

**PROTOTIPO FUNCIONAL DE UNA APLICACIÓN WEB PARA LA COMPARACIÓN
ENTRE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE ELECTRO BARRAS CON
RESPECTO A CABLE.**



ALEXANDER SÁNCHEZ VILLAMIL

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

BOGOTÁ

2018

PROTOTIPO FUNCIONAL DE UNA APLICACIÓN WEB PARA LA COMPARACIÓN
ENTRE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE ELECTRO BARRAS CON RESPECTO
A CABLE.

ALEXANDER SANCHEZ VILLAMIL.

DIRECTOR INTERNO:

JOHN FREDDY PARRA PEÑA.

PROFESOR FACULTAD DE INGENIERIA.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CLADAS.

DIRECTOR EXTERNO:

JERSON ESNEIDER SANCHEZ CRUZ.

INGENIERO ELECTRICISTA.

GERENTE TECNICO COMERCIAL ALPA S.A.S

Dedicatoria

Este documento está dedicado a Dios por brindarme la compañía de personas ejemplares que cada día me motivan a ser una mejor persona.

A mi madre Ana Silvia Villamil y Belisario Antonio Ruge por darme su apoyo incondicional, buenos consejos y acompañamiento durante esta etapa de vida.

Contenido

Figuras	ix
Tablas	xi
Introducción	1
Antecedentes	2
Justificación	3
Definiciones	4
Acometida	4
Cable	4
Caja de derivación	4
Carga	4
Capacidad de corriente	5
Circuito eléctrico	5
Conductor neutro	5
Conductor a tierra	5
Daño	6
Electro barra	6
Compactas tipo sándwich	6
Aisladas en aire	7
Falla	7
Fase	7
Instalación eléctrica	7
Joint	8
Retie	8
Tablero	8
Tensión	9
Tierra (ground o earth)	9
Vida útil	9
Resultados obtenidos del desarrollo de la pasantía	10
Alcances	11
Productos	11

Encuesta	11
Tiempos de instalación	11
Tabla dinámica	13
Identificación de variables para desarrollar el código de cálculo	13
Selección del programa para desarrollo de aplicaciones web	14
Desarrollo del código	15
Manual de uso	15
Análisis de resultados	15
Verificación de resultados	15
Calculo 1	16
Calculo Manual	16
<i>1.1.1) Calculo de corriente nominal</i>	16
<i>1.1.2) Calculo de número de conductores necesarios para realizar la conexión</i>	16
<i>1.1.3) Calculo de conductores portadores de corriente</i>	16
<i>1.1.4) Verificación del cálculo incluyendo factor de corrección por agrupamiento</i>	17
<i>1.1.5) Calculo de número de conductores de tierra. Teniendo en cuenta que la configuración indica tierra al 50%</i>	18
<i>1.1.6) Calculo de metros lineales necesarios para la acometida</i>	18
<i>1.1.7) Calculo de Área Necesaria para la instalación de los conductores</i>	18
<i>1.1.8) Calculo del área de la canalización necesaria para la instalación de los conductores</i> ...	19
<i>2.1.1) Tiempos de instalación del cable</i>	19
<i>2.1.2) Selección de electro barra</i>	19
<i>2.1.3) Metros de electro barra necesario para realizar la conexión de la acometida</i>	21
<i>2.1.4) Tiempos de instalación de electro barra</i>	21
<i>2.1.5) Calculo de costos de instalación</i>	21
<i>Calculo para costos de instalación del cable</i>	21
<i>Calculo para costos de instalación de la electro barra</i>	22
Desarrollo de cálculos en el programa	24
<i>1.2.1) Se selecciona el tipo de acometida</i>	24
<i>1.2.2) Introducción de longitud de acometida</i>	24
<i>1.2.3) Introducción de amperaje de acometida</i>	24
<i>1.2.4) Desarrollo cálculos para obtener el número total de conductores</i>	24
<i>1.2.5) Selección del conductor</i>	25

1.2.6)	<i>Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación.</i>	26
1.2.7)	<i>Resultados arrojados por el programa para calculo 1.</i>	26
1.2.8)	<i>Comparación de resultados arrojados por el programa vs cálculos manuales.</i>	26
Calculo 2		28
Calculo Manual		28
2.1.1)	<i>Calculo de corriente nominal.</i>	28
2.1.2)	<i>Calculo de número de conductores necesarios para realizar la conexión.</i>	29
2.1.3)	<i>Calculo de conductores portadores de corriente.</i>	29
2.1.4)	<i>Verificación del cálculo incluyendo factor de corrección por agrupamiento.</i>	30
2.1.5)	<i>Calculo de número de conductores de tierra.</i>	31
2.1.6)	<i>Calculo de metros lineales necesarios para la acometida.</i>	32
2.1.7)	<i>Calculo de Área Necesaria para la instalación de los conductores.</i>	33
2.1.8)	<i>Calculo del área de la canalización necesaria para la instalación de los conductores...</i>	34
2.1.9)	<i>Tiempos de instalación del cable.</i>	34
2.1.10)	<i>Selección de electro barra.</i>	35
2.1.11)	<i>Tiempos de instalación de electro barra.</i>	35
2.1.12)	<i>Calculo de costos de instalación.</i>	35
	<i>Cálculo para costos de instalación del cable.</i>	36
	<i>Calculo para costos de instalación de la electro barra.</i>	37
Desarrollo de cálculos en el programa.		38
2.2.1)	<i>Selecciona del tipo de acometida.</i>	38
2.2.2)	<i>Introducción de longitud de la acometida para t1.</i>	38
2.2.3)	<i>Introducción de amperaje de acometida para t1.</i>	38
2.2.4)	<i>Desarrollo cálculos para obtener el número total de conductores para la acometida de t1.</i>	38
2.2.5)	<i>Selección del conductor para la acometida de t1.</i>	39
2.2.6)	<i>Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación para la acometida de t1.</i>	40
2.2.7)	<i>Introducción de longitud de la acometida para t2.</i>	40
2.2.8)	<i>Introducción de amperaje de acometida para t2.</i>	40
2.2.9)	<i>Desarrollo cálculos para obtener el número total de conductores para la acometida de t2.</i>	41
2.2.10)	<i>Selección del conductor para la acometida de t2.</i>	41

2.2.11)	<i>Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación para la acometida de t2.</i>	42
2.2.12)	<i>Introducción de longitud de la acometida para t3.</i>	42
2.2.13)	<i>Introducción de amperaje de acometida para t3.</i>	42
2.2.14)	<i>Desarrollo cálculos para obtener el número total de conductores para la acometida de t3.</i>	43
2.2.15)	<i>Selección del conductor para la acometida de t3.</i>	43
2.2.16)	<i>Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación para la acometida de t3.</i>	44
2.2.17)	<i>Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación totales.</i>	44
2.2.18)	<i>Resultados arrojados por el programa para calculo 2.</i>	44
Disipación Térmica		46
Etapas de instalación		46
<i>Cable.</i>		46
<i>Electro Barra.</i>		47
Reutilización		47
Seguridad		48
Conclusiones		49
Referencias		51
Anexos		52
Trabajos Futuros		55

Figuras

<i>Figura 1.</i> Encuesta planteada para obtener tiempos promedio de instalación de sistemas de ducto barras y cableado eléctrico de potencia. Fuente: Elaboración propia.	12
<i>Figura 2.</i> Capacidades y dimensiones para electro barras LS Cable & System. Fuente: LS Cable & System.	20
<i>Figura 3.</i> Selección de tipo de acometida para calculo 1 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	24
<i>Figura 4.</i> Introducción de longitud de la acometida correspondiente al cálculo 1 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	24
<i>Figura 5.</i> Introducción de amperaje de la acometida correspondiente al cálculo 1 en Programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	24
<i>Figura 6.</i> Selección de botón para desarrollo de cálculo de número de conductores necesarios para la acometida. Fuente: Programa para comparación de costos.	25
<i>Figura 7.</i> Número de conductores necesarios para una acometida de 3469 A, según referencia. Fuente: Programa para comparación de costos. Los resultados arrojados por la tabla corresponden a la cantidad de conductores portadores de corriente (no incluye tierra), necesarios para desarrollar la acometida con respecto al calibre del cable.	25
<i>Figura 8.</i> Resultados arrojados por Programa para comparación de costos para calculo 1. Fuente: Programa para comparación de costos.	26
<i>Figura 9.</i> Selección de tipo de acometida para calculo 2 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	38
<i>Figura 10.</i> Introducción de longitud de la acometida para t1 correspondiente al cálculo 2 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	38
<i>Figura 11.</i> Introducción de amperaje de la acometida para t1 correspondiente al cálculo 2 en Programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	38
<i>Figura 12.</i> Selección de botón para desarrollo de cálculo de número de conductores necesarios para la acometida de t1. Fuente: Programa para comparación de costos.	39
<i>Figura 13.</i> Número de conductores necesarios para una acometida de 300 A, según referencia. Fuente: Programa para comparación de costos. Los resultados arrojados por la tabla corresponden a la cantidad de conductores portadores de corriente (no incluye tierra), necesarios para desarrollar la acometida con respecto al calibre del cable.	39
<i>Figura 14.</i> Área y metros de cable necesarios para desarrollar la acometida de t1 en cable. Fuente: Programa para comparación de costos.	40
<i>Figura 15.</i> Introducción de longitud de la acometida para t2 correspondiente al cálculo 2 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	40
<i>Figura 16.</i> Introducción de amperaje de la acometida para t2 correspondiente al cálculo 2 en Programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	40
<i>Figura 17.</i> Selección de botón para desarrollo de cálculo de número de conductores necesarios para la acometida de t2. Fuente: Programa para comparación de costos.	41
<i>Figura 18.</i> Número de conductores necesarios para una acometida de 100 A, según referencia. Fuente: Programa para comparación de costos. Los resultados arrojados por la tabla corresponden a la cantidad de conductores portadores de corriente (no incluye tierra), necesarios para desarrollar la acometida con respecto al calibre del cable.	41

<i>Figura 19.</i> Área y metros de cable necesarios para desarrollar la acometida de t2 en cable. Fuente: Programa para comparación de costos.....	42
<i>Figura 20.</i> Introducción de longitud de la acometida para t3 correspondiente al cálculo 2 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.	42
<i>Figura 21.</i> Introducción de amperaje de la acometida para t3 correspondiente al cálculo 2 en Programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.....	42
<i>Figura 22.</i> Selección de botón para desarrollo de cálculo de número de conductores necesarios para la acometida de t3. Fuente: Programa para comparación de costos.....	43
<i>Figura 23.</i> Número de conductores necesarios para una acometida de 160 A, según referencia. Fuente: Programa para comparación de costos. Los resultados arrojados por la tabla corresponden a la cantidad de conductores portadores de corriente (no incluye tierra), necesarios para desarrollar la acometida con respecto al calibre del cable.	43
<i>Figura 24.</i> Área y metros de cable necesarios para desarrollar la acometida de t3 en cable. Fuente: Programa para comparación de costos.....	44
<i>Figura 25.</i> Resultados arrojados por Programa para comparación de costos para calculo 2. Fuente: Programa para comparación de costos.....	44

Tablas

Tabla 1. <i>Tiempos promedio de instalación arrojados por las encuestas, tanto para electro barra como para cable.</i>	13
Tabla 2. <i>Características de los programas contemplados para el desarrollo del código. Para el desarrollo de la aplicación el estudiante contemplo los siguientes lenguajes de programación (Valdés, 2007). Fuente: Elaboración propia.</i>	14
Tabla 3. <i>Comparativo entre los datos arrojados por el programa de comparación de costos y los obtenidos de los cálculos manuales. Fuente: Elaboración propia</i>	27
Tabla 4. <i>Comparativo entre los datos arrojados por el programa de comparación de costos y los obtenidos de los cálculos manuales para calculo 2. Fuente: Elaboración propia</i>	45

Anexos

Anexo 1. Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30 °C (ICONTEC, 1998, pág. 154).	52
Anexo 2. Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos (ICONTEC, 1998)	53
Anexo 3. Factor de corrección por agrupamiento. (ICONTEC, 1998, pág. 158)	54
Anexo 4. Máximo porcentaje de área transversal ocupado por cables en tubería eléctrica permitidos por la NTC 2050.	54

Introducción

El cable ha sido el principal medio de transmisión de energía eléctrica, sin embargo, debido a su sección transversal circular, las pérdidas por efecto Skin, efecto Joule y efecto proximidad no lo hacen el más conveniente para la instalación de sistemas eléctricos de potencia(Luis Ignacio Eguíluz Morán, 1994, pág. 262).

Por medio de las nuevas tecnologías se han desarrollado nuevos sistemas de distribución de energía eléctrica, una de ellas y en la que se centrará el desarrollo del presente documento, es la Electro barra, ésta consiste en un conjunto de conductores prefabricados rectangulares, aislados y encerrados por una carcasa de aluminio extruido o aleaciones metálicas.

Puesto que la carcasa del bus de barras es fabricada con láminas de materiales conductores, se comporta como un excelente disipador térmico para el sistema, reduciendo las pérdidas por efecto Joule, contrario al cable, donde la chaqueta del conductor por ser un material con un alto nivel de aislamiento y protección mecánica se opone también a la transmisión térmica desde el conductor hasta el entorno que lo rodea(Ls Cable & System Ltd, 2015).

El diseño de un sistema eléctrico tradicional con tuberías o canaleta y cables utiliza un ramal por cada carga, esto significa que para n cargas conectadas al sistema se van a tener n acometidas desde el tablero de distribución hasta cada una de las cargas, aumentando de esta forma las pérdidas en el conductor por efecto de agrupamiento, éstas pueden ir desde el 20% hasta un 65 % dependiendo del número total de conductores que se distribuyan a través de la tubería o canaletas(1998, pág. 158)

Antecedentes

La densidad de corriente en el caso de transmisión de corriente continua (DC) es uniforme en toda la superficie de un conductor a diferencia del proceso de transmisión de corriente alterna (AC), donde la corriente fluye mayormente por la periferia del conductor debido al campo electromagnético generado y al efecto piel. Estos fenómenos restringen el flujo de corriente eléctrica a través del conductor, ya que se reduce el área efectiva de transmisión transversal, aumentando la resistencia del conductor y con ello las pérdidas por efecto Joule (Donald G. Fink, 1981)

El efecto piel está relacionado directamente con la forma del conductor y la longitud perimetral de éste en relación a su superficie transversal (Donald G. Fink, 1981, pág. 132).

Para la selección del calibre del conductor de una acometida eléctrica se deben considerar diferentes aspectos como; distancia entre fases, temperatura ambiente, lugar de instalación y factores de agrupamiento. La NTC 2050 (Icontec, 1998, pág. 158) determina el calibre mínimo de los conductores según el nivel de tensión al cual va a estar operando.

Justificación

Comercial Alpa es una empresa que se dedica hace 17 años a la distribución de electro barras Ls Cable & System en Colombia y recientemente en Centro América y Chile, sin embargo, no posee algún tipo de herramienta computacional que le permita a sus ingenieros desarrollar cálculos rápidos y precisos durante procesos comparativos de costos para la implementación de electro barras con respecto a cable para cualquier tipo de sistema de potencia de baja tensión

Por medio de este trabajo se busca implementar un programa que permita al personal de Comercial Alpa y más adelante a sus clientes, comparar rápidamente los costos de implementación de electro barra con respecto a cable para cualquier tipo de proyecto eléctrico de baja tensión, independiente de su longitud, ubicación geográfica y carga nominal, que sea confiable, seguro y amigable con el usuario.

Con la ayuda del programa los usuarios podrán obtener rápidamente un comparativo de áreas transversales verticales y horizontales, necesarias para implementar la instalación de una o varias acometidas eléctricas desarrolladas tanto en bus de barras como en cable, basándose en la norma colombiana NTC 2050 y en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). Además, tendrá la capacidad de calcular tiempos promedio para la instalación de los dos sistemas de distribución de energía eléctrica para un mismo proyecto.

Definiciones

Acometida.

Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general. en aquellos casos en que el dispositivo de corte esté aguas arriba del medidor, para los efectos del presente reglamento, se entenderá la acometida como el conjunto de conductores y accesorios entre el punto de conexión eléctrico al sistema de uso general (stn, str o sdl) y los bornes de salida del equipo de medición (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Cable.

Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas. (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

Caja de derivación.

Componente de la electrobarra utilizado para hacer derivaciones e instalar interruptores de protección. (Ls Cable & System Ltd, 2015)

Carga.

Potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito. (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

Capacidad de corriente.

Corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor o equipo en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio. (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

Circuito eléctrico.

Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobre corrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos. Pueden ser de modo diferencial (por conductores activos) o de modo común (por conductores activos y de tierra) (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Conductor neutro.

Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Conductor a tierra.

También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Daño.

Consecuencia material de un accidente.

Electro barra.

(electroductos - bus de barras –busway): Es un sistema de distribución eléctrico mediante elementos prefabricados compuestos por barrajes alojados en una carcasa protectora, incluyendo tramos rectos de diferentes longitudes, accesorios y dispositivos de sujeción.

Los sistemas de electro barra (BUSDUC) en lugar de cables son implementados principalmente en sistemas de distribución de energía de baja tensión (BT), como subestaciones eléctricas de interior, edificios residenciales, bodegas y fábricas. La mayoría de los BUSDUC están hechos con platinas conductoras de aluminio o cobre recubiertas de una carcasa de aluminio. Actualmente existen dos tipos principales de electro barra para BT (Ls Cable & System Ltd, 2015).

Compactas tipo sándwich.

Con aislamiento tipo Pet (tereftalato de polietileno) o Epoxico: gracias a la rigidez dieléctrica del aislamiento que separa y aísla las barras colectoras ($pet = 22 \frac{kv}{mm}$, $esoxico = 29 \frac{kv}{mm}$) (Huifei Jin, 2017) generalmente el espacio entre las platinas dentro de este tipo de barras es de 1-2 mm. Normalmente se fabrican para amperajes entre 600 y 8000 A.

Aisladas en aire.

A diferencia de las compactas, en este producto se utiliza aire como medio de aislamiento entre platinas colectoras y carcasa, por ello sus dimensiones van a ser superiores a las compactas, generalmente se fabrican par amperajes entre 130 y 800 A (Ls Cable & System Ltd, 2015).

Falla.

Degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir una función requerida (Ministerio de Minas y Energia, 2013).

Fase.

Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal (Ministerio de Minas y Energia, 2013).

Instalación eléctrica.

Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica. La cual para los efectos del presente reglamento, debe considerarse como un producto terminado (Ministerio de Minas y Energia, 2013).

Joint.

Accesorio de sujeción mecánica usado para unir dos tramos de electro barra, el ajuste se realiza por medio de un perno que posea una tuerca fusible (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Retie.

Acrónimo del reglamento técnico de instalaciones eléctricas adoptado por Colombia.
Seguridad: Condición del producto conforme con la cual en situaciones normales de utilización, teniendo en cuenta la duración, la información suministrada en los términos de la presente ley y si procede, la puesta en servicio, instalación y mantenimiento, no presenta riesgos irrazonables para la salud o integridad de los consumidores. en caso de que el producto no cumpla con requisitos de seguridad establecidos en reglamentos técnicos o medidas sanitarias, se presumirá inseguro // condición o estado de riesgo aceptable // actitud mental de las personas(Icontec, 1998).

Tablero.

Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición, dispositivos de protección, barrajes, para efectos de este reglamento es equivalente a panel, armario o cuadro(Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Tensión.

La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”(Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Tierra (ground o earth).

Para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Vida útil.

Tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue concebido (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Resultados obtenidos del desarrollo de la pasantía

Los resultados más relevantes obtenidos en el desarrollo de esta pasantía se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Durante el proceso de la pasantía en la empresa Comercial Alpa S.A.S fue posible participar en etapas de diseño de sistemas de electro barras de acuerdo a la NTC 2050, RETIE, EPM Y CODENSA, abordando campos de la ingeniería eléctrica para el desarrollo de cálculos donde se fortalecen los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la carrera.
2. El trabajo de campo permitió conocer más de cerca elementos que componen la infraestructura eléctrica en redes de MT.
3. Gracias a la participación en las etapas de cotización, diseño, fabricación e instalación, correspondientes para los proyectos desarrollados por Comercial Alpa S.A.S, fue posible complementar el perfil profesional, abarcando compromisos y responsabilidades que se deben asumir durante la vida profesional, como trabajo bajo presión, manejo de personal y coordinación y trabajo en equipo,

Alcances

Este proyecto de pasantía tiene como alcance el desarrollo de una aplicación web que permita a los usuarios realizar una comparación rápida de costos y tiempos de instalación para un sistema de electro barra con respecto al cable, para cualquier tipo de acometida eléctrica de baja tensión. Además de identificar algunas de las ventajas que ofrece el sistema de electro barras con respecto al cable.

Productos

Encuesta.

Con el fin de ejecutar satisfactoriamente el desarrollo del proyecto, se va a realizar una encuesta a cada una de las personas involucradas en la instalación de sistemas de ducto barra de diferentes proyectos con el propósito de cumplir los siguientes objetivos:

- Calcular promedios de instalación de tramos de barra de diferente amperaje y sus accesorios.
- Calcular promedios estimados de instalación de acometidas eléctricas de potencia realizadas con cable.

Tiempos de instalación.

Para obtener los tiempos de instalación promedio para acometidas de diferente amperaje tanto en electro barra como en cable, se plantea la siguiente encuesta (Figura 1) al personal encargado de realizar la instalación de los proyectos.



INFORMACION GENERAL	
Ciudad:	
Nombre de la Obra:	
Fecha	

Nombre: _____

Cargo : _____

Empresa: _____

Experiencia instalando Electro Barra : _____

Experiencia cableando acometidas eléctricas: _____

+ Información de rutas instaladas:

Ruta	A	B	C	D	E	F
Amperaje						
Longitud total						
Tiempo de instalación general						
Tiempo de instalación por soporte horizontal						
Tiempo de instalación por soporte vertical						
Número de personas que desarrollaron la instalación						
Tiempo de instalación por joint						

Según su criterio de instalador y experiencia en el sector eléctrico:

1) ¿Si las acometidas de cada una de las rutas se hubieran hecho en cable, cuanto tiempo hubiese tardado en instalar la totalidad de los circuitos, destinando para este trabajo el mismo grupo de personas que instalaron la ruta de electro barra correspondiente?

- Ruta A.
- Ruta B.
- Ruta C.
- Ruta D.
- Ruta E.
- Ruta F.

2) Que ventajas considera que se obtienen al instalar electro barra y no cable.

- _____
- _____

3) Cuáles son las etapas que quitan más tiempo durante la instalación de cable.

- _____
- _____

NIT:811018826.8

Medellín: (57 4) 362 0080
Multicentro Guayabal
Carrera 51 #9C Sur - 85
Oficina 601

Bogotá: (57 1) 533 73 25
Calle 98A #51-37
Ed. Ecotorre
Oficina 503

info@alpa.co
www.alpa.co

Figura 1. Encuesta planteada para obtener tiempos promedio de instalación de sistemas de ducto barras y cableado eléctrico de potencia. Fuente: Elaboración propia.

Por medio de la información concertada en las encuestas, se obtiene la siguiente tabla de tiempos promedio de instalación tanto para electro barra como para cable.

Tabla 1. *Tiempos promedio de instalación arrojados por las encuestas, tanto para electro barra como para cable.*

Amperaje (A)	400	400	800	800	1000	1000	1250	1250	1600	2500	2500	3200	3200	3600	4000
longitud total (m)	20	114	10	82	6	60	25	120	14	55	19	12	60	10	8
Tiempo de instalacion por soporte (min)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Tiempo de instalacion por Joint-kit (min)	20	20	20	20	20	20	20	20	25	30	30	30	30	30	30
Tiempo de montaje por pieza (min)	20	20	20	20	20	20	20	20	25	30	30	30	30	30	30
Tiempo de instalacion general de barras (Dias)	2	11,1	1,0	8,0	0,6	5,8	2,4	11,7	1,6	6,9	2,4	1,5	7,5	1,3	1,0
Tiempo estimado por el instalador para realizar la instalacion de la acometida en cable bajo las mismas condiciones (Dias)	3	20	1,5	25	1	13,4	4,6	30,3	2	18,6	3	2,5	22,5	2,1	2
Numero de personas que desarrollaron la instalacion (un)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Tabla dinámica.

Basándose en las tablas normalizadas para pérdidas por efecto agrupamiento según NTC 2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), se va a implementar una tabla dinámica en donde el usuario podrá calcular rápidamente el total de conductores, metros lineales y área transversal necesarios para la instalación de una o varias acometidas eléctricas teniendo en cuenta diferentes calibres y especificaciones.

Identificación de variables para desarrollar el código de cálculo.

Durante el proceso de análisis de las tablas se establecen 3 variables para el desarrollo de la tabla dinámica: Área transversal del conductor, amperaje máximo soportado por el conductor y porcentaje de reducción según cantidad de conductores que conforman la acometida. Adicional a esto es necesario tener en cuenta la longitud de la acometida, desde la fuente hasta la carga.

Selección del programa para desarrollo de aplicaciones web.

Con el fin de trabajar con un lenguaje de programación que permita la implementación de tablas dinámicas en aplicaciones web, se van a estudiar diferentes opciones para seleccionar la que ofrezca mayores beneficios para el desarrollo de la aplicación.

Tabla 2. Características de los programas contemplados para el desarrollo del código. Para el desarrollo de la aplicación el estudiante contemplo los siguientes lenguajes de programación(Valdés, 2007).Fuente: Elaboración propia.

Lenguaje	Descripción	Ventajas	Desventajas
HTML	Es un lenguaje estático para el desarrollo de sitios web (acrónimo en inglés de HyperTextMarkupLanguage, en español Lenguaje de Marcas Hipertextuales). Desarrollado por el World Wide Web Consortium	* Sencillo que permite describir hipertexto. *Texto presentado de forma estructurada y agradable. *Archivos pequeños. *Despliegue rápido. *Lenguaje de fácil aprendizaje. *Lo admiten todos los exploradores.	* Lenguaje estático. *La interpretación de cada navegador puede ser diferente. *Guarda muchas etiquetas que pueden convertirse en “basura” y dificultan la corrección *El diseño es más lento. *Las etiquetas son muy limitadas.
Javascript	Este es un lenguaje interpretado, no requiere compilación. Fue creado por Brendan Eich en la empresa Netscape Communications. Utilizado principalmente en páginas web.	*Lenguaje de scripting seguro y fiable. *Los scripts tienen capacidades limitadas, por razones de seguridad. *El código Javascript se ejecuta en el cliente.	*Código visible por cualquier usuario. *El código debe descargarse completamente. *Puede poner en riesgo la seguridad del sitio.
PHP	Es un lenguaje de programación utilizado para la creación de sitios web. PHP es un acrónimo recursivo que significa “PHP Hypertext Pre-processor”, (inicialmente se llamó Personal Home Page). Surgió en 1995, desarrollado por PHP Group.	*Fácil de aprender. *Lenguaje rápido. *Soporta en cierta medida la orientación a objetos, clases y herencia. *Lenguaje multiplataforma. * Capacidad de expandir su potencial con módulos. *Es libre,	*Se necesita instalar un servidor web. *Todo el trabajo lo realiza el servidor y no delega al cliente. *La legibilidad del código puede verse afectada al mezclar sentencias HTML y PHP. *La programación orientada a objetos es aún muy deficiente para aplicaciones grandes. *Dificulta la modularización. *Dificulta la organización por capas de la aplicación.
ASP	Es una tecnología del lado de servidor desarrollada por Microsoft para el desarrollo de sitio web dinámicos. ASP significa en inglés (Active Server Pages), fue liberado por Microsoft en 1996.	*Usa Visual Basic Script, siendo fácil para los usuarios. *Comunicación óptima con SQL Server. *Soporta el lenguaje Jscript	*Código desorganizado. *Se necesita escribir mucho código para realizar funciones sencillas. *Hospedaje de sitios web costosos.
Python	Es un lenguaje de programación creado en el año 1990 por Guido van Rossum, Permite la creación de todo tipo de programas incluyendo los sitios web.	*Libre y fuente abierta. *Lenguaje de propósito general. *Sencillo y rápido de programar. *Multiplataforma. *Orientado a Objetos. *Licencia de código abierto.	*Lentitud por ser un lenguaje interpretado.

Finalmente, por libertad y simplicidad del código, la aplicación se desarrolla con HTML y Javascript. Adicionalmente para editar los estilos del formato de la aplicación se utiliza el lenguaje de diseño gráfico CSS.

Desarrollo del código.

El código del programa se desarrolla de manera satisfactoria, sin embargo, por políticas de confidencialidad establecidas por Comercial Alpa S.A.S, este no se publica en el presente documento.

Manual de uso.

Para ofrecer una mayor claridad durante el proceso de desarrollo del cálculo, permitiendo al usuario mantenerse enfocado en la aplicación, sin necesidad acceder a un documento externo, no se desarrolla el manual de funcionamiento como un documento anexo al programa, por el contrario este es incorporado al programa, indicándole al usuario de una forma clara y comprensible cada uno de los datos que deben ser ingresados y su orden específico, además de un sencillo método de identificación y comparación de los resultados obtenidos de cada uno de los cálculos.

Análisis de resultados

Verificación de resultados.

Para comprobar que los resultados arrojados por el programa son correctos, a continuación, se van a desarrollar 2 cálculos manuales de costos de instalación de sistemas de electro barra y cable para luego compararlos con los datos arrojados por la aplicación.

Calculo 1.

Desarrollo de cálculos para una acometida que va de un transformador de 1250 KVA / 208 V a un tablero de transferencia. La configuración debe ser 3 fases/Neutro del 100% y tierra del 50%. Entre los bornes del transformador y los barrajes de la transferencia hay una distancia aproximada de 10 m.

Calculo Manual.

1.1.1) Calculo de corriente nominal.

$$S = \sqrt{3} * V * I \quad (1)$$

Donde:

S= Potencia aparente = 1250 KVA

V= Nivel de tensión nominal en el secundario del transformador = 208 V

I= Corriente nominal del sistema.

Despejando I de (1) tenemos:

$$I = \frac{1250 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 208 \text{ V}} = 3469 \text{ A}$$

1.1.2) Calculo de número de conductores necesarios para realizar la conexión.

Teniendo en cuenta la corriente que se va a transmitir por los conductores, se decide desarrollar el cálculo para cables en cobre de calibre 500 Kcmil 60°C.

1.1.3) Calculo de conductores portadores de corriente.

Se divide la corriente nominal del sistema en el amperaje soportado por el conductor, según Anexo 1.

$$Nc = \frac{I}{\text{Amperaje soportado por el conductor } A} \quad (2)$$

Reemplazando en (2).

$$Nc = \frac{3469 A}{320 A} = 10.84 \text{ aproximando al entero superior} = 11 \text{ un}$$

Nc: Número de conductores necesarios para una fase.

El resultado de la operación nos indica que es necesario utilizar 11 conductores por fase y 11 para neutro, con respecto al tipo de configuración planteada para el sistema, Por lo tanto, se tienen un total de 44 conductores portadores de corriente.

1.1.4) Verificación del cálculo incluyendo factor de corrección por agrupamiento.

Según Anexo 3, para 44 conductores portadores de corriente.

$$Nc = \frac{I}{\text{Amperaje soportado por el conductor} * \text{Factor de correccion por agrupamiento}} \quad (3)$$

Reemplazando en (3).

$$Nc = \frac{3469 A}{320 A * 0.35} = 30.97 \text{ aproximando al entero superior} = 31 \text{ un}$$

El resultado de la operación nos indica que es necesario utilizar 40 conductores por fase y 40 para neutro, con respecto al tipo de configuración planteada para el sistema, Por lo tanto se tienen un total de 124 conductores portadores de corriente.

Ya que 0.35 es el máximo factor de corrección que se puede aplicar según Anexo 3, no es necesario volver a hacer el cálculo para 124 conductores.

1.1.5) Calculo de número de conductores de tierra. Teniendo en cuenta que la configuración indica tierra al 50%.

$$CT = Nc * \text{Porcentaje de capacidad de tierra. (4)}$$

Reemplazando en (4).

$$CT = (31 * .5) = 15.5 \text{ aproximando al entero superior} = 16 \text{ un}$$

CT= Numero de conductores de tierra.

$$NTc = Nc + CT.(5)$$

Reemplazando en (5)

$$NTc = 124 + 16 = 140 \text{ un}$$

NTc: Número total de conductores que conforman la acometida, incluye neutro y tierra.

1.1.6) Calculo de metros lineales necesarios para la acometida.

Se multiplica NTc por la longitud entre los bornes del transformador y los barrajes de la transferencia, ya que el cable no puede quedar completamente tenso durante la conexión y totalmente recto durante el tendido, se suma un 10% adicional a la longitud.

$$LTc = NTc * \text{Longitud de la acometida} * 1.1 (6)$$

Reemplazando en (6)

$$LTc = 140 * 10 \text{ m} * 1.10 = 1540 \text{ m}$$

LTc: Metros de cable necesarios para el desarrollo de la acometida.

1.1.7) Calculo de Área Necesaria para la instalación de los conductores.

Se multiplica NTc por el área transversal en cm^2 , correspondiente al conductor para el cual se está desarrollando el cálculo según Anexo 2.

$$ATc = NTc * \text{Área transversal del conductor. (7)}$$

Reemplazando en (7)

$$ATc = 140 * 5.097 \text{ cm}^2 = 713.58 \text{ cm}^2$$

ATc: Área total de los conductores.

1.1.8) Calculo del área de la canalización necesaria para la instalación de los conductores.

Ya que NTc es superior a 2, el área que ocupan los conductores dentro de la canalización, no puede superar el 40% del área total de la canalización Anexo 4.

$$ATC = ATc * 2.5. (8)$$

Reemplazando en (8)

$$ATC = 713.58 \text{ cm}^2 * 2.5 = 1783.95 \text{ cm}^2$$

ATC: Área transversal mínima que debe tener la canalización para el tendido del cableado.

2.1.1) Tiempos de instalación del cable.

Teniendo en cuenta los tiempos promedio de instalación de la Tabla 1, se estima que 4 técnicos pueden desarrollar la instalación de la acometida en cable en 2.1 días (17 horas).

2.1.2) Selección de electro barra.

Teniendo en cuenta la corriente nominal del sistema (3469 A), es necesario remitirse a la tabla de capacidades (Figura2) de electro barras suministradas por Comercial Alpa S.A.S y seleccionar el producto que soporte un amperaje inmediatamente superior.

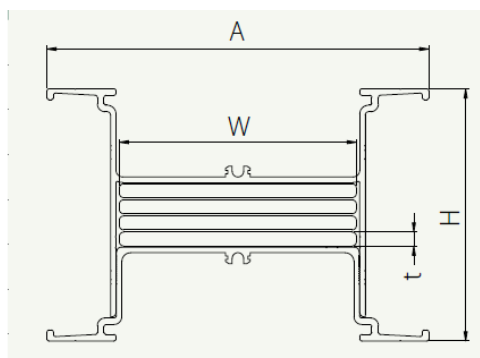
Con respecto a la Figura 2 , se selecciona una electro barra de 3600 A, la cual ocupa un área transversal de:

$$AE = \text{Ancho electro barra} * \text{Alto electro barra. (9)}$$

Reemplazando en (9)

$$AE = 11.5 \text{ cm} \times 46.8 \text{ cm} = 538.2 \text{ cm}^2$$

AE: Área transversal de necesaria para instalar una electro barra de 3600 A.



Ampere(A)		Dimension(mm)		
		t	W	A
AL	630	6.35	41	107
	800		62	128
	1,000		86	152
	1,250		108	174
	1,600		164	230
	2,000		210	276
	2,500		(2)126	352
	3,200		(2)164	428
	3,600		(2)184	468
	4,000		(2)210	520
	5,000		(3)184	686
	6,300		(3)210	764

* H: 107.5(3W+GE, 3W+50%E) / 115(4W+GE, 4W+50%E) / 125(4W+100%E)

Figura 2. Capacidades y dimensiones para electro barras LS Cable & System. Fuente: LS Cable & System.

2.1.3) *Metros de electro barra necesario para realizar la conexión de la acometida.*

Ya que el sistema de electro barra está conformado por accesorios completamente rígidos para el desarrollo de esta acometida son necesario 10 m de barra.

2.1.4) *Tiempos de instalación de electro barra.*

Teniendo en cuenta los tiempos promedio de instalación de la Tabla 1, se estima que 4 técnicos pueden desarrollar la instalación de la electro barra en 1.3 días (10 horas).

2.1.5) *Calculo de costos de instalación.*

Para el desarrollo de este cálculo se ingresan los siguientes costos promedio:

- 1 m de cable 500 Kcmil 60°C = 35.000 pesos colombianos.
- 1m de la electro barra seleccionada= 2.860.000 pesos colombianos.
- 1 m² de área del proyecto donde se va a realizar la instalación del sistema=60.000.000 de pesos colombianos
- Salario mensual de los 4 técnicos que van a estar encargados de la instalación del sistema = 4.000.000 de pesos colombianos.

Calculo para costos de instalación del cable.

Costo total del cable = $L_{Tc} * \text{Costo de un metro del cable seleccionado. (10)}$

Reemplazando en 10.

Costo total del cable = $1540 * 35000 = 53.900.000$ pesos colombianos

$$\text{Costo total del \u00e1rea ocupada por el cable} = \frac{\text{Costo de } 1\text{m}^2 \text{ del \u00e1rea del proyecto} * \text{ATC}}{10000}. (11)$$

Reemplazando en (11).

$$\text{Costo total del \u00e1rea ocupada por el cable} = \frac{60000000 * 1783.95}{10000} = 10.703.700 \text{ de pesos}$$

colombianos

$$\text{Costo mano de obra} = \frac{\text{salar\u00edo mensual de 4 t\u00e9cnicos} * \text{tiempo de instalaci\u00f3n del cable en horas}}{240} (12)$$

Reemplazando en (12).

$$\text{Costo mano de obra} = \frac{4000000 * 17.04}{240} = 284.000 \text{ pesos colombianos.}$$

Costo total de la acometida en cable = Costo total del cable + Costo total del \u00e1rea ocupada por el cable + costo de mano de obra. (13)

Reemplazando en (13).

$$\text{Costo total de la acometida en cable} = 53.900.000 + 10.703.700 + 284.000 = 34.887.700 \text{ de pesos colombianos.}$$

Calculo para costos de instalaci\u00f3n de la electro barra.

Costo total de la electro barra = metros totales de electro barra * Costo de un metro de la electro barra seleccionada. (14)

Reemplazando en (14).

Costo total de la electro barra = $10 * 2860000 = 28.600.000$ pesos Colombianos.

$$\text{Costo total del \u00e1rea ocupada por la barra} = \frac{\text{Costo de } 1\text{m}^2 \text{ del \u00e1rea del proyecto} * AE}{10000}. \quad (15)$$

Reemplazando en (15).

$$\text{Costo total del \u00e1rea ocupada por la barra} = \frac{60000000 * 538.2}{10000} = 3.229.200 \text{ pesos colombianos.}$$

$$\text{Costo mano de obra} = \frac{\text{salario mensual de 4 tecnicos} * \text{tiempo de instalacion del cable en horas}}{240} \quad (16)$$

Reemplazando en (16).

$$\text{Costo de mano de obra} = \frac{4000000 * 10}{240} = 166.666,66 \text{ pesos colombianos.}$$

Costo total de la acometida en electro barra = Costo total de la barra + Costo total del \u00e1rea ocupada por la electro barra + costo de mano de obra. (17)

Reemplazando en (17).

Costo total de la acometida en electro barra = $28.600.000 + 3.229.200 + 166.666,66 = 31.995.866,67$ de pesos colombianos.

Desarrollo de cálculos en el programa.

1.2.1) Se selecciona el tipo de acometida.

Para este caso Una acometida.

1) Seleccione el tipo de conexión para el cual desea realizar el cálculo.



Figura 3. Selección de tipo de acometida para cálculo 1 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

1.2.2) Introducción de longitud de acometida.

Se ingresa la longitud que hay de los bujes del transformador hasta los barrajes de la transferencia.

2) Teniendo en cuenta la distancia entre el punto de conexión y la carga a alimentar, de menor a mayor, Ingrese la longitud hasta el punto de conexión 1

Figura 4. Introducción de longitud de la acometida correspondiente al cálculo 1 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

1.2.3) Introducción de amperaje de acometida.

Se ingresa el amperaje que debe soportar la acometida.

3) Ingrese el amperaje correspondiente a la acometida del punto de Conexión 1

Figura 5. Introducción de amperaje de la acometida correspondiente al cálculo 1 en Programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

1.2.4) Desarrollo cálculos para obtener el número total de conductores.

Con los datos ya ingresados, el programa puede desarrollar el cálculo.

4) Si esta seguro de realizar el calculo para los valores ingresado, presione el boton Calcular

Calcular

Figura 6. Selección de botón para desarrollo de cálculo de número de conductores necesarios para la acometida. Fuente: Programa para comparación de costos.

1.2.5) Selección del conductor.

Se selecciona el resultado de la tabla para el tipo de cable con el cual se planea desarrollar la acometida, en este caso, cable de cobre, calibre 500 Kcmil de 60°C, posteriormente seleccionamos la opción **Guardar**.

AWG	60°C	75°C	90°C
1/0	320	268	236
2/0	276	228	204
3/0	244	200	180
4/0	204	176	156
250	188	156	140
300	168	140	124
350	156	128	116
400	144	120	108
500	124	108	96

Figura 7. Número de conductores necesarios para una acometida de 3469 A, según referencia. Fuente: Programa para comparación de costos. Los resultados arrojados por la tabla corresponden a la cantidad de conductores portadores de corriente (no incluye tierra), necesarios para desarrollar la acometida con respecto al calibre del cable.

1.2.6) Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación.

Se selecciona la opción **Finalizar** para que el programe complete el desarrollo de los cálculos.

1.2.7) Resultados arrojados por el programa para calculo 1.

Tipo de sistema	Especificaciones del conductor	Referencia del conductor	Metros necesarios para desarrollar la instalación	Area Trasnversal necesaria para instalar el sistema (cm ²)	Tiempo estimado de instalacion de la(s) acometida(s) para 4 personas (horas).	Costo estimado del sistema
Electro Barra	Platinas y Carcasa en aluminio, tierra y neutro al 100%, 3P4W-100%Ge	3600	10	538.2	10	31995866.67
Cableado de potencia	Conductor en cobre.	500 Kcmil 60° C	1540	1783.95	17.04	64887700

Figura 8. Resultados arrojados por Programa para comparación de costos para calculo 1. Fuente: Programa para comparación de costos.

1.2.8) Comparación de resultados arrojados por el programa vs cálculos manuales.

Con respecto a la Tabla 2, al realizar un comparativo entre los datos arrojados por el programa y los obtenidos de los cálculos manuales, se observan los mismos resultados para cada uno de los procesos, gracias a esto es posible asegurar que el programa es preciso y confiable para desarrollar comparaciones rápidas entre costos de instalación de electro barra con respecto a cable.

Tabla 3. *Comparativo entre los datos arrojados por el programa de comparación de costos y los obtenidos de los cálculos manuales. Fuente: Elaboración propia*

Tipo de calculo	Calibre del conductor.	Amperaje de electro barra. (A)	Número total de conductores que conforman la acometida, incluye neutro y tierra (UN).	Area transversal necesaria para la instalación de los conductores (cm ²).	Area transversal necesaria para la instalación de la electro barra (cm ²).	Longitud total del cable (m).	Longitud total de la electro barra (m).	Tiempo de instalación estimado con cable (horas)	Tiempo de instalación estimado con Electro Barra (horas).	Costos de instalación del sistema con electro barra	Costos de instalación del sistema con cable
Manual	500 Kcmil/60 C	3600	140	1783,95	538,2	1540	10	17,4	10	21995866.67	31,995,866.67
Tabla dinamica	500 Kcmil/60 C	3600	140	1783	538,2	1540	10	17,4	10	21995866.67	64,887,700

Calculo 2

Desarrollo de cálculos para 3 acometidas que va de un Tablero general de acometidas con un nivel de tensión de 208 V, a 3 tableros de distribución. Las cargas están distribuidas de la siguiente manera: tablero 1 /300 A, tablero 2 /100 A, tablero 3 /160 A, la distancia entre el Tablero general y los de distribución son: 15, 20 y 23 m de manera correspondiente. La configuración debe ser: 3 fases/Neutro del 100% y tierra del 50%.

Calculo Manual

2.1.1) Calculo de corriente nominal.

Nota: Los cálculos para las 3 acometidas van a ser desarrollados de forma paralela y correspondiente.

t1: Tablero de distribución 1

t2: Tablero de distribución 2

t3: Tablero de distribución 3

Int1=300 A

Int2=100 A

Int3=160 A

In: Corriente nominal del circuito.

2.1.2) *Calculo de número de conductores necesarios para realizar la conexión.*

Teniendo en cuenta la corriente que se va a transmitir por los conductores, se decide desarrollar el cálculo para cables en cobre de calibre 4/0 Kcmil 90°C.

2.1.3) *Calculo de conductores portadores de corriente.*

Se divide la corriente nominal del sistema en el amperaje soportado por el conductor, según tabla Anexo 1.

Reemplazando en (2) para t1.

$$N_{ct1} = \frac{300 A}{260 A} = 1.15 \text{ aproximando al entero superior} = 2 \text{ un.}$$

Nc: Número de conductores necesarios para una fase.

El resultado de la operación nos indica que para la acometida de t1 es necesario utilizar 2 conductores por fase y 2 para neutro, con respecto al tipo de configuración planteada para el sistema, Por lo tanto, se tienen un total de 8 conductores portadores de corriente.

Reemplazando en (2) para t2.

$$N_{ct2} = \frac{100 A}{260 A} = 0.38 \text{ aproximando al entero superior} = 1 \text{ un.}$$

El resultado de la operación nos indica que para la acometida de t2 es necesario utilizar 1 conductor por fase y 1 para neutro, con respecto al tipo de configuración planteada para el sistema, Por lo tanto, se tienen un total de 4 conductores portadores de corriente.

Reemplazando en (2) para t3.

$$N_{ct3} = \frac{160 A}{260 A} = 0.61 \text{ aproximando al entero superior} = 1 \text{ un}$$

El resultado de la operación nos indica que para la acometida de t3 es necesario utilizar 1 conductor por fase y 1 para neutro, con respecto al tipo de configuración planteada para el sistema, Por lo tanto, se tienen un total de 4 conductores portadores de corriente.

2.1.4) Verificación del cálculo incluyendo factor de corrección por agrupamiento.

Según Anexo 3.

Para t1, 8 conductores portadores de corriente.

Reemplazando en (3).

$$N_c = \frac{300 A}{260 A * 0.7} = 1.64 \text{ aproximando al entero superior} = 2 \text{ un.}$$

Ya que la cantidad de conductores por fase, al introducir el factor de corrección por agrupamiento no varían, no es necesario desarrollar más cálculos para esta acometida.

Para t2, 4 conductores portadores de corriente.

Reemplazando en (3).

$$N_c = \frac{100 A}{260 A * 0.8} = 0.48 \text{ aproximando al entero superior} = 1 \text{ un.}$$

Ya que la cantidad de conductores por fase, al introducir el factor de corrección por agrupamiento no varían, no es necesario desarrollar más cálculos para esta acometida.

Para t3,4 conductores portadores de corriente.

Reemplazando en (3).

$$Nc = \frac{160 A}{260 A * 0.8} = 0.77 \text{ aproximando al entero superior} = 1 \text{ un.}$$

Ya que la cantidad de conductores por fase, al introducir el factor de corrección por agrupamiento no varían, no es necesario desarrollar más cálculos para esta acometida.

2.1.5) Calculo de número de conductores de tierra.

Teniendo en cuenta que la configuración indica tierra al 50%.

Reemplazando en (4).

$$CTt1 = (2 * .5) = 1 \text{ aproximando al entero superior} = 1 \text{ un.}$$

Reemplazando en (4).

$$CTt2 = (1 * 0.5) = 0.5 \text{ aproximando al entero superior} = 1 \text{ un.}$$

Reemplazando en (4).

$$CTt3 = (1 * 0.5) = 0.5 \text{ aproximando al entero superior} = 1 \text{ un.}$$

CT= Número de conductores de tierra.

Reemplazando en (5)

$$NT_{ct1} = 8 + 1 = 9 \text{ un.}$$

Reemplazando en (5)

$$NT_{ct1} = 4 + 1 = 5 \text{ un.}$$

Reemplazando en (5)

$$NT_{ct1} = 4 + 1 = 5 \text{ un.}$$

NTc: Número total de conductores que conforman la acometida, incluye neutro y tierra.

2.1.6) Calculo de metros lineales necesarios para la acometida.

Se multiplica NTc por la longitud entre los barrajes del Tablero general y los del tablero de distribución, ya que el cable no queda completamente recto durante el tendido, ni tenso en las conexiones, se suma un 10% adicional a la longitud.

Reemplazando en (6)

$$LT_{ct1} = 9 * 15 \text{ m} * 1.10 = 148.5 \text{ m.}$$

Reemplazando en (6)

$$LT_{ct2} = 5 * 20 \text{ m} * 1.10 = 110 \text{ m.}$$

Reemplazando en (6)

$$LT_{ct3} = 5 * 23 \text{ m} * 1.10 = 126.5 \text{ m.}$$

LTc: Metros de cable necesarios para el desarrollo de la acometida.

Metros totales para las 3 acometidas: $148.5\text{m} + 110\text{m} + 126.5\text{m} = 385\text{m}$.

2.1.7) Calculo de Área Necesaria para la instalación de los conductores.

Se multiplica NTc por el área transversal en cm^2 , correspondiente al conductor para el cual se está desarrollando el cálculo según Anexo 2.

Reemplazando en (7)

$$AT_{ct1} = 9 * 2.399\text{cm}^2 = 21.59\text{cm}^2.$$

Reemplazando en (7)

$$AT_{ct2} = 5 * 2.399\text{cm}^2 = 11.99\text{cm}^2.$$

Reemplazando en (7)

$$AT_{ct3} = 5 * 2.399\text{cm}^2 = 11.99\text{cm}^2.$$

ATc: Área total de los conductores.

2.1.8) *Calculo del área de la canalización necesaria para la instalación de los conductores.*

Ya que NT_c es superior a 2, el área que ocupan los conductores dentro de la canalización, no puede superar el 40% del área total de la canalización Anexo 4.

Reemplazando en (8)

$$ATCt1 = 21.59cm^2 * 2.5 = 53.975 cm^2.$$

Reemplazando en (8)

$$ATCt2 = 11.99cm^2 * 2.5 = 29.975 cm^2.$$

Reemplazando en (8)

$$ATCt3 = 11.99cm^2 * 2.5 = 29.975 cm^2.$$

$$Areatotal = 53.975cm^2 + 29.975cm^2 + 29.975cm^2 = 113.925 cm^2.$$

ATC: Área transversal mínima que debe tener la canalización para el tendido del cableado.

2.1.9) *Tiempos de instalación del cable.*

Teniendo en cuenta los tiempos promedio de instalación de la tabla 1, se estima que 4 técnicos pueden desarrollar la instalación de la acometida en cable en 3.8 días (30 horas).

2.1.10) Selección de electro barra.

Sumando las corrientes nominales de los sistemas ($300A + 100A + 160A = 560$), es necesario remitirse a la tabla de capacidades (Figura 2) de electro barras suministradas por Comercial Alpa S.A.S y seleccionar el producto que soporte un amperaje inmediatamente superior.

Con respecto a la Figura 2, se selecciona una electro barra de 630 A, la cual ocupa un área transversal de:

Reemplazando en (9)

$$AE = 11.5 \text{ cm} \times 10.7 \text{ cm} = 123.05 \text{ cm}^2$$

AE: Área transversal de necesaria para instalar una electro barra de 630 A.

2.1.11) Tiempos de instalación de electro barra.

Teniendo en cuenta los tiempos promedio de instalación de la Tabla 1, se estima que 4 técnicos pueden desarrollar la instalación de las electro barras en 2.2 días (18 horas).

2.1.12) Calculo de costos de instalación.

Para el desarrollo de este cálculo se ingresan los siguientes costos promedio:

- 1 m de cable de cobre 4/0 Kcmil 90°C = 20,000 pesos Colombianos.
- 1m de la electro barra seleccionada = 600,000 pesos colombianos.
- 1 m² de área del proyecto donde se va a realizar la instalación del sistema = 60.000.000 de pesos colombianos

- Salario mensual de los 4 técnicos que van a estar encargados de la instalación del sistema = 4.000.000 de pesos colombianos.

Cálculo para costos de instalación del cable.

Costo total del cable = Metros totales para las 3 acometidas *Costo de un metro del cable seleccionado. (10)

Reemplazando en (10).

Costo total del cable = 385* 30000 = 11.550.000 pesos colombianos.

Costo total del área ocupada por el cable = $\frac{\text{Costo de } 1\text{m}^2 \text{ del área del proyecto} * \text{ATC}}{10000}$.(11)

Reemplazando en (11).

Costo total del área ocupada por el cable = $\frac{60000000 * 113.96}{10000} = 68.376$ de pesos colombianos.

Costo mano de obra = $\frac{\text{salario mensual de 4 tecnicos} * \text{tiempo de instalacion del cable en horas}}{240}$ (12)

Reemplazando en (12).

Costo mano de obra = $\frac{4000000 * 30.4}{240} = 506.666$ pesos colombianos.

Costo total de la acometida en cable = Costo total del cable + Costo total del área ocupada por el cable + costo de mano de obra. (13)

Reemplazando en (13).

Costo total de la acometida en cable = 11.550.000 + 68.376 + 506.666 = 12.125.042,67 pesos colombianos.

Calculo para costos de instalación de la electro barra.

Costo total de la electro barra = metros totales de electro barra *Costo de un metro de la electro barra seleccionada. (14)

Reemplazando en (14).

Costo total de la electro barra = 23 * 500000 = 11.500.000 pesos colombianos.

Costo total del área ocupada por la barra = $\frac{\text{Costo de } 1\text{m}^2 \text{ del area del proyecto} * AE}{10000}$. (15)

Reemplazando en (15).

Costo total del área ocupada por la barra = $\frac{60000000 * 123}{10000} = 738.000$ pesos colombianos.

Costo mano de obra = $\frac{\text{salario mensual de 4 tecnicos} * \text{tiempo de instalacion del cable en horas}}{240}$ (16)

Reemplazando en (16).

Costo de mano de obra = $\frac{4000000 * 17.92}{240} = 298.666,66$ pesos colombianos.

Costo total de la acometida en electro barra = Costo total de la barra + Costo total del área ocupada por la electro barra + costo de mano de obra. (17)

Reemplazando en (17).

Costo total de la acometida en electro barra = 11.500.000 + 738.000 + 298.666,66 = 12.536.666,67 pesos colombianos.

Desarrollo de cálculos en el programa.

2.2.1) *Selecciona del tipo de acometida.*

1) Seleccione el tipo de conexión para el cual desea realizar el cálculo.



Figura 9. Selección de tipo de acometida para cálculo 2 en programa para comparación de costos.

Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.2) *Introducción de longitud de la acometida para t1.*

Se ingresa la longitud que hay de los barrajes del Tablero general hasta los barrajes del tablero de distribución 1.

2) Teniendo en cuenta la distancia entre el punto de conexión y la carga a alimentar, de menor a mayor, Ingrese la longitud hasta el punto de conexión 1

Figura 10. Introducción de longitud de la acometida para t1 correspondiente al cálculo 2 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.3) *Introducción de amperaje de acometida para t1.*

Se ingresa el amperaje que debe soportar la acometida que alimenta al tablero de distribución 1.

3) Ingrese el amperaje correspondiente a la acometida del punto de Conexión 1

Figura 11. Introducción de amperaje de la acometida para t1 correspondiente al cálculo 2 en Programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.4) *Desarrollo cálculos para obtener el número total de conductores para la acometida de t1.*

Con los datos ya ingresados, el programa puede desarrollar el cálculo para la acometida correspondiente al tablero de distribución 1.

4) Si esta seguro de realizar el calculo para los valores ingresado, presione el boton Calcular

Calcular

Figura 12. Selección de botón para desarrollo de cálculo de número de conductores necesarios para la acometida de t1. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.5) Selección del conductor para la acometida de t1.

Se selecciona el resultado de la tabla para el tipo de cable con el cual se planea desarrollar la acometida, en este caso, cable de cobre, calibre 4/0Kcmil de 90°C, posteriormente seleccionamos la opción Guardar.

AWG	60°C	75°C	90°C
1/0	20	16	16
2/0	20	16	16
3/0	16	12	8
4/0	16	8	8
250	8	8	8
300	8	8	8
350	8	8	8
400	8	8	4
500	8	4	4

Figura 13. Número de conductores necesarios para una acometida de 300 A, según referencia. Fuente: Programa para comparación de costos. Los resultados arrojados por la tabla corresponden a la cantidad de conductores portadores de corriente (no incluye tierra), necesarios para desarrollar la acometida con respecto al calibre del cable.

2.2.6) Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación para la acometida de t1.

Luego de seleccionar el tipo de cable con el cual se desea trabajar, el programa arroja automáticamente el área y metros de cable necesarios para desarrollar la instalación.

El Área transversal necesaria para esta acometida es aproximadamente **53.98** cm² incluyendo conductor de tierra.

Para esta acometida usted necesita aproximadamente **148.5** m del cable seleccionado incluyendo conductor de tierra.

Figura 14. Área y metros de cable necesarios para desarrollar la acometida de t1 en cable. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.7) Introducción de longitud de la acometida para t2.

Para continuar con el cálculo de la segunda acometida es necesario retornar al numeral 2 del programa e introducir ahora la longitud entre los barrajes del Tablero general y los barrajes del tablero de distribución 2.

2) Teniendo en cuenta la distancia entre el punto de conexión y la carga a alimentar, de menor a mayor, Ingrese la longitud hasta el punto de conexión **20**

Figura 15. Introducción de longitud de la acometida para t2 correspondiente al cálculo 2 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.8) Introducción de amperaje de acometida para t2.

Se ingresa el amperaje que debe soportar la acometida que alimenta al tablero de distribución 2.

3) Ingrese el amperaje correspondiente a la acometida del punto de Conexión **100**

Figura 16. Introducción de amperaje de la acometida para t2 correspondiente al cálculo 2 en Programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.9) Desarrollo cálculos para obtener el número total de conductores para la acometida de t2.

Con los datos ya ingresados, el programa puede desarrollar el cálculo para la acometida correspondiente al tablero de distribución 2.

4) Si esta seguro de realizar el calculo para los valores ingresado, presione el boton Calcular

Calcular

Figura 17. Selección de botón para desarrollo de cálculo de número de conductores necesarios para la acometida de t2. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.10) Selección del conductor para la acometida de t2.

Se selecciona el resultado de la tabla para el tipo de cable con el cual se planea desarrollar la acometida, en este caso, cable de cobre, calibre 4/0 KCmil de 90°C, posteriormente seleccionamos la opción Guardar.

AWG	60°C	75°C	90°C
1/0	4	4	4
2/0	4	4	4
3/0	4	4	4
4/0	4	4	4
250	4	4	4
300	4	4	4
350	4	4	4
400	4	4	4
500	4	4	4

Figura 18. Número de conductores necesarios para una acometida de 100 A, según referencia. Fuente: Programa para comparación de costos. Los resultados arrojados por la tabla corresponden a la cantidad de conductores portadores de corriente (no incluye tierra), necesarios para desarrollar la acometida con respecto al calibre del cable.

2.2.11) Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación para la acometida de t2.

Luego de seleccionar el tipo de cable con el cual se desea trabajar, el programa arroja automáticamente el área y metros de cable necesarios para desarrollar la instalación.

El Area transversal necesaria para esta acometida es aproximadamente **29.99** cm² incluyendo conductor de tierra.

Para esta acometida usted necesita aproximadamente **110** m del cable seleccionado incluyendo conductor de tierra.

Figura 19. Área y metros de cable necesarios para desarrollar la acometida de t2 en cable. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.12) Introducción de longitud de la acometida para t3.

Para continuar con el cálculo de la segunda acometida es necesario retornar al numeral 2 del programa e introducir ahora la longitud entre los barrajes del Tablero general y los barrajes del tablero de distribución 3.

2) Teniendo en cuenta la distancia entre el punto de conexión y la carga a alimentar, de menor a mayor, Ingrese la longitud hasta el punto de conexión **23**

Figura 20. Introducción de longitud de la acometida para t3 correspondiente al cálculo 2 en programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.13) Introducción de amperaje de acometida para t3.

Se ingresa el amperaje que debe soportar la acometida que alimenta al tablero de distribución 3.

3) Ingrese el amperaje correspondiente a la acometida del punto de Conexión **160**

Figura 21. Introducción de amperaje de la acometida para t3 correspondiente al cálculo 2 en Programa para comparación de costos. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.14) Desarrollo cálculos para obtener el número total de conductores para la acometida de t3.

Con los datos ya ingresados, el programa puede desarrollar el cálculo para la acometida correspondiente al tablero de distribución 3.

4) Si esta seguro de realizar el calculo para los valores ingresado, presione el boton Calcular

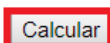



Figura 22. Selección de botón para desarrollo de cálculo de número de conductores necesarios para la acometida de t3. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.15) Selección del conductor para la acometida de t3.

Se selecciona el resultado de la tabla para el tipo de cable con el cual se planea desarrollar la acometida, en este caso, cable de cobre, calibre 4/0 KCmil de 90°C, posteriormente seleccionamos la opción .

AWG	60°C	75°C	90°C
1/0	4	4	4
2/0	4	4	4
3/0	4	4	4
4/0	4	4	4
250	4	4	4
300	4	4	4
350	4	4	4
400	4	4	4
500	4	4	4

Figura 23. Número de conductores necesarios para una acometida de 160 A, según referencia. Fuente: Programa para comparación de costos. Los resultados arrojados por la tabla corresponden a la cantidad de conductores portadores de corriente (no incluye tierra), necesarios para desarrollar la acometida con respecto al calibre del cable.

2.2.16) Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación para la acometida de t3.

Luego de seleccionar el tipo de cable con el cual se desea trabajar, el programa arroja automáticamente el área y metros de cable necesarios para desarrollar la instalación.

El Area transversal necesaria para esta acometida es aproximadamente **29.99** cm² incluyendo conductor de tierra.

Para esta acometida usted necesita aproximadamente **126.5** m del cable seleccionado incluyendo conductor de tierra.

Figura 24. Área y metros de cable necesarios para desarrollar la acometida de t3 en cable. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.17) Desarrollo de cálculos para obtener metros y áreas de instalación totales.

Se selecciona la opción **Finalizar** para que el programe complete el desarrollo de los cálculos.

2.2.18) Resultados arrojados por el programa para calculo 2.

Tipo de sistema	Especificaciones del conductor	Referencia del conductor	Metros necesarios para desarrollar la instalación	Area Transversal necesaria para instalar el sistema (cm ²)	Tiempo estimado de instalacion de la(s) acometida(s) para 4 personas (horas).	Costo estimado del sistema
Electro Barra	Platinas y Carcasa en aluminio, tierra y neutro al 100%, 3P4W-100%Ge	630	23	123	17.92	12536666.67
Cableado de potencia	Conductor en cobre.	4/0 Kcmil 90° C	385	113.96	30.4	12740426.67

Figura 25. Resultados arrojados por Programa para comparación de costos para calculo 2. Fuente: Programa para comparación de costos.

2.2.19) Comparación de resultados arrojados por el programa vs cálculos manuales.

Al realizar un comparativo entre los datos arrojados por el programa y los obtenidos de los cálculos manuales (Tabla 4), se observan los mismos resultados para cada uno de los procesos, gracias a esto es posible asegurar que el programa es preciso y confiable para desarrollar comparaciones rápidas entre costos de instalación de electro barra con respecto a cable.

Tabla 4. *Comparativo entre los datos arrojados por el programa de comparación de costos y los obtenidos de los cálculos manuales para calculo 2. Fuente: Elaboración propia*

Tipo de calculo	Calibre del conductor.	Amperaje de electro barra. (A)	Número total de conductores que conforman la acometida, incluye neutro y tierra (UN).	Area transversal necesaria para la instalación de los conductores (cm ²).	Area transversal necesaria para la instalación de la electro barra (cm ²).	Longitud total del cable (m).	Longitud total de la electro barra (m).	Tiempo de instalación estimado con cable (horas)	Tiempo de instalación estimado con Electro Barra (horas).	Costos de instalación del sistema con electro barra	Costos de instalación del sistema con cable
Manual	4/0 Kcmil/90°C	630	19	113,96	123	385	23	30,4	17,9	12,536,666.67	12,740,426.67
Tabla dinamica	4/0 Kcmil/90°C	630	19	113,96	123	385	23	30,4	17,9	12,536,666.67	12,740,426.67

Disipación Térmica

Disipación térmica de los ducto barras: ya que la carcasa de estos elementos está hecha de Aluminio extruido o aleaciones de acero con excelentes características de transferencia de calor, el calor se transfiere de los conductores a la carcasa por conducción y luego al ambiente por convección y radiación, este proceso de disipación térmica reduce la concentración de calor en las platinas colectoras y reduce el aumento de la resistencia de las mismas debido al coeficiente térmico de resistividad.

Ya que el factor de conductividad térmica del aluminio es superior al de Policloruro de vinilo, Nylon y PVC, materiales normalmente utilizados en la fabricación de chaquetas y aislamiento de los cables, es posible determinar que el proceso de transferencia de calor desde el núcleo de los conductores hacia el exterior es más rápido en la electro barra que en el cable(Wilde, 2007, págs. 62,63)(Centelsa Cables de Energia y Telecomunicaciones S.A, 2001)

Etapas de instalación

Cable.

- Instalación de soportería para bandeja o tubería.
- Figuración de bandeja o tubería.
- Montaje de secciones de bandeja o tubería sobre los soportes.
- Unión de las secciones de bandeja o tuberías.
- Medida y corte de cables.
- Halado de cable.
- Organización de cable en las bandejas (peinado de cable).

- Prueba de aislamiento a cada uno de los cables que conforman la acometida.
- Ponchado de cables.

Electro Barra.

- Etapas de instalación de electro barra.
- Instalación de soportaría para electro barra.
- Montaje de tramos de barra en la soportería.
- Fijación e instalación de tapas de joint.
- Prueba de aislamiento entre platinas y carcasa de electro barra.

Durante el proceso de halado del cable, debido a la fricción y esfuerzos mecánicos entre la chaqueta del cable y el ducto que soporta la acometida eléctrica, el aislamiento de los conductores puede ser afectado, obligando al instalador a cambiar la totalidad del tramo de cable ya que este no puede ser empalmado (Icontec, 1998, pág. 136).

Reutilización

Ya que los sistemas de ducto barras están conformados por tramos rectos y accesorios de cambio de dirección prefabricados con longitudes que pueden ir entre 0.5 y 3.5 m el instalador puede estar seguro que durante un proceso de reubicación de equipos, los tramos y accesorios que conforman la ruta original se pueden distribuir dentro del nuevo recorrido, bajando costos en la cantidad de accesorios necesarios para la nueva ruta.

Contrario a los ducto barras el cable es un elemento que por norma no puede ser empalmado cuando la acometida va por tubería o canalización, es por ello que si el instalador desea utilizar n tramos de cables que ya están cortados y ponchados para un proceso de reubicación de equipos, solo le será posible realizarlo cuando los equipos se ubiquen a distancias iguales o inferiores al recorrido original, de lo contrario será necesario comprar la totalidad del cable.

Seguridad

Gracias a los materiales de fabricación de la carcasa de los ducto barra es posible asegurar que:

- Los tramos y accesorios no se van a ver afectado por roedores.
- Durante incendios no se comporta como medio para la propagación del fuego.

Conclusiones

Gracias a la aplicación web desarrollada durante el proceso de pasantía, los ingenieros de la empresa Comercial Alpa S.A.S pueden realizar cálculos comparativos de manera rápida y precisa, entre los costos de implementación de electro barra con respecto a cable para cualquier tipo de proyecto.

Para realizar una correcta comparación entre costos de instalación de electro barra con respecto a cable, es necesario tener en cuenta todas las etapas que conlleva este proceso para cada uno de los productos, esto es muy importante ya que normalmente solo se hace una comparación entre costos de adquisición tanto del cable como de la electro barra y no se tienen en cuenta los tiempos de instalación, áreas necesarias para la instalación y pérdidas de material durante etapas de corte e instalación entre otros.

Gracias a la constante de disipación térmica de los materiales con los que se fabrica la carcasa de las electro barras, las pérdidas por efecto joule en estos elementos son menores a las del cable, bajo las mismas condiciones de operación.

Ya que el sistema de electro barras está conformado por un conjunto de piezas y accesorios prefabricados, durante la etapa de instalación, no se van a reflejar pérdidas de material pues estos elementos no deben ser sometidos a ningún tipo de corte.

A medida que aumentan la corriente nominal y la longitud de las acometidas, las etapas de halado y peinado del cable exigen mayor tiempo para su desarrollo, mientras que los tiempos de instalación de las piezas y accesorios de la electro barra son constantes, por tal motivo a medida que aumenta el amperaje de las acometidas es posible observar que las ventajas de instalar electro barra con respecto a cable son mayores.

Referencias

- Centelsa Cables de Energia y Telecomunicaciones S.A. (s.f.). Cables y alambres THHN.
- Centelsa Cables de Energia y Telecomunicaciones S.A. (2001). Cables y Tecnologia. *Boletin Tecnico 2001* . Yumbo, Colombia: Centelsa S.A.
- Donald G. Fink, H. W. (1981). *Manual práctico electricidad ingenieros*. Barcelona : Reverté, s.a.
- Huifei Jin, I.-A. T. (2017). The Effect Of Frequency On The Dielectric Strength Of Epoxy Resin And Epoxy Resin Based Nanocomposites. *IEEE* , 142.
- Icontec. (25 de Noviembre de 1998). Norma Tecnica Colombiana 2050. *Norma Tecnica Colombiana 2050* . Colombia: Icontec.
- Ls Cable & System Ltd. (2015). Busduct System. *E-series* . Corea del sur: Ls Cable & System Ltd.
- Luis Ignacio Eguíluz Morán, J. A. (1994). *Armónicos en sistemas de potencia*. España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Valdés, D. P. (02 de 11 de 2007). *Maestros de la Web*. Obtenido de <http://www.maestrosdelweb.com/los-diferentes-lenguajes-de-programacion-para-la-web/>
- Wilde, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. Mexico: Pearson Educación.

Anexos

Anexo 1. Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30 °C (Icontec, 1998, pág. 154).

Sección transv.	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	Calibre
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS,SA,SS,FEP*, FEPB*,MI,RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*,THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS,SA,SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

Anexo 2. Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos(Icontec, 1998, pág. 723)

Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*. RHHN, RHHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF				
Tipo	Calibre AWG o kcmil	Seca Transv. cond. (mm²)	Diámetro aprox. (mm)	Sección aprox. total (mm²)
RHH*, RHW*, RHW-2* THH, THW, AF, XF, XFF RHH', RHW*, RHW-2*. THHW, THW, THW-2	12	3,30	4,6	16,8
	10	5,25	5,2	21,5
	8	8,36	6,8	35,9
TW, THW THHW THW-2 RHH* RHW* RHW-2*	6	13,29	7,7	46,8
	4	21,14	6,9	62,8
	3	26,66	9,7	73,2
	2	33,62	10,5	86
	1	42,2	12,5	122,6
	1/0	53,50	13,5	143,4
	2/0	67,44	14,7	169,3
	3/0	85,02	16,0	201,1
	4/0	107,21	17,5	239,9
	250	126,67	19,4	296,5
	300	152,01	20,3	340,7
	350	177,34	22,1	384,4
	400	202,68	23,3	427,0
	500	253,35	25,5	509,7
	600	304,02	28,3	627,7
	700	354,69	30,1	710,3
	750	380,02	30,9	751,7
	800	405,36	31,8	791,7
	900	456,03	33,4	874,9
	1000	506,70	34,8	953,8
1250	633,38	39,1	1200,1	
1500	760,05	42,2	1 399,7	
1750	886,73	45,1	1 598,3	
2 000	1 013,40	47,8	1794,7	

Anexo 3. Factor de corrección por agrupamiento. (Icontec, 1998, pág. 158)

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

Anexo 4. Máximo porcentaje de área transversal ocupado por cables en tubería eléctrica permitidos por la NTC 2050 (Icontec, 1998, pág. 720).

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Trabajos Futuros

Implementación de un código que permita al programa de comparación de costos generar un informe en PDF para entregar al cliente.

Desarrollo y sincronización de una aplicación web, al programa de comparación de costos, para verificar cálculos de regulación de tensión con respecto a los datos ingresados por el usuario para cada una de las acometidas.