinación de calibre de conductores eléctricos, se considerará como un sistema de información, dado que es un conjunto de procedimientos ordenados que proporcionan datos relevantes para la toma de decisiones.

La realización de el análisis del sistema, el cual nos servirá para recopilar e interpretar los hechos, diagnosticar problemas y utilizar estos hechos para definir el sistema.

Para entender del todo los flujos de datos y procesos que cambian o transforman al sistema, se definirá un diagrama lógico de flujo de datos.

Datos y estructuras de almacenamiento.

Es necesario que durante el desarrollo del sistema se utilice estructuras de datos, como son arreglos, listas simplemente ligadas y archivos.

Los arreglos se ocuparán para alojar valores de corrientes de capacidad de conducción, de resistencia, de reactancia, del área transversal del conductor etc.

Las listas ligadas serán útiles para contener diferente y muy diversos valores, tales como factores de potencia que serán leídos de archivos, listas de cadena de caracteres, listas de estructuras de datos, etc.

En los archivos se almacenará toda la información capturada por el usuario, así como información generada por el mismo programa.

Programación dinámica.

Se utilizará la programación dinámica para resolver el siguiente problema de optimización:

Una vez dados de alta los circuitos y habiendo determinado su calibre, es necesario agruparlo en carretes para que posteriormente, en la instalación el contratista conozca perfectamente de que carrete tomara el cable para instalar el circuito. Esto es necesario, debido a que es una mala practica de parte del contratista el tomar el cable del carrete disponible, ocasionando un desperdicio significativo de cable.

El decidir que circuitos deberán de ser incluidos en el carrete, tomando en consideración que la suma de las longitudes de los circuitos elegidos no deberá de exceder la longitud comercial del carrete, además de que no es permitido el construir un circuito con varios tramos de cable, ya que esto ocasionaría el utilizar un empalme entre estos tramos. Es necesario comentar que un empalme debe de ser instalado por un ingeniero especialista de la materia y aún así no se elimina el hecho de un posible punto de falla en el empalme.

Por lo tanto sea:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{Si se incluye el circuito } i \text{ en el carrete} \\ 0 & \text{Si no se incluye el circuito } i \text{ en el carrete} \end{cases}$$

El objetivo central es el de maximizar la longitud total de los circuitos, en función de que si se incluye el circuito o no. Entonces tenemos que la función objetivo para nuestro

$$\text{Maximizar } Z = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n$$

problema antes descrito es:

Donde a_i nos representa la longitud del circuito i .

Nuestra única restricción que tenemos es que la longitud de los circuitos que se incluyen no excedan la longitud comercial del carrete, por lo que nos queda:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n \leq b$$

Donde b nos representa la longitud comercial del carrete.

Cabe señalar que tanto la longitud del circuito y la longitud comercial del carrete son valores enteros.

Como se puede apreciar, el anterior planteamiento corresponde a un problema tipo mochila binario, el cual se puede resolver con técnicas de programación binaria, pero debido a que la complejidad crece en demasía, se ajusta para poder utilizar las técnicas de programación dinámica.

Análisis y Diseño

PROBLEMA

En México los conductores que son empleados en el diseño eléctrico deben de cumplir con los lineamientos marcados en la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-1999 y si el proyecto es de corte internacional debe de cumplir con los criterios marcados en el National Electrical Code. El cumplimiento con estos lineamientos es observado por entidades (personas físicas o morales) denominadas unidades de verificación (UV), las cuales se encargan de certificar el cumplimiento con los estatutos de la norma y en caso de cumplir cabalmente con estos requisitos otorgan el visto bueno para que el proyecto pueda tramitar la conexión de la instalación con la compañía suministradora del servicio eléctrico.

En este proceso de certificación juega un papel importante la correcta selección de conductores, sobre todo si consideramos que representan casi el 40% del costo total de un proyecto.

Tipo de gasto	Porcentaje (%)
Conductores eléctricos	39.0
Equipos eléctricos de suministro	43.0
Equipos de utilización	7.0
Soportería y herrajes	3.0
Costo de instalación y mano de obra	2.8
Pruebas a equipos	1.7
Fletes	0.2
Indirectos	3.3

En la actualidad la selección de conductores en baja y media tensión se realiza a partir de tablas generadas en hojas de cálculo (Excel, Lotus 123, etc.) las cuales son creadas y mantenidas por el propio diseñador. Además de que el proceso de determinación de calibre para cada circuito debe de estar documentado en una memoria de cálculo.

La selección se complica, ya que la tablas antes mencionadas cubre un solo tipo de cálculo, de manera que cuando las condiciones de instalación cambian es necesario cambiar también las condiciones en dicha hoja, la cual a su vez se encuentra equipada

por un gran número de formulas. Las modificaciones a estas tablas rara vez son validadas, dando lugar a errores adicionales.

El problema se presenta cuando se debe realizar la selección de conductores para más de 500 circuitos y lo que comenzó como una tarea relativamente simple se transforma en una labor complicada por el manejo de grandes cantidades de información, dando lugar a errores en la especificación de los conductores, que a su vez repercute en retrasos de los tiempos de construcción y en la elevación de costos del proyecto.

OBJETIVOS

Objetivo general

Automatizar el proceso de selección de calibre de conductores eléctricos en baja y media tensión.

Objetivos particulares

- Seleccionar el calibre de conductores conectados en circuitos de Corriente Alterna con una tensión máxima de 35,000 volts para diferentes tipos de cargas.
- Determinar el calibre del conductor final en cumplimiento con los criterios de: Capacidad de conducción de corriente, máxima caída de tensión bajo operación normal, máxima caída de tensión durante el arranque (sólo para el caso de motores), además del criterio por corto circuito (opcional para baja tensión).
- Realizar cálculos de conductores considerando tensiones diferentes en cada circuito de ser necesario. Asimismo, considerar diferentes tipos de soportes y canalizaciones.
- Generar reportes en papel que detallen los datos suministrados así como los resultados de los cálculos realizados.

ANALISIS DEL PROBLEMA

Aunque los conductores eléctricos que se instalan en un proyecto deben cumplir con los criterios de capacidad de conducción, esfuerzos térmicos durante el corto circuito, caída de tensión nominal y al arranque, no existe un procedimiento de selección emitido por una institución oficialmente reconocida.

Se identificó que en el campo del diseño eléctrico no existe un estándar en el proceso de la determinación de calibre, ya que cada compañía de diseño tienen sus propios procedimientos y herramientas.

Fue frecuente encontrar unidades verificadoras, compañías de diseño eléctrico o contratistas que aunque tienen un excelente nivel técnico, lamentablemente carecen de equipo de cómputo o bien es muy limitado en sus recursos.

En estas, se encontró que es común la determinación de calibre de conductores por medio de tablas generadas en hojas de cálculo; las cuales funcionan de la siguiente manera:

1. Se indican los valores propios del proyecto en la parte superior de la hoja.
2. En los renglones inferiores a los valores del proyecto se definen los calibres de cables requeridos para el cálculo.
3. En la columna de la izquierda se identifica la potencia del motor con sus características eléctricas.
4. A continuación se busca en el mismo renglón hasta encontrar la longitud igual o inmediata superior a la longitud del circuito.
5. Una vez localizada la longitud se asciende sobre la columna donde se localiza la longitud hasta encontrar el calibre y este es el calibre adecuado.

Las restricciones que se observan, son:

1. El cálculo es únicamente para motores cuyos datos se tengan en HP
2. El usuario es responsable de verificar que las tablas utilizadas por la hoja de cálculo sean aplicables al proyecto. Por lo que si cambian, deben de actualizarse las referencias correspondientes.
3. En ninguna celda se realiza una validación de los datos capturados.
4. La determinación del calibre solamente se realiza por capacidad de conducción.

* Para esta explicación se determinará el calibre del circuito de un motor.

Aunque reconocidas firmas creadoras de software técnico, tales como: SKM Tools, CYME o Ligtingh Technologies, ofrecen al mercado aplicaciones que permiten realizar complejos estudios de corto circuito, flujo de cargas, factor de potencia, caída de tensión al arranque de motores, etc. en los cuales, los costos oscilan entre los 7,000 y 42,000 USD. Sin embargo, estas compañías han dejado fuera de su alcance la selección de conductores en baja y media tensión o le han dedicado un módulo muy modesto ya que es considerado un proceso extremadamente sencillo para los propósitos de sus aplicaciones.

Como resultado de lo anterior, el diseñador eléctrico no dispone de una herramienta para facilitar esta tarea, que como se mencionó con anterioridad puede llegar a ser compleja cuando se maneja un gran número de circuitos. Por lo tanto, las compañías de diseño tienen que asignar un elevado número de horas-hombre para asegurar el correcto cumplimiento con los criterios de la norma regente.

PROPUESTA DE SOLUCION

Una vez definidos los puntos clave se procede a:

Crear un algoritmo basado específicamente en las norma NOM-001-SEDE-1999 y NEC-1999 para la determinación de calibre de conductores eléctricos para baja y media tensión (por lo tanto quedan fuera del alcance las normas DIN o VDE y consideraciones Europeas).

Partiendo de este algoritmo, el proceso para la determinación de calibre estará dado de la siguiente forma:

- El usuario define la norma que representa los criterios que aplican a todos los circuitos a capturar del proyecto.
- Después de establecer la norma empleada, se determinan restricciones o criterios de diseño para definir un grupo de equipos con características similares (datos generales).
- Para finalizar se capturan circuitos con características específicas para determinar su calibre.

Es necesario recabar información para la creación de tablas que servirán para la determinación del calibre del conductor.

Las validaciones serán implícitas a la captura de los datos, las cuales se registrarán por la norma elegida y sus restricciones de diseño.

Para una organización y control de la información capturada, el programa la dividirá y agrupará en conjuntos denominados "Proyecto Sizer". Un "Proyecto Sizer" almacenará información de forma tal, que este será independiente de otro conjunto de datos.

El diseño de las bases de datos del sistema estará sujeta a la información necesaria para la determinación del calibre de los circuitos, así como los resultados de este.

La creación del manual de usuario y la ayuda en línea tendrán un papel importante en el correcto uso y funcionamiento del sistema

Como se identificó en las necesidades de los clientes potenciales, el sistema no debe de requerir demasiados recursos de cómputo ni tampoco una capacitación especializada del personal, por lo que el sistema debe de ser una aplicación de escritorio y su uso debe de ser fácil e intuitivo.

DISEÑO DEL SISTEMA

Después de definir los principales módulos de los cuales se compondría el sistema, se procedió a seleccionar la herramienta de desarrollo. Esta herramienta tendría como requisitos el de ser flexible, portable y robusta, además de trabajar en un ambiente visual y orientada a objetos.

C++ Builder 4.0 de Borland, fue elegido debido a su compilador C++ de alto desempeño de 32 bits, que combinado con su linker inteligente y sus avanzadas tecnologías debugging, reducian el ciclo de desarrollo.

El formato empleado para el manejo de datos fue PARADOX 7.0, el cual esta orientado a bases de datos de escritorio y puede ser utilizado directamente por el entorno de C++ Builder 4.0.

Para la creación del instalable del sistema se utilizó el programa Install Shield Express For C++ Builder 4. Con este programa se desarrollan instalaciones para la distribución de aplicaciones, logrando así la instalación de archivos propios del sistema, librerías proporcionadas por Borland así como la configuración automática del Borland Database Engine (BDE).

La distribución del sistema se realiza en seis discos de 3 ½ de alta densidad o un en CDROM, el cual va acompañado de un manual de usuario.

La base de datos utilizada por el sistema se compone de tres partes: datos del proyecto, datos generales y datos de circuitos. Cabe recordar que el sistema puede crear y mantener tantos proyectos como lo permitan los recursos de la computadora.

Los datos de proyecto es un archivo de tipo binario, el cual consta de un solo registro para almacenar la información general del proyecto.

Nombre del campo	Tipo	Longitud (bytes)
ClaveSecreta	Char	10
Norma	Char	1
NombreProyecto	Char	42
NombreCliente	Char	42
LugarProyecto	Char	42
DocumentoMemoria	Char	22
CapturoProyecto	Char	42
RevisoProyecto	Char	42
AproboProyecto	Char	42
CaidaNominal	Float	4
CaidaArranque	Float	4
Resto	Char	260

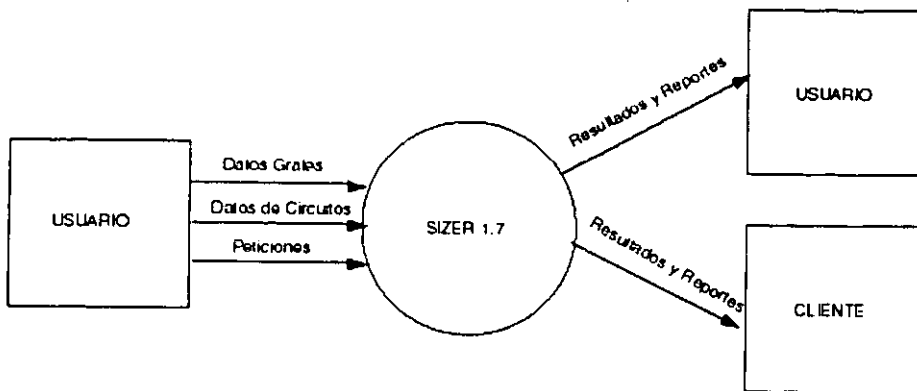
Los datos generales es un archivo en formato PARADOX, en donde su llave principal es una combinación de los campos: Tipo de Carga, Tensión y No de fases definida en este mismo orden.

Nombre del campo	Tipo	Longitud (bytes)
Tipo de carga	Short	2
Tension	Float	4
No de fases	Short	2
Mat del conductor	Char	2
Mat del aislamiento	Char	6
Calibre minimo	Char	4
Calibre maximo	Char	4
Potencia minima	Float	4
Potencia máxima	Float	4
Temp de operación	Float	4
Temp ambiente	Flota	4
Pantalla	Boolean	1

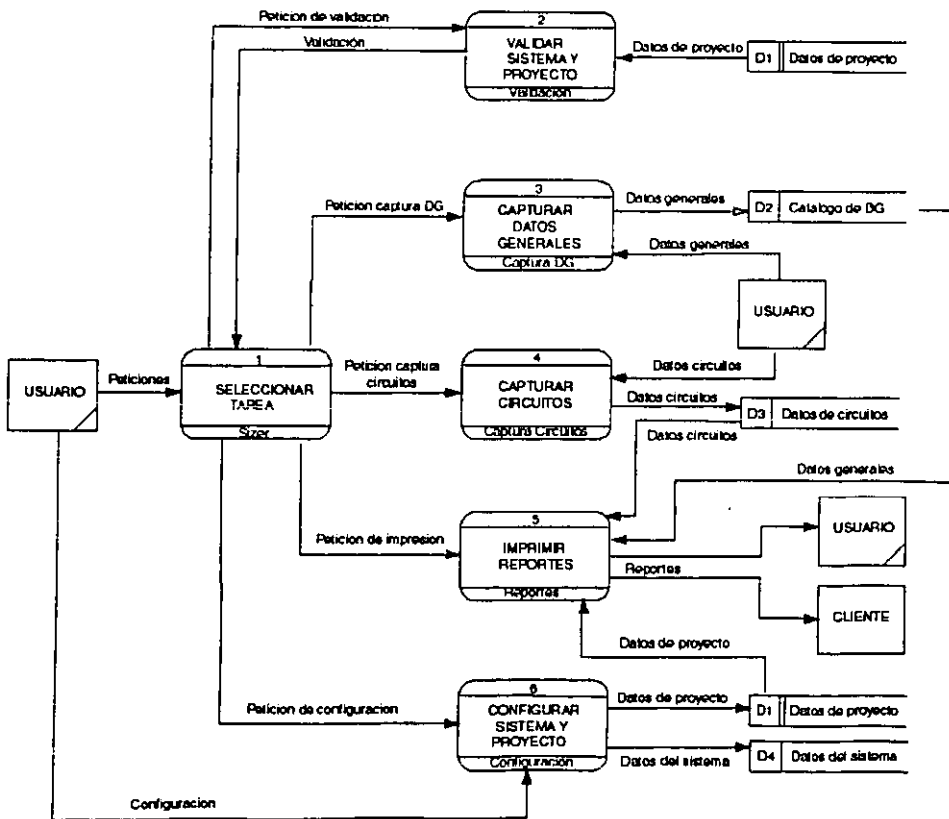
Los datos de circuitos es un archivo en formato PARADOX, donde su llave principal es "No de circuito", además tiene la posibilidad de crear un índice secundario.

Nombre del campo	Tipo	Longitud (bytes)	Nombre del campo	Tipo	Longitud (bytes)
No de circuito	Char	15	Tiempo duracion falla	Short	2
No de CCM	Char	15	Max elevacion Temp.	Short	2
Descripción	Char	35	Tipo proteccion	Short	2
No de equipo	Char	15	Marco	Short	2
Area	Char	10	Ajuste	Float	4
Tipo de carga	Short	2	Cap conductor	Float	4
Tipo de motor	Float	4	CXF conductor	Short	2
KV HP	Float	4	Caida tension	Char	4
Tension del motor	Float	4	CXF caida tension	Short	2
Factor de servicio	Float	4	Caida arranque	Char	4
Factor de inc carga	Float	4	CXF arranque	Short	2
Tipo de enfriamiento	Char	8	Corto circuito	Char	4
Potencia	Float	4	CXF corto circuito	Short	2
Unidades	Char	4	Seleccion final	Char	4
Corriente de placa	Float	4	CXF final	Short	2
Longitud	Short	2	Cond puesta a tierra	Char	4
Tension del sistema	Float	4	CXF puesta a tierra	Short	2
No de fases	Short	2	Seleccion usuario	Char	4
Factor de potencia	Float	4	CXF usuario	Short	2
Eficiencia	Float	4	Edo información	Char	4
Factor de demanda	Float	4	Observaciones	Char	250
Tipo de canal	Char	5	Error	Short	2
Material	Char	8	Advertencia 1	Short	2
Tipo de Charola	Char	1	Advertencia 2	Short	2
Espacio travesanos	Char	4	Advertencia 3	Short	2
Tapa	Char	1	Advertencia 4	Short	2
Separacion cond	Char	1	Advertencia 5	Short	2
Tipo ducto	Short	2	Disenio nema	Char	1
Tipo de cable	Char	3	Uso motor	Char	1
Fact dec tubo	Float	4	Uso motor tipo	Char	1
Fact dec charola	Float	4	Uso motor tiempo	Short	2
Fact dec ducto	Float	4	Tipo eficiencia	Short	2
MsgAire	Float	4			
Max caida de Tension	Float	4	vc3	Float	2
Corriente CC	Float	4	Vc15	Float	2

En la figura siguiente se muestra el diagrama de contexto del sistema, el cual es una representación grafica del medio ambiente en donde se ubicará el sistema.



A continuación se presenta el diagrama lógico de flujo de datos (DFD), en el cual se muestra las entidades externas que son fuente o destino de los datos, los procesos que transforman los datos y los lugares donde son almacenados.



Resultados

INSTALACION DEL SISTEMA

Para un óptimo funcionamiento del programa, asegure que la computadora en la cual se instalará cumpla con los requisitos mínimos de software y hardware que a continuación se establecen.

Requisitos de instalación.

- PC con procesador Pentium a 75 MHz o superior.
- Microsoft® Windows 95© o posterior, o Windows NT© 4.0 (Service Pack 3) o posterior.
- Al menos 30 Mb libres de espacio en disco duro.
- 16 MB de memoria RAM.
- Mouse o bien otro dispositivo señalador para Windows.
- Monitor VGA o de resolución superior.
- Unidad de CD-ROM o unidad de 3 ½ de alta densidad.

Instalación

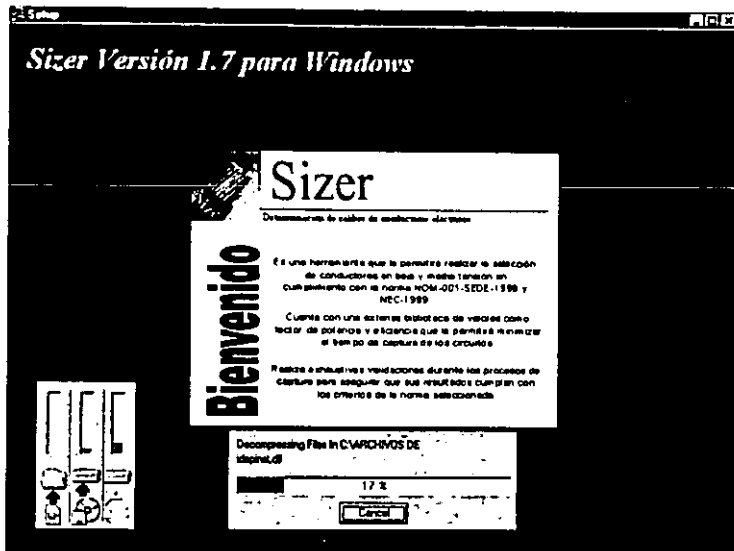
Existen dos formas de distribución del programa. Un CD o un juego de discos de 3 ½ ". Estos contienen el programa de instalación, manual de usuario y archivos de ayuda, además de las aplicaciones adicionales y actualizaciones que su sistema operativo pueda requerir para la correcta ejecución del programa.

Para realizar la instalación del programa con el CD:

1. Inserte el disco en la unidad de lectura de su computadora y espere unos instantes para que inicie el proceso de instalación del programa.
2. Si ha transcurrido más de un minuto y la instalación no ha iniciado, desde el explorador de Windows seleccione su unidad de disco y localice el archivo Setup.exe.
3. Siga las instrucciones del asistente de instalación.

Para realizar la instalación del programa con 6 discos de 3 ½ ":

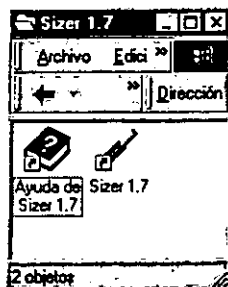
1. Inserte el disco marcado como numero 1 en la unidad de lectura de su computadora. Desde el explorador de Windows seleccione su unidad de disco y localice el archivo Setup.exe.
2. Siga las instrucciones del asistente de instalación.



Conforme progresa el proceso de instalación, introduzca los discos siguientes en el orden marcado en cada uno de ellos.





El programa SIZER es un programa diseñado para trabajar con un solo usuario. No cuenta con una estructura Cliente/Servidor, por lo que si usted intenta instalarlo en un servidor y ejecutarlo desde una terminal en la red, se presentará un error grave de ejecución.

Al terminar la instalación se habrá creado un nuevo grupo de programas llamado Sizer 1.7, en el cual se encontraran los accesos directos al programa SIZER y a la ayuda de éste.



Ejecución del programa

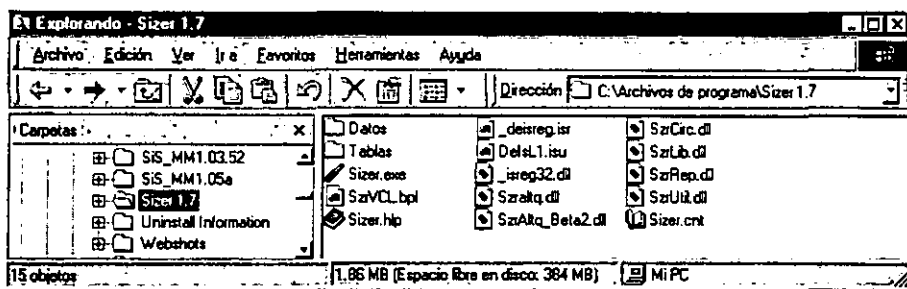
Existen diversas formas de ejecutar el programa desde Windows:

1. Seleccione el botón *Inicio* de la barra de tareas de Windows ; del menú desplegado seleccione la opción *Programas*  este muestra un submenú con algunos de los programas disponibles en su equipo; del submenú mostrado seleccione la opción con el nombre de *Sizer 1.7* ; con esto aparecerá un último submenú con dos opciones, *Ayuda de Sizer 1.7* y *Sizer 1.7*, éste último hace referencia al programa , el cual al seleccionarlo y hacer click ejecuta la aplicación y muestra la pantalla de presentación del programa.




Si el programa no se encuentra dentro de alguna de las opciones del submenú *Programa* bajo el nombre de *Sizer 1.7*, búsquelo dentro de los submenús que aparecen desde cualquiera de las otras opciones. La localización del programa dentro de las opciones del menú o submenús depende del lugar donde se ha realizado la instalación por el administrador.

2. Utilizando el explorador de Windows, seleccione la unidad donde se instaló el programa e introduzca la ruta:

Archivos de programa\Sizer 1.7

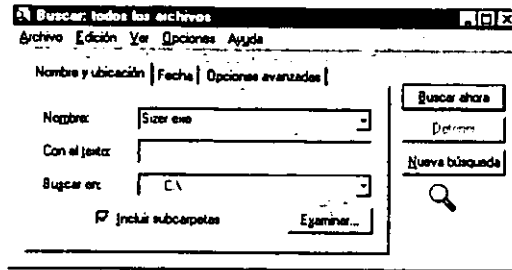


En caso de que no exista la ruta o el programa ...

3. Seleccione el botón de *Inicio* de la barra de tareas de Windows , del menú desplegado seleccione la opción *Buscar* ; Del submenú mostrado seleccione la opción de *Archivos o carpetas*  y haga click.

Se observa un cuadro de diálogo que contiene en la primera pestaña del cuadro de diálogo un cuadro de texto *Nombre* y una lista desplegable dentro *Buscar en....* Dentro del

cuadro de texto digite el nombre del archivo *Sizer.exe* y de la lista desplegable seleccione el nombre de la unidad donde se desea encontrar el archivo. Presione el botón buscar.



Si el programa se encuentra instalado en el equipo, se mostrará dentro de la lista de archivos que se presentan en la lista de archivos encontrados.

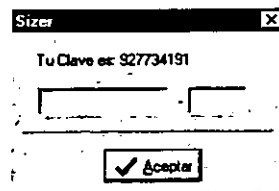
Haga doble clic sobre el archivo *Sizer.exe* y si lo desea memorice la ruta donde se encuentra el archivo ejecutable para ejecutarlo directamente desde el explorador de Windows en otra ocasión.

Registro del sistema

Existen en el mercado 3 tipos de ediciones para el programa SIZER:

- **Demostrativa:** Incluye acceso a todas las características del sistema, con límite de entradas al sistema, después de las cuales el sistema queda deshabilitado. Esta edición es gratuita y no es necesario el registro del sistema.
- **Profesional:** En esta edición sólo se puede instalar el sistema en un número determinado de computadoras y no tiene vencimiento de entradas.
- **Premium:** El gran número de licencias que son requeridas en las empresas de diseño puede ser cubiertas por esta edición, la cual cuenta con una utilería adicional que permite registrar de manera autónoma hasta 50 licencias de uso.

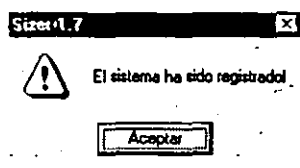
En la edición Profesional, el sistema muestra una ventana con una clave única formada con las características y configuración de la computadora en la cual se instaló el sistema.



Para poder registrar y utilizar el sistema, se necesita capturar la identificación que será proporcionada por el *Distribuidor autorizado* del sistema ó puede enviar un correo electrónico a sizer@uol.com.mx, con los siguientes datos.

- Número de serie del producto.
- Nombre del responsable.
- Clave.

Al introducir la identificación y aceptar se mostrará un mensaje indicando que el registro del sistema concluyó.



En la edición Premium, al igual que en la versión profesional, el sistema formará una clave con las características y configuración de la computadora en la cual fue instalado el programa.

En este caso debe comunicarse con el administrador del programa SIZER en su empresa, él le proporcionará la identificación para registrar y utilizar el sistema.

USO DEL SISTEMA

Referencias

Localización: Consultas | Referencias

En todo proyecto de perfil eléctrico existen datos específicos que hacen diferente a un proyecto de otro y que son utilizadas para distinguir tanto su información electrónica como la impresa. De esta manera, en la sección de *Referencias* se debe capturar la información relevante del proyecto que se imprimirá en los reportes del programa. La información capturada deberá tener las siguientes características:

Nombre Proyecto. En este campo se requiere el nombre del proyecto con el cual se desea que aparezcan los reportes.

<i>Ejemplo:</i>	National-001E	<i>Validación:</i>	Hasta 40 caracteres
-----------------	---------------	--------------------	---------------------

Cliente. Es el nombre o razón social del cliente para quien se desarrolla el proyecto.

<i>Ejemplo:</i>	National Intercommunications Inc.	<i>Validación:</i>	Hasta 40 caracteres
-----------------	-----------------------------------	--------------------	---------------------

Localización. En este campo se define el domicilio del proyecto o la entidad federativa donde se realiza la construcción.

<i>Ejemplo:</i>	Arizona EUA	<i>Validación:</i>	Hasta 40 caracteres
-----------------	-------------	--------------------	---------------------

Documento / Memoria. Es un campo de 20 caracteres en el cual se define una leyenda que identificará los reportes.

<i>Ejemplo:</i>	NAT-E001	<i>Validación:</i>	Hasta 20 caracteres
-----------------	----------	--------------------	---------------------

Capturó. Es el nombre de la persona que ejecuta el programa y/o realiza la captura de la información y elabora las memorias de cálculo.

<i>Ejemplo:</i>	John Smith	<i>Validación:</i>	Hasta 40 caracteres
-----------------	------------	--------------------	---------------------

Revisó. Es el nombre de la persona encargada de supervisar el proceso y de revisar las memorias de cálculo.

<i>Ejemplo:</i>	James Hudson	<i>Validación:</i>	Hasta 40 caracteres
-----------------	--------------	--------------------	---------------------

Aprobó. Es el nombre de la persona que certifica la validez tanto de los reportes generados por el programa como de las memorias de cálculo.

<i>Ejemplo:</i>	Steve Lawrence	<i>Validación:</i>	Hasta 40 caracteres
-----------------	----------------	--------------------	---------------------

Referencias	
Nombre Proyecto:	National-001E
Cjente:	National Intercomunications Inc.
Localización:	Arizona EUA
Documento/Memoria:	NAT-E001
Capturó:	John Smith
Revisó:	James Hudson
Aprobó:	Steve Lawrence
<input checked="" type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

Normas Aplicables

Localización: [Consultas](#) | [Normas](#) 

Las normas representan los criterios que aplican a todos los circuitos capturados. Estos datos tienen las características definidas a continuación:

Norma. Este dato se pregunta al usuario en forma de opción y permite elegir la norma que rige los criterios de cálculo. Se puede elegir la norma NOM-001-SEDE-1999 ó el NEC-99.

Nota: Esta selección de la norma aplicable permite escoger los criterios que se aplican para el cálculo, ya que existen ligeras desviaciones entre uno y otro documento.

<i>Ejemplo:</i>	NOM	<i>Validación:</i>	No aplica
-----------------	-----	--------------------	-----------

Caída de tensión nominal: Es el valor de la caída de tensión expresado en por ciento. Este valor será considerado para el cálculo, sólo en el caso de que la caída de tensión específica de los datos del circuito no sea definida por el usuario. Para circuitos en tensiones menores a 600 V., Deberá encontrarse en el rango de 0 a 5%. de acuerdo a lo estipulado en los artículos 215-2 (b) Nota 1 y 210 según se indica a continuación:

<i>Ejemplo:</i>	3.0	<i>Validación:</i>	$0.0 < \text{Valor} < 5.0$
-----------------	-----	--------------------	----------------------------

Caída de tensión al arranque: Es el valor de la caída de tensión expresada en por ciento que se deberá presentar en el conductor al momento del arranque del motor. Este valor debe estar comprendido dentro del rango de 0 a 20%.

El cálculo de caída de tensión al arranque para motores, es una convención que se ha establecido entre los diseñadores de plantas industriales y pretende garantizar que bajo condiciones de marcha, la caída de tensión generada en el circuito del motor no afecte el

par de arranque. Este porcentaje de caída de tensión no se encuentra regulado por ninguna Institución.

Ejemplo	15.0	Validación	0.0 < Valor < 20.0
---------	------	------------	--------------------

Normas X

Normas:

NOM NEC

Caída de tensión nominal: %

Caída de tensión al arranque: %

Datos Generales

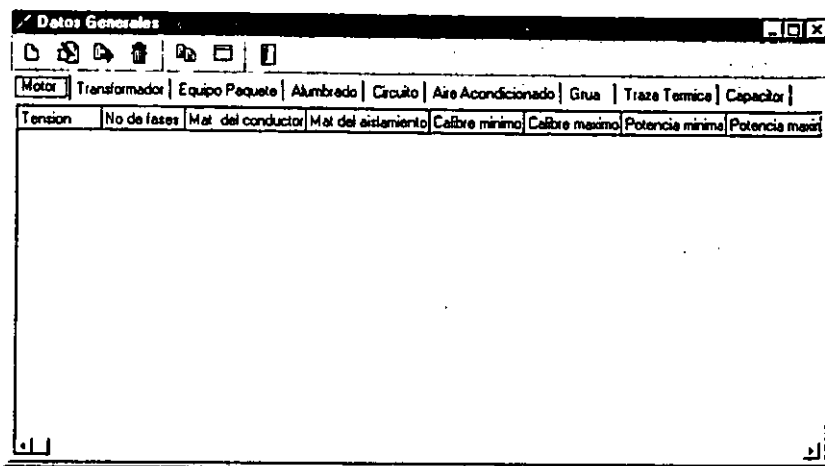
Localización: Consultas | Datos generales

Es una práctica común dentro de los proyectos de ingeniería eléctrica, que las restricciones o criterios de diseño se definan para un grupo de equipos con características similares. Por ejemplo: Los motores de 1 a 200 CP deben ser alimentados con una tensión de 480 volts y sus conductores deben tener un aislamiento tipo THW.

De esta manera, es necesario aplicar criterio de diseño para este segmento de la población de equipos del proyecto. La captura de datos generales define los criterios específicos para un grupo de equipos y notifica al usuario acerca de las desviaciones en la captura de datos.


La retícula de Datos Generales está diseñado para definir los criterios y delimitar los valores mínimos y máximos por los cuales se rige el cálculo. Estos datos deben ser definidos por el ingeniero responsable del proyecto.


Del grupo de pestañas se debe de seleccionar el tipo de equipo que se ha de registrar y los cuales son: motor, transformador, equipo paquete, alumbrado, circuito de control, aire acondicionado, grúa, traza térmica y capacitor.





Note que al estar activa la retícula de datos generales, en el menú principal se incorporará una nueva opción: *Edición*, el cual se situará entre las opciones de *Archivo* y *Consultas*, esta opción sólo se encontrará disponible cuando la retícula se encuentra activa.


La retícula contiene una barra de herramientas propia, la cual contiene los siguientes iconos, asociados a una tarea específica.


 **Agregar:** Al seleccionar esta opción se muestra la captura de datos generales en la cual se pueden dar de alta los datos para cualquiera de las cargas existentes en el sistema. Para esto, sólo tiene que seleccionar la pestaña de la carga seleccionada y presionar el botón de *Agregar*.

 **Modificar:** Cuando se tienen datos previamente capturados, es posible modificarlos mediante esta opción. Se debe de resaltar que cualquier campo puede ser modificado, excluyendo los datos de tensión y número de fases.

 **Copiar dato general:** Con esta opción es posible tomar un dato general como referencia para crear uno nuevo. Sólo aplica para datos generales con el mismo tipo de carga.

 **Eliminar:** Para borrar un dato general se utiliza esta opción. Debe tener cuidado al usar este acción, ya que cuando existen datos de circuitos asociados al dato general, automáticamente se eliminan tanto el dato general como los circuitos asociados a éste.

 **Copiar al Portapapeles:** Al seleccionar esta opción se copian los datos generales de la pestaña activa al portapapeles, para que después el usuario pueda pegar la información a cualquier hoja de cálculo o procesador de texto.

 **Personalización de columnas:** Cuando se selecciona esta opción se muestra un diálogo con todas las columnas que contiene la retícula, en las cuales es posible cambiar el orden o bien ocultarlas

Salir: Cierra la retícula de datos generales

La información de datos generales debe capturarse por cada tipo de carga y los datos deben ser los siguientes:

Tensión del Sistema: Es el valor de la tensión a la cual se conectarán los equipos. Debe expresarse en volts y debe estar en estricto acuerdo con las bases de diseño del proyecto. Esta tensión condiciona la realización del cálculo de los circuitos. Por lo tanto, cualquier circuito con tensión diferente a la capturada en esta sección no podrá ser capturado. Debe destacarse que esta tensión se encuentra íntimamente relacionada con el número de fases y en conjunto se diferencian de cualquier otra tensión permitida para el mismo equipo.

La definición de la tensión del sistema para cada tipo de equipo permite conocer cual es la potencia máxima y mínima permitida por nivel de tensión. Permite además asociar un tipo de aislamiento para cada tensión capturada. De forma que es un dato obligado de captura antes de iniciar la captura de los datos de un circuito.

Ejemplo:	448.0	Validación:	$0.0 < \text{Valor} \leq 35000.0$
-----------------	-------	--------------------	-----------------------------------

Número de fases: Identifica si la tensión será suministrada en una fase (1) o en tres fases (3).

Ejemplo:	3 (Trifásico)	Validación:	1 ó 3
-----------------	---------------	--------------------	-------

Material del conductor: Es una definición de los datos generales, donde se debe seleccionar el material del conductor que se empleará en la tensión del sistema para el equipo seleccionado. Existen dos tipos de materiales para los cuales el programa realiza la selección de conductores y son: Cobre y Aluminio.

Ejemplo:	Cobre	Validación:	Aluminio ó Cobre
-----------------	-------	--------------------	------------------

Calibre mínimo y máximo: Son los calibres mínimo y máximo permitidos para uso en proyecto. Los conductores seleccionados se encontrarán estrictamente dentro del rango definido por éstos datos. Estos calibres deben ser proporcionados según la sintaxis mostrada en las tablas de capacidad de conducción corriente de conductores de la norma NOM-001-SEDE-1999 y NEC 99.

La captura del calibre mínimo permite al proyectista indicar a partir de que calibre se iniciará la selección del conductor del circuito. El calibre mínimo deberá estar de acuerdo al calibre permitido para la tensión del sistema en cumplimiento con el artículo 310-5 de la norma aplicable.

Ejemplo:	"12", "1/0" ó "500"	Validación:	14 AWG – 1000 KCM
-----------------	---------------------	--------------------	-------------------

Potencia mínima y máxima autorizada: Son los límites inferior y superior del rango para el cual se realiza el cálculo, cualquier circuito con potencia fuera de este rango no es calculado y se muestra un error en los reportes de salida. Los valores de potencia deberán

ser indicados en HP para motores, en KVA para transformadores y en KW para circuitos de control y para equipos paquete.

Estos valores de potencia se establecen considerando que el proyectista ha realizado un estudio técnico-económico para determinar cual es la tensión más adecuada para el arranque y la operación de los motores y equipos diversos.

Ejemplo:	300	Validación:	0.0 < Valor < 10000.0
-----------------	-----	--------------------	-----------------------

Temperatura del aislamiento del conductor: Es la temperatura máxima de operación del aislamiento del conductor expresada en grados centígrados. Este valor es utilizado para la selección de la capacidad de conducción del circuito.

Ejemplo:	75	Validación:	60, 75, 90, 105, 150, 200 y 250
-----------------	----	--------------------	---------------------------------

Temperatura ambiente: Es la temperatura del ambiente que rodea al conductor en grados centígrados. Sirve para determinar la capacidad de conducción del circuito a esta temperatura.

De acuerdo al artículo 310-10 de la norma aplicable:

Ejemplo:	40.0	Validación:	0.0 < Valor ≤ 225.0
-----------------	------	--------------------	---------------------

Tipo de Aislamiento: En este campo se captura el tipo de aislamiento del cual constará el conductor eléctrico.

Ejemplo:	THW	Validación:	TW, THW, THHW, THW-LS, THWN, XHHW, RHH, RHW-2, THHN, XHHW, XHHW-2, PVC, EPR, EP, XLP y XLPE
-----------------	-----	--------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

Pantalla: Indica si el conductor lleva interconstruida una pantalla metálica para evitar esfuerzos dieléctricos dentro del aislamiento.

Ejemplo:	Sí	Validación:	Sí ó No
-----------------	----	--------------------	---------

Captura de Motores

Tensión Sistema: 448.00 Vols Potencia Máxima: 1.00 HP

Número de Fases: Monofásico (1) Trifásico (3) Potencia Máxima: 200.00 HP

Material Conductor: Aluminio Cobre Temp. Operación Cond.: 75 °C

Cables Mínimos: 6 AWG Temp. Ambiente: 40.00 °C

Cables Máximos: 1/0 AWG Tipo de Aislamiento: THW

Pantalla

Datos de Circuitos

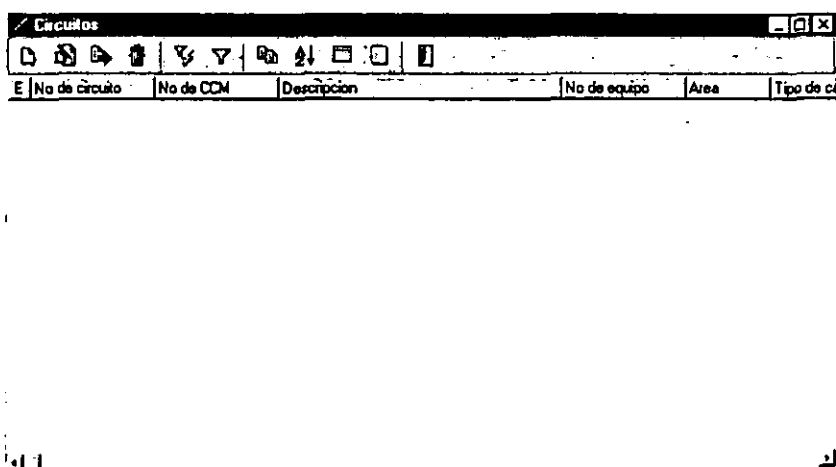
Localización: Consultas | Datos de circuitos



Para iniciar el proceso de captura de circuitos es necesario haber capturado los criterios de cálculo dentro de la opción de normas y los Datos Generales para el equipo que se desea capturar. Si estos requisitos no han sido cubiertos, la opción del Menú principal y el icono de la barra de herramientas estarán deshabilitados.

Al seleccionar la opción de captura de circuitos se presentará una retícula donde se verán posteriormente los datos de los circuitos capturados. Cada renglón representa la información de un circuito y cada acción efectuada se aplicará solamente al circuito seleccionado en la retícula.

Cabe destacar que en la retícula de datos de circuitos no podrán hacerse directamente ni ediciones ni capturas, ya que para realizar estas acciones es necesario mostrar la ventana de captura de circuitos.






De igual forma que en la retícula de Datos generales, la de circuitos contiene su propia opción de menú y barra de herramientas, las cuales se explican a continuación:

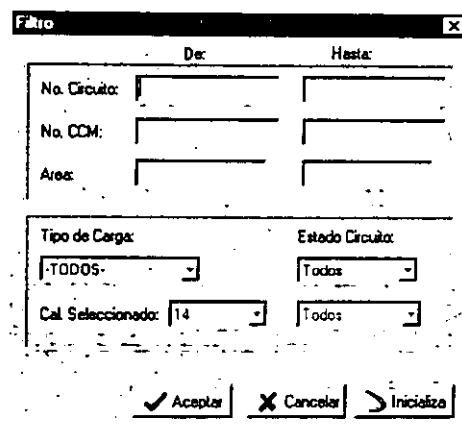


Agregar: Cuando se selecciona esta opción se muestra la captura de datos de circuitos. En ella se pueden dar de alta todos los circuitos que componen al proyecto, sin que exista un límite en el número de circuitos.






Modificar: Al tener datos de circuitos previamente capturados, es posible modificarlos mediante esta opción. Cuando se modifican los campos de la captura de circuitos y se presiona el botón *aceptar*, el programa realiza un cálculo para determinar el calibre, por lo que siempre los datos del circuito estarán sincronizados con el calibre determinado.

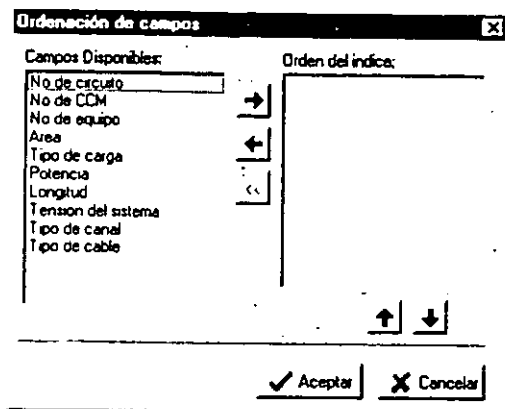
-  **Copiar circuito:** Con esta opción es posible tomar un dato de circuito como referencia para crear uno nuevo. Esta opción es muy útil cuando existen circuitos con datos similares.
-  **Eliminar:** Para borrar un circuito se utiliza esta opción. Al utilizar este proceso el circuito queda dado de baja del sistema y es imposible recuperarlo.
-  **Filtrar:** Es frecuente que durante la captura de información o el análisis de los resultados necesite observar solamente una parte de la información que cumple con un criterio específico, tal como observar solamente los circuitos que tienen calibre 1/0 AWG o los circuitos que se encuentran conectados a un CCM o los elementos que están dentro de un área de proceso o la combinación de todos estos criterios a la vez. Cada vez que seleccione esta opción aparecerá el siguiente cuadro de diálogo:



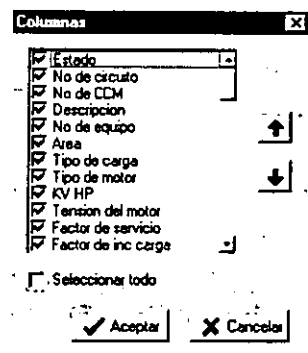
Si desea redefinir los campos del filtro presione el botón *Inicializa*.

Nota: Cada vez que un filtro sea ejecutado, este tomara como universo el grupo de los circuitos contenidos dentro del filtro anterior.

-  **Restaurar:** Esta opción restablece la vista de todos los circuitos capturados, después de haber realizado la acción de filtrar.
-  **Copiar al Portapapeles:** Al seleccionar esta opción se copian los circuitos al portapapeles, para que después el usuario pueda pegar la información a cualquier hoja de cálculo o procesador de texto. Es importante aclarar que cuando se encuentra activo el filtro, solo se copiarán los circuitos visibles en la retícula.
-  **Ordenamiento:** Para facilitar la localización de los circuitos en la retícula, el sistema cuenta con la opción de ordenar los circuitos, en el cual es posible ordenarlos ascendentemente e incluir varios campos en el ordenamiento.
Nota: Para aplicar el ordenamiento de los circuitos es necesario que ningún reporte se encuentre en esos momentos abiertos.



- Personalización de columnas:** Cuando se selecciona esta opción se muestra un dialogo con todas las columnas que contiene la retícula, en las cuales es posible cambiar su orden o bien ocultarlas. Si desea observar todas las columnas en la retícula, active la casilla de verificación *Seleccionar todo*.



- Memoria de cálculo:** En la selección de calibres de conductores eléctricos siempre es necesario tener una referencia acerca de los criterios y valores involucrados en el proceso. Para satisfacer esta necesidad, el sistema crea una *memoria de cálculo*, la cual esta disponible siempre y cuando el circuito se encuentre calculado sin errores.
- Salir:** Cierra la retícula de datos de circuitos.

Para realizar la captura y validación de circuitos es necesario mostrar la ventana de captura de circuitos. Esta se divide en cuatro secciones:

1. Información de referencia del circuito.
2. *Datos de circuitos* es una pestaña donde se captura la información técnica del circuito y permite seleccionar los criterios aplicables para la selección del conductor.

Captura de Circuitos

No. Circuito: 01PUM01.4 No. Grupo: 01-PUM-01
 No. CCM: 01-CCM-01 Área: 01
 Descripción: BOMBA DE LUBRICACIÓN PRINCIPAL Tipo de Carga: Motor

Datos Circuitos | Resultados | Memoria

Potencia: 100.00 Longitud: 300 m Factor de Potencia: 0.8500
 Unidades: HP Tensión (Sistema (V) y No. de fases: Eficiencia: 0.9100
 Corriente de Placa: 0.00 Amp. 448.00 183 Factor de Demanda: 1.0000
 Canalización: Chanda Tipo Cable: Monopolar Realiza Cálculo por CC
 Material: Aluminio Magna caída Tensión: 3.00 Estimar Conductor puesta tierra
 Información final

Observaciones:

Calcular Aceptar Cancelar

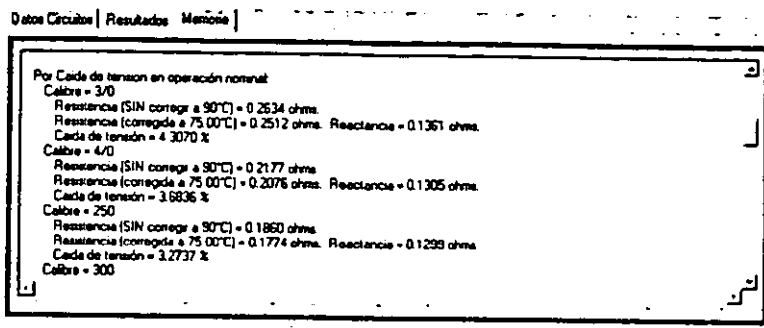
3. *Resultados* es una pestaña que permite ver los resultados del proceso de selección del conductor. Además de ver el conductor que cumplió con los criterios de capacidad de conducción, caída de tensión y corto circuito.

Datos Circuitos | Resultados | Memoria

Cálculo	Calibre	Cond. por Fase
Capacidad de conducción	3/0	1
Caída de Tensión vc3 (1.1947%)	300	1
Caída al Arranque vc15 (7.1034%)	350	1
Corto Circuito	400	2
Selección Final	400	2

Selección Usuario:
 Calibre:
 Cond. por Fase: 0

4. *Memoria*. En esta sección se puede apreciar la memoria de cálculo asociada al circuito. Cada vez que se calcule el circuito se actualiza la vista.



En la barra de estado se encuentra una breve descripción de la información solicitada en cada uno de los campos de la ventana de captura. Sin embargo, cuando se requiere de información más detallada acerca del dato que se está capturando, se puede presionar la tecla "F1" del teclado con lo que se muestra una pantalla de ayuda con información más extensa del tema seleccionado.

Cada dato es procesado de manera particular, con las consideraciones aplicables, por lo que se permite tener circuitos con diferentes características, brindando la flexibilidad necesaria al proyecto.

Número de circuito: Este campo es una cadena la cual identifica al circuito. Este nombre deberá ser único para cada circuito. Es una convención común entre los proyectistas el integrar el número del equipo al cual se alimenta y adicionar las terminaciones:

- F Para circuitos de Fuerza.
- R Para resistencias calefactoras.
- S Para circuitos de alimentación para intercomunicación y voceo

<i>Ejemplo:</i>	01PUMP01-F	<i>Validación:</i>	Hasta 15 caracteres
-----------------	------------	--------------------	---------------------

Número de CCM o tablero: Es un campo de en el que identifica el Centro de Control de Motores o Tablero del cual se alimenta el equipo.

<i>Ejemplo:</i>	01-CCM-01	<i>Validación:</i>	Hasta 15 caracteres
-----------------	-----------	--------------------	---------------------

Descripción: Este espacio comprende una cadena de caracteres para la identificación más explícita del equipo.

<i>Ejemplo:</i>	BOMBA DE LUBRICACION PRINCIPAL	<i>Validación:</i>	Hasta 35 caracteres
-----------------	-----------------------------------	--------------------	---------------------

Número de equipo: Es una cadena la cual se utiliza para identificar el equipo que alimenta este circuito.

<i>Ejemplo:</i>	01-PUM-01	<i>Validación:</i>	Hasta 15 caracteres
-----------------	-----------	--------------------	---------------------

Área: En este campo se introduce el número de identificación del área donde se encuentra el equipo.

Ejemplo:	01	Validación:	Hasta 10 caracteres
-----------------	----	--------------------	---------------------

Tipo de carga: El programa es apto para calcular 9 diferentes tipos de cargas. Algunos tipos de carga como motores y transformadores requieren información adicional que se solicita por medio de ventanas auxiliares. Los tipos de cargas analizadas son:

Motores	Transformadores	Equipos paquete
Alumbrado	Circuitos de control	Aire acondicionado
Grúa	Traza térmica	Capacitor

Caso Motores:

Cuando se selecciona el tipo de carga motores se debe capturar la información de la condición de operación del equipo en la ventana siguiente:

Es posible activar esta ventana presionando el botón 3 puntos (...) que se encuentra a un costado de la lista desplegable del tipo de carga.

Tipo de motor: Este campo se presenta como una selección de opciones para el tipo de motor que se alimentará.

Ejemplo:	General	Validación:	General, alto par o velocidad variable
-----------------	---------	--------------------	----------------------------------------

Tensión del motor: Este dato de tensión condiciona la aplicación de las tablas de motores para la determinación de factor de potencia y eficiencia, por lo que podrán tener los siguientes valores: 575 V, 460 V, 440 V, 380 V, 230 V, 220 V, 208 V, 200 V. Para motores, en caso de que la tensión sea diferente de estos valores, asegúrese de que el equipo cuente con los datos necesarios para la realización del cálculo, tales como factor de potencia y eficiencia, en caso contrario se presentarán errores de cálculo y por consecuencia no se observarán datos de salida del programa.

Ejemplo:	440	Validación:	0.0 < Valor ≤ 35000.0
-----------------	-----	--------------------	-----------------------

Factor de corriente de arranque/Letra de código/ Relación kVA/HP: Para el caso de motores, se puede considerar como el número de veces que se incrementa la corriente nominal del motor al momento del arranque. Sin embargo, representa la cantidad de potencia aparente que es demandada al sistema por cada CP (HP) del motor. A partir de esta potencia puede deducirse el valor de la corriente de arranque del motor. El programa determina el valor de la corriente de arranque para realizar el cálculo de la caída de tensión al arranque. La relación de KVA/HP debe estar de acuerdo con el artículo 430-7(b) de la norma aplicable.

<i>Ejemplo:</i>	6.0	<i>Validación:</i>	$0.0 < \text{Valor} \leq 40.0$
-----------------	-----	--------------------	--------------------------------

Factor de servicio: Es el factor de servicio del equipo. Para motores este factor se debe encontrar en el rango comprendido entre 0.85 y 2.0 en cumplimiento con NOM-001-SEDE-1999 y NEC-1999.

<i>Ejemplo:</i>	1.0	<i>Validación:</i>	$1.0 \leq \text{Valor} \leq 2.0$
-----------------	-----	--------------------	----------------------------------

Diseño Nema: Es el tipo de diseño empleado para construir el motor. Las características de corriente de arranque, corriente nominal y los dispositivos de protección se encuentran relacionados con este dato.

<i>Ejemplo:</i>	B	<i>Validación:</i>	A, B, C, D ó E
-----------------	---	--------------------	----------------

Tipo de eficiencia: Se debe seleccionar la eficiencia del motor, para realizar la selección de los valores de eficiencia de la biblioteca del programa.

<i>Ejemplo:</i>	Estándar	<i>Validación:</i>	Estándar, Alta eficiencia ó Premium
-----------------	----------	--------------------	-------------------------------------

Uso del Motor: El ciclo de operación del motor define los factores de incremento de la corriente nominal para la selección del calibre del conductor. Estos factores de incremento se obtienen de la tabla 430-22 (a) de la norma seleccionada.

<i>Ejemplo:</i>	Estándar	<i>Validación:</i>	Estándar ó Intermitente
-----------------	----------	--------------------	-------------------------

Tipo del uso del Motor: En combinación con el uso del motor determina los factores de incremento de la corriente nominal.

<i>Ejemplo:</i>	Intermitente	<i>Validación:</i>	Corto, Intermitente, Periódico, Variable,
-----------------	--------------	--------------------	-------------------------------------------

Tiempo del uso del Motor: En combinación con el Uso del motor determina los factores de incremento de la corriente nominal.

<i>Ejemplo:</i>	5 minutos	<i>Validación:</i>	5, 15, 30-60 ó Continuo
-----------------	-----------	--------------------	-------------------------

Caso Transformador:

Cuando se selecciona el tipo de carga transformador se deben capturar los datos solicitados en la siguiente ventana.

Tipo enfriamiento: El enfriamiento de un transformador le permite operar con mayores valores nominales. Pueden existir diferentes "pasos" de enfriamiento. Esto es, que puede contar con uno o más métodos de enfriamiento. Cada uno de los cuales le permitirá incrementar un cierto porcentaje su capacidad nominal y por lo tanto su corriente. Existen valores establecidos de incremento de carga para cada tipo de enfriamiento de acuerdo con la norma NOM-J- y la norma TR-1. Por lo tanto la definición de los pasos, ayudara en la determinación del factor de incremento de carga.

<i>Ejemplo:</i>	AIRE	<i>Validación:</i>	AIRE, OA, FA, OA/OA, OA/OA/FA ó FA/OA/OA,
-----------------	------	--------------------	-------------------------------------------

Factor de incremento de carga: Es el porcentaje de incremento que sufre la carga nominal del transformador al actuar los pasos de enfriamiento

<i>Ejemplo:</i>	1.0	<i>Validación:</i>	$1.0 \leq \text{Valor} \leq 2.0$
-----------------	-----	--------------------	----------------------------------

Potencia nominal: En este campo se proporciona la potencia nominal de la carga del circuito. Deberá estar comprendida en el rango de potencia definido en los valores de potencia mínima y máxima indicados en los datos generales. Esta deberá ser proporcionada de la siguiente manera:

<i>Ejemplo:</i>	100.0	<i>Validación:</i>	$0.0 < \text{Valor} < 1000.0$
-----------------	-------	--------------------	-------------------------------

Unidades: En este campo se indica la unidad en la que esta dada la potencia nominal del equipo, la cual cambia según el tipo de carga:

Tipo de carga	Unidades
Motores	HP ó KW
Equipos paquete	KW
Circuitos de control	KW
Grúa	HP
Capacitor	KVA ó KVAR
Transformadores	KVA
Alumbrado	KW
Aire acondicionado	HP ó KW
Traza térmica	KVA ó KW

Ejemplo:	HP	Validación:	HP, KW, KVA ó KVAR
-----------------	----	--------------------	--------------------

Corriente nominal: Existen ocasiones en las que se cuenta con el dato de corriente nominal del circuito (Corriente de placa) proporcionada por el proveedor del equipo. Si es el caso, el programa considera este dato para la determinación del conductor "Si y solo si" en el campo "Estado de información" se hace la consideración de que el estado de la información del proveedor es final, de lo contrario (Provisional), se realizará la determinación de la corriente según los datos con que cuente la base.

Ejemplo:	400	Validación:	No aplica
-----------------	-----	--------------------	-----------

Longitud del circuito: Este dato comprende la longitud del circuito expresada en metros. El valor máximo de longitud con el que realiza el cálculo es 999 metros.

Ejemplo:	300	Validación:	0 < Valor < 1000
-----------------	-----	--------------------	------------------

Tensión del Sistema y Número de Fases. Es el valor de la tensión en Volts que tiene el sistema en el cual se encuentra conectado el equipo y ésta deberá estar declarada previamente en los Datos Generales del proyecto; de lo contrario, no podrá ser realizado el cálculo del circuito en cuestión.

Es posible visualizar el dato general asociado al circuito, para esto solo tiene que presionar el botón 3 puntos (...) que se encuentra a un lado del campo.

Ejemplo:	448.0 Φ 3	Validación:	Campo obligatorio
-----------------	------------------	--------------------	-------------------

Factor de potencia: Este es un dato opcional para el caso de motores comerciales en las tensiones descritas en "Tensión del sistema" ya que el programa puede determinarlo a partir de tablas de referencia para motores de eficiencia estándar, de alta eficiencia y de eficiencia premium.

Ejemplo:	0.918	Validación:	0.0 < Valor < 1.0
-----------------	-------	--------------------	-------------------

Eficiencia: Es la relación que existe entre la potencia de entrada y la potencia de salida de un equipo. Este es un dato opcional para el caso de motores comerciales en las tensiones descritas en "Tensión del sistema" ya que el programa puede determinarlo a partir de tablas de referencia para motores de eficiencia estándar, de alta eficiencia y de eficiencia premium.

Ejemplo:	0.89	Validación:	0.0 < Valor \leq 1.0
-----------------	------	--------------------	------------------------

Factor de demanda: Es el factor de demanda del equipo. Pueden estar de acuerdo con el artículo 220-11, 220-13 y 430- 24

Ejemplo:	0.80	Validación:	0.0 < Valor \leq 1.0
-----------------	------	--------------------	------------------------

Canalización: En este dato se define el tipo de montaje o canalización donde se instala el conductor y puede ser:

- Tubo conduit
- Charola
- La combinación de ambos (TUBO Y CHAROLA)
- Ducto
- Aire

<i>Ejemplo:</i>	TUBO	<i>Validación:</i>	Charola, tubo conduit, Tubo y charola, ducto ó aire
-----------------	------	--------------------	-----------------------------------------------------

Al seleccionar el tipo de canalización deseado se presentará una ventana en la cual se capturaran datos complementarios:

Caso Charolas:

Quando se selecciona el tipo de canalización *Charola* se deben capturar los datos solicitados en la siguiente ventana.

The screenshot shows a dialog box titled "Datos para Charolas". It has the following fields and controls:

- Tipo Charola:** A dropdown menu with "Escalera" selected.
- Esp./Travesaños:** A dropdown menu with "Menor o igual a 15 cm" selected.
- Charola con Tapa
- Separación mantenida entre Conductores
- Factor Decremental Charola:** A text input field containing "1.00".
- Buttons: "Aceptar" (with a checkmark icon) and "Cancelar" (with an X icon).

Tipo de Charola: Esta información pretende seleccionar automáticamente para el proyectista los calibres mínimos aplicables para el tipo de charola donde se instalan cables monopares. Por lo tanto se debe identificar si se trata de una charola tipo escalera o una charola de fondo sólido.

<i>Ejemplo:</i>	Escalera	<i>Validación:</i>	Escalera ó Fondo plano
-----------------	----------	--------------------	------------------------

Espaciamiento entre travesaños: Esta información pretende seleccionar automáticamente para el proyectista los calibres mínimos aplicables para el soporte para cables tipo charola donde se instalan cables monopares y representa la separación que existe entre dos soportes de la charola.

<i>Ejemplo:</i>	Mayor a 23 cm	<i>Validación:</i>	Mayor a 23 cm, Menor o igual a 23 cm ó Menor o igual a 15 cm
-----------------	---------------	--------------------	--------------------------------------------------------------

Opción Tapa: Las condiciones de instalación de los conductores y la colocación de tapas o cubiertas que impidan la libre circulación alrededor de los cables instalados en las charolas obliga a utilizar porcentajes menores de la capacidad nominal de los conductores (También denominados factores decrementales si se expresan por unidad).

Ejemplo:	Si	Validación:	Si ó No
-----------------	----	--------------------	---------

Separación mantenida entre conductores: Para la correcta aplicación de los factores decrementales debe indicarse si entre los conductores se encuentra un espaciamento mantenido a lo largo de su trayectoria que asegure una circulación adecuada de aire entre ellos

Ejemplo:	Si	Validación:	Si ó No
-----------------	----	--------------------	---------

Factor decremental de charola: Cuando los conductores se montan en un soporte para cables tipo charola. Bajo ciertas condiciones de instalación (Con cubiertas o espacios mantenidos entre cables), se debe utilizar solo un porcentaje de la capacidad de conducción de las tablas aplicables en la norma seleccionada. Este porcentaje expresado en por unidad representa el factor decremental de la capacidad de conducción.

Cuando el proyectista proporciona al programa que la charola lleva una tapa o cubierta continua por mas de 1.80 m, y si existe separación entre los conductores, el programa selecciona el factor decremental aplicable para el tipo de cable.

Para los casos en que se requieran factores, decrementales diferentes a los considerados por el código NEC-96 y la norma NOM-001-SEDE-1999 estos deberán ser capturados en este cuadro de texto y serán considerados solamente en el caso de que sean menores a los indicados en la norma seleccionada. en caso de omitirse este dato, se asignará el factor decremental según los criterios citados por las publicaciones ya mencionadas en los artículos 318-11, 318-12 y 318-13.

Ejemplo:	0.77	Validación:	$0.0 < \text{Valor} \leq 1.0$
-----------------	------	--------------------	-------------------------------

Caso Tubo:

Factor decremental de tubo: Este campo fue considerado para la captura de factores decrementales de la capacidad de conducción.

Es conocido comúnmente como el factor de agrupamiento. Pero representa el porcentaje de la capacidad de conducción de corriente que se utilizara para la selección del conductor del circuito. Aquí se pueden proponer factores diferentes y menores a la unidad y estos tendrán prioridad en su aplicación para el cálculo.

Este dato no debe indicarse si los criterios que rigen el diseño son en base a la Norma Oficial Mexicana o del "National Electrical Code", pues el programa asignará los factores decrementales correspondientes según la norma indicada en la captura de Datos Generales. En caso de que las normas mandatorias no sean la norma NOM-001-SEDE-1999, ni el NEC-99, éste factor deberá ser proporcionado.

Ejemplo:	0.60	Validación:	$0.0 < \text{Valor} \leq 1.0$
-----------------	------	--------------------	-------------------------------

Caso Ducto:

Tipo de ducto: Es el detalle de instalación en ducto señalado en la norma.

<i>Ejemplo:</i>	Detalle 2	<i>Validación:</i>	Detalle 1 al 10
-----------------	-----------	--------------------	-----------------

Factor decremental ducto: Es el decremento que debe hacerse en la capacidad de conducción de los alimentadores instalados en el ducto, por la variación de la profundidad o por las necesidades del usuario.

<i>Ejemplo:</i>	0.88	<i>Validación:</i>	$0.0 < \text{Valor} \leq 1.0$
-----------------	------	--------------------	-------------------------------

Caso Aire:

Factor decremental aire: Es el decremento que debe hacerse en la capacidad de conducción de los alimentadores, por las condiciones de instalación o por las necesidades del usuario

<i>Ejemplo:</i>	0.77	<i>Validación:</i>	$0.0 < \text{Valor} \leq 1.0$
-----------------	------	--------------------	-------------------------------

Caso Mensajero:

Factor decremental mensajero: Es el decremento que debe hacerse en la capacidad de conducción de los alimentadores, por las condiciones de instalación o por las necesidades del usuario.

<i>Ejemplo:</i>	0.77	<i>Validación:</i>	$0.0 < \text{Valor} \leq 1.0$
-----------------	------	--------------------	-------------------------------

Tipo de material: En este campo se debe proporcionar el material de la canalización a emplear, y en el caso de que se considere un sistema con tubo y charola (A), el usuario proporcionará el dato del material que predomine para los dos tipos de canalización. Se consideran 3 tipos de materiales para el cálculo, acero (S), aluminio (A) y PVC (P).

<i>Ejemplo:</i>	Acero	<i>Validación:</i>	Acero, Aluminio, PVC, FRP o Cemento
-----------------	-------	--------------------	-------------------------------------

Tipo de cable: En este campo se define el tipo de cable a utilizar.

<i>Ejemplo:</i>	Monopolar	<i>Validación:</i>	Monopolar, Monopolar armado, monopolar en trébol, tripolar, tripolar armado, triplex
-----------------	-----------	--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Caída de tensión: En este campo se deberá indicar la máxima caída de tensión que deberá tener el conductor seleccionado al aplicarse la corriente nominal. El cálculo de la caída de tensión se realizara a partir del método descrito a continuación:

La caída de tensión de un sistema de potencia puede calcularse seleccionándose seleccionando la fórmula mas apropiada para la precisión deseada y la tensión que se conoce, como la del extremo de la carga o el extremo de la fuente del circuito.

Fórmulas para calculo de la caída de tensión: En las siguientes fórmulas, las tensiones y las caídas de tensión se refieren de la línea al neutro. Para obtener la caída de tensión de línea de un sistema trifásico, se debe multiplicarla caída de tensión de línea a neutro por la raíz cuadrada de tres. En Estados unidos, para sistemas monofásicos, la caída de tensión de línea a línea, se obtiene multiplicando la caída de tensión de línea a neutro por dos.

Bajo ciertas condiciones, se puede obtener un resultado con signo negativo con las siguientes fórmulas. En tales casos el resultado debe interpretarse como evidencia de que la tensión de la carga es mayor que la tensión de la fuente. Sin embargo, estos casos serán raros puesto que la gran mayoría de los sistemas tendrán tensiones de carga que sean menores que los voltajes de la fuente.

La nomenclatura empleada en las fórmulas es como sigue:

E	Caída de tensión de línea a neutro.
E_s	Tensión de línea a neutro en el extremo de la fuente.
E_r	Tensión de línea a neutro en el extremo de la carga.
θ	Angulo cuyo coseno es el factor de potencia de la carga.
I	Corriente de línea.
R	Resistencia del circuito en ohms.
X	Reactancia del circuito en ohms (Por convención, la reactancia inductiva es positiva y la reactancia capacitiva es negativa).
$\cos \theta$	Factor de potencia de la carga en decimales.
$\text{Sen } \theta$	Factor reactivo de la carga en decimales (Por convención, $\text{sen } \theta$ es positivo y para cargas con factor de potencia adelantado)

Las siguientes fórmulas son exactas, si se conoce E_r

$$E = \left[(E_r \cdot \cos \theta + I \cdot R)^2 + (E_r \cdot \text{sen } \theta + I \cdot X)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - E_r$$

Si se conoce E_s

$$E = E_s + I \cdot R \cdot \cos \theta + I \cdot X \cdot \text{sen } \theta - \left[E_s^2 - (I \cdot X \cdot \cos \theta - I \cdot R \cdot \text{sen } \theta)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Para propósitos mas prácticos, la siguiente fórmula aproximada es de una precisión suficiente.

$$E = I \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \text{sen } \theta)$$

Dentro del programa Sizer se realiza el cálculo de la caída de tensión expresado en por ciento empleando las siguientes formulas:

Para circuitos trifásicos:

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot \left(\frac{I_N}{CF}\right) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \text{sen}\theta)}{V \cdot 10}$$

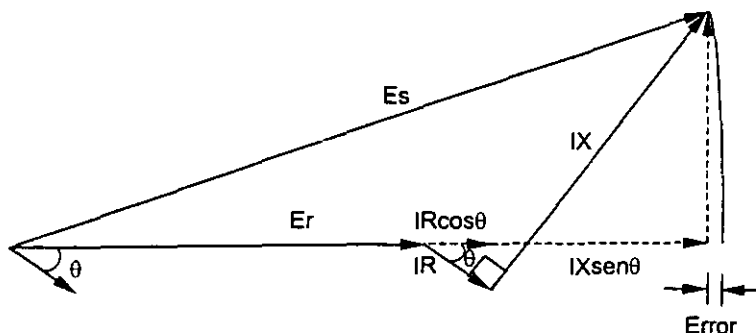
Para circuitos monofásicos:

$$e\% = \frac{2 \cdot L \cdot \left(\frac{I_N}{CF}\right) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \text{sen}\theta)}{V \cdot 10}$$

Donde:

$e\%$	Caída de tensión en porciento.
L	Longitud del conductor [metros].
I_N	Corriente nominal. [Amp.]
CF	Número de conductores por fase
R	Resistencia [Ω /Km].
X	Reactancia [Ω /Km].
V	Tensión del sistema [Volts].
θ	Angulo de defasamiento entre la tensión y la corriente.
$\cos \theta$	Factor de potencia

En el diagrama de fasores se puede ver la formula aproximada es lo suficientemente precisa para la mayoría de las aplicaciones.



En los casos prácticos el ángulo entre E_s y E_r será pequeño y se aproxima a cero cuando el factor de potencia de la carga se aproxima al del sistema de alimentación.
 Para circuitos en tensiones menores a 600 V., deberá encontrarse en el rango de 0 a 5% de acuerdo a lo estipulado en los artículos 215-2 (b) Nota 1 y 210.

Ejemplo:	3.0	Validación	0.0 < Valor ≤ 5.0
-----------------	-----	-------------------	-------------------

Realizar Cálculos por Corto circuito

Durante la selección del calibre del conductor es posible incluir el calculo por esfuerzos térmicos durante corto circuito. Este proceso es opcional para baja tensión pero obligatorio para media tensión. Al seleccionar la casilla de verificación o hacer clic en el botón de 3 puntos(...) se mostrará la siguiente ventana de captura.

Corriente de corto circuito: Es el valor de la corriente que se presenta durante una falla en el punto de conexión del equipo. Puede considerarse el valor de la corriente del bus más próximo al equipo. En la realidad la corriente del bus se ve disminuida por la reactancia del conductor y por el tiempo de disipación de la falla. Este valor deberá expresarse en kilo Amperes.

Ejemplo:	220.0	Validación:	0.0 < Valor < 10000.0
-----------------	-------	--------------------	-----------------------

Tiempo de duración de falla: Es el tiempo que tarda el dispositivo de protección en abrir el circuito para liberar la falla, que es el tiempo que el conductor debe transportar la corriente de corto circuito. Este tiempo es importante en la selección de un conductor por esfuerzos térmicos durante corto circuito, ya que un tiempo muy grande repercute un calibre mayor. Debe expresarse en ciclos considerando una frecuencia de 60 Hz.

Ejemplo:	3.0	Validación:	0.0 < Valor < 10.0
-----------------	-----	--------------------	--------------------

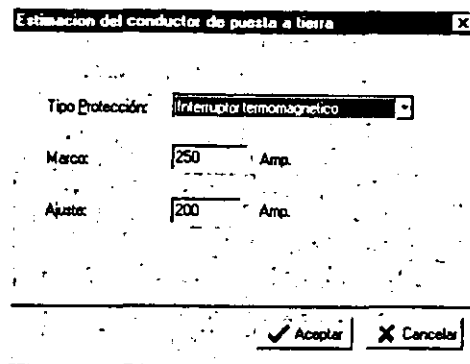
Máxima elevación de temperatura: Todos los conductores con cubierta aislante pueden ser sometidos a una temperatura mayor que la de operación por un breve tiempo sin que

por ello se vea dañado o envejecido el aislamiento. A esta temperatura se le denomina máxima elevación de temperatura instantánea.

Ejemplo:	3.0	Validación:	$75.0 \leq \text{Valor} \leq 200.0$
-----------------	-----	--------------------	-------------------------------------

Conductor de puesta a tierra de equipos

En este espacio se debe definir si es o no requerido el cable de puesta a tierra de equipos. Si fuera necesario consultar o editar esta información debe seleccionarse el botón de 3 puntos(...), localizado a un costado de esta casilla, lo cual mostrara la ventana de captura.



En el caso de que este dato sea verdadero debe indicarse el tipo de protección, el marco o tamaño del portafusible y el ajuste del dispositivo o la capacidad nominal del fusible en la ventana de captura que aparece al seleccionar esta casilla de verificación.

Tipo de protección: Se debe indicar el tipo de dispositivo que se emplea para la protección del circuito. De este tipo de dispositivo y de su curva de operación depende el valor nominal y el marco o el portafusible que debe utilizarse para el equipo. El programa cuenta con una librería con los valores típicos de ajuste y marcos para ciertos tipos de cargas. Sin embargo, estos valores pueden ser modificados para cumplir con los resultados de un adecuado estudio de coordinación.

Ejemplo:	Interruptor Termomagnético	Validación:	Interruptor Termomagnético, Interruptor magnético ó Fusible
-----------------	----------------------------	--------------------	-------------------------------------------------------------

Marco / Porta fusible: Es el valor de la corriente nominal del dispositivo en Amperes. Este valor será empleado para seleccionar el calibre del conductor de puesta a tierra.

Ejemplo:	250.0	Validación:	$0.0 < \text{Valor} < 10000.0$
-----------------	-------	--------------------	--------------------------------

Ajuste / Fusible: Es el valor nominal del dispositivo de protección en Amperes

Ejemplo:	250.0	Validación:	$0.0 < \text{Valor} < 10000.0$
-----------------	-------	--------------------	--------------------------------

Información final: Durante el desarrollo del proyecto la información utilizada pasa por dos diferentes estados:

- Estado preliminar. Cuando la información de los equipos es obtenida de los catálogos o por información confirmada telefónicamente por el proveedor. Durante este estado de información los conductores y equipos asociados deberán seleccionarse de acuerdo a las condiciones mas criticas que puedan presentarse o tomando en cuenta información de instituciones reconocidas.
- Estado Final. Cuando el equipo ha sido adquirido, se puede estar seguro de que la información de placa del equipo es un dato confiable para la selección de equipos y circuitos.

Debido a los diferentes estados por los que pasa la información durante el proyecto, este campo contempla si la información es definitiva (FINAL = Verdadero) o si aún es preliminar (PROVISIONAL = Falso).

Ejemplo:	Falso	Validación:	Falso ó Verdadero
-----------------	-------	--------------------	-------------------

Observaciones: Este campo es utilizado para guardar información que no necesariamente es de carácter técnico.

Ejemplo:	Revisar datos en campo	Validación:	Hasta 200 caracteres
-----------------	------------------------	--------------------	----------------------

Cálculos

Dentro de la pantalla de captura de datos de circuitos se localiza un botón para la realización de calculo denominado *Calcular*.

Este botón es el encargado de realizar una validación completa de la información contenida dentro de los campos y es el encargado de iniciar el proceso de selección de conductores.

Si toda la información contenida es válida, entonces se puede apreciar que se selecciona automáticamente la pestaña de *Resultados*. Con lo que se puede apreciar cual fue el calibre seleccionado finalmente.

En la pestaña de resultados se encuentra una ventana donde se pueden observar los errores originados durante el proceso de cálculo por algún dato incongruente o pueden presentarse advertencias de algunos criterios que han sido considerados por el programa de acuerdo a la norma aplicable, pero que resulta en un sobre dimensionamiento del conductor.

En esta pestaña se muestra una lista que contiene el calibre y el número de conductores por fase de los conductores que cumplen con los requisitos de capacidad de conducción, caída de tensión bajo condiciones nominales y bajo condiciones de arranque para motores. Si se indicó cálculo bajo condiciones de corto circuito aparecerá también el conductor requerido.

En algunas ocasiones debido a la disponibilidad de los materiales, es necesario instalar un conductor de calibre diferente al seleccionado, y quizás deben disponerse en un arreglo de conductores por fase diferente. Para estas condiciones el programa cuenta con la opción de indicar cual es el calibre y el número de conductores que se pretende instalar para que el programa realice una verificación del cumplimiento de dicho arreglo. La opción *Selección por Usuario* permite seleccionar una condición de instalación diferente a la sugerida por la aplicación.

ANÁLISIS DE BENEFICIOS

Entre los beneficios que el programa Sizer 1.7 – Determinación de calibre de conductores eléctricos, proporciona al usuario son:

- Decremento en el tiempo de la determinación de calibre de conductores eléctricos: Dado que normalmente un ingeniero eléctrico emplea un tiempo aproximado de 20 minutos para realizar la determinación de calibre y su respectiva memoria de calculo, el programa realiza la misma operación en alrededor de 2 minutos (este tiempo es específico de la captura, ya que la determinación del calibre y creación la memoria es menor a 2 segundos) además de que el programa da la posibilidad de verificar diferentes resultados para diversos valores posibles del circuito.
- Cumplimiento con la norma seleccionada: El programa realiza exhaustivas validaciones para dar cumplimiento con la norma seleccionada (NOM o NEC) en contraparte con las hojas de calculo utilizadas por algunas firmas de ingeniería, ya que en las hojas de cálculo al cambiar ciertos datos dentro de los circuitos, no es validada la nueva información capturada.
- Generación de reportes: Dado que es necesario tener físicamente la información, el programa genera reportes impresos de los datos capturados y de los generados por el mismo. Existe además la flexibilidad de exportar los datos en archivos de texto o copiarlos al portapapeles de Windows®.
- Diseño totalmente en español e ingles: El programa puede configurarse fácilmente para desplegar la información de las capturas, consultas y reportes en idioma español e ingles.
- Captura fácil, intuitiva y automatizada: La captura de la información se realiza en cuadros de diálogos, en lo cuales también se lleva acabo el proceso de validación de los datos.
- Utilerías para el mantenimiento de proyectos y del sistema mismo. El programa Sizer proporciona utilerías para reparar sus propios archivos del proyecto, respaldar y restaurar la información en un archivo ZIP.
- Ayuda en línea desde el programa. El programa cuenta con un manual de usuario y de ayuda en línea, esto con el fin auxiliar al usuario en cualquier proceso del sistema.

Conclusiones

Como se expuso, el proyecto Sizer 1.7 partió de una necesidad real: la automatización del proceso de determinación de calibre de conductores eléctricos, y para llevar a cabo esta tarea fue necesario:

- Definir los alcances técnicos en su parte eléctrica y de computación.
- Creación de componentes en C++ Builder para soportar características específicas del sistema.
- Crear una protección especializada para evitar su uso no autorizado.
- El diseño de panfletos y boletines para dar a conocer el programa a la comunidad de ingeniería eléctrica.
- Reservar los derechos de autor sobre el programa.
- Elaborar los manuales de usuario para el buen funcionamiento del sistema.

Cabe resaltar que todos los aciertos y errores fueron parte del proceso de creación: Presentación de la información por medio de retículas, personalización de reportes, disposición de la información generada para terceras aplicaciones, utilerías de soporte para los proyectos y el sistema, etcétera.. En su contraparte, cambios en la base de datos, actualizaciones en la herramienta de desarrollo (El proyecto comenzó con C++ Builder 1.0, después pasó a 3.0 y terminó con 4.0), discusiones del funcionamiento del sistema, abandono parcial del sistema por falta de tiempo, etcétera.

Al final, el resultado bien vale el esfuerzo dedicado. Un sistema de cómputo estable, fácil de usar, intuitivo y económico. Ya que antes, para la determinación de calibre de un circuito eléctrico un ingeniero le dedicaba alrededor de 20 a 30 minutos, ahora utilizando el programa Sizer 1.7 no se lleva más de 2 minutos en la captura, y la determinación de calibre es automática al salvar la información.

Quedó de manifiesto que no es necesario una fuerte inversión de capital para la creación de proyectos de este tipo o el patrocinio de una firma dedicada al desarrollo de software. En la realización del proyecto expuesto, solo fue necesario contar con las herramientas de desarrollo, tiempo necesario y el deseo de hacerlo.

Para el buen termino del proyecto, fue fundamental el enfoque multidisciplinario de la carrera de M.A.C. ya que me proporcionó las bases para:

- Realizar el análisis, diseño y desarrollo de sistema computacional.
- Entender los conceptos básicos de electricidad.
- Utilizar modelos matemáticos para la optimización de procesos.

Debido a que se tiene planeado agregar mas características al programa (como son resúmenes de cargas y capacidad de generadores), fue necesario aprender los conceptos de programación orientada a objetos para obtener los beneficios de la reutilización de componentes.

Aunque la versión actualmente se encuentra a la venta, el proyecto sigue teniendo modificaciones, esto debido al propio mantenimiento y sugerencias de los usuarios finales como son: modificación y creación de reportes, incorporación del cambio de idioma en la presentación de la información de español a ingles y viceversa, determinación del rango de hojas imprimir, etc.

La experiencia más importante que me dejo el proyecto, fue el de que no importa el tamaño del proyecto a realizar (sea un proyecto administrativo o de ingeniería), siempre se debe de contemplar todos los aspectos: recursos humanos, alcance del proyecto, mercado al cual estará dirigido, herramientas de desarrollo a utilizar, aspectos legales, estrategias de promoción, etcétera. Ya que TODOS ellos son imprescindibles para el buen término del mismo.

GLOSARIO

Acometida: Derivación que conecta la red del suministrador a las instalaciones del usuario.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

A tierra: Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

AWG (American Wire Gage): Escala de calibre mas utilizada en Estados Unidos y adoptada en México. En donde la razón entre dos diámetros consecutivos en la escala es constante e igual a 1.1229.

Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no-metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta NOM.

Capacidad de conducción de corriente: Corriente eléctrica expresada en amperes (A), que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso, sin exceder su temperatura nominal.

Carga eléctrica: Es la cantidad de electricidad que poseen 6.25×10^{18} electrones. Su unidad es el coulomb (C)

Centro de control de motores: Conjunto de una o más secciones encerradas, que tienen barras conductoras comunes y que contienen principalmente unidades para el control de motores.

Circuito eléctrico: Es toda combinación de un conductor conectado a una fuente de electricidad para permitir que los electrones viajen a través del mismo en un torrente continuo.

Conductor aislado: Conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos por esta NOM como aislamiento eléctrico.

Conductor desnudo: Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra: Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

Controlador: Dispositivo o grupo de dispositivos para gobernar, de un modo predeterminado, la energía eléctrica suministrada al aparato al cual está conectado.

Bibliografía

- 1 Norma Oficial Mexicana NOM-SEDE-001-1999 "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica".
- 2 Norma Oficial Mexicana NOM-J-284-1980 "Productos eléctricos-Transformadores de potencia".
- 3 Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994.
- 4 National Electrical Code Edition 1999.
- 5 Standard ANSI/IEEE c57.12.00-1980 "General Requirements for Liquid-immersed- distribution, power, and regulating transformers".
- 6 Standard IEEE std 141-1993 "Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants".
- 7 Standard IEEE std 835-1994 "Power Cable Ampacity Cables".
- 8 Norma NEMA No. TR-1, 1980 "Transformers, regulators and reactors".
- 9 Smeaton Robert W. Motores eléctricos selección, mantenimiento y reparación.
- 10 Sierra Madrigal Víctor y Alfonso Sansores Escalante. Manual técnico de cables de energía. Segunda edición. McGraw-Hill, 1992
- 11 Arnold Thomas P. and C. David Mercier. Power Cable Manual. Southwire company, 1991
- 12 Joyanes Aguilar Luis. Programación orientada a objetos. Conceptos, modelado, diseño y codificación en C++. McGraw-Hill, 1996

- 13 Marteens Ian. La cara oculta de C++ Builder 4.0. Publicación electrónica, 1999
- 14 Pressman Roger. Ingeniería de software, un enfoque practico. McGraw-Hill
- 15 Reisdorph Kent. Aprendiendo Borland C++ Builder 3 en 21 dias. Prentice Hall, 1999
- 16 Schildt Herbert. Turbo C/C++ Manual de referencia. McGraw-Hill, 1992