



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

ALIMENTADORES DUCTO BARRA QUE TRANSPORTAN ENERGÍA ELÉCTRICA PARA OPTIMIZAR LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN CENTROS EMPRESARIALES

Línea de investigación:
Ciudades sostenibles

Tesis para optar el grado académico de
Maestro en Gerencia de Proyectos de Ingeniería

Autor:
Elescano Díaz, Iván Orlando

Asesor:
Chavarry Vallejos, Carlos Magno
(ORCID: 0000-0003-0512-8954)

Jurado
Ochoa Sotomayor, Nancy Alejandra
Flores Vidal, Higinio Exequiel
Vale Carrillo, Jorge Alberto

Lima - Perú
2022

Dedicatoria

- A mis padres, Orlando Silvio Elescano Pérez y Carmen Rita Díaz Díaz.
- A mi esposa, Myriam Lucero Loro Saavedra.
- A mis hijos, Iván Orlando Elescano Loro y Gabriela Lucero Elescano Loro.
- A mis hermanos Dennis, Roberto y en especial a Carlos Alberto, quien ya no está presente con nosotros.
- A todos mis sobrinos.

Agradecimiento

- Gracias al Dios Todopoderoso, por ser la fuente de fortaleza en la culminación de esta tesis.
- A todos mis profesores que tuvieron a bien enseñarme en mis estudios de maestría.
- Al Dr. Carlo Magno, por sus reiterados consejos, en la presente tesis.
- Al Mg. Mariano Sal y Rosas Julca, por su constante apoyo en la presente investigación.
- Al Ing. Juan Maguiña, por su apoyo y paciencia.

Índice

ÍNDICE	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE FÓRMULAS.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Descripción del problema.....	18
1.3. Formulación del problema.....	19
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos.....	19
1.4. Antecedentes de la investigación.....	20
1.5. Justificación de la investigación	26
1.6. Limitaciones de la investigación.....	26
1.7. Objetivos	27
1.7.1. Objetivo general.....	28
1.7.2. Objetivos específicos	28
1.8. Hipótesis.....	28
1.8.1. Hipótesis general.....	28
1.8.2. Hipótesis específicas	28
II. MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. Marco conceptual.....	30

III. MÉTODO.....	36
3.1. Tipo de investigación	36
3.2. Población y muestra.....	36
3.3. Operacionalización de variables	38
3.4. Instrumentos.....	42
3.5. Procedimientos.....	42
3.6. Análisis de datos.....	49
IV. RESULTADOS.....	51
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
VI. CONCLUSIONES.....	83
VII. RECOMENDACIONES.....	84
VIII. REFERENCIAS	85
IX. ANEXOS	88
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	89
ANEXO 2. GALERÍA DE FOTOS	90
ANEXO 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ALIMENTADORES DUCTO BARRA	93
ANEXO 4. FORMATOS EMPLEADOS EN LAS PRUEBAS DE CAMPO	96
ANEXO 5. VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.....	100

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	41
Tabla 2 <i>Intensidad de corriente en alimentadores ducto barra</i>	55
Tabla 3 <i>Diferencia de potencial en alimentadores ducto barra</i>	57
Tabla 4 <i>Área de la sección transversal del cable conductor</i>	61
Tabla 5 <i>Área de la sección transversal del ducto barra</i>	62
Tabla 6 <i>Reducción de las áreas al reemplazar cable conductor por ducto barra</i>	62
Tabla 7 <i>Tiempo de instalación en un sistema de cable conductor</i>	64
Tabla 8 <i>Tiempo de instalación en un sistema de ducto barra</i>	65
Tabla 9 <i>Disminución de los tiempos de instalación al reemplazar cable conductor por ducto barra</i>	65
Tabla 10 <i>Costos de materiales para un sistema de cable conductor</i>	66
Tabla 11 <i>Costos de materiales para un sistema de ducto barra</i>	67
Tabla 12. <i>Reducción de los costos de materiales al reemplazar cable conductor por ducto</i>	67
Tabla 13 <i>Especificaciones técnicas de la barra conductora</i>	93
Tabla 14 <i>Especificaciones del ducto (canaleta)</i>	93
Tabla 15 <i>Dimensionamiento de los ducto barra</i>	94
Tabla 16 <i>Formato para registrar la intensidad de corriente en sistema de ducto barra</i>	96
Tabla 17 <i>Formato para registrar la diferencia de potencial en sistema de ducto barra</i>	96
Tabla 18 <i>Formato para registrar el área de la sección transversal en sistema de cable conductor</i>	97

Tabla 19 <i>Formato para registrar el área de la sección transversal en sistema de ducto barra</i>	98
Tabla 20 <i>Formato para registrar el tiempo de instalación en sistema de cable conductor</i>	98
Tabla 21 <i>Formato para registrar el tiempo de instalación en sistema de ducto barra</i>	99
Tabla 22 <i>Validación de los instrumentos</i>	100

Índice de figuras

Figura 1 Sistema de iluminación por ducto barra	52
Figura 2 Sistema de iluminación por ducto barra	53
Figura 3 Sistema de iluminación por cable conductor	54
Figura 4 Sistema vertical de ducto barra, de piso a piso	56
Figura 5 Sistema horizontal de ducto barra, en el mismo piso	58
Figura 6 Canaleta para ducto barra, hasta 2,500 A	59
Figura 7 Canaleta para ducto barra, de 2,600 A – 5,000 A	60
Figura 8 Canaleta para ducto barra, de 5,100 A – 7,500 A	60
Figura 9 Sistema ducto barra para ser instalado en el techo	64
Figura 10 Permanece constante la intensidad de corriente en la barra conductora	69
Figura 11 Permanece constante la diferencia de potencial en la barra conductora	70
Figura 12 Reducción de las áreas de las canaletas	71
Figura 13 Disminución de los tiempos de instalación	72
Figura 14 Reducción de los costos de materiales	73

Índice de fórmulas

Ecuación 1 Cálculo de la intensidad de corriente en la barra conductora	46
Ecuación 2 Cálculo de la diferencia de potencial en la barra conductora	47
Ecuación 3 Cálculo de la reducción de áreas	48
Ecuación 4 Cálculo de la disminución de los tiempos	48
Ecuación 5 Cálculo de la disminución de los costos	49

Resumen

La presente investigación, *Alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica para optimizar la distribución espacial en centros empresariales*, tuvo como objetivo principal, Implementar un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica, que permita reducir la distribución espacial en centros empresariales, al haber reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas. Un sistema de ducto barra permite la transmisión y distribución de energía eléctrica, manteniendo igual las propiedades eléctricas (amperaje y voltaje), respecto de un antiguo sistema de cable conductor. Consistió en una metodología descriptiva, representada por 15 centros empresariales, que, mediante la observación de las propiedades del sistema de ducto barra, permitió la comparación con el antiguo sistema de cable conductor. La investigación determina que, el empleo de un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica, permite reducir la distribución espacial en centros empresariales, en no menos del 49%, al haber reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas.

Palabras Clave: ducto barra, cable conductor, energía eléctrica, distribución espacial, centros empresariales.

Abstract

This research, *Bar duct feeders that transport electrical energy to optimize spatial distribution in business centers*, its main objective, Implement a bar duct feeder system that transports electrical energy, which allows reducing the spatial distribution in business centers, having replaced an old conductive cable system, without this implying a change in electrical properties. A bus duct system allows the transmission and distribution of electrical energy, keeping the electrical properties (amperage and voltage) the same, compared to an old conductor cable system. It consisted of a descriptive methodology, represented by 15 business centers, which, by observing the properties of the bar duct system, allowed comparison with the old conductor cable system. The investigation determines that the use of a bar duct feeder system that transports electrical energy, allows to reduce the spatial distribution in business centers by no less than 49%, having replaced an old conductive cable system, without this implying a change in electrical properties.

Keywords: bus duct, cable bus, electric power, spatial distribution, business centers

I. Introducción

La electricidad es uno de los tipos de energía que se utilizan actualmente en la industria, los hogares, los comercios o el transporte. Se caracteriza por la controlabilidad, versatilidad y limpieza (especialmente en el punto de consumo). Puede producirse en grandes cantidades, concentrarse en lugares específicos y transmitirse de manera confiable y económica a largas distancias, adaptándose en última instancia de manera fácil y efectiva principalmente para iluminación y trabajos mecánicos (Barrero, 2014).

El centro comercial es el resultado de aunar recursos materiales y humanos para lograr el máximo desarrollo de las actividades comerciales de sus usuarios. La analogía más adecuada es un hotel de negocios, ya que en un centro de negocios los usuarios encuentran un espacio común que ofrece a las empresas una variedad de servicios de alojamiento: desde lugares de trabajo físicos y salas de reunión y formación hasta oficinas virtuales gracias al uso de nueva información. tecnologías (Anónimo, 2017).

Alimentadores ducto barra es un sistema de distribución eléctrica prefabricado que consisten en barras dentro de un recinto protector (canaleta), que incluye partes activas, equipos y accesorios (NEMA, 2017).

La presente investigación, ha tenido como **objetivo principal**, *Implementar un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica, que permita reducir la distribución espacial en centros empresariales, al haber reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas*. Así mismo presentó los objetivos específicos: 1) Reducir las áreas de las canaletas al reemplazar el sistema

de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica. 2) Disminuir los tiempos de instalación, al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica. 3) Determinar la disminución de los costos de materiales al emplear alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.

La **forma de desarrollar la presente investigación**, fue la siguiente: 1) el área de estudio de circunscribió a los distritos de Miraflores, San Isidro y Santiago de Surco. 2) dentro de las edificaciones, se ubicó la fuente de energía que provenía de la subestación. 3) se recopiló los planos de ubicación, distribución y eléctricos de dichas edificaciones. 4) se siguieron los protocolos de las NTP 370.301:2002, NTP 370.303:2003, NTP 370.304:2002, NTP 370.305:2003 y NTP 370.306:2003. 5) posteriormente se realizó: determinación de la intensidad de corriente en los alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica, determinación la diferencia de potencial en los alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica. 6) se realizaron los cálculos empleando la Ecuación 1 hasta la Ecuación 5.

Las **condiciones para realizar la presente investigación**, para la presente investigación se requirió el permiso firmado del residente de obra, así como el fluido eléctrico proveniente de la subestación.

Los resultados de la presente investigación fueron: 1) se logró determinar la intensidad de corriente de los alimentadores ducto barra. 2) se logró determinar la diferencia de potencial en los alimentadores ducto barra.

El contenido de la presente investigación es el siguiente:

- El capítulo 1, introducción, presenta la introducción propiamente dicha, a la investigación, así como, el planteamiento del problema, descripción del problema formulación del problema, antecedentes de la investigación, justificación de la investigación, limitaciones de la investigación, objetivos de la investigación, e, hipótesis.
- El capítulo 2, marco teórico, contiene la base conceptual y la definición de términos.
- El capítulo 3, método, presenta el tipo de investigación, población y muestra, operacionalización de variables, instrumentos, procedimientos y análisis de datos.
- El capítulo 4, resultados, presenta los resultados obtenidos en la presente investigación.
- El capítulo 5, discusión de resultados, contiene la discusión de los resultados obtenidos con las investigaciones similares presentadas en los antecedentes.
- El capítulo 6, conclusiones, presenta, una vez discutido los resultados, estos recalcan en las conclusiones de la investigación, en concordancia con los objetivos de la presente tesis.
- El capítulo 7, recomendaciones, muestra las recomendaciones que se ha realizado a cada una de las conclusiones de la presente investigación.
- El capítulo 8, referencias, enumera las referencias empleadas en la presente investigación, ya sea tesis, publicaciones, libros, y noticias obtenidas de páginas de internet.
- El capítulo 9, anexos, presenta la matriz de consistencia, evidencias de la investigación, así como, la validación de los instrumentos.

1.1. Planteamiento del problema

El principal problema es que, en los centros empresariales, existe un área destinada para las instalaciones que transportan los servicios básicos a cada local o ambiente, estas áreas

dependen de muchos factores y uno de los principales factores son las redes eléctricas que transportan la energía eléctrica a cada local.

Estas redes están conformadas por cables eléctricos. A diferencia de las otras acometidas, las redes eléctricas ocupan un mayor espacio, lo cual ocasiona que cambie constantemente los proyectos de arquitectura y como consecuencia afecte a otras instalaciones, estructuras y aumente las áreas de uso común y se reduzca las áreas a arrendar. Esto trae como consecuencia que incremento el peligro de los riesgos eléctricos debido al incremento desproporcionado de los conductores eléctricos.

Otro problema generado, es cuando está por culminarse la obra, el cliente solicita aumento de carga en varios locales que se van a alquilar, esto genera un problema, por cuanto, los planos ya están diseñados para una determinada capacidad, en consecuencia, se tiene que redimensionar los conductores eléctricos por la ampliación de carga, esto conlleva a cambiar alimentadores de energía eléctrica por otras dimensiones mayores, ocasionando sobre costos por esos cambios (modificación de paredes, techos y otras instalaciones).

El aumento de carga, sobre una ya diseñada, implica adicionales instalaciones eléctricas, nuevos conductores eléctricos, desde el tablero principal, tableros secundarios, pasando por la red de distribución, hasta los puntos finales, esto implica, emplear nuevos espacios volumétricos (superficies en el suelo y techo, y superficies en paredes), empleados para los fines indicados, conlleva a la reducción de áreas para arrendar.

Las instalaciones eléctricas siempre son riesgosas y más cuando no se tiene conocimiento de ello, los cables eléctricos son riesgosos si la instalación, utilización o ambiente no son los adecuados. Esto se debe generalmente en los puntos de empalme o uniones mecánicas donde son factores muy importantes la corriente, temperatura y una correcta instalación.

Cuando se produce el incremento de carga se tiene que cambiar el cable o colocar más cables con las mismas dimensiones en paralelo para que la corriente se pueda transportar en forma proporcional. Esto conlleva a que por un incremento del 30% o 40%, se tenga que instalar el 50% o 100% de los cables ya proyectados en todo su recorrido debido a la independencia que deben tener por ser cables eléctricos. Esto hace que el costo de esta inversión sea muy alto y su tiempo de retorno sea más lejano.

Ya lo sostenía Espinoza (2007), que los cables conductores de cobre electrolítico, con aislamiento de PVC¹ y cubierta de PVC, empleado como cable de energía en redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios, en ambientes interiores, a la intemperie, en ductos subterráneos o directamente enterrados, estos pueden presentar sobrecalentamiento debido a una mala instalación.

Las corrientes de corto circuito pueden tener un efecto de deterioro sobre cables aislados en la misma forma que puede haber sobre cualquier otra componente del sistema eléctrico. Aun cuando en esta parte, no se hace referencia al estudio del corto circuito, es conveniente mencionar los efectos de estas altas corrientes sobre los conductores (Harper, 2014, p. 112).

En los últimos años, con el desarrollo urbanístico y el crecimiento de las demandas de energía eléctrica que poseen cada vez más la sociedad, los proyectos residenciales y corporativos deben poseer un sistema eléctrico rígido, eficiente y seguro. El uso tradicional del empleo de los cables conductores, aumenta los costos del precio del cobre, tiempos largos de ejecución de la obra, estos sistemas de alimentación y distribución de energía eléctrica que se utilizan, ya pasan a la obsolescencia, debido al empleo mismo de los cables (Solano, 2015, p. 1).

¹ PVC, Cloruro de Polivinilo, es un material, 1 se empela como recubrimiento aislante sobre el cable conductor.

Una de las partes más importantes de un sistema eléctrico es sin duda su sistema de distribución, ya que a través de él se trasmite toda la energía requerida por los usuarios. El transporte de energía en baja tensión actualmente se realiza predominantemente a través de cables conductores en tubo o bandejas (Merentes, 2012, p. 1).

Los cables conductores presentan fallas, las pérdidas de aislamiento del elemento fallado es permanente al tratarse tanto de aislamientos de tipo de no recuperable, como de aislamientos recuperables en donde su capacidad dieléctrica es drásticamente reducida; las fallas permanentes son aquellas que requieren reparación, mantenimiento o reparación del equipo antes de que la tensión eléctrica pueda ser restablecida en su punto de la falla del cable conductor (Cervantes, 2010, p. 19).

Frente a los sistemas convencionales de transmisión y distribución de energía, los ductos barra se han ido consolidando como una solución técnica muy atractiva, tanto para la interconexión entre tableros y transformadores de potencia (transporte) como para la alimentación de cargas dispersas en un recorrido (distribución) (Lazcano, 2017, parr. 3).

Es de gran importancia el análisis de flujos de carga y de cortocircuitos en la planificación, diseño y toma de decisiones en un sistema eléctrico, lo que permitirá analizar cómo se comporta el sistema (...) las funciones de análisis de flujo de carga, cortocircuito y optimización de las configuraciones eléctricas pueden ejecutarse en sistemas de distribución equilibrados o no equilibrados, con diferentes combinaciones de fases y configuraciones (Chumbi y Verdugo, 2013, pp. 15,18).

El cambio de nuevos conductores eléctricos, o el añadido de estos, no sólo disminuye las áreas y aumenta los costos de inversión, por tanto, los inversionistas se han visto en la imperiosa necesidad de reemplazar los conductores eléctricos (los que comúnmente vemos en todas las edificaciones), por un sistema de ducto barra, los cuales permiten, una mejor distribución espacial en dichos centros (edificaciones) empresariales.

Los sistemas de barras conductoras se utilizan para la electrificación de equipos móviles y, a menudo, se utilizan en pistas y puentes de grúas aéreas. La barra del conductor es una forma segura, económica y de bajo mantenimiento para cumplir con las demandas de electrificación móvil. Dependiendo de la aplicación, hay varias opciones y accesorios que pueden diseñarse a medida para su sistema de barra de conductores (Crane, 2017, párr. 4).

La presente investigación, pretenderá demostrar que, el empleo de alimentadores ducto barra, permitirá que se optimice la distribución espacial en el transporte de energía eléctrica en centros empresariales, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas, con las antiguas instalaciones de conductores eléctricos.

1.2. Descripción del problema

Los centros empresariales son edificaciones que alquilan locales o ambientes a empresas para que lo utilicen como:

- oficinas administrativas,
- oficinas bancarias,
- oficinas comerciales,
- oficinas de atención al público,
- oficinas de ventas,
- restaurantes,
- locales de entretenimiento, y
- locales comerciales.

Estas edificaciones están diseñadas de manera horizontal o vertical, esto depende del área del terreno y de la ubicación en la ciudad. Estas edificaciones tienen que brindar a cada ambiente o local acometidas de servicios básicos, como:

- energía eléctrica,
- abastecimiento de agua potable y servicio de alcantarillado (desagüe),
- telefonía,
- internet,
- detección y alarma de incendios,
- extinción de incendios, y
- en algunos casos, climatización de aire.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera, un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica, puede reducir la distribución espacial en centros empresariales, al haber reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿En cuánto se reducen las áreas de las canaletas al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica?
- ¿De qué manera se disminuyen los tiempos de instalación, al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica?

- ¿En cuánto disminuyen los costos de materiales emplear alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica?

1.4. Antecedentes de la investigación

- **Investigaciones internacionales.**

Características técnicas para la instalación de las electrobarras.

Solano (2015), consciente de que con el desarrollo urbanístico y el crecimiento de las demandas de energía eléctrica que posean cada vez más la sociedad, los proyectos residenciales y corporativos deban poseer un sistema eléctrico rígido, eficiente y seguro, en ese sentido, realiza una investigación, en la que, presenta una propuesta técnica para implementar el uso de electrobarras en edificios residenciales y corporativos, de una manera normada. La investigación denominada: Modelo de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en edificios corporativos y de vivienda, la realizó en Ecuador, y le permitió obtener el título de Ingeniero Electricista, cuyo contenido es el siguiente: El objetivo principal, fue el de especificar las características técnicas básicas para la instalación de las electrobarras como sistema de distribución en el interior de edificaciones con múltiples usuarios. Las conclusiones a las cuales llegó el investigador, fueron: 1) El uso de sistemas de electrobarras en la construcción de proyectos eléctricos, se da un nuevo enfoque al desarrollo de proyectos muchos más ambiciosos que los actuales, permitiendo al sector de la construcción reducir costos en la parte eléctrica y poderlos invertir en otras ingenierías o simplemente mejorar las ganancias. 2) El sistema de electrobarras presentó una enorme ventaja técnica y económica frente al sistema convencional de cables [conductores], pero debido a la necesidad de descentralizar la medición de la energía, la utilización de estas sigue estando restringida. 3) El uso de las electrobarras garantizan un ahorro de dinero, de espacio y tiempos de ejecución.

4) En la construcción de edificios corporativos o residenciales, el mayor problema de la utilización de cables de cobre es su permanente robo, al utilizar la electrobarra, se corta radicalmente este problema, y se pone de manifiesto la alternabilidad al uso indiscriminado de cobre gracias a la opción de uso del aluminio para construcción eléctrica.

Diseño de subestación eléctrica y alimentadores (ducto barra).

Sulá (2014), interesado en la parte más importante del sistema eléctrico, en el diseño de la subestación eléctrica y alimentadores (ducto Barra) de un edificio, realiza una investigación con la finalidad de modificar y establecer los niveles de tensión con el fin de facilitar el transporte y la distribución de la energía eléctrica a través de los alimentadores. La investigación denominada: Subestación eléctrica y alimentadores (ducto barra) del edificio de apartamentos torre 14 Dielcom S.A., la realizó en Guatemala, y le permitió obtener el título de Ingeniero Electricista, cuyo contenido es el siguiente: El objetivo general planteado fue el de diseñar la subestación eléctrica y alimentadores (ducto barra) del edificio de apartamentos torre 14 de manera que sea segura y eficiente. Los objetivos específicos planteados fueron: 1) Presentar los fundamentos de una subestación eléctrica y los equipos que conlleva. 2) Mostrar las normas técnicas aplicables al diseño y construcción de una subestación eléctrica. 3) Explicar las normas aplicables al diseño y construcción del ducto barra. 4) Dar a conocer el diseño del proyecto. 5) Exponer los equipos utilizados en los alimentadores. 6) Mostrar la forma y procedimiento para la aprobación de la red. Entre las conclusiones más resaltantes tenemos: 1) Las subestaciones son [la] parte importante para el sistema eléctrico de un edificio, por ello, deben operar bajo normas estándares de seguridad con el fin de continuar con el óptimo funcionamiento. 2) Un sistema de ducto barra es más económico y ofrece mayores ventajas técnicas que un sistema convencional tubería-cable.

Estudio de la tecnología de barras en ducto.

Merentes (2012), preocupada por el transporte de energía en baja tensión, que, predominantemente se realiza a través de cables conductores en tubo o bandeja, realiza una investigación, con la finalidad de encontrar una alternativa para el transporte de energía, que bajo ciertos parámetros de diseño (demanda de carga, ubicación, fuente que alimenta). La investigación denominada: Instalaciones en ductos de barras para distribución eléctrica en baja tensión por ductobarra, la realizó en Venezuela, y le permitió obtener el título de Ingeniero Electricista; cuyo contenido es el siguiente: El objetivo central de la investigación fue, es el estudio de la tecnología de barras en ducto fabricadas por la empresa Ductobarras. Los objetivos específicos fueron: 1) Definir el sistema de ductos barras fabricados por la empresa, todos sus elementos y formas. 2) Verificar las normas venezolanas e internacionales a las que tuvo alcance, que rigen la fabricación, uso y el funcionamiento de las barras conductoras en ducto. 3) Estudiar el proceso que sigue Ductobarra para la implementación de la tecnología de ductos barra. 4) Ejecución en proyectos de las barras de Ductobarra en la fábrica Lavital. Las conclusiones a las cuales arriba la investigadora, fueron: 1) La empresa presenta total debilidad en cuanto a las especificaciones de los elementos y piezas que fabrican, ya que no está sujeta a ninguna normativa vigente y legítima que soporte lo expuesto por esta en su catálogo de fabricante. 2) No se logró el objetivo de determinar la cantidad máxima de falla soportada por las barras conductoras, ya que la empresa no dispone de la inductancia reactiva de las barras conductoras. 3) Como las barras fabricadas en la empresa no están bajo ninguna norma vigente y legal, donde se determine la impedancia de la barra y se realicen los cálculos fasoriales necesarios para definir si la barra seleccionada cumple o no con restricciones específicas, el objetivo de analizar la caída de tensión en el ducto no fue logrado. 4) Cuando en la edificación las cargas se encuentran dispersas o separadas grandes distancias, el usar barras conductoras de distribución, no es factible, porque la instalación se vuelve poco práctica y engorrosa; pero, si se tiene un centro carga bien definido, es decir, existe un conjunto de cargas en un mismo

espacio, el uso de las barras es ideal, ya que, a través de punto de derivación, se suple el requerimiento energético de cada una de ellas, de manera directa y factibles. Merentes, también refiere en su investigación (p. 21), que se reduce la sección [transversal] al emplear la canalización de ducto barras de diferentes capacidades amperimétricas, al emplearlas como un sistema de transferencia de energía eléctrica.

Diseño de subestación eléctrica y alimentadores (ducto barra).

García (2007), interesado en que muchas personas se dedican al diseño y/o construcción de proyectos eléctricos para la industria y para el comercio; mayormente, se hace uso de sistemas de distribución convencionales y en pequeña escala, realiza una investigación con la finalidad de proponer un sistema de distribución [eléctrica] por medio de ducto barra. La investigación denominada: Normalización y diseño de un sistema de distribución de energía eléctrica de baja tensión por medio de ducto barra, la realizó en Guatemala, y le permitió obtener el título de Ingeniero Electricista; cuyo contenido es el siguiente: El objetivo principal de la investigación fue, conocer las características de ducto barra y las ventajas sobre los sistemas de distribución convencionales, así como de las principales normas y regulaciones para la correcta aplicación del mismo. Las conclusiones a las cuales arriba la investigadora, fueron: 1) La falta de información acerca del ducto barra es la causa principal para que muchas personas no lo utilicen en los sistemas de distribución. 2) Para lograr proyectos de calidad y aprovechar todo el potencial del ducto barra, es necesario contar con un código de normas locales para el uso e instalaciones del mismo. 3) [La implementación de] un sistema de ducto barra, es más económico y ofrece mejores ventajas técnicas que un sistema convencional tubería-cable. 4) El sistema de ducto barra debe ser diseñado, montado y puesto en marcha por personal calificado.

Elementos de protección eléctrica.

Cervantes (2010), preocupado por la protección en la implementación de sistemas eléctricos, explora sobre los equipos para la protección eléctrica, no sin antes describir los sistemas de distribución eléctrica y elementos de los sistemas de distribución. La investigación denominada: Protección en sistemas eléctricos, la realizó en México, y le permitió obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con la especialidad en Potencia; cuyo contenido es el siguiente: Como objetivo general de la investigación, se planteó, el establecer y definir los elementos de protección eléctrica, así como, plantear los criterios de la coordinación de protección. Como conclusiones presentó que, las protecciones eléctricas son cada vez más recurridas y ocupan un lugar importante dentro de los mecanismos en la industria. Sin la debida protección se correría un sin número de riesgos, debido a la desprotección del cable conductor de corriente, en consecuencia, los ingenieros deberían estar capacitados sobre el tema. La investigación, recomienda, buscar nuevas tecnologías que permitan mayor protección en los sistemas eléctricos.

- **Investigaciones nacionales.**

Distribución de energía eléctrica por ducto de barras.

Vigo (2015), interesado porque el hombre va ideando nuevas formas que le permitan hacerle la vida más simple, esto es, aminorando los tiempos de ejecución de tareas, ahorrando dinero o maximizando beneficios, esto, plasmándolo en el perfeccionamiento de las técnicas para hacer uso de esta forma de energía, estudia la distribución de la energía eléctrica por ducto de barras. La investigación denominada: Distribución de la energía eléctrica en baja tensión con ducto barras, la realizó en Perú, y le permitió obtener el título de Ingeniero Electricista; cuyo contenido es el siguiente: Como objetivo general de la investigación, se planteó, el demostrar la distribución de energía eléctrica en baja tensión, basado en el sistema de distribución por ducto de barras. Como conclusión presentó que, los ductos de barras pueden

estar hechos de cobre o aluminio, aunque este último es el más empelado por lo atractivo de sus costos; los ductos de barras se pueden fabricar en diferentes niveles de tensión (media tensión y baja tensión).

Características de operación del sistema eléctrico principal.

Camargo (2013), convocado porque, una empresa ampliaría sus operaciones industriales, y como consecuencia de ello, requeriría ampliar la capacidad de carga, y para ello, aumentaría la capacidad de las subestaciones de distribución. La investigación denominada: Diseño del sistema eléctrico de potencia para la ampliación de planta beneficio de la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A., la realizó en Perú, y le permitió obtener el título de Ingeniero Electricista; cuyo contenido es el siguiente: Como objetivo general de la investigación, se planteó, el diseñar la topología y las características de operación del sistema eléctrico principal, responsable de la alimentación de las cargas de la futura planta de beneficio, para el fiel cumplimiento de incrementar la producción prevista. Como objetivos específicos, planteó. 1) determinar las características del sistema de suministro de energía: ampliación de la subestación Marcona en 220 kV. 2) determinar características para el sistema de transmisión en 220 kV: línea de transmisión 220 kV de 8,8 km. 3) determinar características para el sistema de distribución de potencia en 22,9 kV: nueva subestación El Hierro 220 kV / 22,9 kV. En la nueva subestación, El Hierro, se diseñará, el sistema de ducto de barras. Como conclusión presentó que, en la subestación El Hierro, los equipos en 220 kV serán GIS apropiados para su operación al interior (bajo techo). El sistema de barras en 220 kV será de simple barra aprovechando el libre mantenimiento de los equipos GIS; y que se empleará un sistema de barras tubulares que podrán ser de aluminio o cobre y un sistema de ducto de barras 22,9 kV metal enclosed con una capacidad de 3750 A.

1.5. Justificación de la investigación

- **Teórica.**

El desarrollo de la presente investigación pretenderá demostrar que transporte de energía eléctrica por el sistema de ducto barra y por el sistema por cables conductores, tienen las mismas propiedades eléctricas en cuanto al suministro de energía, es decir, cumplen con la Ley de Ohm, esto permitirá demostrar que, en cualquiera de los dos sistemas empleados, no varían las propiedades eléctricas.

- **Práctica.**

El desarrollo de la presente investigación pretenderá demostrar que el transporte de energía por el sistema de ducto barra, permitirá reducir los espacios (superficies en los pisos, techos y paredes), en vez de utilizar el sistema por cables conductores, lo cual conllevará en optimizar la distribución espacial en centros (edificaciones) empresariales.

- **Económica.**

El desarrollo de la presente investigación pretenderá demostrar que el empleo de alimentadores ducto barra para el transporte de energía eléctrica, permite disminuir los costos de implementación, respecto del uso por el sistema por cables conductores.

1.6. Limitaciones de la investigación

- **Limitación en el horario para realizar el trabajo de campo.**

Las inspecciones realizadas en forma preliminar, en los centros empresariales, pertenecen al sector privado, en tal sentido, el horario de permanencia dentro de las instalaciones de cada centro empresarial, se sujetará al horario asignado por la administración de cada centro empresarial.

Para superar esta limitación, se realizaron las coordinaciones necesarias y suficientes con las administraciones de cada centro empresarial, con la finalidad de que puedan brindar y garantizar la permanencia del tesista, dentro de las instalaciones de los centros empresariales, en tanto y en cuanto dure el período de investigación de la presente tesis, siendo el plazo máximo de 12 meses, contados a partir de la aprobación del plan de tesis. En caso la investigación, dure más de doce meses, la autorización de permanencia del tesista, dentro de las instalaciones de los centros empresariales, será extendida por un plazo máximo 6 meses adicionales, previa presentación del avance de la tesis que la convoca.

- **Limitación en el horario de atención para entrevistar a los especialistas.**

Las entrevistas realizadas en forma preliminar, a ingenieros especialistas y profesionales en la materia de la presente investigación, pertenecen al sector público, son funcionarios y servidores públicos, personal que labora en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), y en la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), en la en tal sentido, el horario de atención de cada especialista, se sujetará a la disponibilidad de tiempo y carga laboral, de cada uno de ellos.

Para superar esta limitación, se realizaron las coordinaciones necesarias y suficientes con las autoridades respectivas de cada entidad estatal, con la finalidad de que puedan asesorar externamente al tesista, en tanto y en cuanto dure el período de investigación de la presente tesis, siendo el plazo máximo de 24 meses, contados a partir de la aprobación del plan de tesis.

En caso la investigación, dure más de veinticuatro meses, la asesoría externa al tesista, será extendida por un plazo máximo 6 meses adicionales, previa presentación del avance de la tesis que la convoca.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Implementar un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica, que permita reducir la distribución espacial en centros empresariales, al haber reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas.

1.7.2. Objetivos específicos

- Reducir las áreas de las canaletas al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.
- Disminuir los tiempos de instalación, al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.
- Determinar la disminución de los costos de materiales al emplear alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica, con la finalidad de maximizar las utilidades.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

El empleo de alimentadores ducto barra, permitirá reducir la distribución espacial en el transporte de energía eléctrica en centros empresariales, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas, en relación a las antiguas instalaciones de conductores eléctricos.

1.8.2. Hipótesis específicas

- Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, entonces, se reducirán las áreas de las canaletas, por la cual se ubican los alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.

- Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, entonces, se disminuirán los tiempos de instalación, en las zonas en donde se ubican los alimentadores que transportan energía eléctrica.
- Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, entonces, se disminuirán los costos de materiales al emplear alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.

La matriz de consistencia (Anexo 1), muestra la relación existe entre problemas, objetivos e hipótesis, además de, las variables y sus respectivas dimensiones.

II. Marco teórico

2.1. Marco conceptual

- **Energía eléctrica.**

Forma de energía. La energía eléctrica es una de las formas de energía que en la actualidad se usan en la industria, en los hogares, en el comercio o en los medios de transporte. Se caracteriza por su controlabilidad, por su versatilidad y por su limpieza (particularmente en el lugar de consumo). Puede ser generada en grandes cantidades, de forma concentrada en determinados lugares y transmitida fiable y económicamente a largas distancias, siendo finalmente adaptada de forma fácil y eficiente, principalmente para iluminación y para trabajo mecánico (Barrero, 2014, p. 1).

Parámetros fundamentales de la energía eléctrica.

Las magnitudes más importantes que manifiesta la electricidad son (Media, 2017, parr. 5):

- polaridad,
- carga eléctrica,
- diferencia de potencial o tensión eléctrica,
- intensidad,
- resistencia,
- potencia,
- efecto electromagnético,
- capacitancia,
- inductancia,
- resistividad,

- (impedancia),
- efecto anódico (o sombra de la carga).

Protección y seguridad del suministro eléctrico. Una de las principales preocupaciones que aparecen durante el funcionamiento de una instalación eléctrica es sin duda la seguridad, tanto de la propia instalación como de las personas y bienes relacionados con dicha instalación. La seguridad de una instalación es un factor de calidad de la misma y como tal hay que preverla en la fase del proyecto, implementarla en la fase de construcción y controlarla en la fase de explotación (Barcells et al., 2011, p. 24).

- **Alimentadores ducto barra.**

Componentes principales del ducto barra. Básicamente, el ducto barra se compone de tres elementos: las barras conductoras, los aislantes y la canaleta protectora (García, 2007, pp. 3-6).

- **Las barras conductoras**, son fabricadas de cobre o aluminio, y son el medio por el cual circula la corriente eléctrica. Estás están colocadas una a la par de la otra, únicamente separadas por una película aislante.
- **Los aislantes**, son materiales que tienen como función principal soportar y aislar eléctricamente las barras para evitar contactos entre ellas. Los materiales aislantes quedan a criterio de los fabricantes, y por lo general usan PVC, Epoxy y papel Mylar.
- **La carcasa**, también conocido como canaleta, es una caja metálica conductora, puesta a tierra, en la cual se encuentran las barras y los aislantes, y su función es proteger mecánicamente dichos elementos y aislarlos de contactos exteriores. En los sistemas modernos se utilizan carcasa (canaleta) de aluminio para aumentar la capacidad de conducción, evitar los efectos magnéticos y disminuir su peso.

Uso no permitido del ducto barra. El ducto barra tiene las siguientes restricciones de uso (Sulá, 2014, p. 29):

- el ducto barra no debe ser instalado donde está expuesto a severos daños físicos o vapores corrosivos,
- no deben instalarse en ductos de elevadores,
- no pueden instalarse ductos barra en zonas peligrosas (clasificada) a menos que estén aprobadas para tal uso,
- no deben ser instalados al aire libre o en lugares húmedos o mojados a menos que estén identificados para ese uso.

Empleo de los conductores eléctricos. Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, engrapadas, etc.), a la intemperie. En ductos subterráneos o directamente enterrados. Pueden ser instalados en lugares secos y húmedos (Espinoza, 2007, p. 23).

- **Centros empresariales.**

Centro de negocios. Un centro de negocios es el resultado de la combinación entre recursos materiales y humanos con el fin de lograr el máximo desarrollo de la actividad empresarial de sus usuarios. El símil más apropiado es de un hotel de empresas dado que en un centro de negocios los usuarios encontrarán un espacio común que ofrece diferentes servicios de alojamiento a empresas: desde espacios físicos de trabajo y salas de reuniones y formación, a oficinas virtuales gracias al uso de las nuevas tecnologías de la información (Anónimo, 2017, parr. 1).

Espacios de gestión en centros empresariales. La modernización del espacio de gestión empresarial, a partir de la ampliación de la oferta de edificios inteligentes, centros

empresariales y de negocios junto a la expansión de la hotelería internacional contribuyen al fortalecimiento de la centralidad, sobre antiguas centrales de negocios. A su vez, la modernización del espacio de gestión empresarial, a partir de la ampliación de la oferta de oficinas de última generación, edificios inteligentes y centros empresariales, constituye otro sector de inversión relevante (Aguilar, 2014, p. 64).

A continuación, se presenta algunos términos empleados en la siguiente investigación:

- **Alimentadores ducto barra.** Son un sistema de distribución eléctrica prefabricada que consta de barras dentro de una carcasa (canaleta) protectora, incluyendo tramos rectos, dispositivos y accesorios (NEMA, 2017, parr. 1).
- **Almacenamiento de la electricidad.** La electricidad tiene, como se sabe, un grave inconveniente con respecto a otros tipos de energía y es que no permite su almacenamiento en cantidades significativas, lo cual implica que hay que generarla y transportarla en el preciso momento de su utilización. Esto obliga a dimensionar las instalaciones para prever la demanda máxima y por consiguiente implica la infrautilización de tales instalaciones en los momentos de menor demanda. Así pues, uno de los aspectos fundamentales para el uso racional estriba en generar y transportar en todo momento sólo la energía útil (activa) (Balcells et al., 2011, p.13).
- **Caja de derivación.** Es un orificio de salida o toma mediante superficies conductoras lisas y deslizantes, convenientemente aisladas de la corriente eléctrica en sus puntos de fijación mecánica y que sirve para extraer o introducir energía eléctrica, desde o hacia otros circuitos sin la necesidad de intervenir acoples atornillados (Merentes, 2012, p.18).
- **Distribución espacial.** Disposición de las estructuras, dentro de un ambiente. La distribución espacial cambia debido a la evolución de las técnicas e innovación de nuevos

elementos arquitectónicos y al descubrimiento de nuevos materiales (Álvarez, 2010, p. 53).

- **Ducto de barra.** Es el elemento fundamental de una canalización de distribución eléctrica en baja tensión compuesta por una carcasa (canaleta) de acero, aisladores, barras conductoras y elementos de empalme, cuya dimensión normalizada es 3,05 m (Merentes, 2012, p.11).
- **Energía eléctrica.** La energía eléctrica es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones) que se produce en el interior de materiales conductores, por ejemplo, cables metálicos como el cobre (twenergy, 2017, parr. 1).
- **Poner o conectar a tierra.** Unir eléctricamente con la tierra una parte del circuito eléctrico o una parte conductora no perteneciente al mismo por medio de la instalación de tierra (Bibing, 2017, p.9).
- **Puesta a tierra de protección.** Es la conexión directa a tierra de las partes conductoras de los elementos de una instalación no sometidos normalmente a tensión eléctrica, pero que pudieran ser puestos en tensión por averías o contactos accidentales, a fin de proteger a las personas contra contactos con tensiones peligrosas (Bibing, 2017, p.9).
- **Puesta a tierra de servicio.** Es la conexión que tiene por objeto unir a tierra temporalmente parte de las instalaciones que están normalmente bajo tensión o permanentemente ciertos puntos de los circuitos eléctricos de servicio (Bibing, 2017, p.9).
- **Seguridad del suministro eléctrico.** La seguridad de una instalación es un factor de calidad de la misma y como tal hay que preverla en la fase de proyecto, implementarla en la fase de construcción y controlarla en la fase de explotación. Este control en la fase de explotación requiere la instalación de elementos de protección, que una vez más se

basan en sistemas de medida asociados al disparo de ciertos relés o salidas digitales, que actúan sobre el sistema aislando el defecto (Balcells et al., 2011, p.13).

- **Sistema eléctrico de potencia.** Tiene como finalidad la producción de energía eléctrica en los centros de generación (centrales térmicas e hidráulicas) y transportarla hasta los centros de consumo (ciudades, poblados, centros industriales, turísticos, etc.); para ellos es necesario disponer de la capacidad de generación suficiente y entregarla con eficiencia y de una manera segura al consumidor final (Ramirez, 2004, p.27).

III. Método

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación, es del tipo descriptivo, está orientada al conocimiento de la realidad del funcionamiento del transporte de energía eléctrica mediante el ducto barra.

La presente investigación, permitió:

- Resolver los problemas de espacio en las instalaciones que se emplea el transporte de energía eléctrica por el método convencional (cable conductor), que, al ser cambiado por el sistema de ducto barra, permitirá reducir las áreas en la cual se ubican los alimentadores.
- Disminuir los problemas de riesgos eléctricos que se presenta en el transporte de energía eléctrica por el método convencional (cable conductor), debido a que se encuentran más propensos al contacto con el ser humano; y que, al ser cambiado por el sistema de ducto barra, permitirá disminuir los riesgos eléctricos.

3.2. Población y muestra

- **Población**

Es el conjunto total de individuos, objetos o eventos que tienen las mismas características y sobre el que estamos interesados en obtener conclusiones (Durand, 2014, d.7).

La presente investigación, considera una población finita, es decir, está compuesta por un número limitado de elementos.

En la presente investigación, se ha podido observar que hay 16 centros empresariales en la cual se pueden aplicar la metodología propuesta, en tal sentido, la población, estadísticamente hablando, queda establecida en 16 centros empresariales.

- **Muestra**

Es una parte de la población, la cual se selecciona con el propósito de obtener información (Durand, 2014, d.7).

Tamaño de la muestra. Para calcular el tamaño de la muestra, de población finita, se emplea la siguiente fórmula estadística:

Tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) * Z^2 * p * q}$$

Donde:

- n = [unidades] tamaño de la muestra.
- N = [unidades] tamaño de la población.
- Z = [valor] nivel de confianza, para una certeza determinada
- p = [%] proporción de la población, que representa el fenómeno de estudio.
- q = [%] probabilidad de la población, que no representa el fenómeno de estudio.
- d = [%] margen de error.

Para la ecuación anterior, se requiere definir el nivel de confianza (Z) y nivel de precisión absoluta (d), basado en el nivel de certeza experimental, mostrados en la siguiente relación estadística:

Certeza [%]	95	94	93	92	91	90	80	62	50
Error [%]	5	6	7	8	9	10	20	38	50
Z	1,96	1,88	1,82	1,75	1,70	1,64	1,27	0,98	0,67

Para la presente investigación:

Se tiene un N = 16.

Se asumen los valores de $p = 0,50$ y $q = 0,50$.

De la tabla anterior, se asume una $C = 95\%$ ($d = 5\%$), correspondiéndole un $Z = 1,95$.

Reemplazando estos últimos valores en la ecuación inicial, se tiene:

$$n = \left[\frac{(16) * (1,95)^2 * (0,50) * (0,50)}{((0,05)^2 * (16 - 1) + (1,96)^2 * (0,50) * (0,50))} \right] = 15,39$$

Por lo tanto, el tamaño de la muestra es de 15 centros empresariales.

Tipo de muestreo. La presente investigación, consideró un muestreo aleatorio, es decir, todos los elementos de la muestra determinada, tuvieron la misma posibilidad de ser considerados, haciendo más homogénea los elementos de la misma.

Selección de la muestra. La presente investigación, consideró un muestreo simple, es decir, la selección se realizó en una sola etapa.

Técnicas del muestreo. La técnica de muestreo es el procedimiento empleado para obtener una o más muestras de una población; para la presente investigación, se empleó la técnica de la observación de los centros empresariales.

3.3. Operacionalización de variables

Variables

En la presente investigación se definió una variable independiente y una variable dependiente. La Tabla 1, muestra la operacionalidad de las mismas.

Variable independiente: Alimentador ducto barra que transportan energía eléctrica.

- El “alimentador”, es un alimentador eléctrico, encargado de suministrar la corriente eléctrica.
- El “ducto”, conocida también como canaleta protectora, es una canaleta metálica (de sección transversal rectangular) que envuelve la barra conductora. Es de material de lámina de aluminio² revestida con pintura electrostática³.
- La “barra”, es la barra conductora, que permite el transporte de los electrones. Es de material de cobre electrolítico⁴, por el cual, se transporta los electrones.
- El “transporte”, es la acción del desplazamiento de los electrones.
- La “energía eléctrica”, es una forma de energía, que resulta de la existencia de una diferencia de potencial (voltaje) entre dos puntos, lo que permite una corriente (amperaje) entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico.

Un *Alimentador ducto barra que transportan energía eléctrica*, es un sistema (Figura 1) de ducto barra (Figura 9) que permite la transmisión y distribución de energía eléctrica en un centro empresarial.

Variable dependiente: Distribución espacial en centros empresariales.

- Una “distribución espacial”, es la distribución física de los espacios en un ambiente, hoy en día, se realizan estos estudios, con la finalidad de poder darle otra utilidad a estos espacios “recuperados”. El empleo de un sistema de ducto barra, permite optimizar esta distribución espacial.

² Lámina de aluminio, es bastante ligero y dúctil, de poco peso.

³ Pintura electrostática, es un tipo de recubrimiento que se aplica como fluido, de polvo seco, empleado para crear un acabado duro que es más resistente que la pintura convencional.

⁴ Cobre electrolítico, es el cobre de 99,9% de pureza, que, por sus propiedades particulares, es la primera opción para la transmisión de electricidad.

- Los “centros empresariales”, llamados también, centros de negocios o edificios corporativos, son el resultado de recursos materiales y humanos con el fin de lograr el máximo desarrollo de la actividad empresarial.

Una *distribución espacial en centros empresariales*, es la forma cómo, después de instalar un sistema de ducto barra, se optimiza la distribución espacial en centros empresariales. Este sistema puede ser, sistema vertical (Figura 4) de piso a piso, o, un sistema horizontal (Figura 5) en el mismo piso.

La Tabla 1, muestra la operacionalización de las variables.

Tabla 1*Operacionalizacipon de variables*

Variables	Indicador	Técnica (método de evaluación)	Instrumento	Criterio de evaluación	Tipo de valor
Variable independiente: alimentador ducto barra que transportan energía eléctrica.	Amperaje. Voltaje.	Observación al amperímetro. Observación al voltímetro.	Escala visual del amperímetro. Escala visual del voltímetro.	Amperios [A]. Voltios [V].	Valor discreto. Valor discreto.
Variable dependiente: distribución espacial en centros empresariales.	Ancho de la canaleta.	Observación del ancho de la canaleta.	Escala visual de la cinta métrica.	Metros lineales [m].	Valor continuo.
	Alto de la canaleta.	Observación del alto de la canaleta.	Escala visual de la cinta métrica.	Metros lineales [m].	Valor continuo.
	Longitud de la canaleta.	Observación de la longitud de la canaleta.	Escala visual de la cinta métrica.	Metros lineales [m].	Valor continuo.
	Tiempo para instalar las canaletas.	Observación al cronómetro.	Escala visual del cronómetro.	Horas [h].	Valor continuo.
	Tiempo para instalar las barras conductoras.	Observación al cronómetro.	Escala visual del cronómetro.	Horas [h].	Valor continuo.
	Costos de los materiales (sistema cable conductor). Costo de los materiales (sistema ducto barra).	Observación del presupuesto. Observación del presupuesto.	Lista de cotejo. Lista de cotejo.	Soles [S/]. Soles [S/].	Valor continuo. Valor continuo.

3.4. Instrumentos

Los instrumentos empleados han permitido recoger los datos de la presente investigación, asociadas a las variables establecidas, con la finalidad de poder demostrar las hipótesis planteadas. Se muestran en el capítulo IV de la presente investigación.

3.5. Procedimientos

El trabajo de la investigación consistió en lo siguiente:

- **Delimitación del área de estudio.** La investigación se circunscribió en los distritos de Miraflores, San Isidro y Santiago de Surco, por ser estos distritos, los que cuentan con centros empresariales modernos, los cuales cuentan con alimentadores ducto barra para la transferencia de energía eléctrica.
- **Delimitación del área de estudio.** Ubicación dentro de los centros (edificaciones) empresariales.

La investigación se circunscribió en tres sectores:

- Sector ubicado (dentro del centro empresarial) por donde ingresa la fuente de energía que proviene de la subestación (la fuente de poder que alimenta de energía eléctrica al centro empresarial).
- Sector ubicado (dentro del centro empresarial) por donde se desplaza la energía eléctrica, desde el ingreso (que proviene de la subestación), y se desplaza hasta el ambiente en la cual se encuentra ubicado el *tablero principal* de distribución eléctrica (por lo general se encuentra en el primer sótano del centro empresarial). Esto es un desplazamiento horizontal de la energía eléctrica.

- Sector ubicado (dentro del centro empresarial) por donde se desplaza la energía eléctrica, desde el *tablero principal*, hasta cada piso del centro empresarial. Esto es un desplazamiento vertical de la energía eléctrica.
- **Identificación de centros empresariales.** Se identificó centros empresariales que cuenten con el sistema de alimentadores ducto barra, por el cual se transporta la energía eléctrica. La siguiente relación, de los centros empresariales, es recopilación de varios ingenieros electricistas, que colaboraron anónimamente en la presente investigación:

Construcción:

- Edificio Platino III (2013): Capacidad ducto barras: 2000 A / 1600 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.
- Torre Begonias (2012): Capacidad ducto barras: 4000 A / 3200 A / 2500 A / 1600 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.
- Edificio Crillón (2012): Capacidad ducto barras: 2000 A / 1600 A / 1000 A / 800 A / 630 A / 400 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.

Centros comerciales:

- El Quinde II (2013): Capacidad ducto barras: 2500 A / 1250 A / 800 A / 250 A / 63 A / 40 A / 25 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.
- La Rambla San Borja (2012): Capacidad ducto barras: 1600 A / 630 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.
- PROMART - 10 tiendas a nivel nacional: Capacidad ducto barras: 1000A / 630A / 400A / 250A / 160A / 63A / 40A / 25A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.

Hotel:

- Hotel JW Marriot – Cusco (2012): Capacidad ducto barras: 2000 A / 1600 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.

Hospital:

- Hospital Almenara – Emergencia (2012): Capacidad ducto barras: 1600 A / 1250 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.

Teatro:

- Gran Teatro Nacional (2011): Capacidad ducto barras: 3200 A / 1000 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.

Industria:

- Planta industrial molinera del centro (2013): Capacidad ducto barras: 3200 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.

Minería y cemento:

- PERUBAR - Unidad logística Callao (2014): Capacidad ducto barras: 3200 A / 2000 A. Tipo de conductor: Cobre / Instalación: Interior.
- Terminal de embarque de concentrado de minerales (2013): Capacidad ducto barras: 2000 A. Tipo de conductor: Cobre / Instalación: Exterior.
- Cementos Sur S.A. – Katawi (2013): Capacidad ducto barras: 2500 A. Tipo de conductor: Cobre / Instalación: Interior.
- Proyecto Pucamarca – MINSUR (2012): Capacidad ducto barras: 5000 A. Tipo de conductor: Cobre / Instalación: Exterior.

Energía:

- Termoeléctrica Ilo PEAKY (2012): Capacidad ducto barras: 5000 A. Tipo de conductor: Cobre / Instalación: Exterior.

Saneamiento:

- Planta tratamiento aguas residuales - PTAR Taboada (2012). Capacidad ducto barras: 6000 A. Tipo de conductor: Aluminio / Instalación: Interior.

Las edificaciones visitadas, fueron las que estaban dentro de la zona de estudio, ya se ha obtenido el permiso respectivo de algún los administradores de las edificaciones, y de los ingenieros residentes de aquellas que todavía están en la etapa de construcción.

- **Trabajo de campo.** Se procedió de la siguiente manera:
- **Recopilación de los planos de ubicación, distribución y eléctricos del centro (edificación) empresarial, con la finalidad de:**
 - Ubicar la subestación que alimenta de energía eléctrica al centro empresarial.
 - Conocer la distribución del centro empresarial.
 - Ubicar el tablero principal (probablemente en el sótano), y los tableros secundarios (en cada piso).

Procedimiento general.

Para el desarrollo de la presente investigación, se siguieron los protocolos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP), según sea el caso. Las normas empleadas fueron:

- NTP 370.301:2002, Instalaciones eléctricas en edificios. Selección e instalación de equipos eléctricos. Capacidad de corriente nominal de conductores en canalizaciones.
- NTP 370.303:2003, Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos.
- NTP 370.304:2002, Instalaciones eléctricas en edificios. Verificación inicial previa a la puesta en servicio.
- NTP 370.305:2003, Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los efectos térmicos.
- NTP 370.306:2003, Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra las sobre instalaciones.

Procedimiento para la hipótesis general.

Determinar la intensidad de corriente en los alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.

- En el tablero principal, de un sistema de ducto barra, se mide la intensidad de corriente (A_1). En diferentes puntos de la barra conductora del ducto barra, se mide la intensidad de corriente (A_x).
- La intensidad de corriente (A_1) que sale del tablero principal, debe permanecer constante en toda la barra conductora del ducto barra, esto quiere decir que, debe ser igual a la intensidad de corriente que llega (A_x) a un punto determinado del ducto barra.
- Si $A_1 = A_x$, en un sistema de ducto barra, quiere decir, que la propiedad eléctrica de la intensidad de corriente no ha variado en toda la barra del ducto barra.
- Para calcular la igualdad de A_1 y A_x , en toda la barra conductora, en un sistema de ducto barra, se procedió de la siguiente manera:

Ecuación 1

Cálculo de la intensidad de corriente en la barra conductora

$$A = [A_1 - A_x] \quad (1)$$

La Ecuación 1, tiene por unidad, el Amperio [A].

Determinar la diferencia de potencial en los alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.

- En el tablero principal, de un sistema de ducto barra, se mide el potencial eléctrico (V_1). En diferentes puntos de la barra conductora del ducto barra, se mide el potencial eléctrico (V_x).

- El potencial eléctrico (V_1) que hay en el tablero principal, debe permanecer constante en toda la barra conductora del ducto barra, esto quiere decir que, debe ser igual al potencial eléctrico que llega (V_x) a un punto determinado del ducto barra.
- Si $V_1 = V_x$, en un sistema de ducto barra, quiere decir, que la propiedad eléctrica del potencial eléctrico no ha variado en toda la barra del ducto barra.
- Para calcular la igualdad de V_1 y V_x , en toda la barra conductora, en un sistema de ducto barra, se procedió de la siguiente manera:

Ecuación 2

Cálculo de la diferencia de potencial en la barra conductora

$$V = [V_1 - V_x] \quad (2)$$

La Ecuación 2, tiene por unidad, el Voltio [V].

Procedimiento para la hipótesis específica 1.

Calcular la reducción de las áreas de las canaletas en la cual se ubican los alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.

- En la canaleta que conduce el cable conductor (sistema tradicional): se mide el ancho (W_1) de la canaleta y la altura (H_1) de la canaleta. El área de la sección transversal recta A_1 ($H_1 * W_1$), por metro lineal de canaleta, determina el volumen que permite la transmisión y distribución de energía, mediante cable conductor.
- En la canaleta que conduce el ducto barra: se mide el ancho (W_2) de la canaleta y la altura (H_2) de la canaleta. El área de la sección transversal recta A_2 ($H_2 * W_2$), por metro lineal de canaleta, determina el volumen que permite la transmisión y distribución de energía, mediante ducto barra.
- Para calcular la reducción de las áreas se procedió de la siguiente manera:

Ecuación 3*Cálculo de la reducción de áreas*

$$R = \left[\frac{A_1 - A_2}{A_1} \right] * 100 \quad (3)$$

La Ecuación 3, no tiene unidades, el porcentaje [%].

Procedimiento para la hipótesis específica 2.

Calcular la disminución de tiempos de instalación en la cual se ubican los alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.

- En sistemas en donde se emplea el cable conductor, para la transmisión y distribución de energía eléctrica: se registra la intensidad de corriente (A) con la cual se va a trabajar. Se determina el tiempo (t₁) que demora la instalación del sistema (desde que se comienza a taladrar el techo para la fijación de las canaletas, hasta la puesta en marcha del sistema).
- En sistemas en donde se emplea el ducto barra, para la transmisión y distribución de energía eléctrica: se registra la intensidad de corriente (A) con la cual se va a trabajar. Se determina el tiempo (t₂) que demora la instalación del sistema (desde que se comienza a taladrar el techo para la fijación de las canaletas, hasta la puesta en marcha del sistema).
- Para calcular la disminución de los tiempos se procedió de la siguiente manera:

Ecuación 4*Cálculo de la disminución de los tiempos*

$$T = [t_1 - t_2] \quad (4)$$

La Ecuación 4, tiene por unidad, la hora [h].

Procedimiento para la hipótesis específica 3.

Determinar la reducción de los costos de materiales al emplear alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.

- En un sistema en donde se emplea el cable conductor, para la transmisión y distribución de energía eléctrica: se registra la intensidad de corriente (A) con la cual se va a trabajar. Se determina el costo de los materiales (C1) que se van a emplear en la instalación del sistema.
- En un sistema en donde se emplea el cable conductor, para la transmisión y distribución de energía eléctrica: se registra la intensidad de corriente (A) con la cual se va a trabajar. Se determina el costo de los materiales (C2) que se van a emplear en la instalación del sistema.
- Para calcular la reducción de los costos de materiales se procedió de la siguiente manera:

Ecuación 5

Cálculo de la reducción de los costos

$$C = \left[\frac{C_1 - C_2}{C_1} \right] * 100 \quad (5)$$

La Ecuación 5, no tiene unidades, el porcentaje [%].

3.6. Análisis de datos

Una vez concluida la etapa de colección de los datos en una base de datos en Excel, se realizó el procesamiento y análisis de los datos de los elementos de la muestra determinada.

Para el procesamiento de los datos, se utilizó una herramienta informática, la hoja de cálculo de Excel.

Para el análisis de datos, se examinó los valores registrados, lo cual permitió inspeccionar, limpiar y transformar los datos en una tabla, sólo se consideraron aquellos valores que tiene una mínima desviación estándar.

Para el análisis y muestra de los resultados obtenidos se desarrollan conteos donde se identifican los aspectos relevantes de cada elemento, las notas representativas de cada variable y en particular de cada cuestión.

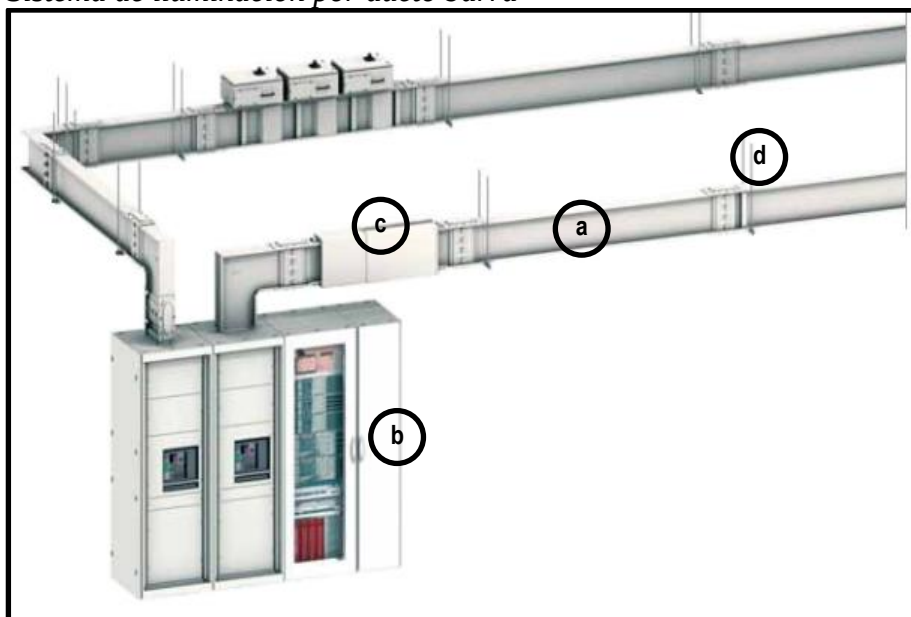
IV. Resultados

- **Contrastación de hipótesis general**

Una vez demostrada las hipótesis, se procedió a redactar los respectivos resultados, mediante la metodología propuesta. Durante el trabajo se campo (Anexo 2), se tomaron las medidas pertinentes, en cuando a los Equipos de Protección Personal (EPP), debido a que se trabajaba con barras conductoras de energía eléctrica.

Durante todo momento, el autor de la presente investigación, mientras duraba las pruebas de campo, estuvo asesorado por ingenieros expertos en el dicho, instalación y puesta en marcha es este nuevo sistema de ducto barra, sea propicia la ocasión para reconocer sus conocimientos y experiencia en este sistema, quienes, prefirieron permanecer en el anonimato.

El estudio y análisis de un nuevo sistema de ducto barra (Figura 1), se realizó, básicamente, mediante dos formas, el análisis de las propiedades del nuevo sistema de ducto barra, y, un análisis comparativo entre el nuevo sistema de ducto barra y el antiguo sistema de cable conductor.

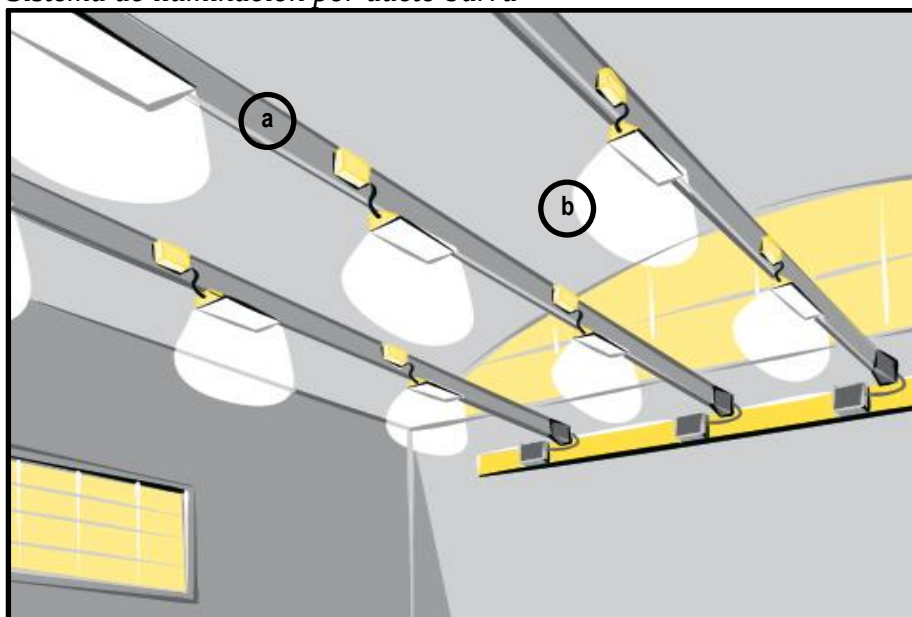
Figura 1*Sistema de iluminación por ducto barra*

Nota. Esta figura muestra el sistema de ducto barra, instalado en el techo, y cierra el circuito con el tablero principal, cortesía de Schneider Electric, 2020.

- a. Sistema de ducto barra, que permite la transmisión y distribución de energía eléctrica.
- b. El tablero principal, el cual recibe la energía eléctrica que llega de la subestación.
- c. Conectores de ducto.
- d. Fijadores de ducto.

La Figura 1, muestra el sistema de ducto barra, se puede apreciar que puede cambiar de longitud, acortarse o alargarlos, mediante los conectores (c).

Figura 2
Sistema de iluminación por ducto barra



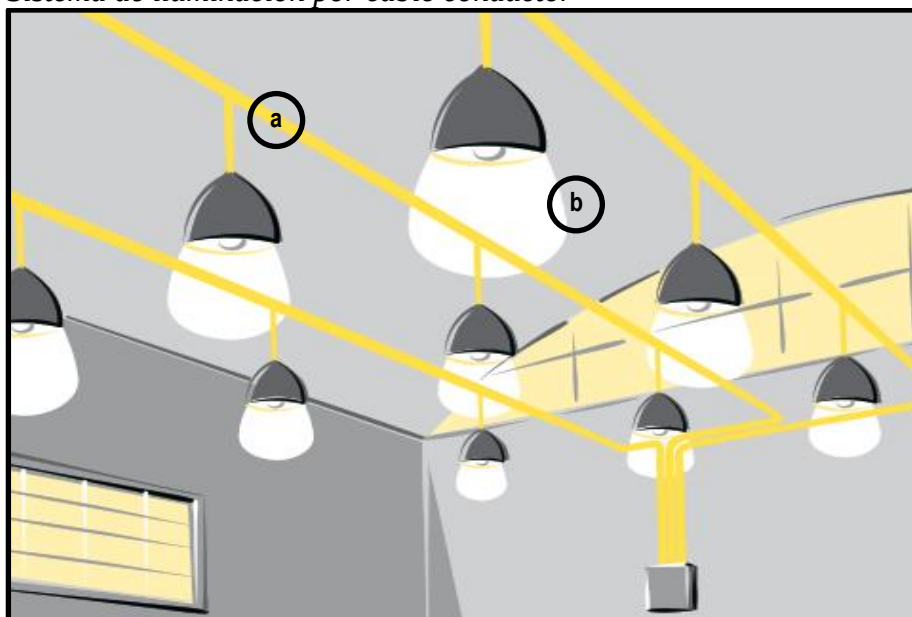
Nota. Esta figura muestra el sistema de ducto barra para un sistema de iluminación en los ambientes de un centro empresarial, cortesía de Legrand Zucchini Corp. 2020.

- a. Ducto barra, permite la transmisión y distribución de energía eléctrica.
- b. Luminarias que iluminan el ambiente del centro empresarial.

La Figura 2, muestra: un sistema de iluminación de ducto barra. Este sistema, moderno, permite el transporte y distribución de energía eléctrica.

En la Figura 2, se puede apreciar que, en caso de requerir más iluminación, se pueden aumentar conectores (desmontables) sobre las barras conductoras.

Figura 3
Sistema de iluminación por cable conductor



Nota. Esta figura muestra el sistema de cable conductor para un sistema de iluminación en los ambientes de un centro empresarial. cortesía de Legrand Zucchini Corp. 2020.

- a.** Cable conductor, permite la transmisión y distribución de energía eléctrica.
- b.** Luminarias que iluminan el ambiente del centro empresarial.

La Figura 3, muestra: un sistema de iluminación de cable conductor. El cable conductor recorre los tubos de PVC (de color amarillo). Este sistema, antiguo, ya en desuso, permite el transporte y distribución de energía eléctrica.

En la Figura 3, se puede apreciar que, en caso de requerir más iluminación, se tiene que agregar más cables conductores, los cuales tienen que ser fijados (de forma permanente) al cable conductor principal.

- **Intensidad de corriente.**

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, se aprecia que, la intensidad de corriente, permanece constante en toda la barra conductora del ducto barra de los alimentadores que transportan energía eléctrica.

Tabla 2*Intensidad de corriente en alimentadores ducto barra*

A_1^1 [A]	A_x^2 [A]	A^3 [A]
1,000	1,000	0.00
1,250	1,250	0.00
1,500	1,500	0.00
2,000	2,000	0.00
2,500	2,500	0.00
3,000	3,000	0.00
3,500	3,500	0.00
4,000	4,000	0.00
5,000	5,000	0.00
6,000	6,000	0.00
7,000	7,000	0.00

Nota. Esta tabla muestra la comparación que existe entre la intensidad de corriente que registra el tablero principal y la intensidad de corriente que registra un punto de la barra conductora. Si ambos valores son iguales, entonces, la intensidad de corriente, en la barra conductora, permanece constante. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 1,000 A - 7,000 A.

¹ Intensidad de corriente (A_1) del tablero principal, en un sistema de ducto barra.

² Intensidad de corriente (A_x), en diferentes puntos de la barra conductora del ducto barra.

³ Comparación de la intensidad de corriente (A) entre A_1 y A_x , en un sistema de ducto barra. Se ha empleado la Ecuación 1, para su respectivo cálculo.

La Tabla 2, muestra que, para un amperaje determinado, la intensidad de corriente, permanece constante en toda la barra conductora de ducto barra, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Inferencia:

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, se aprecia que, la intensidad de corriente, permanece constante en toda la barra conductora del ducto barra de los alimentadores que transportan energía eléctrica.

Figura 4*Sistema vertical de ducto barra, de piso a piso*

Nota. Esta figura muestra el sistema vertical de ducto barra instalado en un centro empresarial.

- a.** Ducto barra vertical que viene del piso inferior.
- b.** Ducto barra vertical que va hacia el piso superior.
- c.** Conector de las canaletas verticales.

La Figura 4, muestra: un sistema vertical de ducto barra, solo se puede apreciar la canaleta que recubre la barra conductora. La barra conductora no se puede apreciar, debido a que, está recubierta por la canaleta.

En la Figura 4, se puede apreciar cómo, el sistema de ducto barra, va de piso a piso. En el piso hay una pequeña abertura por la cual atraviesa la canaleta, y prosigue su trayectoria hasta el techo, que también hay otra pequeña abertura por la cual atraviesa la canaleta.

- **Diferencia de potencial.**

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, se aprecia que, la diferencia de potencial, permanece constante en toda la barra conductora del ducto barra de los alimentadores que transportan energía eléctrica.

Tabla 3

Diferencia de potencial en alimentadores ducto barra

V_1^1 [V]	V_x^2 [V]	V^3 [V]
234	234	0,00
235	235	0,00
235	235	0,00
236	236	0,00
235	235	0,00
235	235	0,00
236	236	0,00
234	234	0,00
234	234	0,00
235	235	0,00
236	236	0,00

Nota. Esta tabla muestra la comparación que existe entre la diferencia de potencial que registra el tablero principal y la diferencia de potencial que registra un punto de la barra conductora. Si ambos valores son iguales, entonces, el voltaje, en la barra conductora, permanece constante.

¹ Potencial eléctrico (V_1) del tablero principal, en un sistema de ducto barra.

² Potencial eléctrico (V_x), en diferentes puntos de la barra conductora del ducto barra.

³ Comparación del potencial eléctrico (V) entre V_1 y V_x , en un sistema de ducto barra. Se ha empleado la Ecuación 2, para su respectivo cálculo.

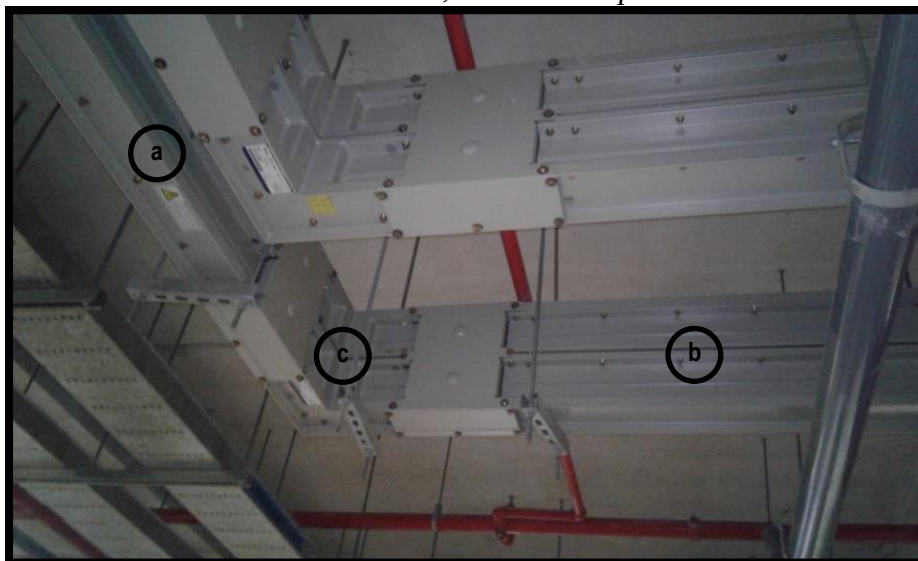
La Tabla 3, muestra que, para un voltaje determinado, el potencial eléctrico, permanece constante en toda la barra conductora de ducto barra, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Inferencia:

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, se aprecia que, la diferencia de potencial, permanece constante en toda la barra conductora del ducto barra de los alimentadores que transportan energía eléctrica.

Figura 5

Sistema horizontal de ducto barra, en el mismo piso



Nota. Esta figura muestra el sistema horizontal de ducto barra instalado en un centro empresarial.

- a.** Ducto barra paralelo a una pared.
- b.** Ducto barra transversal al primer ducto barra.
- c.** Conector en esquina para canaletas horizontales.

La Figura 5, muestra: un sistema horizontal de ducto barra, solo se puede apreciar la canaleta que recubre la barra conductora. La barra conductora no se puede apreciar, debido a que, está protegida por la canaleta.

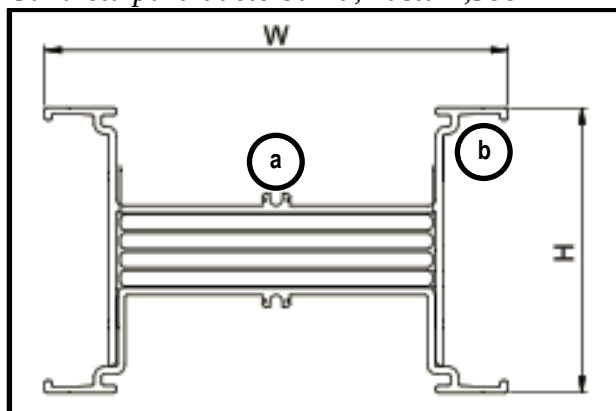
En la Figura 5, se puede apreciar cómo, el sistema de ducto barra, fijado al techo, puede doblar en un ángulo de 90°, según sea el caso de su necesidad.

- **Contrastación de las hipótesis específicas**
- **Hipótesis específica 1.**

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, se reducirán las áreas de las canaletas, por la cual se ubican los alimentadores que transportan energía eléctrica.

Figura 6

Canaleta para ducto barra, hasta 2,500 A

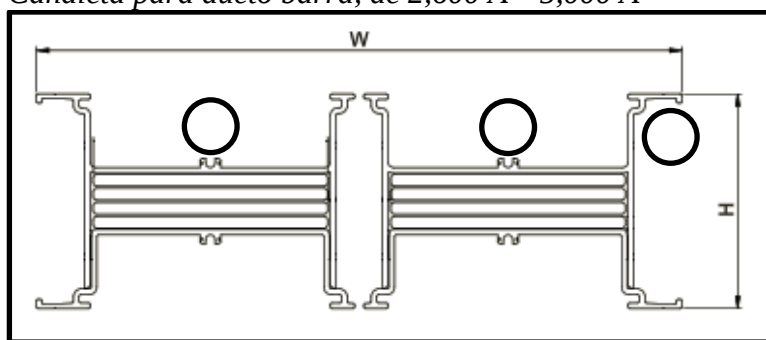


Nota. Esta figura muestra la barra conductora y el ducto (canaleta) que la recubre, de un sistema de ducto barra, con una intensidad de corriente de 2,500 A, cortesía de LS cable & system, 2020.

- a.** Barra conductora de energía eléctrica.
- b.** Ducto (canaleta) que recubre la barra conductora.

La Figura 6, muestra un sistema de ducto barra, hasta para 2,500 A: (a) barra conductora. (b) canaleta: ancho de la canaleta (W), alto de la canaleta (H).

La Figura 6, muestra un sistema de ducto barra, hasta para una intensidad de corriente de 2,500 A, para un sistema de transformación y distribución de energía eléctrica.

Figura 7*Canaleta para ducto barra, de 2,600 A – 5,000 A*

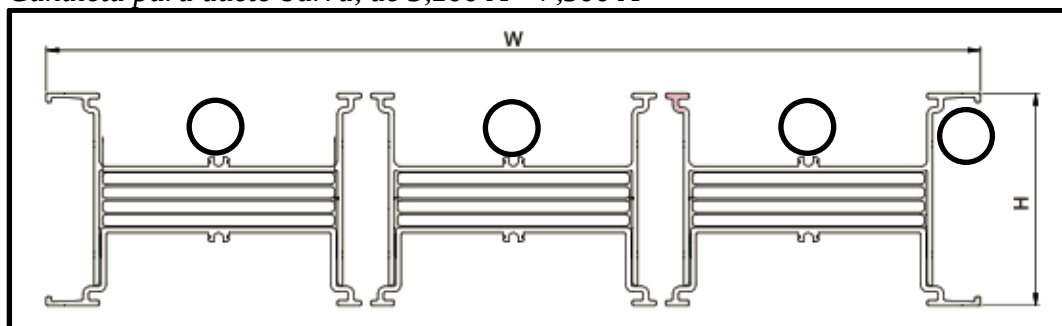
Nota. Esta figura muestra la doble barra conductora y los ductos (canaleta) que la recubren, de un sistema de ducto barra, con una intensidad de corriente de 2,600 A - 5,000 A, cortesía de LS cable & system, 2020.

- a. Doble barra conductora de energía eléctrica.
- b. Doble ducto (canaleta) que recubre a cada una de las barras conductoras.

Fuente: Cortesía de LS cable & system (2020)

La Figura 7, muestra un sistema de ducto barra, de 2,500 A – 5,000 A: (a) doble barra conductora. (b) canaleta: ancho de la canaleta (W), alto de la canaleta (H).

La Figura 7, muestra un sistema de ducto barra, para una intensidad de corriente de 2,500 A – 5,000 A, para un sistema de transformación y distribución de energía eléctrica.

Figura 8*Canaleta para ducto barra, de 5,100 A – 7,500 A*

Nota. Esta figura muestra la triple barra conductora y los ductos (canaleta) que la recubren, de un sistema de ducto barra, con una intensidad de corriente de 5,100 A – 7,500 A, cortesía de LS cable & system, 2020.

- a. Triple barra conductora de energía eléctrica.

- b.** Triple ducto (canaleta) que recubre cada una de las barras conductoras.

La Figura 8, muestra un sistema de ducto barra, de 5,100 A – 7,500 A: (a) triple barra conductora. (b) canaleta: ancho de la canaleta (W), alto de la canaleta (H).

La Figura 8, muestra un sistema de ducto barra, para una intensidad de corriente de 5,100 A – 7,500 A, para un sistema de transformación y distribución de energía eléctrica.

Tabla 4
Área de la sección transversal del cable conductor

Amperios ¹ [A]	W ₁ ² [mm]	H ₁ ³ [mm]	A ₁ ⁴ [mm ²]
1,000	254	H	254 H
1,250	296	H	296 H
1,500	338	H	338 H
2,000	423	H	423 H
2,500	507	H	507 H
3,000	592	H	592 H
3,500	676	H	676 H
4,000	762	H	762 H
5,000	930	H	930 H
6,000	1,099	H	1,099 H
7,000	1,268	H	1,268 H

Nota. Esta tabla muestra, en función de la altura (H), en un antiguo sistema de cable conductor, el área (A) de la canaleta, en función del amperaje registrado en la barra conductora. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 1,000 A - 7,000 A.

¹ Amperaje (A) de la transmisión y distribución de energía, en una canaleta de cable conductor.

² Ancho (W₁), para su correspondiente intensidad de corriente eléctrica (A), en una canaleta de cable conductor.

³ Altura (H₁) de la canaleta, de cable conductor.

⁴ Área (A₁) de la sección transversal de la canaleta de cable conductor. $A_1 = W_1 * H_1$

La Tabla 4, muestra el ancho (W₁) de la canaleta, para distintos amperajes, en una transmisión y distribución de energía eléctrica, mediante cable conductor. Se mantiene constante la altura (H) de la canaleta.

Tabla 5*Área de la sección transversal del ducto barra*

Amperios ¹ [A]	W ₂ ² [mm]	H ₂ ³ [mm]	A ₂ ⁴ [mm ²]
1,000	123	H	123 H
1,250	139	H	139 H
1,500	169	H	169 H
2,000	211	H	211 H
2,500	261	H	261 H
3,000	303	H	303 H
3,500	347	H	347 H
4,000	390	H	390 H
5,000	490	H	490 H
6,000	569	H	569 H
7,000	659	H	659 H

Nota. Esta tabla muestra, en función de la altura (H), en un nuevo sistema de ducto barra, el área (A) de la canaleta, en función del amperaje registrado en la barra conductora. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 1,000 A - 7,000 A.

¹ Amperaje (A) de la transmisión y distribución de energía, en una canaleta de ducto barra.

² Ancho (W₂), para su correspondiente intensidad de corriente eléctrica (A), en una canaleta de ducto barra.

³ Altura (H₂) de la canaleta de ducto barra.

⁴ Área (A₂) de la sección transversal de la canaleta de ducto barra. $A_2 = W_2 * H_2$

La Tabla 5, muestra el ancho (W₂) de la canaleta, para distintos amperajes, en una transmisión y distribución de energía eléctrica, mediante ducto barra. Se mantiene constante la altura (H) de la canaleta.

Tabla 6*Reducción de las áreas al reemplazar cable conductor por ducto barra*

Amperios ¹ [A]	A ₁ ² [mm ²]	A ₂ ³ [mm ²]	R ⁴ [%]
1,000	254 H	123 H	51.6
1,250	296 H	139 H	53.0
1,500	338 H	169 H	49.9
2,000	423 H	211 H	50.1
2,500	507 H	261 H	48.5
3,000	592 H	303 H	48.9
3,500	676 H	347 H	48.6
4,000	762 H	390 H	48.8
5,000	930 H	490 H	47.3
6,000	1,099 H	569 H	48.2
7,000	1,268 H	659 H	48.0

Nota. Esta tabla muestra, cómo se reducen los espacios (R), al emplear un nuevo sistema de ducto barra, el cual, ha reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, en función del amperaje (A) registrado en la fuente de energía. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 1,000 A - 7,000 A.

¹ Amperaje (A) de la transmisión y distribución de energía.

² Área (A_1) de la sección transversal de la canaleta de cable conductor.

³ Área (A_2) de la sección transversal de la canaleta de ducto barra.

⁴ Reducción de las áreas (R) de las canaletas, al reemplazar cable conductor por ducto barra. Se ha empleado la Ecuación 3, para su respectivo cálculo.

La Tabla 6, muestra el efecto de la reducción de las áreas de las canaleras, al reemplazar el cable conductor, por ducto barra, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

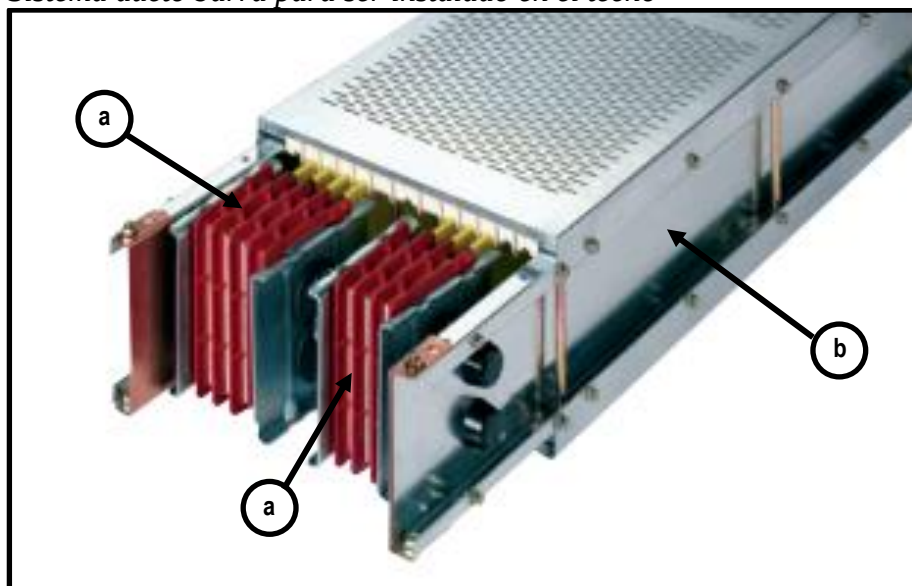
Inferencia:

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, se reducirán las áreas de las canaletas, por la cual se ubican los alimentadores que transportan energía eléctrica.

- **Hipótesis específica 2.**

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, disminuirán los tiempos de instalación en las zonas en donde se ubican los alimentadores que transportan energía eléctrica.

Figura 9
Sistema ducto barra para ser instalado en el techo



Nota. Esta figura muestra la doble barra conductora y el ducto (canaleta) que las recubre, de un sistema de ducto barra, cortesía de Legrand Zucchini Corp., 2020.

- a.** Doble barra conductora de energía eléctrica.
- b.** Ducto (canaleta) que recubre a la doble barra conductora.

La Figura 9, muestra: (a) la barra conductora, de material de cobre electrolítico, por la cual, se transporta los electrones. (b) la canaleta que cubre la barra conductora, de material de lámina de aluminio revestido con pintura electrostática.

Tabla 7
Tiempo de instalación en un sistema de cable conductor

Amperios ¹ [A]	t _i ² [h]
400	0.80
1,050	1.26
3,000	2.76
3,500	3.40
4,000	4.00

Nota. Esta tabla muestra, el tiempo (t) que demora una instalación eléctrica, con un antiguo sistema de cable conductor, en función del amperaje (A) registrado en la fuente de energía. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 400 A - 4,000 A.

¹ Amperaje (A) de la transmisión y distribución de energía, en un sistema de cable conductor.

² Tiempo (t_i) que demora la instalación, para su correspondiente intensidad de corriente eléctrica (A), en un sistema de cable conductor.

La Tabla 7, muestra el tiempo (t_1) que demora la instalación de un sistema de cable conductor, para distintos amperajes. El tiempo ha sido calculado, desde que se comienza a taladrar el techo para la fijación de las canaletas, hasta la puesta en marcha del sistema, para la transmisión y distribución de energía eléctrica, por medio de este sistema.

Tabla 8

Tiempo de instalación en un sistema de ducto barra

Amperios ¹ [A]	t_2^2 [h]
400	0.28
2,150	0.36
2,500	0.40
3,050	0.52
3,500	0.76
4,000	1.12

Nota. Esta tabla muestra, el tiempo (t) que demora una instalación eléctrica, con un nuevo sistema de ducto barra, en función del amperaje (A) registrado en la fuente de energía. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 400 A - 4,000 A.

- (1) Amperaje (A) de la transmisión y distribución de energía, en un sistema de ducto barra.
- (2) Tiempo (t_2) que demora la instalación, para su correspondiente intensidad de corriente eléctrica (A), en un sistema de ducto barra.

La Tabla 8, muestra el tiempo (t_2) que demora la instalación de un sistema de ducto barra, para distintos amperajes. El tiempo ha sido calculado, desde que se comienza a taladrar el techo para la fijación de las canaletas, hasta la puesta en marcha del sistema, para la transmisión y distribución de energía eléctrica, por medio de este sistema.

Tabla 9

Disminución de los tiempos de instalación al reemplazar cable conductor por ducto barra

Amperios ¹ [A]	t_1^2 [h]	t_2^3 [h]	T^4 [h]
400	0.80	0.28	0.52
1,050	1.26		
2,150		0.36	
2,500		0.40	
3,000	2.76		
3,050		0.52	
3,500	3.40	0.76	2.70

4,000	4.00	1.12	2.88
-------	------	------	------

Nota. Esta tabla muestra, cómo disminuyen los tiempos (T) de instalación del circuito eléctrico, al emplear un nuevo sistema de ducto barra, el cual, ha reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, en función del amperaje (A) registrado en la fuente de energía. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 400 A - 4,000 A.

¹ Amperaje (A) de la transmisión y distribución de energía.

² Tiempo (t_1) que demora la instalación, para una determinada intensidad de corriente eléctrica (A), en un sistema de cable conductor.

³ Tiempo (t_2) que demora la instalación, para su correspondiente intensidad de corriente eléctrica (A), en un sistema de ducto barra.

⁴ Reducción de los tiempos (T) al reemplazar cable conductor por ducto barra. Se ha empleado la Ecuación 4, para su respectivo cálculo.

La Tabla 9, muestra el efecto de la reducción de los tiempos de instalación, al reemplazar el cable conductor, por ducto barra, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Inferencia:

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, disminuirán los tiempos de instalación en las zonas en donde se ubican los alimentadores que transportan energía eléctrica.

- **Hipótesis específica 3.**

Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, se reducirán los costos de materiales al emplear alimentadores que transportan energía eléctrica.

Tabla 10
Costos de materiales para un sistema de cable conductor

Item	Descripción	Unid	Metr	P.Unit [S/]	P. Parcial [S/]
1	Suministro e Instalación de cable conductor de fuerza IP55 2500 A desde salida inicial en TGN-	Unid	8,110	32,35	262,390.85

1 hasta tapa final en piso 16 (Pruebas con pistola laser para ver puntos calientes y verificar su temperatura).					
2	Suministro e instalación de cable conductor de fuerza IP55 2500 A desde salida inicial en TGN-2 hasta tapa final en piso 17 (Pruebas con pistola laser para ver puntos calientes y verificar su temperatura).	Unid	8,049	32,35	260,385.15
Total:					522,776.00

Nota. Esta tabla muestra, el costo de los materiales para una instalación eléctrica, con un antiguo sistema de cable conductor. Básicamente, los materiales son: cable conductor, tubo de PVC, cinta aislante y pegamento para tubo.

La Tabla 10, muestra los costos de materiales para un sistema de cable conductor, para una intensidad de corriente de 3,200 A, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Tabla 11
Costos de materiales para un sistema de ducto barra

Item	Descripción	Unid	Metr	P.Unit [S/]	P. Parcial [S/]
1	Suministro e Instalación de ducto barra de fuerza IP55 2500 A desde salida inicial en TGN-1 hasta tapa final en piso 16 (Pruebas con pistola laser para ver puntos calientes y verificar su temperatura).	Glb	1.00	199,257.84	199,257.84
2	Suministro e instalación de ducto barra de fuerza IP55 2500 A desde salida inicial en TGN-2 hasta tapa final en piso 17 (Pruebas con pistola laser para ver puntos calientes y verificar su temperatura).	Glb	1.00	197,698.04	197,698.04
Total:					396,955.88

Nota. Esta tabla muestra, el costo de los materiales para una instalación eléctrica, con un nuevo sistema de ducto barra. Básicamente, los materiales son: barra conductora, ducto (canaleta) y conector de ducto.

La Tabla 11, muestra los costos de materiales para un sistema de ducto barra, para una intensidad de corriente de 3,200 A, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Tabla 12.
Reducción de los costos de materiales al reemplazar cable conductor por ducto

Amperios ⁽¹⁾ [A]	C ₁ ⁽²⁾ [S/]	C ₂ ⁽³⁾ [S/]	C ⁽⁴⁾ [%]
3,000	522,776.00	396,955.88	24.07

Nota. Esta tabla muestra, cómo se reducen los costos (C) de los materiales para una instalación eléctrica, al emplear un nuevo sistema de ducto barra, el cual, ha reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor. La experiencia se realizó a una intensidad de corriente de 3,000 A.

¹ Amperaje (A) de la transmisión y distribución de energía.

² Costo (C_1) de los materiales, para una intensidad de corriente eléctrica (A), en un sistema de cable conductor.

³ Costo (C_2) de los materiales, para una intensidad de corriente eléctrica (A), en un sistema de ducto barra.

⁴ Reducción de los costos (C) al reemplazar cable conductor por ducto barra. Se ha empleado la Ecuación 5, para su respectivo cálculo.

La Tabla 12, muestra el efecto de la reducción de los costos de materiales, al reemplazar el cable conductor, por ducto barra, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Inferencia:

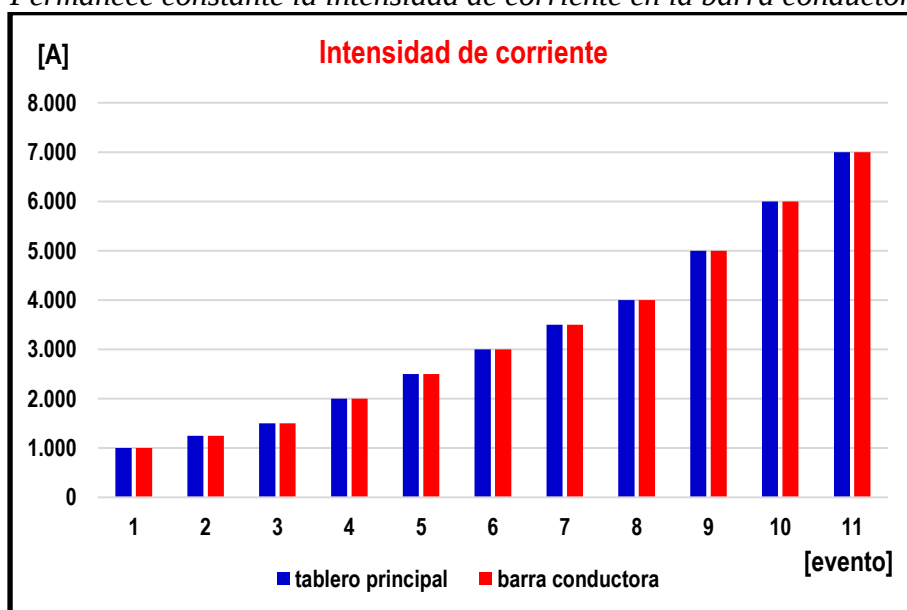
Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, se reducirán los costos de materiales en los alimentadores que transportan energía eléctrica.

- **Análisis e interpretación**

- **Permanece constante la intensidad de corriente.**

Figura 10

Permanece constante la intensidad de corriente en la barra conductora



Nota. Esta figura muestra la comparación que existe entre la intensidad de corriente que registra el tablero principal (barra color azul) y la intensidad de corriente que registra un punto de la barra conductora (barra color rojo). Si ambos valores son iguales, entonces, la intensidad de corriente, en la barra conductora, permanece constante. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 1,000 A - 7,000 A.

La Figura 10, muestra que, si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, se aprecia que, la intensidad de corriente, permanece constante en toda la barra conductora del ducto barra.

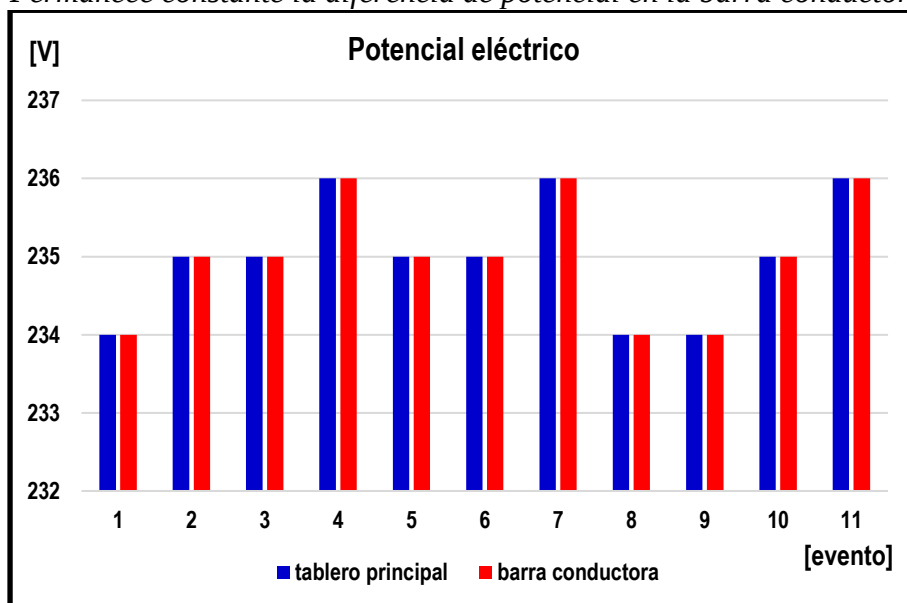
La Figura 10, muestra que, para distintas intensidades de corriente, la intensidad de corriente permanece constante en toda la barra conductora del ducto barra.

En consecuencia, con los párrafos anteriores, se puede emplear un sistema de ducto barra, debido a que, no habrá cambio en la intensidad de corriente, en la barra conductora del ducto barra, al emplear alimentadores que transportan energía eléctrica.

- **Permanece constante la diferencia de potencial.**

Figura 11

Permanece constante la diferencia de potencial en la barra conductora



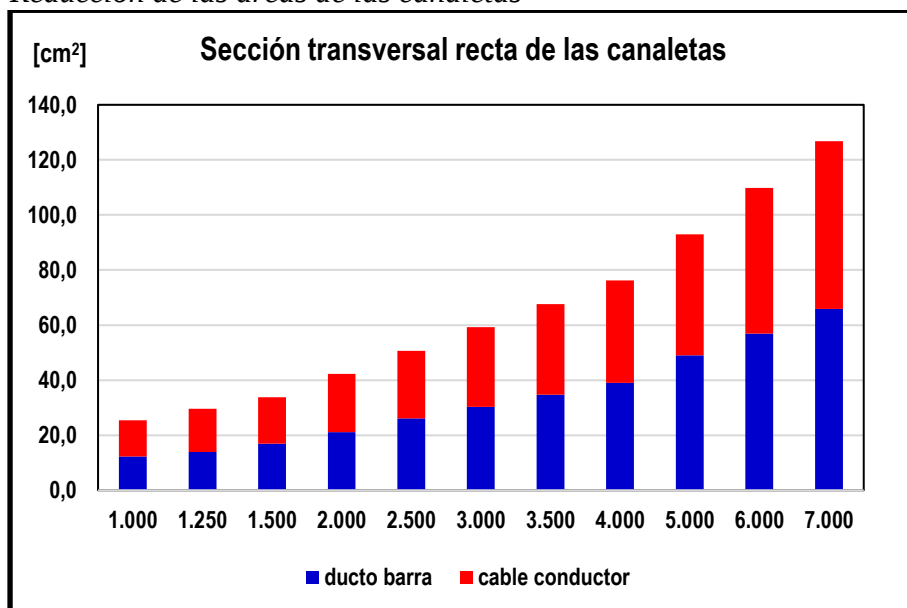
Nota. Esta figura muestra la comparación que existe entre la diferencia de potencial que registra el tablero principal (barra color azul) y la diferencia de potencial que registra un punto de la barra conductora (barra color rojo). Si ambos valores son iguales, entonces, el voltaje, en la barra conductora, permanece constante.

La Figura 11, muestra que, si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, se aprecia que, la diferencia de potencial, permanece constante en toda la barra conductora del ducto barra.

La Figura 11, muestra que, para distintos voltajes, la diferencia de potencial permanece constante en toda la barra conductora del ducto barra.

En consecuencia, con los párrafos anteriores, se puede emplear un sistema de ducto barra, debido a que, no habrá cambio en la diferencia de potencial, en la barra conductora del ducto barra, al emplear alimentadores que transportan energía eléctrica.

- **Reducción de las áreas de las canaletas, al emplear un sistema de ducto barra.**

Figura 12*Reducción de las áreas de las canaletas*

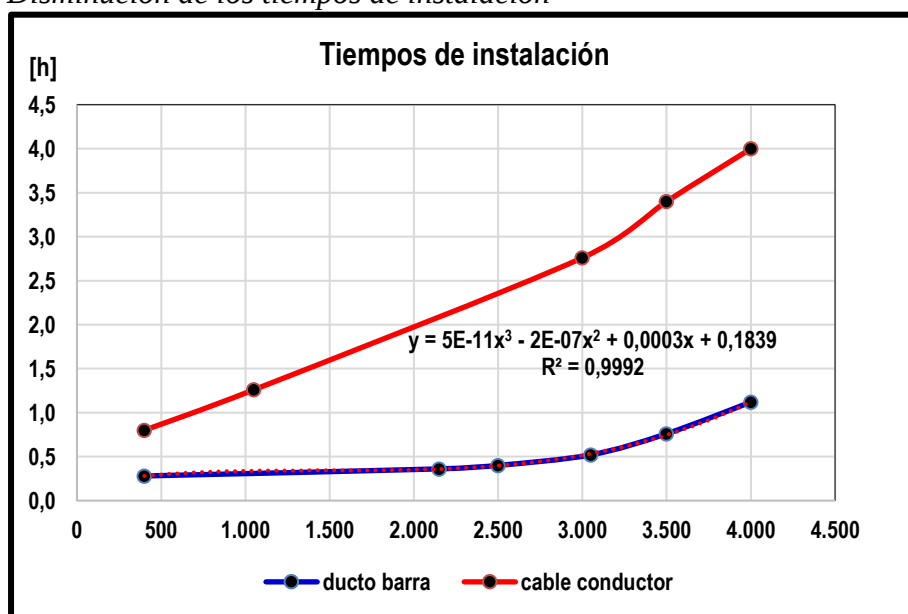
Nota. Esta figura muestra, cómo se reducen los espacios (R) que se emplean para la canalización, al reemplazar el antiguo sistema de cable conductor (barra color rojo), por un nuevo sistema de ducto barra (barra color azul). La barra azul, es mucho menor que la barra roja. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 1,000 A - 7,000 A.

La Figura 12, muestra que, si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, se reducen las áreas de las canaletas, en no menos del 49%.

La Figura 12, muestra que, para distintas intensidades de corriente, hay una reducción del 49% de las áreas, del sistema de ducto barra, respecto del sistema de cable conductor.

La reducción de las áreas de las canaletas, al emplear un sistema de ducto barra, permitirá optimizar la distribución espacial en centros empresariales.

- **Disminución de los tiempos de instalación, al emplear un sistema ducto barra.**

Figura 13*Disminución de los tiempos de instalación*

Nota. Esta figura muestra, como se disminuye los tiempos (T) de instalación del circuito eléctrico, al reemplazar el antiguo sistema de cable conductor (línea color rojo), por un nuevo sistema de ducto barra (línea color azul). La línea azul, está mucho más abajo que la barra roja. La experiencia se realizó a diferentes intensidades de corriente, de 400 A - 4,000 A.

La Figura 13, muestra que, si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, se reducen los tiempos de instalación.

La Figura 13, muestra que, el tiempo de instalación en un sistema de ducto barra, se ajusta a la siguiente correlación:

$$Y = 5E-11(x)^3 - 2E-07(x)^2 + 0.0003(x) + 0.1839$$

en donde:

x = Intensidad de corriente [A] de un sistema de ducto barra, a instalar.

Y = Tiempo, en horas [h] que demora la instalación de un sistema de ducto barra, para una determinada intensidad de corriente [A].

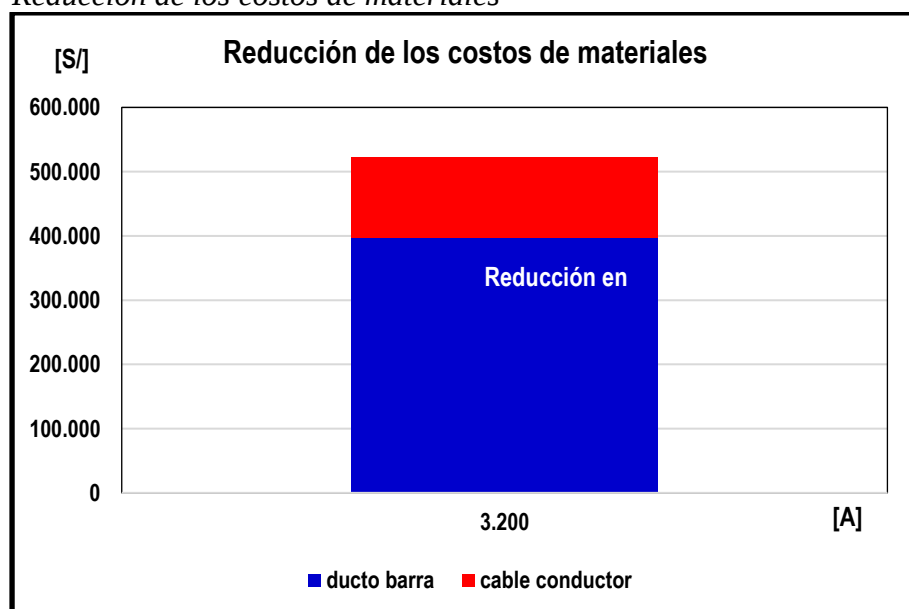
La correlación anterior, tiene un coeficiente de Poisson de 0.9992

La reducción en los tiempos de instalación, al emplear un sistema de ducto barra, permitirá reducir los costos de instalación en centros empresariales.

- **Reducción de los costos de materiales, al instalar un sistema ducto barra.**

Figura 14

Reducción de los costos de materiales



Nota. Esta figura muestra, cómo se reducen los costos (C) de los materiales para una instalación eléctrica, al reemplazar el antiguo sistema de cable conductor (barra color rojo), por un nuevo sistema de ducto barra (barra color azul). La barra roja, se reduce en un 24% (barra azul). La experiencia se realizó a una intensidad de corriente de 3,000 A.

La Figura 14, muestra que, si se reemplaza el sistema de cable conductor, por el sistema de ducto barra, entonces, se reducen los costos de materiales en 24%.

Todos los ingenieros electricistas, responsables de la instalación del sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica, de los centros empresariales en estudio, manifestaron que al instalar un sistema de ducto barra, en vez de un sistema antiguo de cable conductor, se hace “un considerable ahorro”; pero, lamentablemente, no estuvieron dispuestos a brindar detalles de su estructura de costos, salvo uno.

La reducción de los costos de materiales, al emplear un sistema de ducto barra, permitirá reducir los costos finales, en la distribución espacial en centros empresariales.

V. Discusión de resultados

Solano (2015), coincide con el resultado de la presente investigación, en que, con el uso de sistemas de electrobarras en la construcción de proyectos eléctricos, se da un nuevo enfoque al desarrollo de proyectos mucho más ambiciosos que, al emplear los antiguos sistemas de cable conductor.

Se coincide con Solano (2015), con que el desarrollo urbanístico y el crecimiento de las demandas energéticas que poseen la sociedad, los proyectos residenciales deben poseer un sistema eléctrico rígido, que sea eficaz y seguro, en consecuencia, propone implementar el uso de electrobarras en edificios residenciales y corporativos.

El empleo de alimentadores ducto barra (electrobarra), en la construcción de proyectos eléctricos, proyectos residenciales, y, sobre todo, en centros empresariales, los cuales permitirán dar un nuevo enfoque al desarrollo de proyectos mucho más ambiciosos que los actuales.

Solano (2015), concluyó (cualitativamente) que el sistema de ducto barra (electrobarra, como él lo llamaba), presenta una enorme ventaja técnica y económica frente al sistema antiguo de clave conductor (sistema convencional de cables, como él lo llamaba). Los resultados de la presente investigación, coinciden con lo sostenido por Solano (2015), con la diferencia que estos resultados de carácter cuantitativo, los cuales se muestran en el capítulo de las conclusiones.

Este nuevo sistema, de ducto barra, permitirá el sector de la construcción reducir costos en la parte eléctrica y poderlos invertir en otras ingenierías o simplemente mejorar las ganancias de los inversionistas.

La proposición de Solano (2015), respecto de que el sistema de electrobarras, tal como él lo llamaba, se puede emplear como sistema de distribución de energía (eléctrica), no solo en

edificios corporativos, sino también, en viviendas y edificaciones con múltiples usuarios. Además, el empleo de un sistema de ducto barra, evitará el permanente robo de los cables conductores (de cobre) en los edificios corporativos o residenciales.

Vigo (2015), coincide con el resultado de la presente investigación, en que, los ductos barra se pueden fabricar en diferentes niveles de tensión, y diferente amperaje; durante el desarrollo de la presente investigación, se realizó pruebas de campo, para determinar las propiedades eléctricas, intensidad de corriente y diferencia de potencial, para poder determinar si estas, permanecían constantes, al cambiar de sistema de transferencia y distribución de energía eléctrica, empleando un nuevo sistema de ducto barra, y reemplazarlo por un antiguo sistema de cable conductor.

Se coincide con Vigo (2015), en tener el mismo interés, en el aminoramiento de los tiempos de instalación de sistemas eléctricos, motivo por el cual se estudia la distribución de la energía eléctrica en baja tensión con ducto barra.

En consonancia con Vigo (2015), el empleo de alimentadores ducto barra, permite reducir los costos de materiales, la presente investigación, determinó que el costo de los mismos, en un nuevo sistema de ducto barra, se reduce en un 24%, respecto de un sistema antiguo, el de cable conductor. También permite, disminuir los tiempos de instalación al emplear un sistema de ducto barra.

Vigo (2015), concluye que las barras conductoras pueden ser de cobre o aluminio para un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica. En el caso particular de la presente investigación, solo estudió la barra conductora de cobre, por ser el cobre el mejor conductor de corriente; sería interesante realizar un análisis comparativo entre los conductores de cobre y aluminio.

Sulá (2014), coincide con el resultado de la presente investigación, al afirmar que un sistema de ducto barra es más económico y ofrece mayores ventajas técnicas que un sistema

convencional. Este nuevo sistema permite el transporte y distribución de energía eléctrica, evaluado en centros empresariales, en la cual se evaluó que las propiedades eléctricas del sistema de ducto barra, no variaban, esto permite técnicamente, poder cambiar de sistema.

Al igual que Sulá (2014), se investigó un nuevo sistema de alimentadores ducto barra, por el cual se realice la transferencia de electrones; mientras que Sulá lo realiza en una subestación eléctrica, el autor de la presente investigación lo realiza en centros empresariales.

Sulá (2014), sostiene que, en este nuevo sistema de ducto barra, los niveles de tensión permanecen constantes en toda la barra conductora y facilitan el transporte y la distribución de la energía eléctrica a través de los alimentadores; estos resultados coinciden con los resultados de la presente investigación.

Este sistema propuesto, al igual que Sula (2014), debería darse a conocer en los nuevos diseños de proyectos eléctricos, los cuales, pueden ser aplicados a edificios, puesto que el sistema de ducto barra, permite una instalación vertical (de piso a piso), y una instalación horizontal (en el mismo piso).

Camargo (2013), coincide con el resultado de la presente investigación, al afirmar que un sistema de (ducto) barra, se puede emplear para un proyecto eléctrico, presenta los resultados mediante un diseño de sistema eléctrico, para la ampliación de potencia (voltaje), para la ampliación de una planta de beneficio de una renombrada empresa minera, al sur de Lima. A diferencia de Camargo, la presente investigación se desarrolló en centros empresariales.

El proyecto eléctrico de Camargo (2013), fue diseñado para 220 kV, casi mil veces más que los 240 V de los centros empresariales analizados para la presente investigación. Esto permite apreciar el gran rango de voltaje en la cual se puede trabajar con este nuevo sistema de ducto barra.

Camargo (2013), sostiene que la nueva capacidad de carga, se puede realizar con el nuevo sistema de ducto barra, la cual permite la transmisión y distribución de energía eléctrica, sin que esto, implique un aumento desmesurado de espacio volumétrico. Concluye que el empleo de un sistema barras es el que mejor se puede aprovechar el espacio; este resultado, coincide con el resultado de la presente investigación.

La disminución en la distribución especial, y sobre todo, en centros empresariales, permitirá aprovechar estos espacios, en concordancia con las actividades propias del centro empresarial, lo que, finalmente, permitirá más ingresos.

Merentes (2012), coincide con el resultado de la presente investigación, al afirmar que el uso de (un sistema de ducto) barra, es ideal para la distribución de energía eléctrica, y sobre todo si se tiene un centro de carga bien definido, es decir, es decir, existe un conjunto de cargas en un mismo espacio,

El transporte de energía en baja tensión, preocupó a Merrente (2012), el que, predominantemente se realiza a través de cables conductores en tubo o bandeja, lo motiva para investigar sobre la tecnología de barras en ducto fabricadas por una empresa “x”; esta misma razón motiva al autor de la presente investigación para estudiar las instalaciones en ducto barra para la transmisión y distribución de energía eléctrica.

Merente (2012), sostiene que, se reduce la sección [transversal] al emplear la canalización de ducto barras de diferentes capacidades amperimétricas, lo cual es concordante con la presente investigación, cuyas pruebas de campo, realizadas a diferente intensidad de corriente, hasta 7,000 A, se logra ahorrar hasta un 49% de espacio, al emplear un sistema de cable conductora para la transferencia y distribución de energía eléctrica.

Esta disminución de espacios, debido al emplear el nuevo sistema de ducto barra, permite una mejor distribución espacial en los centros empresariales, estos espacios “libres”, se les puede dar otro uso.

Cervantes (2010), coincide con la reflexión de la presente investigación, al buscar nuevas tecnologías que permitan mayor protección en los sistemas eléctricos; debido a que el antiguo sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica, el de cable conductor, los cables de cobre, están recubiertos de PVC y estos no soportan altas temperaturas.

En consonancia con Cervantes (2010), existe la preocupación de la protección en la implementación de sistemas eléctricos, por ello, se investiga sobre la protección eléctrica, no sin antes describir los sistemas de distribución eléctrica y elementos de los sistemas de distribución. En ese sentido, las barras conductoras, tiene la debida protección, a través de las canaletas, lo que impide que se corran riesgos innecesarios; como corolario de este punto, los ingenieros son los que deberían estar capacitados sobre el tema.

El empleo de alimentadores ducto barra, está diseñado de tal forma que, las barras conductoras, las que realmente trasportan los electrones, están dentro de una canaleta, la cual la protege en su totalidad a las barras conductoras, disminuyendo así los riesgos eléctricos.

El empleo de un sistema de ducto barra, permite reducir los riesgos eléctricos, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

García (2007), coincide con la reflexión de la presente investigación, al sostener que, la falta de información acerca del ducto barra es la causa principal para que muchas personas no lo utilicen en los sistemas de distribución.

Se coincide con García (2007), respecto del uso de sistema de distribución convencionales en proyectos eléctricos, al sostener que se debe de empelar una nueva distribución eléctrica, por medio del ducto barra, este nuevo sistema de transmisión de electrones, debe ser empleado en los nuevos proyectos eléctricos, descartando así, el sistema antiguo de cable conductor.

Una correcta difusión de las ventajas del empleo del sistema de ducto barra, por sus propiedades eléctricas, y que es más económico, frente al sistema convencional de tubería-cable (cable conductor), será considerado en nuevos proyectos eléctricos.

Es recomendable dirigirse a la autoridad competente, para que el sistema de ducto barra, pueda ser normado, respecto de su uso e implementación.

Hay que tener presente que, el sistema de ducto barra, es un sistema nuevo, en tal sentido, el diseño, montaje y puesta en marcha, deber ser realizado por personal calificado.

Hoy en día, la ciencia y la tecnología, es el pilar para poder progresar empresarialmente, buscando nuevas formas, nuevos materiales y nuevos procesos, cada vez, mejores, pero, con menores precios, analizando la relación costo/beneficio.

Esta búsqueda empresarial, en el sector eléctrico, se están llevando a cabo estudios sobre nuevos materiales, sobre nuevos bienes de equipos, sin que estos nuevos materiales y equipos, pierdan las propiedades eléctricas de los antiguos sistemas de conducción de energía eléctrica, conocido por “cable conductor”.

Un nuevo sistema, conocido como “ducto barra”, es un sistema por el cual, mediante una barra de cobre, recubierto de una canaleta de material aislante, que permite el transporte y distribución de energía eléctrica.

Este nuevo sistema de ducto barra, ofrece varias ventajas, frente al sistema convencional, esto es evidente, solo falta de debida difusión para iniciar su uso como un sistema de transporte de energía eléctrica en centros empresariales.

Se debe de capacitar a los ingenieros electricistas, en este nuevo sistema de ducto barra, en el diseño, montaje y puesta en marcha, para el transporte de energía eléctrica en centros empresariales.

Con la instalación del sistema de ducto barra, se asegura que no habrá cambio en las propiedades eléctricas, tales como, intensidad de corriente [A] y diferencia de potencial [V],

garantizando un normal fluido de electrones por la barra conductora, permitiendo así, el transporte de energía eléctrica en centros empresariales, pudiéndolo también instalar en edificaciones comerciales, de salud, industriales, etc., es decir, se puede aplicar a toda instalación eléctrica para maquinaria, equipamiento y accesorio de iluminación en todo tipo de construcciones.

Los ducto barra, ofrecen la posibilidad de conexión en ambos extremos de la línea con piezas de acometidas diseñadas para su ensamblaje, con la garantía de que permanezcan constantes las propiedades eléctricas.

Este nuevo sistema de ducto barra, es una solución confiable y moderna al transporte y distribución de energía eléctrica, y que sustituye al convencional sistema de cable conductor; permiten cambios rápidos de layout⁵, en caso se cambie la distribución física del centro empresarial, para un nuevo evento.

El antiguo sistema, el de cable conductor, en algunas ocasiones está expuesto a roedores, aquellos animales que tienen por costumbre acabar con el sistema eléctrico y el cableado, no es que los roedores se alimentan del cableado eléctrico, sino que, las ratas y los ratones son roedores, esto significa que necesitan roer, masticar, desgastar y cortar todo tipo de materiales. El nuevo sistema de ducto barra, no podría estar al alcance de los roedores, puesto que la barra conductora y la canaleta son de metal.

Este nuevo sistema de ducto barra, no utiliza grandes cantidades de material plástico aislante, ni materiales potencialmente peligrosos en caso de incendios, en consecuencias, son más seguros que el sistema tradicional de cable conductor, por tanto, se puede emplear como un seguro sistema de conducción y distribución de energía eléctrica, aplicable en todo tipo de construcción. Al momento de su instalación, no deja residuos ni desperdicios, a diferencia del

⁵ Layout, palabra inglesa, hace referencia al esquema que será utilizado y cómo están distribuidos los elementos y formas dentro de un diseño.

antiguo sistema, que deja desperdicios de cables (cable de cobre y envoltura de PVC) y cinta aislante.

Probablemente, algunos críticos y renuentes en instalar un sistema de ducto barra, sostengan que la mano de obra es demasiado cara, y, por tanto, no justifica la instalación, basándose en el tradicional indicador de rentabilidad de costo/beneficio. A estas altisonantes voces, se le dice que la mano de obra, empezará a ser más barata, en la medida de que este sistema sea más difundido, y además, se sugiere aplicar el indicador costo/beneficio, no solo a la mano de obra, sino, a toda la instalación en global, es decir, se debe incluir en la estructura de sus costos, la disminución de costos por disminuir los espacios volumétricos al emplear este nuevo sistema, la disminución de costos por disminuir los tiempos de instalación de este nuevo sistema, la disminución de costos en los materiales por emplear este nuevo sistema; lo que finalmente, el indicador costo/beneficio resultará ventajoso y beneficioso, al instalar alimentadores ducto barra, que permitan reducir la distribución espacial en el transporte de energía eléctrica en centros empresariales, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas, con las antiguas instalaciones de conductores eléctricos.

VI. Conclusiones

- El empleo de alimentadores ducto barra, permite reducir la distribución espacial, hasta un 49% (Tabla 6), esto sucede cuando, un nuevo sistema ducto barra, reemplaza a un antiguo sistema de cable conductor; en el transporte de energía eléctrica en centros empresariales; sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas. Las propiedades eléctricas evaluadas fueron, la intensidad de corriente (Tabla 2) y la diferencia de potencial (Tabla 3).
- El empleo de un sistema de ducto barra, logra ahorrar hasta un 49 % de espacio (Figura 12), en comparación con el antiguo sistema de cable conductor; en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica. Este espacio ahorrado, permite optimizar el Layout de los centros empresariales.
- El empleo de un sistema de ducto barra, permite disminuir el tiempo (Tabla 9) de instalación, respecto del antiguo sistema de cable conductor; en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica. El tiempo disminuido es directamente proporcional a la intensidad de corriente. La correlación obtenida es: $y = 5E-11(x^3) - 2E-07(x^2) + 0.0003(x) + 0.1839$; siendo el coeficiente de Poisson de $R^2 = 0.9992$ (Figura 13).
- El empleo de un sistema de ducto barra, permite reducir los costos de materiales en 24%, en comparación con el antiguo sistema de cable conductor, en un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica. El cable conductor y el tubo de PVC que la recubre, materiales del antiguo sistema, son reemplazado por las barras conductoras y canaleta (carcasa) que la recubren, en un nuevo sistema, para la transmisión y distribución de energía eléctrica.

VII. Recomendaciones

- Recomendar el empleo de alimentadores ducto barra, porque permiten reducir la distribución espacial, al momento de hacer las instalaciones eléctricas, empleando un nuevo sistema de ducto barra, que reemplaza a un antiguo sistema de cable conductor, en el transporte de energía eléctrica en centros empresariales; este nuevo sistema no significará un cambio en las propiedades eléctricas, intensidad de corriente y diferencia de potencial.
- Calcular la disminución de espacio, en la instalación del tablero principal para un sistema de ducto barra, que permita la transmisión y distribución de energía eléctrica en centros empresariales. El trabajo de campo, deberá realizarse para una intensidad de corriente de 1,000 A hasta 7,000 A, con una diferencia de potencial de 240 V.
- Cuantificar el ahorro que significa, al disminuir el tiempo de instalación de un sistema ducto barra, que permita la transmisión y distribución de energía eléctrica. La cuantificación del ahorro, deberá realizarse mediante el costo de horas-hombre, por el tiempo ahorrado.
- Cuantificar el costo de la mano de obra, al realizar una instalación eléctrica, con un nuevo sistema de ducto barra, que permita la transmisión y distribución de energía eléctrica. El trabajo de campo, deberá realizarse para una intensidad de corriente de 1,000 A hasta 7,000 A, con una diferencia de potencial de 240 V.

VIII. Referencias

- Aguilar, A. G. (2014). *Procesos metropolitanos y grandes ciudades: dinámicas recientes en México u otros países*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Álvarez Z., P. J. (2010). *La arquitectura y la disposición espacial del poblado prehispánico de Parasca (Polobaya) Arequipa* [Tesis para título profesional, Universidad Católica de Santa María].
- Anónimo. (30 de agosto de 2018). En *Wikipedia*.
https://es.wikipedia.org/wiki/Centro_de_negocios.
- Barcells, J., Autonell, J., Barra, V., Brossa, J., Fornieles, F., Garcia, B. y Ros, J. (2011). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Ediciones técnicas Marcombo.
- Barrero G., F. (2014). *Sistema de energía eléctrica*. Editorial Paraninfo S.A.
- Bibing (2017, 25 de octubre). *Red de distribución de energía eléctrica*.
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/10963/fichero/Archivos%252F01+Red+de+Distribucion+de+Energia+Electrica.pdf>.
- Camargo O., M. A. (2013). *Diseño del sistema eléctrico de potencia para la ampliación de planta beneficio de la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A.* [Tesis para título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Cervantes V., J. R. (2010). *Protección en sistemas eléctricos*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León].
- Chumbi Q., R. H. y Verdugo R., T. I. (2013). *Integración con Cymdist de las redes de media tensión y subtransmisión del sistema de la Centrosur*. [Tesis para título profesional, Universidad de Cuenca].
- Crane (2018, 14 de noviembre). *Electrification Systems [sistema de electrificación]*.
<http://stlcrane.com/accessories/electrification-systems/>.

- Espinoza L., M. A. (2007). *Proyecto de instalaciones eléctricas del centro de distribución central SAGA S.A. 800 kVA*. [tesis para título profesional, Universidad Nacional de Ingeniería].
- García P., V. M. (2007). *Normalización y diseño de un sistema de distribución de energía eléctrica de baja tensión por medio de ducto barra*. [tesis para título profesional, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Harper E. (2014). *Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas*. Editorial Limusa S.A.
- Lazcano. G. (2018, 23 de julio). *Ducto barra: una atractiva alternativa para la transmisión y distribución de energía*. *Revista ElectroIndustria*.
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=722>.
- Legrand Zucchini Corp (2020, 15 de febrero). *Ductos de barra de iluminación y potencia*.
<https://www.legrand.co.uk/products/power-distribution/zucchini/busbar-systems/>
- LS cable & system (2020, 25 de febrero). *Manual de instalación y mantenimiento, ducto barra*. <http://www.lscns.com/en/product/catalog.asp>
- MANELSA (2018,13 de diciembre). *Ductos barra. Lima, Perú. Manufacturas Eléctricas del Perú S.A.* <http://manelsaperu.blogspot.com/search/label/Ducto%20Barra>.
- Media (2017, 13 de diciembre). *Parámetros fundamentales de la energía eléctrica*.
<http://media.axon.es/pdf/54747.pdf>.
- Merentes M., K. V. (2012). *Instalaciones en ductos de barras para distribución eléctrica en baja tensión por ductobarra*. [tesis para título profesional, Universidad Simón Bolívar].
- NEMA (2017). *Ducto barra*. The association of electrical equipment and medical imaging manufactures [La asociación de equipos eléctricos y fabricantes de imágenes médicas].

- Ramirez C., S. (2004). *Redes de distribución de energía*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Schneider Electric (2020, 15 de febrero). *Sistema de ducto barra*.
<https://www.se.com/pe/es/product-category/1300-ductos-de-barras/>
- Solano V., R. A. (2015). *Modelo de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en edificios corporativos y de vivienda*. [tesis para título profesional, Universidad Politécnica Salesiana de Quito].
- Sulá S., L. F. (2014). *Subestación eléctrica y alimentadores (ducto barra) del edificio de apartamentos torre 14 Dielcom S.A.* [Tesis para título profesional, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Twenergy (2017, 28 diciembre). *Energía eléctrica*. <https://twenergy.com/energia/energia-electrica>.
- Vigo G., L. M. (2015). *Distribución de la energía en baja tensión con ductos de barras*. [Tesis para título profesional, Universidad Nacional de Ingeniería].

IX. Anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia

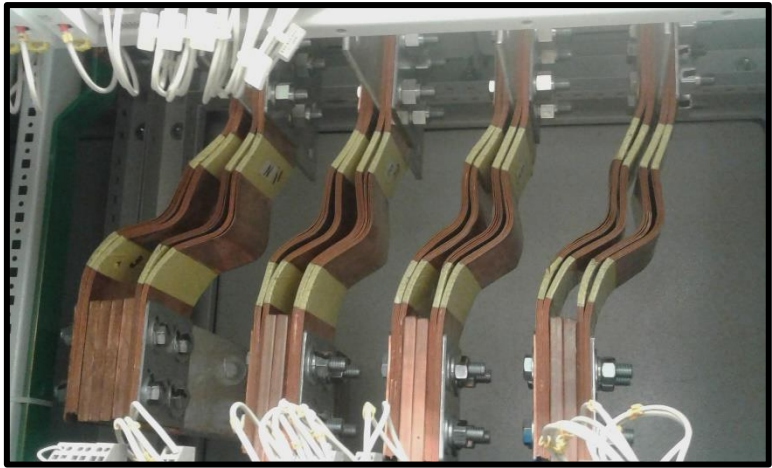
ALIMENTADORES DUCTO BARRA QUE TRANSPORTAN ENERGÍA ELÉCTRICA PARA OPTIMIZAR LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN CENTROS EMPRESARIALES

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable	Dimensión
¿De qué manera, un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica, puede reducir la distribución espacial en centros empresariales, al haber reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas?	Implementar un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica, que permita reducir la distribución espacial en centros empresariales, al haber reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas.	El empleo de un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica, permite reducir la distribución espacial en centros empresariales, al haber reemplazado a un antiguo sistema de cable conductor, sin que esto signifique un cambio en las propiedades eléctricas.	Variable independiente: alimentador ducto barra que transportan energía eléctrica.	• Propiedades eléctricas. • Distribución espacial. • Tiempos de instalación. • Costos de materiales.
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específica	Variable	Indicador
1. ¿En cuánto se reducen las áreas de las canaletas al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica?	1. Reducir las áreas de las canaletas al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.	1. Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, entonces, se reducirán las áreas de las canaletas, por la cual se ubican los alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.	Variable dependiente: distribución espacial en centros empresariales.	• Ancho de la canaleta. • Alto de la canaleta. • Longitud de la canaleta.
2. ¿De qué manera se disminuyen los tiempos de instalación, al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transporta energía eléctrica?	2. Disminuir los tiempos de instalación, al reemplazar el sistema de cable conductor, por un sistema de alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.	2. Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, entonces, se disminuirán los tiempos de instalación, en las zonas en donde se ubican los alimentadores que transportan energía eléctrica.		• Tiempo para instalar las canaletas. • Tiempo para instalar las barras conductoras.
3. ¿En cuánto disminuyen los costos de materiales emplear alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica?	3. Determinar la disminución de los costos de materiales al emplear alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.	3. Si se reemplaza el sistema de cable conductor, por un sistema de ducto barra, entonces, se disminuirán los costos de materiales al emplear alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica.		• Costos de los materiales (sistema cable conductor). • Costo de los materiales (sistema ducto barra).

Anexo 2. Galería de fotos







Anexo 3. Especificaciones técnicas de los alimentadores ducto barra

Barras conductoras

Las especificaciones de la barra conductora se muestran en la Tabla 12.

Tabla 13 *Especificaciones técnicas de la barra conductora*

Especificaciones de la barra conductora

Propiedad	Valor	Unidad
Material	Cobre	
Tipo de material	Electrolítico	
Pureza		99,9%
Símbolo	Cu	
Densidad	8,960	Kg/m ³
Punto de fusión	1,084,00	°C
Punto de ebullición	2,562.00	°C
Conductividad eléctrica	58,108 * 10 ⁶	S/m
Conductor de la electricidad	Buen conductor	
Conductividad térmica	400	W/(K*m)
Propiedad principal	Transferencia de electrones	
Recubrimiento	- -	
Temperatura de trabajo	5 - 40	°C
Humedad	90	%

Fuente: Recopilación diversos autores (2020)

Ducto (canaleta)

Las especificaciones de la barra conductora se muestran en la Tabla 12.

Tabla 14 *Especificaciones del ducto (canaleta)*

Especificaciones del ducto (canaleta)

Propiedad	Valor	Unidad
Material	Aluminio	
Tipo de material	Electrolítico	
Pureza		99,9%
Símbolo	Al	
Densidad	2,698.4	Kg/m ³
Punto de fusión	660	°C
Punto de ebullición	2,519	°C
Conductividad eléctrica	37.7 * 10 ⁶	S/m
Conductor de la electricidad	mal conductor	
Conductividad térmica	237	W/(K*m)
Propiedad principal	Recubrir la barra conductora	
Recubrimiento	Pintura electrostática	
Temperatura de trabajo	5 - 40	°C
Humedad	90	%

Fuente: Recopilación diversos autores (2020)

Ducto barra

El dimensionamiento de la barra conductora y del ducto (carzasa), están en función de la intensidad de corriente que se desea emplear (Tabla 15).

Tabla 15 *Dimensionamiento de los ducto barra*

Dimensionamiento de los ducto barra

Amperios ⁽¹⁾ [A]	A _b ⁽²⁾ [mm]	W _c ⁽³⁾ [mm]	Figura ⁽⁴⁾
630	41	107	6
800	41	107	6
1,000	57	123	6
1,250	73	139	6
1,600	108	174	6
2,000	145	211	6
2,500	195	261	6

3,200	(2) 108	316	7
3,600	(2) 126	352	7
4,000	(2) 145	390	7
5,000	(2) 195	490	7
6,000	(3) 45	569	8
7,500	(3) 195	719	8

- (1) Amperaje (A) de la transmisión y distribución de energía eléctrica.
- (2) A_b , ancho del ducto barra (mm).
- (3) W_c , ancho de la canaleta (mm) que recubre el ducto barra.
- (4) Figura en la cual se encuentra el esquema

Fuente: Cortesía de LS cable & system (2020)

Anexo 4. Formatos empleados en las pruebas de campo

1) Intensidad de corriente en sistema de ducto barra

Tabla 16 Formato para registrar la intensidad de corriente en sistema de ducto barra

Formato para registrar la intensidad de corriente en sistema de ducto barra

N°	Fecha	Piso	Tablero principal		Amperaje [A] en la barra conductora			
			Voltaje [V]	Amp [A]	a 10 m	a 20 m	a 30 m	a 40 m
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
Centro empresarial								

Fuente: basada en la metodología propuesta (2020)

2) Diferencia de potencial en sistema de ducto barra

Tabla 17 Formato para registrar la diferencia de potencial en sistema de ducto barra

Formato para registrar la diferencia de potencial en sistema de ducto barra

N°	Fecha	Piso	Tablero principal		Voltaje [V] en la barra conductora			
			Amp [A]	Voltaje [V]	a 10 m	a 20 m	a 30 m	a 40 m
1								
2								
3								
4								
5								
6								

7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
Centro empresarial								

Fuente: basada en la metodología propuesta (2020)

3) Área de la sección transversal recta, sistema de cable conductor

Tabla 18 Formato para registrar el área de la sección transversal en sistema de cable conductor

Formato para registrar el área de la sección transversal en sistema de cable conductor

N°	Fecha	Piso	Cable conductor	
			W [mm]	H [mm]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Centro empresarial				

Fuente: basada en la metodología propuesta (2020)

4) Área de la sección transversal recta, sistema de ducto barra

Tabla 19 Formato para registrar el área de la sección transversal en sistema de ducto barra

Formato para registrar el área de la sección transversal en sistema de ducto barra

N°	Fecha	Piso	Ducto barra	
			W [mm]	H [mm]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Centro empresarial				

Fuente: basada en la metodología propuesta (2020)

5) Tiempo de instalación, sistema de cable conductor

Tabla 20 Formato para registrar el tiempo de instalación en sistema de cable conductor

Formato para registrar el tiempo de instalación en sistema de cable conductor

N°	Fecha	Piso	Voltaje [V]	Amperaje [A]	Tiempo [h]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
Centro empresarial					

Fuente: basada en la metodología propuesta (2020)

6) Tiempo de instalación, sistema de ducto barra

Tabla 21 *Formato para registrar el tiempo de instalación en sistema de ducto barra*

Formato para registrar el tiempo de instalación en sistema de ducto barra

N°	Fecha	Piso	Voltaje [V]	Amperaje [A]	Tiempo [h]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
Centro empresarial					

Fuente: basada en la metodología propuesta (2020)

Anexo 5. Validación de los instrumentos

Los instrumentos empleados en la presente investigación, fueron validados por tres expertos, de acuerdo a la metodología propuesta por el tesista, para cada una de las hipótesis planteadas.

Los especialistas emplearon la escala de Likert: 1,2,3, 4 y 5, para, totalmente no aceptable, no aceptable, regular, aceptable y totalmente aceptable, respectivamente.

Los jueces emplearon el rango de validez de Herrera: 0.53 a menos, 0.54 - 0.59, 0.60 - 0.65, 0.66 - 0.71, 0.72 - 0.99 y 1.00, para, validez nula, validez baja, validez, muy válida, excelente validez y validez perfecta, respectivamente.

Tabla 22 Validación de los instrumentos

Validación de los instrumentos

Jueces	Instrumento						Total
	1	2	3	4	5	6	
	Puntuación						
Juez 1	5	5	5	5	5	5	30
Juez 2	5	5	4	5	5	5	29
Juez 3	5	4	5	4	4	4	26
Total suma	15	14	14	14	14	14	85
Σ máxima	5.00	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	28.33
Promedio	100%	93%	93%	93%	93%	93%	94%

Fuente: valoración de los jueces (2020)

La Tabla 22, muestran el resultado promedio de 94% de validez de los instrumentos, en concordancia con Herrera, tienen una excelente validez.