



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Proyecto de alimentadores eléctricos mediante ducto
de barras para Edificio - Torre de Panamá**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Johnny TORRES TORRES

ASESOR

Dr. Walter Alejandro GUZMAN ESTREMADOYRO

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Torres, J. (2023). *Proyecto de alimentadores eléctricos mediante ducto de barras para Edificio - Torre de Panamá*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Johnny Torres Torres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41546964
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Walter Alejandro Guzman Estremadoyro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	21143307
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7550-0371
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jose Luis Mejia Olivas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10053479
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Manuel Juan Casas Salazar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06266423
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Edy Alberto Roman Ccorahua
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06767696
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.2.9 Formulación de proyectos de infraestructura para un desarrollo sostenible
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

<p>Ubicación geográfica de la investigación</p>	<p>Edificio: Torre de Panamá País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Isidro Av. Republica de Panamá con Calle Oropéndolas Dirección: Av. Republica de Panamá Nro. 3461. Latitud: -12.09840 Longitud: -77.01965</p>
<p>Año o rango de años en que se realizó la investigación</p>	<p>Octubre 2015 – Setiembre 2017</p>
<p>URL de disciplinas OCDE</p>	<p>Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</p>



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 096/FIEE-CTGT/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 28 de noviembre del 2023, como Presidente de Jurado el **MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS** integrado por el Miembro de Jurado el **MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA**, el Miembro de Jurado **ING. MANUEL JUAN CASAS SALAZAR** y Miembro Asesor el **DR. WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bach. **JOHNNY TORRES TORRES** con código 02190149 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **PROYECTO DE ALIMENTADORES ELÉCTRICOS MEDIANTE DUCTO DE BARRAS PARA EDIFICIO –TORRE DE PANAMÁ**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo *Dieciséis (16)*

Ciudad Universitaria, 28 de noviembre del 2023

MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS

Presidente de Jurado

ING. MANUEL JUAN CASAS SALAZAR

Miembro Jurado

MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA,

Miembro de Jurado

DR. WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO

Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dr. WALTER ALEJANDRO GUZMAN ESTREMADOYRO en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de trabajo de Suficiencia Profesional N°096/FIEE-CTGT/2023 del trabajo de suficiencia profesional cuyo título es: Proyecto de alimentadores eléctricos mediante ducto de barras para edificio –torre de Panamá, presentado por el Johnny Torres Torres para optar al título profesional de Ingeniero Electricista. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 18% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional. Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor

DNI: 21143307

Nombres y apellidos del asesor:

Dr. Walter Alejandro Guzman Estremadoyro

DEDICATORIA

A mis Padres Exaltación y Exilda por sus enseñanzas, consejos y apoyo constante. A mis Hermanos, quienes me fortalecen con su apoyo incondicional.

A mi Esposa e Hijos, quienes son mi motor y motivo, para hacer realidad mis sueños y alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A la UNMSM - Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por brindarme sus instalaciones y el conocimiento para mi formación académica. A la empresa Box Concept S.A.C. y Elmexgonde S.A.C. por darme la oportunidad de desarrollar mis conocimientos y afianzarlos mediante metodologías; además de proporcionarme el tiempo para poder culminar mi carrera universitaria. Por otra parte, quiero expresar mi agradecimiento a las Autoridades, Docentes, Administrativos, que de uno u otro modo aportaron en mi crecimiento profesional.

También quiero destacar mi reconocimiento especial a las siguientes personas, que siempre demuestran profesionalismo y calidad humana: Ricardo Arquinigo Trujillo, Danilo W. Huaranca Parco, Marcelo A. Ángeles Palacios y Nicanor Chacón Aguirre por el apoyo en mi desarrollo profesional. Por último, a la Empresa NORTING SAC, por darme la oportunidad de ser parte del staff que desarrollo el proyecto **EDIFICIO DE OFICINAS - TORRE DE PANAMÁ.**

RESUMEN

El presente trabajo se elaboró, por la necesidad de distribuir la energía eléctrica, a los diferentes niveles del edificio de oficinas “Torre de Panamá”. Con la finalidad de minimizar al máximo los espacios de los cuartos técnicos de instalaciones eléctricas, motivo por el cual los profesionales de la empresa Northing S.A.C. proponen una manera alternativa que sustituyan a las tradicionales montantes de alimentadores eléctricos, donde el uso frecuente son los cables eléctricos y demanda mayor espacio para su instalación. En el rubro inmobiliario existe la necesidad de economizar espacios, debido al precio por m² y su valor económico muy cotizado en el mercado. Para que se cumpliera con lo planteado, se procedió al dimensionamiento del ducto de barras, determinándose la mayor demanda de energía eléctrica de los alimentadores principales, con estos parámetros se dimensionaron los ducto de barras y se determinó el presupuesto referencial del suministro e instalación, se comparó los gastos de inversión en la implementación y mantenimiento para el sistema tradicional y el sistema de ductobarras. Donde se determinó que el sistema de ductobarras ofrece mayor seguridad para las personas, brinda mayores beneficios al medio ambiente, reduce los espacios de área útil en los cuartos técnicos en comparación con el sistema tradicional por cables.

Palabras claves: Ducto de barras, sistema convencional, baja tensión, alimentadores, caída de tensión.

ABSTRACT

The present work entitled “Project of electric feeders through bus duct for building - Panamá Tower. In this work, it elaborated, due to the need to distribute electrical energy, to the different levels of the office building Panamá Tower. In order to minimize the spaces of the technical rooms of electrical installations, which is why the professionals of the company Northing S.A.C. I propose an alternative way to replace the traditional uprights of electrical conductors and demands more space for its installation. In the real estate sector, there is a need to save space, because the price per m² area has a highly valued economic value in the market. In order to comply with what was stated, the bus duct was dimensioned, determining the maximum demand for electrical energy from the main feeders, with these parameters the busbar duct was dimensioned and the referential supply and installation budget was determined, the investment and maintenance costs for the conventional system and/or were compared or duct bars. Where it was determined that the bus duct system offers greater safety for people, provides greater benefits to the environment, reduces useful space in technical rooms compared to the traditional cable system.

Keywords: Bus of duct, conventional system, low voltage, feeders, voltage drop.

TABLA DE CONTENIDO

<i>RESUMEN</i>	<i>iv</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>v</i>
<i>TABLA DE CONTENIDO</i>	<i>vi</i>
<i>LISTA DE TABLAS</i>	<i>x</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	<i>xi</i>
<i>CAPÍTULO I</i>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
1.1 <i>Objetivo del Informe</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Estructura del Informe</i>	<i>1</i>
<i>CAPÍTULO II</i>	
<i>INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD</i>	<i>3</i>
2.1 <i>Institución donde se Desarrolló la Actividad</i>	<i>3</i>
2.2 <i>Período de Duración de la Actividad</i>	<i>3</i>
2.3 <i>Finalidad y Objetivos de la Entidad</i>	<i>4</i>
2.4 <i>Razón Social</i>	<i>4</i>
2.5 <i>Dirección Postal</i>	<i>4</i>
2.6 <i>Correo Electrónico del Profesional a cargo</i>	<i>5</i>
<i>CAPÍTULO III</i>	
<i>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</i>	<i>6</i>
3.1 <i>Organización de la Actividad</i>	<i>6</i>
3.2 <i>Finalidad y Objetivos de la Actividad</i>	<i>8</i>
3.2.1 <i>Finalidad</i>	<i>8</i>
3.2.2 <i>Objetivos</i>	<i>8</i>
3.2.2.1 <i>Objetivo general</i>	<i>8</i>
3.2.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	<i>8</i>

3.3	<i>Problemática</i>	8
3.3.1	<i>Problema general</i>	8
3.3.2	<i>Problema específico</i>	9
3.3.3	<i>Justificación e importancia de la investigación</i>	9
3.4	<i>Metodología</i>	11
3.4.1	<i>Bases teóricas</i>	11
3.4.1.1	<i>Internacional</i>	11
3.4.1.2	<i>Nacional</i>	12
3.4.2	<i>Marco conceptual</i>	13
3.4.2.1	<i>Ducto de barras</i>	13
3.4.2.2	<i>Demanda máxima</i>	13
3.4.2.3	<i>Distribución de la energía eléctrica mediante ductobarra</i>	13
3.4.2.4	<i>Baja tensión</i>	14
3.4.2.5	<i>Alimentador eléctrico</i>	14
3.4.2.6	<i>Eficiencia eléctrica</i>	14
3.4.2.7	<i>Montante eléctrica</i>	14
3.4.2.8	<i>Tableros eléctricos</i>	14
3.4.2.9	<i>Cable eléctrico</i>	14
3.4.2.10	<i>Efecto peculiar (Kelvin o Skin)</i>	14
3.4.2.11	<i>Efecto proximidad</i>	15
3.4.2.12	<i>Normas de fabricación</i>	15
3.4.2.13	<i>Detalle de construcción de las ductobarras</i>	15
3.4.2.14	<i>Detalle de los aislamientos</i>	16
3.4.2.15	<i>Detalle de las envolventes</i>	16
3.4.2.16	<i>Detalle de las juntas y/o empalmes</i>	16
3.4.2.17	<i>Detalle de las unidades con derivaciones conectables y/o enchufables</i>	17
3.4.2.18	<i>Unidad conectable y/o enchufable</i>	18
3.4.2.19	<i>Grado IP</i>	19
3.4.2.20	<i>Sistema de puesta a tierra</i>	19
3.4.2.21	<i>Detalles de los soportes de fijación</i>	19
3.4.2.22	<i>Extremos de los ductos de barras</i>	19
3.5	<i>Procedimiento</i>	20

3.5.1 Punto de diseño.....	20
3.5.2 Demanda máxima.....	21
3.5.3 Sistema eléctrico en operación de emergencia.....	21
3.5.4 Sistema eléctrico en operación normal.....	22
3.6 Resultado de la Actividad.....	22
3.6.1 Cálculo de demanda máxima de energía eléctrica para los alimentadores principales.....	22
3.6.2 Calculo y dimensionamiento de ductobarras en los alimentadores principales.....	26
3.6.3 Detalle del diseño del sistema de ductobarras.	31
3.6.4 Presupuesto de referencia de la instalación eléctrica utilizando ductobarra.....	34
3.6.5 Presupuesto referencial de la instalación eléctrica utilizando sistema convencional, cables de cobre, bandejas y accesorios para alimentadores principales.....	36
3.6.6 Determinar y comparar los costos de inversión y mantenimiento para el sistema convencional y el sistema de ducto de barras.....	39
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES	41
4.1 Justificación	41
4.2 Metodología Aplicada.....	41
4.2.1 Evaluación técnica.....	41
4.2.2 Evaluación económica.....	42
4.3 Descripción de la Implementación.....	43
4.4 Conclusiones	44
CAPÍTULO V	
RECOMENDACIONES	46
CAPÍTULO VI	
BIBLIOGRAFÍA	47
CAPÍTULO VII	49
ANEXOS	
7.1 Anexo 1: Requisitos específicos de las ductobarras	49
7.2 Anexo 2: Tablas técnicas referenciales de ducto de barras.....	51

7.3	<i>Anexo 3: Datos de resistencia al corto circuito</i>	59
7.4	<i>Anexo 4: Planos de ingeniería de detalle del proyecto</i>	60

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i>	<i>Demanda máxima en kW de subestación N°1 y N°2.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2.</i>	<i>Demanda máxima en kW del piso N°1 al 13.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3.</i>	<i>Demanda máxima en barra normal y barra de emergencia.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4.</i>	<i>Demanda máxima en kW del piso N°14 al 29.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5.</i>	<i>Demanda máxima en barra normal y barra de emergencia.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 6.</i>	<i>Factor de corrección KI</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7.</i>	<i>Ficha técnica de los ducto de barras</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 8.</i>	<i>Características y ubicación de los ducto de barras.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9.</i>	<i>Presupuesto referencial de las instalaciones eléctricas utilizando ducto barras</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 10.</i>	<i>Presupuesto referencial de las instalaciones eléctricas utilizando sistema convencional, cable de cobre, bandejas y accesorios.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 11.</i>	<i>Costos de inversión y mantenimiento para el sistema convencional y de ducto de barras.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 12.</i>	<i>Costos de inversión y mantenimiento para el sistema convencional y de ductobarras</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 13.</i>	<i>Costos de inversión y mantenimiento para el sistema convencional y de ductobarras</i>	<i>43</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Vista panorámica de Torre de Panamá</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. Vista de esquema de montantes.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3. Vista de planta e isométrica de ducto de barras N°5 y 6.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4. Accesorios de ducto de barras</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5. Empalme de ducto de barra</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6. Empalme de ducto de barra</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7. Unidad Enchufable.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 8. Alimentación de Ducto de Barras N°5 y N°6.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9. Alimentación de Ducto de Barra N°1, 3 y 7.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 10. Alimentación de Ducto de Barras N°2 y 4.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Comparativo entre instalación de bandejas y ducto barras</i>	<i>49</i>

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo del Informe

El principal objetivo de este informe es concebir un diseño innovador que brinde la instalación y distribución de electricidad mediante el uso de ductos de barras, con la finalidad de alimentar a los diferentes niveles del Edificio Torre de Panamá. Con este proyecto se busca minimizar las áreas (m²) del cuarto de instalaciones eléctricas de cada piso para lograr obtener los beneficios técnicos y económicos, que demanda una edificación en la jurisdicción del distrito (San Isidro) de mayor valorización por m² en el Perú.

1.2 Estructura del Informe

La Estructura del Informe, se inicia tomando como punto de partida el diseño del sistema de distribución de energía eléctrica mediante el uso de ductos de barras en el Edificio Torre de Panamá, iniciando con las siguientes actividades:

- a) Diseño del recorrido de montante de red de energía eléctrica, con la implementación de los ductos de barras.
- b) Dimensionamiento para la mayor demanda de electricidad, requerida por los alimentadores principales.

- c) Dimensionamiento de ductos de barras para los alimentadores de las cargas principales.
- d) Dimensionamiento de cajas de derivación de ductobarras para la distribución de electricidad en cada nivel de la edificación.

CAPÍTULO II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución donde se Desarrolló la Actividad

NORTHING S.A.C., fue fundada en el año 1998 en la capital del Perú-Lima. Conformada por un grupo humano comprometido, competente, ético y responsable; que orienta su máximo esfuerzo al desarrollo y bienestar del país, mediante la promoción de la construcción, contemplando las más mínimas necesidades de sus clientes, a precios competitivos, siendo fiel cumplidor de sus compromisos.

Su principal actividad de Northing S.A.C. es ejecutar y desarrollar proyectos de ingeniería y construcción con estándares de calidad, durabilidad, seguridad y urbanismo.

Para cumplir con las demandas del mercado nacional es que destino sus esfuerzos para el proyecto de oficinas -Torre de Panamá, ubicado en la jurisdicción del distrito de San Isidro.

Actividad Comercial: Actividades Inmobiliarias.

2.2 Período de Duración de la Actividad

Período en que se realizó la actividad fue del 19/10/2015 al 31/09/2017.

2.3 Finalidad y Objetivos de la Entidad

NORTHING S.A.C., tiene por finalidad ejecutar y desarrollar proyectos de construcción con estándares de calidad, durabilidad, seguridad y urbanismo, usando la más adecuada tecnología, manejando criterios de eficiencia operativa y eficacia presupuestal.

Misión: Promover la integración y sostenimiento de las empresas, enmarcadas en la cadena del rubro de la construcción, con desarrollo y generación de empleos.

Visión: Ser una de las mejores empresas inmobiliarias en la ejecución y desarrollo de proyectos de construcción para oficinas, comercio y vivienda, mejorando la calidad de vida de nuestros clientes.

2.4 Razón Social

NORTHING S.A.C.

2.5 Dirección Postal

Cal. PQ. Hernán Velarde, Urb. Santa Beatriz, Nro. 239 Int. J. Lima - Lima -
Lima.

2.6 Correo Electrónico del Profesional a cargo

Ingeniero Electricista: Marcelo Alexander Ángeles Palacios.

marcelo_angeles@yahoo.com

mangeles@northingsac.com

CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la Actividad

El constante progreso económico del Perú, genera una alta demanda de oficinas administrativas, ello origino que NORTING S.A.C. lleve a la realidad el Proyecto Torre de Panamá. La presente denota el diseño e implementación de ductos de barra para la distribución de electricidad a los diferentes niveles de las oficinas del edificio Torre de Panamá, dado que los ductos de barras, son una alternativa con una solución compacta y segura en la distribución de la energía hacia los diferentes niveles de la edificación del Proyecto ubicado en el centro financiero de Lima en el distrito de San Isidro.

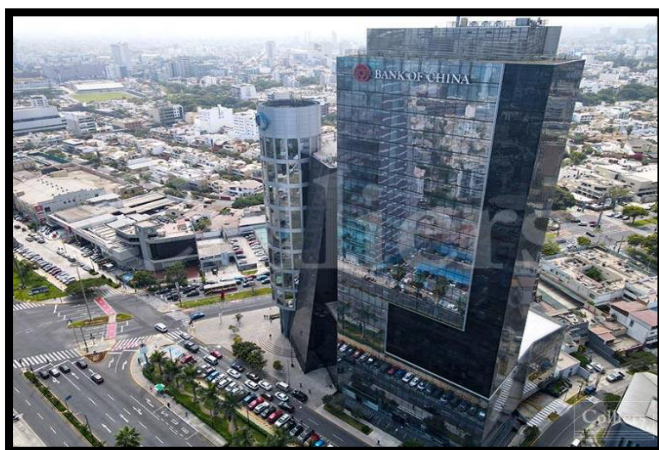


Figura 1: Vista panorámica de Torre de Panamá. Fuente: (Torre de Panama, s.f.)

- **Inicio:** Dedicado a definir el proyecto, realizando el diseño en base a la recopilación de información del proyecto preexistente, necesaria para la elaboración del diseño de la implementación de la instalación de ductos de barra, para posteriormente elaborar la propuesta económica, solo se pasa a la siguiente fase si el cliente aprueba la cotización.

Esta etapa es una de las más importantes y delicadas del proyecto, ya que, el diseño son los cimientos para el éxito de todo proyecto, está conformado por 8 procesos.

- **Planificación:** Esta etapa está dedicada a elaborar el plan de acción del proyecto, apoyándose en cronogramas de trabajos, coordinaciones internas y externas, dejando todo listo para la siguiente etapa. En esta etapa se coordinan los tiempos de trabajos en obra con el cliente y demás involucrados.
- **Ejecución:** Esta sección es una de las más delicadas y requiere de mucha comunicación por parte de los involucrados, en esta etapa se ve el cumplimiento de las tareas establecidas dedicadas a la ejecución del proyecto, respetando los lineamientos y parámetros del diseño inicial.
- **Monitorización y Control:** En esta fase se supervisan las tareas ejecutadas en el cronograma de trabajos, buscando que las tareas se ejecuten cumpliendo los estándares de servicios de instalación y programación, además el resultado debe ser muy similar o igual al diseño inicial del proyecto. Se realizan supervisiones, pruebas, correcciones y mejoras sobre la instalación y la programación.
- **Cierre:** En esta etapa final se culmina con la demostración y entrega final del proyecto al cliente, se realizan algunos cambios o mejoras a solicitud del mismo. Solo se dará por concluido el proyecto con la conformidad y aprobación expresa del cliente.

3.2 Finalidad y Objetivos de la Actividad

3.2.1 Finalidad.

Plantear el diseño del sistema de ducto de barras, para el suministro eficiente de energía eléctrica en baja tensión, para un edificio de oficinas.

3.2.2 Objetivos.

3.2.2.1 Objetivo general.

Dimensionar las montantes de las principales alimentadores del edificio Torre de Panamá, mediante la utilización de ductos de barra, con el objetivo de minimizar los espacios de los cuartos de instalaciones eléctricas y mejorar la distribución de energía.

3.2.2.2 Objetivos específicos.

- Seleccionar los ductos de barras para transmitir la potencia de la demanda máxima.
- Implementar los ductos de barras para alcanzar la eficiencia técnica y económica del sistema de distribución eléctrica.

3.3 Problemática

3.3.1 Problema general.

¿Cómo se podrá realizar una distribución de energía a través de la edificación, reduciendo al mínimo los espacios que ocupan las montantes eléctricas y tableros en los cuartos de instalaciones eléctricas de cada piso del edificio de Oficinas “Torre de Panamá”?

3.3.2 Problema específico.

- a) ¿Cómo puede el diseño correcto de las ductobarras, satisfacer la mayor demanda de electricidad necesaria para el proyecto?
- b) ¿Cómo reducir el área (m²) en las salas de instalación eléctrica, para que el diseño de las ductobarras, sea un beneficio técnico y económico en el proyecto “Torre de Panamá”?

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación.

En el presente estudio se realiza, el diseño e implementación del sistema de ducto de barras para los alimentadores de cada nivel, atendiendo la demanda de las oficinas del “Edificio Torre de Panamá”. Con las implementaciones de ductos de barras podemos transmitir mayor cantidad de electricidad utilizando un menor espacio en la montante eléctrica, proyectos similares se vienen desarrollando comúnmente en edificaciones tipo vertical y horizontal. Además, el sistema de distribución de energía eléctrica convencional, presenta deficiencias como la pérdida de energía por caída de voltaje, efecto skin y efecto de proximidad, así como requieren mayor tiempo de ejecución y mayor costo de mano de obra, lo que afecta directamente en el costo del proyecto.

En este proyecto, se buscó la manera de distribuir la electricidad de una forma más eficiente, fiable y rentable. Por otra parte, el sistema de ducto de barras nos brinda mayor seguridad, tanto al sistema eléctrico, como para proteger al ser humano en caso de una eventual falla. El presente trabajo, brinda la siguiente justificación:

- a) **Social:** La implementación de tecnologías modernas en las instalaciones eléctricas, implementando el uso de ductobarras ayudará a mejorar el uso de la electricidad y nos permitirá mejorar la calidad de vida de nuestras instalaciones.
- b) **Económico:** Con la utilización de ductos de barra, se ayudará a reducir no solo los costos de instalación y/o montaje, sino también en el mantenimiento, debido a su fácil instalación. Además de mayor aprovechamiento de área (m²), que serán beneficiosos al momento de la venta o alquiler de las oficinas.
1. Hasta 55% más económico que un sistema equivalente en cables.
 2. Diseño de ingeniería, 50% más económico.
 3. Menos del 50% del costo de la mano de obra, con respecto al cable.
 4. Ínfimo costo de mantenimiento (50 años de garantía).
 5. 100% recuperable y reutilizable.
 6. Contablemente, es un activo fijo, no un gasto de inversión.
 7. Beneficio económico a mayor m² por alquiler o venta de oficinas.
- c) **Científico:** Fomentar el uso de las instalaciones eléctricas con una nueva tecnología eficiente como es el caso de las ducto de barras.
- d) **Ambiental:** La implantación de esta nueva tecnología no produce contaminación ni efectos negativos sobre el medio ambiente.
- e) **Técnico:** Desde el punto de vista técnico, este sistema se beneficia de las siguientes ventajas:
- 1) Un sistema antisísmico.
 - 2) Facilidad en la manipulación y montaje.
 - 3) Reducción en la caída de tensión.
 - 4) Mejor transferencia de calor y enfriamiento.
 - 5) Menor interferencias con sistemas de datos.
 - 6) Evita que sea dañado por roedores.
- f) **Seguridad**
- 7) Doble aislamiento, empalmes seguros.
 - 8) Derivaciones fijas o enchufables.
 - 9) Gran fortaleza, por sus características constructivas.
 - 10) No produce incendio por corto circuito.
 - 11) No hay posibilidad de errores en la instalación.
 - 12) Las fallas incipientes son fácilmente detectables.

- 13) Interbloqueos mecánicos.
- 14) Resistencia al cortocircuito.

3.4 Metodología

Mediante la metodología de investigación tipo analítica documental, relacionada con la evaluación y mejoramiento del sistema de distribución eléctrica de los alimentadores, sustentada mediante el levantamiento de información técnica y conceptual, permitirán cumplir los objetivos planteados. Se determinarán las máximas demandas de energía en los alimentadores, con esto se diseñarán las ducto de barras y se determina la instalación de este sistema compacto y su comparación, utilizando el método convencional.

3.4.1 Bases teóricas.

3.4.1.1 Internacional. (Mejía M. F., 2019), La Ingeniera Electricista María Fernanda, Garces Mejía en su investigación titulada: “Propuesta de Norma Técnica para la distribución de energía eléctrica por medio de ducto de barras, orientado al mejoramiento de la calidad y reducción de costos”. Publicada en la Pontificia Universidad Católica de Ecuador-Matriz, ubicado en Quito - Ecuador, para la obtención de título de Magister de Administración de Empresas; en sus conclusiones manifiesta que:

- En dicha Investigación, se definió los principales factores que fortalecen la creación de una normativa técnica para el uso de ductobarras orientado al mejoramiento de la calidad.
- Además se realizó una evaluación de costos relacionados a los sistemas eléctricos entre ductobarras y cables y se definió la repercusión al implementar mejoramiento de la calidad en los sistemas eléctricos con ductobarras analizando el rendimiento de los recursos humanos para disminuir costos.

(Luis Fernando, 2014), En su tesis titulada - Subestación eléctrica y alimentadores (Ductos de Barras) del Edificio de Apartamentos Torre 14 (tesis de Grado). Universidad San Carlos de Guatemala - Guatemala. El siguiente trabajo de graduación trata sobre el diseño de la subestación eléctrica, mediante ductos de barra con el fin de facilitar el transporte y la distribución de la energía eléctrica a través de los alimentadores.

Definiendo las especificaciones a considerar y respetando el diseño, se concluyó lo siguiente:

- Se establecieron las normas aplicables al diseño y construcción de los ductos de barras.
- Se presenta el desarrollo del diseño del proyecto, el cálculo de la capacidad del transformador y el cálculo de los alimentadores (ductos de barras).
- Se hace una descripción de los equipos empleados en los alimentadores con ducto barras.
- Se establece el procedimiento, considerando las técnicas para construir el proyecto.

3.4.1.2 Nacional. (Capcha Quispe, 2016), En la investigación titulada: Mejoramiento del Sistema de distribución de energía implementando Ducto de Barra en Edificio Torre Fórum en San Isidro-Lima sustentada en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, para obtener la titulación de Ingeniero Mecánico Electricista; en sus conclusiones afirma que:

- En función de la experiencia en obtenida en campo y según el análisis, en el edificio Torre Fórum, se ha logrado mejorar el sistema de distribución de electricidad del sistema de emergencia. Obtener mejores características técnicas del sistema, además de mejorar el rendimiento energético y los costos de implementación de ducto de barra, ello ha llegado a ser una mejora, por su simplicidad en la instalación, seguridad al ser compacto, menos tiempo de instalación, flexibilidad de cargas futuras y menor costo total.

(Ramon Gomez, 2020), en su tesis titulada: “Mejoramiento del Sistema de Distribución de Energía Utilizando Ducto Barras en las Instalaciones eléctricas del Museo Nacional de Arqueología del Perú en el distrito de Lurín - Lima (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú. Esta investigación

se enfoca en el análisis de conceptos como la definición de componentes: características, partes y propiedades con la exposición del Estándar Internacional (NEMA, UL, etc.), así como la Norma Nacional (CNE) requeridos para el diseño de este sistema.

Asimismo, para el diseño se expone las bases necesarias, tales como: cálculo en amperaje, caída de voltaje por cada metro lineal, diagnóstico de protección IP, elaboración de planos, etc. Finalmente, expone un ejemplo de viabilidad económica y técnica de los usos de ductobarra, frente al sistema tradicional tomando como ejemplo otros proyectos ya implementados con esta tecnología, se obtiene la demostración de la viabilidad de este sistema sobre el tradicional de bandeja y cableados.

3.4.2 Marco conceptual.

3.4.2.1 Ducto de barras. El ducto barras proyectada es del tipo “sándwich” una estructura prefabricada, moderna, económica y eficiente para la distribución de electricidad en baja tensión. La ductobarra permite transmitir grandes niveles de energía hasta un nivel de 600V, evitando caída de tensión de un punto a otro y llegando hacia donde se ubique la carga para ser alimentada; se denomina ductobarras prefabricados, porque su fabricación son realizadas para cada proyecto y la labor del proyectista es adaptar el diseño y montaje en obra.

Las ductobarras son equipos compactos, gracias a su forma geométrica se puede lograr ahorrar espacios de manera significativa, en la arquitectura del lugar. Este ahorro de espacio puede ser del 30, 40 ó 50%, dependiendo de las capacidades de la corriente a distribuir, esta disminución de espacios es muy beneficioso en comparación con el sistema tradicional de cables y bandejas.

3.4.2.2 Demanda máxima. Es la potencia en kilowatts máxima que existe en el período de facturación.

3.4.2.3 Distribución de la energía eléctrica mediante ductobarra. En esta etapa final del sistema eléctrico, se lleva la energía eléctrica desde las subestaciones hasta los hogares, industrias, comercios y oficinas de los usuarios finales, mediante redes de distribución.

3.4.2.4 Baja tensión. Son tensiones por encima de los 50 V hasta 1000 V. Sirve para consumirla en los hogares, industrias, Fabricas, etc.

3.4.2.5 Alimentador eléctrico. Circuito normalmente conectado a una estación receptora, que suministra energía eléctrica a uno o varios servicios de cargas. Coloquialmente se puede decir que es el conductor principal que viene del transformador, para alimentar un edificio y llega hasta el interruptor general en el centro de cargas.

3.4.2.6 Eficiencia eléctrica. Es la optimización del consumo energético para alcanzar unos niveles de confort y servicio.

3.4.2.7 Montante eléctrica. Línea repartidora instalada verticalmente en el interior de un edificio de varias plantas y de la cual se derivan conexiones para los distintos pisos.

3.4.2.8 Tableros eléctricos. Es una de las partes principales en la instalación eléctrica, son los encargados de proteger los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico, desde un circuito residencial hasta circuitos industriales. Tiene la función de proteger los equipos eléctricos, permite detectar problemas y principalmente garantizar la seguridad de las personas, además en los tableros, se puede concentrar los dispositivos de conexión, maniobra, protección, entre otros.

3.4.2.9 Cable eléctrico. Es un elemento fabricado y pensado para conducir la corriente eléctrica. El material principal con el que están fabricados es con cobre (por su alto grado de conductividad), aunque también se utiliza el aluminio que, aunque su grado de conductividad es menor también resulta más económico que el Cobre. Además de tener una capa de relleno que envuelve con material aislante al conductor y tiene la función de proteger al elemento conductor.

3.4.2.10 Efecto peculiar (Kelvin o Skin). Es uno de los fenómenos más comunes en la transmisión y distribución de energía mediante conductores eléctricos. El efecto skin se presenta cuando la corriente alterna tiende a evitar viajar dentro del conductor, viajando cerca de la superficie.

3.4.2.11 Efecto proximidad. Se denomina efecto proximidad a la alteración en la distribución de corriente en un conductor, producida por el flujo magnético generado por la corriente en un conductor adyacente.

3.4.2.12 Normas de fabricación.

- A. Todos los ductobarras deberán estar construidas, tomando como referencia los estándares de Calidad de las normas ISO 9001:2008.
- B. Todos los componentes y accesorios conectables cumplirán las siguientes normativas:
 - a. IEC60439-1: “Conjunto de aparamenta de baja tensión – Conjunto de serie y conjuntos derivados de serie.”
 - b. IEC60439-2: “Conjunto de aparamenta de baja tensión – Requisitos particulares para las canalizaciones prefabricadas.”
 - c. CNE: “Sección 70-2000 – Barras canalizadas y derivadores de barras”.
 - d. IEC60529: “Grados de protección de envolventes (IP)”

3.4.2.13 Detalle de construcción de las ductobarras.

- Las barras interiores de las ductobarras deben contar con una conductividad mayor al 60% hecha en aluminio.
- El aluminio en las barras, deben estar adecuadamente cubiertas en estaño en todas las superficies de contacto de la unión, para garantizar un contacto eléctrico óptimo e impedir la corrosión.
- El aumento de la temperatura para cualquier punto de la barra, no deberá superar los 55 °C, por encima de la temperatura ambiente, cuando se este operando a corriente nominal.



Figura 2: Accesorios de ducto de barras. Fuente: (System, s.f.).

3.4.2.14 *Detalle de los aislamientos.*

- Con excepción de las juntas y/o conexiones, se aislará el tramo total de las barras al interior de la envolvente.
- Cada barra estará aislada con una capa de epoxi del tipo 130 °C y tendrá que ser auto extingible.
- Los aislamientos no debes estar contaminados con halógenos.

3.4.2.15 *Detalle de las envolventes.*

- La ductobarras debe ser encerrado completamente dentro de una cubierta del tipo no ventilada, para protección contra daños mecánicos y contaminación de polvo.
- Cada una de las cubiertas de las ductobarras estará totalmente construido y conectada eléctrica y mecánicamente.
- El envolvente de las ductobarras son hechas de aluminio y se formará solo de dos piezas, para ser pintadas con pintura en polvo del tipo Epoxy polyester, con ello se dará protección contra el deterioro provocada por la corrosión.
- El revestimiento será en polución del tipo Epoxy polyester, esta será aplicada con un proceso electrostático automático.
- La cubierta del revestimiento, será de color: Gris.

3.4.2.16 *Detalle de las juntas y/o ensamblables.*

- Las juntas de los tramos de las ductobarras tienen que realizarse con un conjunto de uniones que contengan ajustes del tipo pernería que posea torque en sentido antihorario, la pernería deberá ser de acero de alta dureza y una arandela que incluya resorte para establecer la presión adecuada sobre el área de contacto.
- La pernería deberá ser un diseño de cabeza doble, para advertir cuándo se superpone el torque necesario y se necesite sólo de una llave estándar de largo mango para adecuadamente activarlo.
- Gracias a las juntas es factible desensamblar cualquier junta de conexión para permitir el aislamiento eléctrico en la desinstalación o para el retiro físico, de una sección de la ductobarra sin perturbar o desmontar tramos adyacentes.

- Es requerible el ingreso a un solo lado del ductobarras para realizar el ajuste de los pernos de la unión ensamblable junta.
- En la unión de Cada ensamblaje se debe permitir el ajuste aproximadamente de 10 mm en longitud.
- Se permitirá manejar en cada unión, una elongación intrínseca de 2,5mm para ambos lados, para no alterar el efecto de dilatación y/o expansión de los conductores y contrarrestar posibles movimientos sísmicos.
- No es necesario utilizar junta de dilatación cuando se registra que la instalación, está en una misma estructura, la junta de dilatación y/o expansion será necesaria solo, cuando la ductobarra traspasa dicha estructura. Las ductobarras deberán estar preparadas para soportar movimientos telúricos.

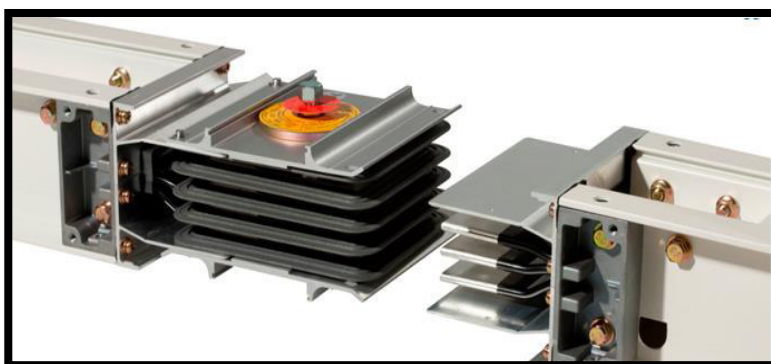


Figura 3: Empalme de la ductobarra. Fuente: Ductobarra (Bus Way) LS (System, s.f.)

3.4.2.17 Detalle de las unidades con derivaciones conectables y/o enchufables.

- La construcción será idéntica a las secciones y juntas normales de los alimentadores.
- En el punto de bifurcación existirá una cubierta con bisagras en de un lado a otro y utilizable de forma simultánea.
- Las aperturas estarán evitarán contactos accidentales.



Figura 4: Empalme de ducto de barra. Fuente: (System, s.f.)

3.4.2.18 Unidad conectable y/o ensamblable.

- El sector conectable contiene un módulo tipo tablero con un instrumento interior del tipo llave automática, las características y los límites serán indicados en los diagramas.
- Los equipos conmutadores contarán con una llave de cierre y apertura rápida y el nivel de interrupción de la llave automática será de 60 kA RMS amperios simétricos.
- Además de la llave de interrupción, cada tablero tendrá un medidor multifunción y monitoreará los parámetros de operación eléctrica, este a su vez será integrado al sistema de monitoreo general.
- La sección conectable será del tipo enclavamiento mecánico con la cubierta de la ductobarra para evitar el retiro de la sección cuando la unidad conectable está cerrada.



Figura 5: Unidad Enchufable. Fuente: (System, s.f.)

3.4.2.19 Grado IP.

- Las ductobarras estarán certificadas y poseerán el grado de protección IP55, que es el apropiado para uso de interiores a prueba de salpicaduras.

3.4.2.20 Sistema de puesta a tierra.

- Las ductobarras incluida todas las unidades conectables y/o ensamblables de las derivaciones deben tener conexión de aterrizaje y adicionalmente, se empleará la carcasa de aluminio, como conductor de tierra de las ductobarras.
- La instalación deberá tener las barras de las tres fases, la barra de neutro (si está considerado en el proyecto) y la tierra, que se utilizar en las ductobarras como la envolvente de estas.

3.4.2.21 Detalles de los soportes de fijación.

- Los soportes de sujeción se colocarán a lo largo de todo el tendido de los tramos de las ductobarras, las fijaciones de las secciones horizontales deberán estar con una separación de 1,5 m. según detalle de instalación.
- La sujeción de cada uno de las secciones verticales deberán ser realizadas en cada nivel y/o piso, es recomendable no exceder la separación en 4m, el soporte inicial en cada sección vertical será del tipo rígido y los siguientes tendrán soportes del tipo amortiguador antisísmicos.

3.4.2.22 Extremos de los ductos de barras.

- Los bordes de punta de las ductobarra serán para conectarse a los tableros, celdas de transformación o grupos electrógenos, deberán ser con conductores flexibles, con la finalidad de anular las transmisiones probables ocasionadas por vibración de los transformadores o generadores hacia las ductobarras, además de no poseer un sistema extremadamente rígido, que puede ocasionar daños en caso de sismos o en algunas fallas eléctricas.
- Los límites de las ductobarras de una terminación de línea deben estar cerrados herméticamente, de tal forma que se evite el ingreso de humedad, polución y/o partículas diminutas, además con dicho cierre se evita posibles accesos accidentales de herramientas y/o extremidades de personal.

3.5 Procedimiento

Para resolver el problema planteado, de cómo reducir el espacio requerido por las montantes eléctricas tradicionales en la implementación de los alimentadores para la distribución de energía eléctrica, se brindó la solución implementando ducto de barras en la montante del edificio de Oficinas “Torre de Panamá”. Para ello recopilamos la información de la Memoria Descriptiva, Especificaciones Técnicas y los Planos Arquitectónicos, elaborados para la construcción, el cual comprende: La Torre de oficinas de 29 pisos, 09 sótanos de estacionamientos, incluyendo los servicios generales, evaluamos los sistemas eléctricos para alumbrado, tomacorrientes, control y fuerza, haciendo énfasis en las montantes eléctricas.

Una vez analizada la información, se realizó la visita técnica para evaluar o contrastar a groso modo in situ y procedió a realizar el dimensionamiento para la propuesta de mejoras, con la utilización de la nueva tecnología del sistema compacto de ductobarras. El presupuesto de referencia del sistema eléctrico fue determinado con el nuevo sistema, para comparar los gastos de inversión y mantenimiento con el sistema tradicional. Se demostraron los beneficios que brinda el uso de la innovadora tecnología de ductobarras, lo cual garantiza seguridad en las instalaciones eléctricas y bajo riesgo de incendio por cortocircuito, además de ser antisísmicas gracias a su tecnología en soportería, pueden ser fijadas a las estructuras de la edificación.

3.5.1 Punto de diseño.

El Concesionario LUZ DEL SUR S.A.A. proporciono el Punto de diseño, en la SE ubicada en las instalaciones del cliente que fue cedida a Luz del Sur.

Esta fijación es consistente con lo estipulado en la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N°25844; y su Reglamento, Decreto Supremo N°009-93E.M.

El suministro de energía está fijado por Luz del Sur, en la subestación convencional proyectada dentro del predio, ubicada en la calle Las Oropéndolas N° 141-143, Urb. El Palomar, Mz. F-2, en el distrito de San Isidro.

3.5.2 Demanda máxima.

El suministro de energía eléctrica del edificio TORRE DE PANAMA, proviene de 2 subestaciones eléctricas. Cada sub estación consta de 02 celdas de transformación que alojan 01 transformador eléctrico cada uno. En la subestación N°1, ubicada en el sótano 01, consta de 02 transformadores eléctricos de 1250KVA - 3Ø, con una tensión primaria de 22.9KV y secundario 0.38KV cada uno, mientras que en la subestación N°02, ubicada en la Azotea, consta de 02 transformadores eléctricos de 500KVA -3Ø, con una tensión primaria de 22.9KV y secundario 0.38KV cada uno, dichas subestaciones son las encargadas de abastecer de energía a los tableros T-G1 (primer sótano) y T-G2 (azotea). Para abastecer de energía desde la subestación 1, hasta el al tablero T-G1, se realizó la alimentación eléctrica con 02 ducto de barras de 4x2500A y En la subestación 02, ubicada en la azotea se realizó la alimentación eléctrica mediante cables eléctricos al tablero T-G2. Para posteriormente, desde el tablero T-G1 y T-G2, abastecer de energía a los diferentes niveles de pisos, sistemas de bombas, sistemas de ascensores, entre otros.

3.5.3 Sistema eléctrico en operación de emergencia.

El Proyecto posee un sistema para casos de emergencias, instalados en el caso de que las fallas del suministro de energía comercial, se instalará una central generadora de electricidad con un grupo electrógeno de diésel (stand by) operación en paralelo, ubicado en el sótano 01, el cual se conecta al tablero TG-GE y alimenta en forma paralela a los tableros T-G1 y T-G2, las cuales alimentan al ducto barras que alimentan a los tableros de emergencia en la edificación

3.5.4 Sistema eléctrico en operación normal.

Los sistemas de operación Normal son generalmente el suministro comercial interrumpido, que alimentan a los tableros de distribución de operación Normal, para los diferentes niveles y para el tablero general para Emergencias que efectuara la transferencia automática.

3.6 Resultado de la Actividad

A continuación, presentamos los resultados obtenidos, producto del trabajo realizado, primero está el cálculo de la demanda máxima, para esto se consideraron todos los pisos del edificio, áreas comunes, sistema de control, servicios generales, entre otras. Luego realizamos el dimensionamiento del ducto de barras para los alimentadores principales, tomando como base las cargas obtenidas producto de las demandas máximas y considerando el margen de seguridad o ampliación. De igual manera, calculamos el presupuesto para la implementación de los sistemas para alimentación de electricidad a través de ductobarras.

3.6.1 Cálculo de demanda máxima de energía eléctrica para los alimentadores principales.

El análisis de la demanda máxima se realizó tomando en cuenta las subestaciones N°1 y N°2, tableros de oficinas piso 1 al 29, tableros de alumbrado, tableros de toma corriente, tablero de equipos de aire acondicionado e inyección de aire, tablero de presurización, tableros de sistema de agua, tablero del sistema de control de motobomba, tableros de ascensores, tablero de Chillers, tablero de torres de

enfriamiento, pero en especial las cargas que involucran el uso de ducto de barras. En la tabla N°1, se muestran los valores de demanda de cada subestación.

Tabla 1. *Demanda máxima en kW de subestación N°1 y N°2*

Cuadro de cargas resumen - Media tensión	Densidad (W/m ²)	Área (m ²)	Carga unitaria (kW)	Cantidad	P.Instalada (kW)	F.D. (%)	M.Demanda (kW)
1	Subestación N° 1				1,640.82		1.640.82
2	Subestación N° 2				695.12		695.12
	TOTAL						2,335.94

Fuente: (Torres, 2023)

Detalle de la demanda máxima en la subestación N°1

Tableros de oficinas piso 1 al 13: Los tableros para las oficinas desde el nivel N°1 al nivel N°13, están alimentados de la subestación N°1, en la tabla N°2 se muestra la carga, la potencia instalada, y la demanda máxima requerida, para una correcta operación del sistema eléctrico en las diferentes oficinas ubicadas desde el piso 1 al 13. Estas cargas generan una demanda máxima de 548,40 kW.

Tabla 2. *Demanda máxima en kW del piso N°1 al 13*

Cuadro de cargas resumen - Oficinas / SSEE N°1	Densidad (W/m ²)	Area (m ²)	Carga unitaria (kW)	Cantidad	Pot.Instalada (kW)	F.D. (%)	M.Demanda (kW)
1 Tableros de oficinas							
Oficinas (Piso 1 al 13) - Normal			716.80	1	716.80	50	358.40
Oficinas (Piso 1 al 13) - Emergencia			190.00	1	190.00	100	190.00
SUB TOTAL 1					906.80		548.40

Fuente: (Torres, 2023)

Tableros en barra normal y barra de emergencia: El detalle de los tableros conectados a la barra normal y la barra de emergencia se muestra en la tabla N°3, estas cargas producen una demanda máxima de 1640.82 kW.

Tabla 3. *Demanda máxima en barra normal y barra de emergencia*

Cuadro de cargas TG1	Densidad (W/m2)	Área (m2)	Carga unitaria (kW)	Cantidad	P.Instalada (kW)	F.D. (%)	M.Demanda (kW)
Barra normal							
1 Oficinas							
Oficina (Piso 1 al 13) - Normal					716.80	50	358.40
2 Servicios Generales							
a Tablero de Alumbrado y Tomacorriente							
Tablero del primer piso T-P1					17,71	65	11.51
Tablero de sótanos T-SS					96,3	65	62.60
b Equipos de aire acondicionado e inyección de aire							
Tablero de aire acondicionado TFAA					657.76	80	526.21
c Equipos de aire acondicionado para Azotea							
Tablero de aire acondicionado TF-BC					119.36	80	95.49
Barra emergencia							
1 Oficinas							
Oficina (Piso 1 al 13) - Emergencia					190.00	100	190.00
2 Servicios Generales							
a Tablero de Alumbrado y Tomacorriente							
Tablero del primer piso TE-P1					15.55	65	10.11
Tablero de sótanos TE-SS					388.70	65	252.66
2 Tableros de presurización de escaleras							
Tablero de presurización TF-PRE1			2.98	1.00	2.98	50	1.49
Tablero de presurización TF PRE2			4.10	1.00	4.10	50	2.05
3 Tableros de sistema de agua							
Tablero TFB					90.50	100	90.50
4 Tablero del sistema de control de motobomba							
Tablero TFBCI					5,25	80	4.20
5 Tableros de ascensores							
Tablero TF-AS1 y TFAS2			17.80	2.00	35.60	100	35.60
SUBTOTAL 2					2,340.63		1,640.82

Fuente: (Torres, 2023)

Detalle de la demanda máxima en la subestación N°2

Tableros de oficinas piso 14 al 29: Los tableros para las oficinas desde el nivel N°14 al nivel N°29, están alimentados de la subestación N°2, en la tabla N°4 se observa la carga, la potencia instalada, y la demanda máxima. Estas cargas generan una demanda máxima de 444 KW.

Tabla 4. *Demanda máxima en kW del piso N°14 al 29*

Cuadro de cargas Resumen - Oficinas / SSEE N°2	Densidad (W/m ²)	Área (m ²)	Carga unitaria (kW)	Cantidad	Pot.Instalada (kW)	F.D. (%)	M.Demanda (kW)
1 Tableros para oficinas							
Oficinas (Piso 14 al 29) - Normal			568	1	568	50	284
Oficinas (Piso 14 al 29) - Emergencia			160	1	160	100	160
SUB TOTAL 1					728		444

Fuente: (Torres, 2023)

Tableros en barra normal y barra de emergencia: El detalle de los tableros conectados a la barra normal y la barra de emergencia se muestra en la tabla N°5, estas cargas producen una demanda máxima de 695.12 kW.

Tabla 5. *Demanda máxima en barra normal y barra de emergencia*

Cuadro de cargas TG2	Densidad (W/m ²)	Área (m ²)	Carga unitaria (kW)	Cantidad	P.Instalada (kW)	F.D. (%)	M. Demanda (kW)
Barra normal							
1 Oficinas							
Oficina (Piso 14 al 29) - Normal					568.00	50	284
2 Servicios Generales							
Tableros de alumbrado y							
a Tomacorrientes							
Tablero del piso 2 al 5 - TP4			5.00	1	5	65	3.25

	Tablero del piso 6 al 11 - TP9	5.72	1	5.72	65	3.72
	Tablero del piso 12 al 17 - TP15	5.37	1	5.37	65	3.49
	Tablero del piso 18 al 23 - TP21	5.37	1	5.37	65	3.49
	Tablero del piso 24 al 29 - TP27	5.37	1	5.37	65	3.49
b	Tableros de aire acondicionado					
	Tablero de Torres de Enfriamiento			33.57	70	23.50
	TF-TE1					
	Tableros de inyección de aire fresco					
c	fresco					
	Tablero TFAF1			14.92	50	7.46
	Barra emergencia					
1	Oficinas					
	Oficina (Piso 14 al 29) -					
	Emergencia			160.00	100	160
1	Tableros de alumbrado y tomacorrientes					
	Tablero del piso 2 al 5 - TEP4	2.84	1	2.84	65	1.85
	Tablero del piso 6 al 11 - TEP9	3.56	1	3.56	65	2.31
	Tablero del piso 12 al 17 - TEP15	3.21	1	3.21	65	2.09
	Tablero del piso 18 al 23 - TEP21	3.21	1	3.21	65	2.09
	Tablero del piso 24 al 29 - TEP27	3.21	1	3.21	65	2.09
2	Tableros de presurización de escaleras					
	Tablero de presurización TF-PRE3			14.92	25	3.73
	Tablero de presurización TF-PRE4			14.92	25	3.73
3	Tableros de ascensores					
	Tablero TFA2			48.06	70	33.64
	Tablero TFA3			216.00	70	151.20
	SUBTOTAL 2			1,113.25		695.12

Fuente: (Torres, 2023)

3.6.2 Cálculo y dimensionamiento de ductobarras en los alimentadores principales.

Para los dimensionamientos en los ductobarras, se analizaron las especificaciones técnicas que abarca el sistema de los ductobarra, incluyendo la conexión en la entrada de los ductobarras alimentadores, ductobarras con derivaciones ensamblables y los accesorios asociados. Para seleccionar la ductobarra, se tiene que determinar el valor de la corriente necesaria, para ello es importante conocer los siguientes datos del estudio:

- a. Tipo de potencia de carga: trifásico o monofásica.
- b. Tipo de circuito de entrada: desde un extremo, de ambos lados extremos, de la central de entrada, etc.
- c. Tensión nominal de entrada.
- d. Cantidad y $\cos\varphi$ de cargas que serán alimentados por las barras.
- e. Factor de diversidad de mayor demanda.
- f. Factor de carga nominal a emplearse.
- g. Amperaje de corto circuito en la entrada (alimentacion).
- h. Temperatura de ambiente.
- i. Tipo de montaje y/o instalación del ductobarras (vertical, horizontal, plana, lateral, etc).

Para nuestro caso la corriente del alimentador es trifásico, por ende, se debe de usar la ecuación siguiente, según indica el manual Legrand:

$$I_b = \frac{P_{TOT} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot d \text{ [A]}}{\sqrt{3} \cdot U_e \cdot \cos\varphi_{medio}}$$

Donde:

- I_b corriente de operación [A].
- α Constante de factor de diversidad de la carga.
- β Constante de factor de alimentación.
- P_{TOT} sumatoria de todas las Pot. instaladas [W].
- U_e Tensión de operatividad [V].
- $\cos\varphi_{medio}$ factor de potencia media para la carga.

Para nuestro caso, la constante y/o factor de entrada “d”, tiene un valor 1, debido a que las ductobarras es alimentado por solo un extremo. Con la recopilación de datos, se determinó la corriente de operación en el ducto de barras que va desde Sub estación N°1 hacia el tablero general T-G1. (ver figura 6).

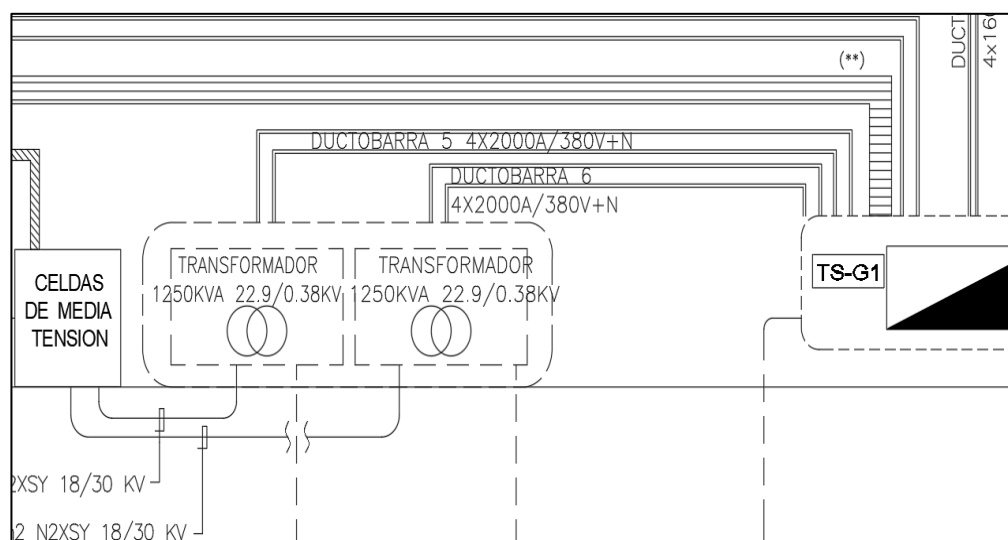


Figura 6. Vista de esquema de montantes. Fuente: (DIAR INGENIEROS, s.f.)

Luego consideramos el factor de diversidad 1, debido a que se calcula para la única carga evaluada. Por otra parte, la constante de utilización que se considera es 1, debido a que el tablero TG tiende a operar a carga plena, continuamente. Luego reemplazamos los datos en la ecuación para hallar la corriente de operación:

$$I_b = \frac{1250 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.8} = 1899.18 \text{ [A]}$$

Luego de los cálculos respectivos, se determina la corriente de operación y procedemos a la selección del ducto de barras que es superior al valor calculado. Se deberá tomar en consideración el rango de corriente multiplicado por el factor de corrección K1, que está relacionado a la temperatura ambiente como se muestra en el siguiente cuadro, para el uso de ducto barra en este proyecto es de 40°C.

Tabla 6. Factor de corrección K1

Temperatura ambiente (°C)	15	20	30	35	40	45	50	55	60
Factor de corrección K	1.15	1.12	1.05	1.025	1	0.975	0.95	0.93	0.89

Fuente: (Torres, 2023)

Luego de realizar los cálculos respectivos, obtenemos la corriente nominal. Finalmente procederemos a seleccionar unas barras de 4x2500A para los alimentadores principales.

El cálculo coincide con los resultados presentados por el proveedor MANUFACTURAS ELÉCTRICAS S.A. proveedor final de las ducto de barras del proyecto Torre de Panamá. Quien mediante un software PSZ 5 realizo sus cálculos para la selección del ducto de barras del proyecto. El software es exclusivo de la tienda comercializadora, quien nos brindó las vistas siguientes con los resultados del cálculo de los ductos de barras. (ver figura 7).

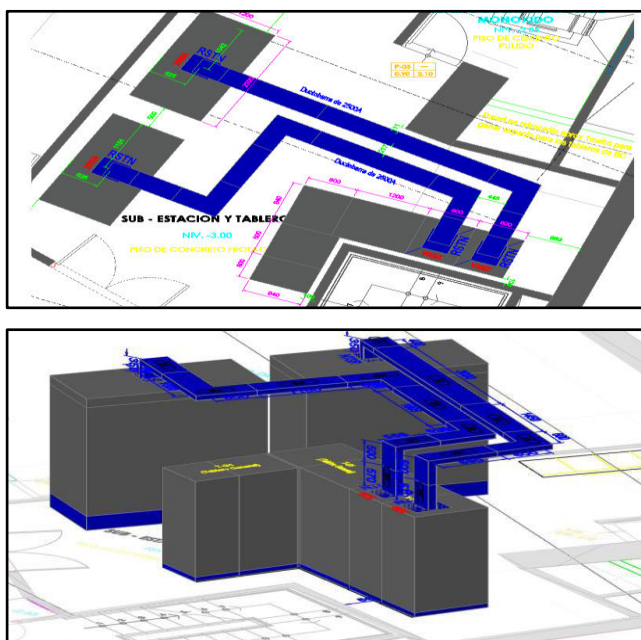


Figura 7. Vista de planta e isométrica de ducto de barras N°5 y 6. Fuente: (Manufacturas Electricas, s.f.)

En tabla N°7, se muestra la ficha técnica con detalles constructivos de las ductobarras.

Tabla 7. *Ficha técnica de las ductobarras*

Voltaje	1000 V
Corriente	630 A ~ 6000 A
Material conductor	Aluminio (enchapados de cobre + Estaño)
Aislamiento	Clase B (130 °C) Epoxy libre de halógenos
Material de la cubierta	Acero Galvanizado en Caliente
Fases y conductores	3P/3W ó 3P/4W
Sistema de tierra	Tierra de la chasis: +GE
Grado de Protección IP	IP55

Fuente: (Torres, 2023)

Este detalle de la especificación abarca las instalaciones de sistemas con ductobarras, donde se incluye las conexiones de entrada, las ductobarras alimentadoras, las ductobarras con bifurcaciones ensamblables y accesorios relacionados que están disponibles para el sistema de 1000 V_{CA}, 1500 V_{CC} o menos.

- **Tipo de ductobarras**

El ducto de barras que utilizaremos para el proyecto Torre de Panamá, será del tipo “sándwich”, es decir: no existe espacios de vacíos entre barras a excepción de los puntos de unión. Se tiene que considerar que la sección de conexión de cada ductobarra alimentador o de los ductos de derivaciones, queda asequible para el mantenimiento después de la instalación. El ductobarras está elaborado para resistir tensiones de cortocircuito.

3.6.3 Detalle del diseño del sistema de ductobarras.

El diseño para la implementación del sistema de ductobarras, se calculó en base a 7 ductobarras, distribuidas a lo largo del edificio a través de los planos eléctricos y mecánicos, de la siguiente manera:

La entrega y/o suministro del proveedor concesionario de Luz del Sur, son de 22,9KV (operación inicial 10 kV) hasta la subestación particular proyectada al interior del recinto, en el cual se ubica e instalan las celdas de media tensión con los transformadores (dos de 2500 KVA c/u) operación independiente, alimentando en baja tensión mediante ducto de barras a los tableros generales T-G1 y T-G2. En lo que respecta al despliegue sistemático de media tensión, se considera un planeamiento presentado por separado como Sistema de Utilización y/o uso en MT y fue revisado y aprobado por el concesionario LUZ DEL SUR. La tensión en media (MT) se cita como referencia a un suplemento indicativo general del proyecto de baja tensión.

El sistema de voltaje bajo y/o baja tensión, corresponde desde la parte secundaria de los transformadores particulares ubicados en la sub-estación (primer sótano y azotea), de la que se alimentan los tableros generales normales T-G1 y T-G2 con el sistema de aterramiento del neutro TT mediante ductobarra.

La entrega del suministro eléctrico en bajo voltaje y/o baja tensión, está en 380Vac, 60 Hz, de tres conductores de línea y un conductor neutro aterrizado a tierra.

- **Ductobarras subestación N°1:** De la subestación N°1, la cual está equipada con 2 transformadores de 1250 KVA 22,9/0,30 Kv c/u., de esta salen las ducto de barras N° 5 y N° 6.

Ductobarra N°5: 4x2000 A/380 V, longitud de: 10 mts.

Ductobarra N°6: 4x2000 A/380 V, longitud de: 10 mts.

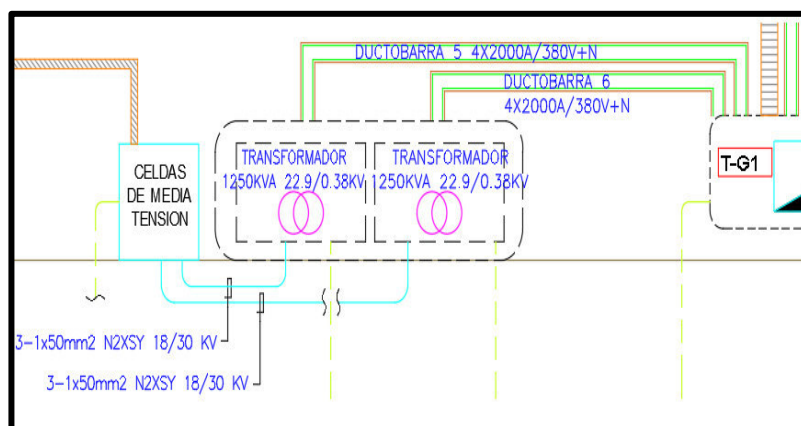


Figura 8. Alimentación de Ducto de Barras N°5 y N°6. Fuente: (DIAR INGENIEROS, s.f.)

- **Ductobarras tablero TS-G1:** Del tablero TS-G1, salen las ducto de barras N°1, N°3, N°7.

Ductobarra N°1: 4x1600 A/380 V, longitud de: 46 mts.

Ductobarra N°3: 4x800 A/380 V, longitud de: 45 mts.

Ductobarra N°7: 4x1250 A/380 V, longitud de: 5 mts.

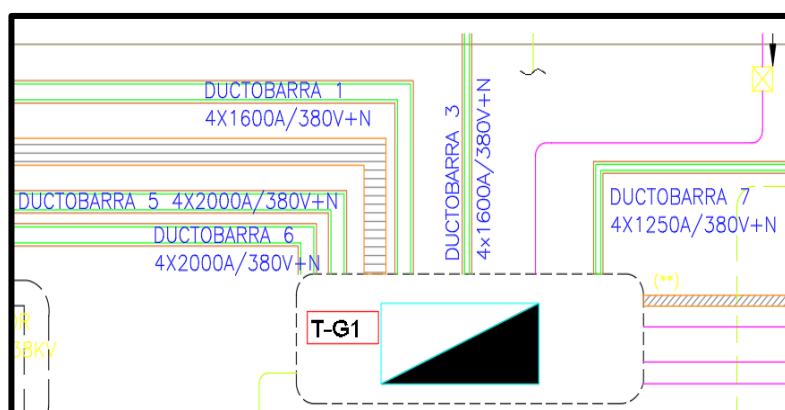


Figura 9. Alimentación de Ducto de Barra N°1, 3 y 7. Fuente: (DIAR INGENIEROS, s.f.)

- **Ductobarras tablero TS-G2:** Del tablero TS-G2, salen las ducto de barras N°2, N°4.

Ductobarra N°2: 4x1250 A/380 V, longitud de: 67 mts.

Ductobarra N°4: 4x800 A/380 V, longitud de: 65 mts.

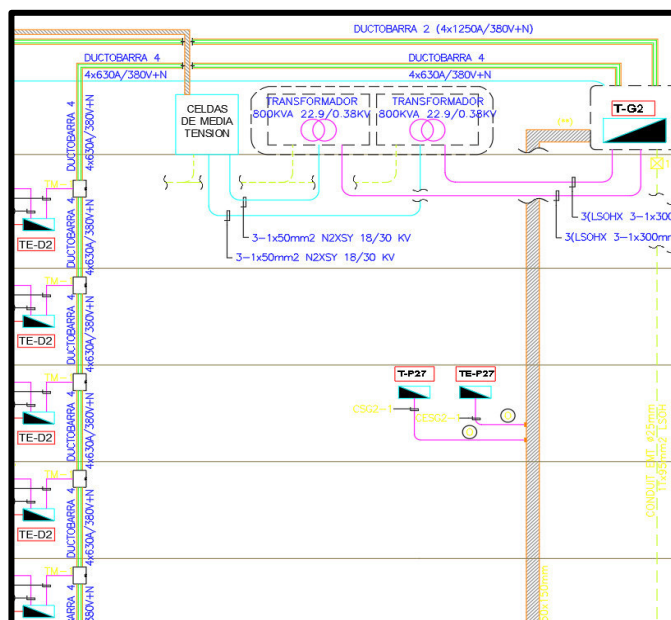


Figura 10. Alimentación de Ducto de Barras N°2 y 4. Fuente: (DIAR INGENIEROS, s.f.).

- **Características y ubicación de los ductos de barras**

Con el análisis de las cargas por áreas, y los planos eléctricos y arquitectura, se consideraron 7 ductos de barras para alimentar el edificio, en la Tabla N° 7 se muestra el detalle.

Tabla 8. *Características y ubicación de los ducto de barras*

	DESCRIPCION	UND	CANT
1	line L1 & L3: - XCP-HP 2500A AL (4wire (3F + N + PE casing))	m	10
2	line L2 & L4: - XCP-HP 2500A AL (4wire (3F + N + PE casing))	m	10
3	line L5: - XCP-HP 1600A AL (4wire (3F + N + PE casing))	m	46
4	line L6: - XCP-HP 800A AL (4wire (3F + N + PE casing))	m	45
5	line L7: - XCP-HP 1250A AL (4wire (3F + N + PE casing))	m	5
6	line L8: - XCP-HP 800A AL (4wire (3F + N + PE casing))	m	67
7	line L9: - XCP-HP 1250A AL (4wire (3F + N + PE casing))	m	65

Fuente: (Torres, 2023)

3.6.4 Presupuesto de referencia de la instalación eléctrica utilizando ductobarra.

Para la determinación del presupuesto referencial, se hicieron varias consultas a proveedores de la zona, la empresa Legrand certificada y con amplia experiencia en soluciones de ductobarras, presentó una cotización con los materiales necesarios para la implantación del sistema en el edificio. La cotización presentada asciende a USD\$. 200.236.12.

Tabla 9. *Presupuesto referencial de las instalaciones eléctricas utilizando ducto barras*

ITEM	CODIGO	UND	DESCRIPCION	CANT	VALOR TOTAL US\$
1.0	DB-22-OTP021	Gbl	XCP-HP AL 2.5K, 1.6, 1.25, 0.8 EOTP	1	200,236.12
Conformado por las siguientes líneas:					
1			m line L1 & L3: - XCP-HP 2500A AL (4wire (3F + N + PE casing))	10	14,412.99
	63391314P		1 XCP-HP AI 2500A horizontal elbow+flg. end T2		
	FC400020		8 Cu flexible braided 600mm ² - L=451-600mm		
	SF927140		1 BELLOW SCP DOUBLE 920X710 H 400		
	63390104P		1 XCP-HP AI 2500A feeder element L=3m		
	63390124P		1 XCP-HP AI 2500A feeder element L=1501-2000		
	63390424P		1 XCP-HP AI 2500A vertical elbow RH spec		
	65202112		5 XCAP 2XB160 bracket for flatwise installation		
	63391014P		1 XCP-HP AI 2500A board-trans feed LH std		

	FC400020	8 Cu flexible braid 600mm ² - L=451-600mm		
	63390114P	1 XCP-HP AI 2500A feeder element L=500-1000		
	63390334P	1 XCP-HP AI 2500A horizontal elbow LH spec		
2		m line L2 & L4: - XCP-HP 2500A AL (4wire (3F + N + PE casing))	10	17,561.90
	63391314P	1 XCP-HP AI 2500A horizontal elbow+fig. end T2		
	FC400020	8 Cu flexible braid 600mm ² - L=451-600mm		
	SF927140	1 BELLOW SCP DOUBLE 920X710 H 400		
	63390414P	1 XCP-HP AI 2500A angolo piano SX std		
	63390174P	1 XCP-HP AI 2500A feeder element L=1001-1500		
	63390404P	1 XCP-HP AI 2500A angolo piano DX std		
	63390184P	1 XCP-HP AI 2500A feeder element L=2001-2500		
	63390424P	1 XCP-HP AI 2500A vertical elbow RH spec		
	65202112	6 XCAP 2XB160 bracket for flatwise installation		
	63391014P	1 XCP-HP AI 2500A board-trans feed LH std		
	FC400020	8 Cu flexible braid 600mm ² - L=451-600mm		
	63390114P	1 XCP-HP AI 2500A feeder element L=500-1000		
	63390334P	1 XCP-HP AI 2500A horizontal elbow LH spec		
	65202112	1 XCAP 2XB160 bracket for flatwise installation		
3		m line L5: - XCP-HP 1600A AL (4wire (3F + N + PE casing))	46	35,847.26
	63281106P	1 XCP-HP AI 1600A end feed unit RH		
	63280176P	1 XCP-HP AI 1600A feeder element L=1001-1500		
	63280326P	1 XCP-HP AI 1600A horizontal elbow RH spec		
	63280436P	1 XCP-HP AI 1600A vertical elbow LH spec		
	63280136P	13 XCP-HP AI 1600A straight length L=3 m 3+3 outl.		
	50481721	8 XCP Tap-off box 160A PREF DPX3		
	50481732	5 XCP Tap-off box 250A PREF DPX3		
	63280206P	1 XCP-HP AI 1600A expansion unit L=1,5m		
	63280926P	1 XCP-HP AI 1600A straight length L=1501-2000 outl		
	67283103P	1 XCA B190 end cover		
	65202003	32 XCA B190 hanger suspension		
	65213713	4 XCA B190 HANGER WITH BRACKET AND SPRING (RISER)		
	65213723	8 XCA B190 HANGER WITH BRACKET		
		Gbl. Interruptores derivados por pisos modelo DPX3 250 & 160	13	2,175.16
	420085	6 Int. Termomagnético DPX ³ 160 3P, reg. de 80A a 100A. 36kA/380-415 Vac		
	420084	1 Int. Termomagnético DPX ³ 160 3P, reg. de 64A a 80A. 36kA/380-415 Vac		
	420087	1 Int. Termomagnético DPX ³ 160 3P, reg. de 128A a 160A. 36kA/380-415 Vac		
	420239	5 Int. Termomagnético DPX ³ 250 3P, reg de 200A a 250A. 36kA - 380/415 Vac		
4		m line L6: - XCP-HP 800A AL (4wire (3F + N + PE casing))	45	27,578.10
	63281101P	1 XCP-HP AI 800A end feed unit RH		
	63280611P	1 XCP-HP AI 800A horizontal+vertical elbow T2		
	63280131P	13 XCP-HP AI 800A straight length L=3 m 3+3 outl.		
	50481721	12 XCP Tap-off box 160A PREF DPX3		
	50481721	1 XCP Tap-off box 63A SWITCHFUSE		
	63280201P	1 XCP-HP AI 800A expansion unit L=1,5m		
	63280921P	1 XCP-HP AI 800A straight length L=1501-2000 outl		
	67283101P	1 XCA B120 end cover		
	65202001	31 XCA B120 hanger suspension		
	65213711	4 XCA B120 hanger with bracket and springs (riser)		
	65213721	8 XCA B120 hanger with bracket		
		Gbl. Interruptores derivados por pisos modelo DPX3 160	13	1,570.33
	420081	7 Int. Termomagnético DPX ³ 160 3P, reg. de 20A a 25A. 36kA/380-415 Vac Int. Termomagnético DPX ³ 160 3P, reg. de		
	420083	6 50.4A a 63A. 36kA/380-415 vac		
5		m line L7: - XCP-HP 1250A AL (4wire (3F + N + PE casing))	5	5,489.84
	63281104P	1 XCP-HP AI 1250A end feed unit RH		
	63280114P	1 XCP-HP AI 1250A feeder element L=500-1000 XCP-HP AI 1250A vertical elbow LH spec		
	63280434P	1 XCP-HP AI 1250A vertical elbow RH spec		
	63280424P	1 XCP-HP AI 1250A feeder element L=1501-2000 XCP-HP AI 1250A end feed unit LH		
	63280124P	1 XCA B120 hanger suspension		
	63281114P	1		
	65202001	4		
6		m line L8: - XCP-HP 800A AL (4wire (3F + N + PE casing))	67	44,932.70

63281001P	1	XCP-HP AI 800A board-trans feed RH std XCP-HP AI 800A vertical elbow LH spec XCP-HP AI 800A feeder element		
63280431P	1	L=3m		
63280101P	2			
63280121P	1	XCP-HP AI 800A feeder element L=1501-2000 XCP-HP AI 800A horizontal elbow LH std		
63280311P	1			
63280451P	1	XCP-HP AI 800A double vertical elbow LH XCP-HP AI 800A feeder element L=2001-2500 XCP-HP AI 800A vertical		
63280181P	1	elbow LH std		
63280411P	1			
63280131P	1	XCP-HP AI 800A straight length L=3 m 3+3 outl. XCP-HP AI 800A straight length L=1501-2000 outl XCP-HP AI 800A		
63280921P	16	straight length L=1000-1500+outl XCP Tap-off box 160A DPX3 screwed cover		
63280971P	16			
50481731	14	XCP Tap-off box 160A PREF DPX3 XCA B120 end cover		
50481721	2			
67283101P	1	XCA B120 hangersuspension		
65202001	47	XCA B120 hanger with bracket and springs (riser) XCA B120 hanger with bracket		
65213711	4			
65213721	8			
	Gbl.	Interruptores derivados por pisos modelo DPX3 160	16	1,932.72
	16	Int. Termomagnético DPX ³ 160 3P, reg. de 80A a 100A. 36kA/380-415 Vac		
420085				
7	m	line L9: - XCP-HP 1250A AL (4wire (3F + N + PE casing))	65	46,802.39
63281414P	1	XCP-HP AI 1250A vertical elbow+flg. end T2 XCP-HP AI 1250A horizontal elbow LH spec XCP-HP AI 1250A feeder		
63280334P	1			
63280104P	1	element L=3m		
63287124P	1	XCP-HP AI 1250A Phase inver. elem. L=1,2 mt XCP-HP AI 1250A feeder element L=1501-2000 XCP-HP AI 1250A vertical		
63280124P	1			
63280404P	1	elbow RH std		
63280134P	1	XCP-HP AI 1250A straight length L=3 m 3+3 outl. XCP-HP AI 1250A straight length L=1501-2000 outl XCP-HP AI		
63280924P	14	1250A straight length L=1000-1500+outl XCP Tap-off box 160A PREF DPX3		
63280974P	15			
50481721	14	XCP-HP AI 1250A straight length L=2001-2500+outl XCP-HP AI 1250A straight length L=2501-2999 outl XCP Tap-off		
63280984P	1			
63280954P	1	box 160A DPX3 screwed cover		
50481731	2			
67283101P	1	XCA B120 end cover		
65202001	44	XCA B120 hangersuspension		
65213711	5	XCA B120 hanger with bracket and springs (riser) XCA B120 hanger with bracket		
65213721	10			
	Gbl.	Interruptores derivados por pisos modelo DPX3 160	16	1,932.72
	16	Int. Termomagnético DPX ³ 160 3P, reg. de 80A a 100A. 36kA/380-415 Vac		
420085				
			US\$	200,236.12

Fuente: (DIAR INGENIEROS, s.f.)

3.6.5 Presupuesto referencial de la instalación eléctrica utilizando sistema convencional, cables de cobre, bandejas y accesorios para alimentadores principales.

Para determinar el presupuesto referencial, se utilizó precios referenciales de mercado. La cotización presentada asciende a S/.522.387.84, se utilizó una tasa de cambio promedio de 3.9 S/\$, el cual asciende a USD\$. 133.945,60.

Tabla 10. *Presupuesto referencial de las instalaciones eléctricas utilizando sistema convencional, cable de cobre, bandejas y accesorios*

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/,	TOTAL, S/.	TOTAL, US\$
1	Suministro e instalación Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y techo de PVC (V). 3F +N	M	100	160	16.000,00	4.102,56

2	<p>Suministro e instalación Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y techo de PVC (V). 3F +N</p> <p>Bandeja perforada de PVC, cubierta pintada de gris RAL 7035, de 100x600 mm, choque de impacto 20 joule, propiedades eléctricas: aislante, no propaga llama, estable contra los rayos UV y con buen comportamiento al aire libre y contra la acción de los agentes químicos, suministrada en secciones de 3 m de longitud, para apoyar y conducir los cables eléctricos.</p> <p>Pieza de conexión entre secciones de bandeja, de PVC, de color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6. Soporte horizontal, de PVC, color gris RAL 7035, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.</p>	M	100	160	16.000,00	4.102,56
2.1	<p>de longitud, para apoyar y conducir los cables eléctricos.</p> <p>Pieza de conexión entre secciones de bandeja, de PVC, de color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6. Soporte horizontal, de PVC, color gris RAL 7035, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.</p>	M	30	1250	37.500,00	9.615,38
2.2	Consumibles 20%	Glb	1	3564,1	3.564,10	913,87
3	<p>Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y techo de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</p> <p>Bandeja perforada de PVC, con pintura color gris RAL 7035, de 100x500 mm, dureza al impacto 20 julios. Propiedades eléctricas: aislante, no emisor de fuego, estable contra la acción UV y con buen comportamiento al aire libre y contra la acción de los agentes químicos, suministrado en secciones de 3 m de longitud, para apoyar y conducir cables eléctricos. Pieza de conexión entre secciones de bandeja, de PVC, con cubierta de color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.</p>	M	340	135	45.900,00	11.769,23
3.1	<p>agentes químicos, suministrado en secciones de 3 m de longitud, para apoyar y conducir cables eléctricos. Pieza de conexión entre secciones de bandeja, de PVC, con cubierta de color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.</p>	M	50	850	42.500,00	10.897,44
3.2	Consumibles 20%	Glb	1	4533,3	4.533,30	1.162,38
4	<p>Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y techo de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.</p>	M	340	110	37.400,00	9.589,74

	Bandeja perforada de PVC, de color gris RAL 7035, de 100x500 mm, choque al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, suministrada en secciones de 3 m de longitud, para soporte y conducción de cables eléctricos.					
4.1		M	50	850	42.500,00	10.897,44
	Pieza de unión entre tramos de bandeja, de PVC, color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.					
	Soporte horizontal, de PVC, color gris RAL 7035, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.					
4.2	Consumibles 20%	Glb	1	4012,8	4.012,80	1.028,92
5	Cables unipolares RV-K, siendo su voltaje asignado de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm ² , con aislamiento de polietileno reticulado (R) y techo de PVC (V). Incluso accesorios y elementos que sujetarían.	M	45	135	6.075,00	1.557,69
	Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 100x500 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable contra radiación UV y con buen comportamiento al aire libre y contra la acción de los agentes químicos, suministrada en secciones de 3 m de largo, para fijación y conducción de cables eléctricos.					
5.1	Pieza de conexión entre tramos de bandeja, de PVC, color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6. Fijación horizontal, de PVC, de color gris RAL 7035, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.	M	10	850	8.500,00	2.179,49
5.2	Consumibles 20%	Glb	1	747,44	747,44	191,65
	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y techo de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.					
6	Bandeja perforada de PVC, de pintura de color gris RAL 7035, de 100x500 mm, con resistencia al choque e impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no emisor de fuego, estable frente a la radiación UV y con	M	490	110	53.900,00	13.820,51
6.1		M	75	850	63.750,00	16.346,15

	buen desenvolviendo al aire libre y frente a la acción de los agentes químicos, suministrada en sección de 3 m de longitud, para fijación y conducción de cables eléctricos. Pieza de conexión entre tramos de bandeja, de PVC, de color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6. Fijación horizontal, de PVC, color gris RAL 7035, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.					
6.2	Consumibles 20%	Glb	1	5782,1	5.782,10	1.482,59
7	Cables unipolares RV-K, siendo su voltaje asignado de 0,6/1 kV, acción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm ² , con aislamiento de polietileno reticulado (R) y techo de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de fijación. Bandeja perforada de PVC, de color gris RAL 7035, de 100x500 mm, con acción a la resistencia impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no emisor de fuego, estable frente a la radiación UV y con buen comportamiento al aire libre y frente a la acción de los agentes químicos,	M	470	135	63.450,00	16.269,23
7.1	Suministrado en secciones de 3 m de largo, para la fijación y conducción de cables eléctricos. Pieza de ensamble entre tramos de bandeja, de PVC, con color gris RAL 7035, de 100 mm de altura, incluso tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6. fijación horizontal, de PVC, de color gris RAL 7035, incluso con tornillos con tuerca de acero galvanizado clase 6.	M	75	850	63.750,00	16.346,15
7.2	Consumibles 20%	Glb	1	6523,1	6.523,10	1.672,59
					522.387,84	133.945,60
	TOTAL, PRESUPUESTO EN U.S.D					133.945,60

Fuente: (DIAR INGENIEROS, s.f.)

3.6.6 Determinar y comparar los costos de inversión en la implementación y mantenimiento del sistema tradicional y el sistema de ducto de barras.

En la tabla N° 08, se muestra la comparación de los costos suministro, instalación y mantenimiento de la implantación del sistema eléctrico utilizando ductobarras versus el sistema de instalación convencional con cables y bandejas.

Los costos están basados en las recomendaciones de los proveedores, y se establecen mantenimiento tipo visual cada 6 meses para ambos sistemas, el costo por

inspección visual para el caso de ducto barras es más sencillo y económico que para el sistema convencional. Para ambos casos se consideran operadores eléctricos y ayudantes, herramientas, equipos menores y movilidad.

El mantenimiento preventivo se establece cada año, y se consideran operario eléctrico y ayudante, herramientas, equipos, y algunos consumibles. El costo del mantenimiento preventivo del sistema ducto barras es mucho menor por ser una tecnología segura, además del tiempo promedio de vida en operación, es de 20 años, mientras que para sistemas tradicionales es solo 10 años.

Tabla 11. *Costos de inversión para la implementación y mantenimiento del sistema tradicional y la nueva tecnología mediante las ductobarras*

OPCION	TIPO DE SISTEMA	COSTO SUMINISTRO USD	VIDA UTIL Años	PLANIFICACION DEL MANTENIMIENTO					
				Inspeccion visual	COSTO X AÑO \$	Mantenimientto preventivo	COSTOS X AÑO \$	COSTO DE OPERACIÓN \$	COSTO INSTALACION \$
1	DUCTO BARRA	200.236,12	20	cada 6 meses	190,67	cada 1 año	312,74	503,41	16.018,89
2	SISTEMA CONVENCIONAL	156.716,35	10	cada 6 meses	592,31	cada 1 año	1.663,20	2.255,51	17.412,93

Fuente: (DIAR INGENIEROS, s.f.)

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

4.1 Justificación

La presente investigación en el trabajo de suficiencia profesional tiene como argumentación la disposición del esquematizado de las montantes eléctricas para los alimentadores, mediante el uso de ducto de barras para el edificio Torre de Panamá.

Se provee el diseño así mismo el presupuesto de la implementación de ducto barras en los montantes eléctricos para las diferentes oficinas de la edificación. Además, se proporcionarán las sugerencias según la disposición del Código Nacional de Electricidad actual, con la finalidad que el personal responsable del mantenimiento, obtenga las herramientas necesarias para la correcta operación del sistema de alimentación.

4.2 Metodología Aplicada

4.2.1 Evaluación técnica.

Por lo que se refiere a la evaluación técnica, se está evaluando para la montante de alimentadores eléctricos del edificio Torre de Panamá, la marca del distribuidor Manufacturas Eléctricas S.A. (MANELSA), en la tecnología LS Cable & System, por ser una marca reconocida en el medio, con amplia y basta experiencia. Para realizar el

equipamiento, se ha previsto los planos de arquitectura y planos de la montante eléctrica anexo N°1.

4.2.2 Evaluación económica.

Con esta evaluación económica acerca de la implementación del sistema de ductobarras, se comparó el sistema tradicional de cables y bandejas. Se utilizó el método del valor presente.

En vista que los sistemas OPCION 1: Ductobarras; OPCION 2: Sistema convencional, tienen vida útil diferentes, 20 y 10 años respectivamente; se utilizó el método de mínimo común múltiplo para realizar el análisis en tiempo iguales, se estableció 20 años como vida útil para ambos sistemas.

Se utilizó la fórmula de depreciación $D=(Vi-Vd) /Vu$, donde: Vi= valor inicial, Vd: valor de rescate o salvamento, Vu: vida útil, para determinar el valor de salvamento o de rescate, el valor de rescate se calculó considerando que, una vez cumplida la vida útil de ambos sistemas, sistema convencional de cobre y ductobarras en aluminio, se puedan vender a precio de reciclaje. Se estableció una tasa de interés de 10% anual.

$$VPN = VAN = -I_0 + \sum_0^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Donde:

FNE = Flujo neto de efectivo

i = Tasa de interés a la que se descuentan los flujos de efectivo

n = Corresponde al año en que se genera el flujo de efectivo de que se trate

I₀ = Inversión

Ecuación 1. Valor Presente Neto (Morales y Morales, 2009)

Utilizando la formula anterior se realizaron los cálculos, y el resultado fue: el sistema ductobarra requiere mayor inversión inicial, pero ofrece mayor beneficio y más rentable debido a su vida y el costo de operación o mantenimiento es menor que el sistema convencional.

Tabla 12. *Costos de inversión en la implementación y mantenimiento del sistema tradicional y del sistema de ductobarras*

Sistemas	Valor Inicial USD	Vida Util Años	Vida Util Modificada Años	Costo Operación USD	Depreciación USD	Valor Presente USD
Ductobarras AL	216.255,01	20	20	503,41	9.801,67	-220.015,17
Convencional Cables CU y Bandejas	174.129,28	10	20	2.255,51	16.813,57	-236.214,60

Fuente: (Johnny Torres Torres, 2023)

4.3 Descripción de la Implementación

Para la implementación del sistema de ductobarras, se consideraron los planos de arquitectura y planos eléctricos del edificio.

Se establecieron 7 líneas para la distribución de energía desde la subestación a los tableros, y para los tableros generales hacia los tableros que distribuirán a cada piso. Las ductobarras son de aluminio por la capacidad de amperios superior a 630 A.

Tabla 13. *Costo de inversión en la implementación y mantenimiento del sistema tradicional y de ductobarras*

	DESCRIPCION
1	line L1 & L3: - XCP-HP 2500A AL (4wire (3F + N + PE casing))
2	line L2 & L4: - XCP-HP 2500A AL (4wire (3F + N + PE casing))
3	line L5: - XCP-HP 1600A AL (4wire (3F + N + PE casing))
4	line L6: - XCP-HP 800A AL (4wire (3F + N + PE casing))
5	line L7: - XCP-HP 1250A AL (4wire (3F + N + PE casing))
6	line L8: - XCP-HP 800A AL (4wire (3F + N + PE casing))
7	line L9: - XCP-HP 1250A AL (4wire (3F + N + PE casing))

Fuente: (Johnny Torres Torres, 2023)

La capacidad y detalles técnicos de las ductobarras se establecieron en función a las cargas detalladas, adicionalmente, se consideró un factor de reserva del 25%, y los porcentajes de caída de tensión según las distancias detalladas en los planos.

Para la fijación se consideraron soportes anclados a la pared, codos y resortes donde sea necesario, las ductobarras con tapas para mayor seguridad.

4.4 Conclusiones

La presente labor de Suficiencia Profesional, se genera por la necesidad de reducir al mínimo, los espacios requeridos en las montantes eléctricas tradicionales.

En el presente Trabajo de Suficiencia Profesional, se ha respetado la máxima demanda de las cargas requeridas en los diferentes niveles de la edificación, además se considera un margen de reserva para cargas futuras.

El diseño del proyecto ha sido basado en el análisis y evaluación de los cuadros de cargas de los diferentes niveles, con esos datos se realizó los cálculos justificativos, para el dimensionamiento de los ductos de barra y los planos de la montante eléctrico del Proyecto.

Se determino la implementación del sistema de ducto barras por ser una estructura compacta y rígida que ocupa menos espacio que el sistema tradicional de cables.

Todo el equipamiento del sistema de ducto barras, será en la tecnología LS Cable & System, teniendo en cuenta que ha sido seleccionado para su viabilidad técnica y económica.

Las ductobarras reducen las caídas de tensión, soportan mayores corrientes de corto circuito y presentan menores pérdidas de potencia que el sistema de cable. Además, no se queman, no propaga la llama y no genera humos tóxicos (halógenos, gases, etc.).

La evaluación económica para la implantación del sistema de ductobarras muestra un beneficio del 7% (USD. 16.199,43), aun cuando el costo de inversión

inicial es mayor que el sistema convencional, pero los costos de operación o mantenimiento, son menores al sistema de cables.

Se llevo a cabo el diseño completo del proyecto, respetando la normativa actual.

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES

El presente trabajo de TSP contiene e incluye toda la parametrización del proyecto de implementación de uso de ducto de barras en edificios.

En la instalación de la montante eléctrica se realizara el verificado del tipo de ductobarra, longitud y cálculos justificativos para la correcta selección de la ductobarra.

La máxima capacidad y resistencia de carga en cada una de las conexiones en media y baja tensión está indicada y cumple con el proyecto. Además, en el sistema de instalación eléctrica el dimensionamiento considera un margen de reserva para cargas futuras.

Para el mantenimiento de las ductobarra se determina en el mínimo tiempo las fallas, a pesar de sus largos recorridos para ellos. Se sugiere establecer periódicamente el mantenimiento predictivo y preventivo, para tomar acción en cada una de las posibles anomalías y evitar mantenimientos correctivos, se recomienda realizar mantenimientos con cámaras termográficas que permitan identificar posibles recalentamientos anómalos.

Tomar en cuenta que para los ensamblajes se efectuarán a través de juntas o uniones monobloc cuyos contactos deberán ser de placas de cobre cubiertas en plata para cada fase, aisladas con material termoplástico termoestable.

Según la recomendación del fabricante, teniendo en cuenta que la estructura está sometida a contracciones y dilataciones, el uso de juntas de expansión no será necesario cuando la instalación este dentro de la misma estructura civil, solo será necesaria la junta de expansión cuando el ducto debe traspasar dicha estructura. El ducto de barras deberá estar preparado para soportar movimientos sísmicos.

CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA

- Catalogo Ductos de Barras LS serie I en Español. <https://www.alpa.cl/post/uso-de-conectores-flexibles-en-ductos-de-barras> (LS cable & System, 2017)
- Capcha, J. (2017). *Mejoramiento del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica Implementando Ducto Barra en Edificio Torre Fórum en San Isidro – LIMA 2016*. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. (Capcha, 2017)
- Garcés, M. (2019). *Propuesta de Norma Técnica para la Distribución de Energía Eléctrica por medio de Ductobarras orientado al Mejoramiento de Calidad y Reducción de Costos*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Matriz. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17036>. (Mejia, 2019)
- Lamadrid, J. (2018). *Dimensionamiento de los Alimentadores Principales de la Red de Distribución en Baja Tensión para el Edificio Cavenecia – Lima, mediante el Uso de Ductobarras*. (tesis). Lambayeque – PERÚ. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2573>. Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” (Lamadrid Mesones, 2018).
- Medina, Eric. (2020). *Cálculo y Diseño de una Instalación Eléctrica en Baja Tensión para Edificio Aplicando Electrobarras*. (tesis). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. Disponible en (Medina Rivera, 2020).
- MINEN (2011) “Código Nacional de Electricidad”, (Artículo), obtenido de: (Ministerio de Energía y Minas, 2011). (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD, 2001)
- Ramon, H. (202). *Mejoramiento del Sistema de Distribución de Energía utilizando Ducto de Barras en las Instalaciones Eléctricas del Museo Nacional de*

Arqueología del Perú en el distrito de Lurín, Lima. (Tesis). Universidad Nacional del Centro del Perú. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6459>. (Ramon Gomez, 2020)

Sánchez, A. (2018). *Prototipo Funcional de una Aplicación Web para la Comparación entre los Costos de Implementación de Electro Barras con Respecto a Cable.* (tesis). Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad de Ingeniería. Proyecto Curricular de Ingeniería Eléctrica. Bogotá. Disponible en <http://hdl.handle.net/11349/13843>. (VILLAMIL, 2018)

CAPÍTULO VII ANEXOS

7.1 Anexo 1: Requisitos importantes de las ductobarras

Los sistemas de ducto barras de LS son fáciles de instalar, y poseen una gran capacidad para conducir energía mientras proveen eficiencia en uso del espacio, lo cual hace que los ductos de barras sean ideales para edificios de oficinas y complejos de apartamentos.

a) Flexibilidad para su instalación en diferentes ambientes

Los sistemas de ductos de barra son un sistema de distribución de potencia y pueden ser utilizados en rutas complejas. El sistema de ducto de barras viene con una amplia variedad de accesorios tales como codos, offsets y tes, que pueden transmitir altas corrientes sin pérdida mecánicas ni eléctricas.

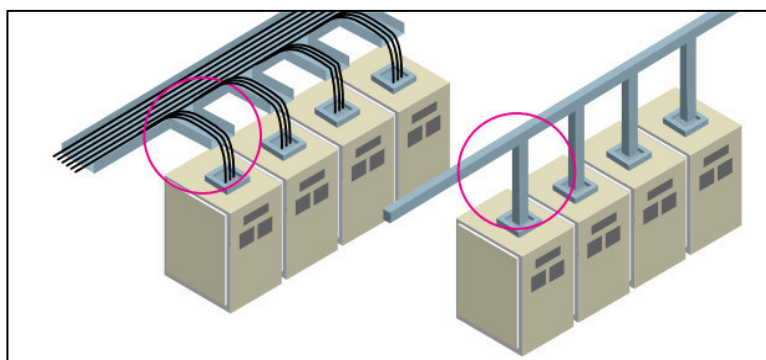


Figura 11. Comparativo entre instalación de bandejas y ducto barras. Fuente: (LS cable & System, 2017)

b) Excelente capacidad de corto-circuito

Los sistemas de ductos de barras poseen una alta resistencia a los corto circuitos. Su estabilidad y confiabilidad las hacen perfectas para sistemas de distribución de alta potencia.

c) Alta densidad de corriente

Los cables son conectados directamente a su carga usando racks. Su máxima capacidad de transporte de corriente es 1000 A, y requiere líneas adicionales para corrientes mayores. En cambio, cada línea de ductos de barras puede transmitir hasta 6300 A, y puede proveer una alta densidad de corriente.

d) Fácil mantenimiento

El diseño con sistemas de ductos de barras hace que sea fácil detectar anomalías durante su instalación y asegura un fácil mantenimiento. Cuando la humedad o el polvo causa un mal funcionamiento en el sistema, su construcción es de fácil mantenimiento y permite el cambio de solo la región afectada.

e) Amigable con el medio ambiente

Los ductos de barras son completamente reciclable, libre de halógeno, no contiene sustancias peligrosas, cero toxicidad bajo incendios y retardante del fuego y no explosivo.

f) Normativas estándar

- IEC 61439-1 (Estándar previo) IEC-60439-1
- IEC 61439-6 (Estándar previo) IEC-60439-2
 - Sistemas de Ducto de Barras
- BS EN 61439 Busways
- NEMA BU 1.1 Busways
- AS/NZS 349.2

7.2 Anexo 2: Tablas técnicas referenciales de ducto de barras

Parámetros Mecánicos y Eléctricos de Ducto de Barra

PARAMETROS MECANICOS Y ELECTRICOS DE DUCTO DE BARRAS (MR)

DATOS TECNICOS MR (3F+N+T)		
DESCRIPCION	UNIDAD	BARRA SIMPLE
Ducto de barras		Barra Simple 630
Corriente Nominal	In [A]	630
Voltaje de operación	Ue [V]	1000
Voltaje de aislación	Ui [V]	1000
Frecuencia	f [Hz]	50/60
Corriente nominal para falla monofásica (1 s)	ICW [kA]rms	36
Energía específica admisible para falla trifásica	I2t (MA2s)	1296
Corriente peak admisible para falla trifásica	Ipk [kA]	76
Corriente nominal para falla monofásica fase-N (1 s)	ICW [kA]rms	22
Corriente peak admisible para falla trifásica fase-N	Ipk (kA)	45
Corriente monofásica de corta duración para fase-PE (1 s)	ICW (kA) rms	22
Corriente peak monofásica fase-PE	Ipk (kA)	45
Resistencia de fase a 20° C	R20 (mΩ/m)	0.06
Resistencia de fase en condiciones térmicas (In; 40° C)	Rt (mΩ/m)	0.081
Reactancia de fase (50 Hz)	X (mΩ/m)	0.097
Resistencia de neutro a 20° C	Rn20 (mΩ/m)	0.0600
Reactancia de neutro (50 Hz)	Xn (mΩ/m)	0.097
Resistencia del conductor de protección	RPE (mΩ/m)	0.2830
Reactancia del conductor de protección (50 Hz)	XPE (mΩ/m)	0.18
Resistencia de falla de circuito fase-PE	RPh-Pe fault loop (mΩ/m)	0.364
Reactancia de falla de circuito fase-PE (50 Hz)	XRPh-Pe fault loop (mΩ/m)	0.283
Resistencia de falla de circuito fase-neutro	RPh-N fault loop (mΩ/m)	0.141
Reactancia de falla de circuito fase-neutro (50 Hz)	XRPh-N fault loop (mΩ/m)	0.277
Perdidas por efecto joule en corriente nominal	P (W/m)	97
Carga de disparo	(kWh/m)	1.8
Peso	p (kg/m)	13.8
Dimensiones exteriores del ducto	LxH (mm)	136x195
Grado de protección	IP	52-55

CONTINÚA EN LA SIGUIENTE TABLA

DATOS TECNICOS MR (3F+N+T)		
DESCRIPCION	UNIDAD	BARRA SIMPLE
Ducto de barras		Barra Simple 630
Resistencia mecánica de la cubierta	IK	10
Factor para la caída de voltaje con carga distribuida $\Delta V = K \cdot L \cdot I_e \cdot 10^{-3}$ (V)	cosØ= 0.70	0.109
	cosØ= 0.75	0.108
	cosØ= 0.80	0.107
	cosØ= 0.85	0.104
	cosØ= 0.90	0.100
	cosØ= 0.96	0.091
	cosØ= 1.00	0.070
Configuración de ducto de barras		Barra Simple 630 (3F+N+T)

Fuente: (Manufacturas Electricas, s.f.)

PARAMETROS MECANICOS Y ELECTRICOS DE DUCTO DE BARRAS (SCP)

DATOS TECNICOS SCP (3F+N+T)					
DESCRIPCION	UNIDAD	BARRA SIMPLE		BARRA DOBLE	
Ducto de barras		Barra Simple 1600	Barra Simple 2000	Barra Doble 2500	Barra Doble 4000
Corriente Nominal	In [A]	1600	2000	2500	4000
Dimensiones de la carcasa	L x H [mm]	130x170	130x220	130x380	130x480
Voltaje de operación	Ue [V]	1000	1000	1000	1000
Voltaje de aislación	Ui [V]	1000	1000	1000	1000
Frecuencia	f [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60
Corriente de corta duración admisible en la fase (1s)	ICW [kA]rms	80	80	150	160
Corriente Pico	Ipk [kA]	176	176	330	352
Corriente de corta duración admisible en el neutro (1s)	ICW [kA]rms	48	48	90	96
Corriente peak en la barra de neutro	Ipk [kA]	106	106	198	211
Corriente de corta duración admisible en el circuito de protección (1s)	ICW [kA]rms	48	48	90	96
Corriente peak en el circuito de protección	Ipk [kA]	106	106	198	211
Resistencia de fase	R20 [mΩ/m]	0.035	0.027	0.022	0.014
Reactancia de fase (50 Hz)	X [mΩ/m]	0.014	0.011	0.006	0.006
Impedancia de fase	Z [mΩ/m]	0.0377	0.0292	0.0228	0.0152
Resistencia de fase en equilibrio térmico	Rt [mΩ/m]	0.041	0.032	0.025	0.017
Impedancia de fase en equilibrio térmico	Z [mΩ/m]	0.0433	0.0338	0.0257	0.0180
Resistencia de neutro	R20 [mΩ/m]	0.035	0.027	0.022	0.014
Resistencia en el conductor de protección (PE 1)	RPE [mΩ/m]	0.113	0.101	0.075	0.065
Resistencia en el conductor de protección (PE 2)	RPE [mΩ/m]	0.028	0.023	0.014	0.011
Resistencia en el conductor de protección (PE 3)	RPE [mΩ/m]	0.041	0.033	0.021	0.017
Reactancia en el conductor de protección (50 Hz)	XPE [mΩ/m]	0.039	0.028	0.02	0.016
Resistencia bucle de defecto fase (PE 1)	Ro [mΩ/m]	0.154	0.133	0.1	0.082
Resistencia bucle de defecto fase (PE 2)	Ro [mΩ/m]	0.069	0.055	0.039	0.028

CONTINÚA EN LA SIGUIENTE TABLA

DATOS TECNICOS SCP (3F+N+T)					
DESCRIPCION	UNIDAD	BARRA SIMPLE		BARRA DOBLE	
		Barra Simple 1600	Barra Simple 2000	Barra Doble 2500	Barra Doble 4000
Ducto de barras					
Resistencia bucle de defecto fase (PE 3)	R_o [$m\Omega/m$]	0.082	0.065	0.046	0.034
Reactancia bucle de falla (50 Hz)	X_o [$m\Omega/m$]	0.05	0.04	0.03	0.02
Impedancia bucle de defecto falla (PE 1)	Z_o [$m\Omega/m$]	0.163	0.139	0.103	0.085
Impedancia bucle de defecto falla (PE 2)	Z_o [$m\Omega/m$]	0.087	0.068	0.047	0.036
Impedancia bucle de defecto falla (PE 3)	Z_o [$m\Omega/m$]	0.098	0.076	0.053	0.041
Resistencia de cortocircuito monopolar fase-neutro	R_o [$m\Omega/m$]	0.172	0.14	0.107	0.07
Reactancia de cortocircuito monopolar fase-neutro	X_o [$m\Omega/m$]	0.106	0.108	0.083	0.06
Impedancia de cortocircuito monopolar fase-neutro	Z_o [$m\Omega/m$]	0.202	0.177	0.135	0.092
Resistencia de cortocircuito monopolar fase-tierra	R_o [$m\Omega/m$]	0.321	0.27	0.217	0.164
Reactancia de cortocircuito monopolar fase-tierra	X_o [$m\Omega/m$]	0.175	0.212	0.155	0.146
Impedancia de cortocircuito monopolar fase-tierra	Z_o [$m\Omega/m$]	0.366	0.343	0.267	0.22

CONTINÚA EN LA TABLA SIGUIENTE

DATOS TECNICOS SCP (3F+N+T)					
DESCRIPCION	UNIDAD	BARRA SIMPLE		BARRA DOBLE	
Ducto de barras		Barra Simple 1600	Barra Simple 2000	Barra Doble 2500	Barra Doble 4000
Factor de la caída de voltaje con carga distribuida $\Delta V = K \cdot L \cdot I_e \cdot 10^{-3}$ (V)	cos θ = 0.70	0.0335	0.0262	0.0189	0.0140
	cos θ = 0.75	0.0346	0.0271	0.0197	0.0145
	cos θ = 0.80	0.0357	0.0279	0.0204	0.0149
	cos θ = 0.85	0.0366	0.0286	0.0211	0.0153
	cos θ = 0.90	0.0372	0.0291	0.0218	0.0155
	cos θ = 0.96	0.0375	0.0293	0.0222	0.0156
	cos θ = 1.00	0.0355	0.0277	0.0217	0.0147
Peso (PE 1)	p [kg/m]	25.4	38.4	54.6	78.4
Peso (PE 2)	p [kg/m]	28.6	41.4	60.1	84.9
Peso (PE 3)	p [kg/m]	25.5	37.4	53.1	76
Carga de disparo	[kWh/m]	10.6	13.1	20	26.3
Grado de Protección	IP	55	55	55	55
Clase de resistencia térmica de los materiales de aislamiento		F*	F*	F*	F*
Pérdidas por efecto Joule en corriente nominal	P [W/m]	315	386	468	827
Temperaturas Ambiente (Mín/Máx)	[°C]	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Configuración de ducto de barras		Barra Simple 1600 (3F+N+T)	Barra Simple 2000 (3F+N+T)	Barra Doble 2500 (3F+N+T)	Barra Doble 4000 (3F+N+T)

Fuente: (Manufacturas Electricas, s.f.)

PARAMETROS MECANICOS Y ELECTRICOS DE DUCTO DE BARRAS (SCP5C)

DATOS TECNICOS SCP5C (3F+N+T+FE) PARA TIERRA FUNCIONAL		
DESCRIPCION	UNIDAD	BARRA SIMPLE
Ducto de barras		Barra Simple 800
Corriente Nominal	In [A]	800
Dimensiones de la carcasa	L x H [mm]	140x130
Voltaje de operación	Ue [V]	1000
Voltaje de aislación	Ui [V]	1000
Frecuencia	f [Hz]	50/60
Corriente de corta duración admisible en la fase (1s)	ICW [kA]rms	42
Corriente Pico	Ipk [kA]	88
Corriente de corta duración admisible en el neutro (1s)	ICW [kA]rms	25
Corriente peak en la barra de neutro	Ipk [kA]	55
Corriente de corta duración admisible en el circuito de protección (1s)	ICW [kA]rms	25
Corriente peak en el circuito de protección	Ipk [kA]	55
Resistencia de fase	R20 [mΩ/m]	0.058
Reactancia de fase (50 Hz)	X [mΩ/m]	0.017
Impedancia de fase	Z [mΩ/m]	0.0604
Resistencia de fase en equilibrio térmico	Rt [mΩ/m]	0.064
Impedancia de fase en equilibrio térmico	Z [mΩ/m]	0.0662

CONTINÚA EN LA TABLA SIGUIENTE

DATOS TECNICOS SCP5C (3F+N+T+FE) PARA TIERRA FUNCIONAL		
DESCRIPCION	UNIDAD	BARRA SIMPLE
Ducto de barras		Barra Simple 800
Resistencia de neutro	R20 [mΩ/m]	0.058
Resistencia de tierra funcional (FE)	R20 [mΩ/m]	0.058
Reactancia de tierra funcional (FE)	X [mΩ/m]	0.017
Resistencia en el conductor de protección (PE 1)	RPE [mΩ/m]	0.121
Resistencia en el conductor de protección (PE 2)	RPE [mΩ/m]	0.035
Resistencia en el conductor de protección (PE 3)	RPE [mΩ/m]	0.05
Reactancia en el conductor de protección (50 Hz)	XPE [mΩ/m]	0.078
Resistencia bucle de defecto fase (PE 1)	Ro [mΩ/m]	0.103
Resistencia bucle de defecto fase (PE 2)	Ro [mΩ/m]	0.086
Resistencia bucle de defecto fase (PE 3)	Ro [mΩ/m]	0.091
Reactancia bucle de falla (50 Hz)	Xo [mΩ/m]	0.1
Impedancia bucle de defecto falla (PE 1)	Zo [mΩ/m]	0.14
Impedancia bucle de defecto falla (PE 2)	Zo [mΩ/m]	0.128
Impedancia bucle de defecto falla (PE 3)	Zo [mΩ/m]	0.132
Resistencia de cortocircuito monopolar fase-neutro	Ro [mΩ/m]	0.257
Reactancia de cortocircuito monopolar fase-neutro	Xo [mΩ/m]	0.16
Impedancia de cortocircuito monopolar fase-neutro	Zo [mΩ/m]	0.303
Resistencia de cortocircuito monopolar fase-tierra	Ro [mΩ/m]	0.387

CONTINÚA EN LA TABLA SIGUIENTE

DATOS TECNICOS SCP5C (3F+N+T+FE) PARA TIERRA FUNCIONAL		
DESCRIPCION	UNIDAD	BARRA SIMPLE
Ducto de barras		Barra Simple 800
Reactancia de cortocircuito monopolar fase-tierra	Xo [mΩ/m]	0.229
Impedancia de cortocircuito monopolar fase-tierra	Zo [mΩ/m]	0.450
	cosØ= 0.70	0.0493
	cosØ= 0.75	0.0513
	cosØ= 0.80	0.0532
Factor de caída de tensión con carga distribuida $\Delta V = K \cdot L \cdot I_e \cdot 10^{-3}$ (V)	cosØ= 0.85	0.0549
	cosØ= 0.90	0.0563
	cosØ= 0.96	0.0573
	cosØ= 1.00	0.0554
Peso (PE 1)	p [kg/m]	17
Peso (PE 2)	p [kg/m]	20.5
Peso (PE 3)	p [kg/m]	18.1
Carga de disparo	[kWh/m]	5.5
Grado de Protección	IP	55
Clase de resistencia térmica de los materiales de aislamiento		F*
Pérdidas por efecto Joule en corriente nominal	P [W/m]	123
Temperaturas Ambiente (Mín/Máx)	[°C]	-0.1
Configuración de ducto de barras		Barra Simple 800 (3F+N+T+FE)

Fuente: (Manufacturas Electricas, s.f.)

TABLA DE DATOS TECNICOS DEL FABRICANTE

Ítem	Descripción	Características
1.0	Características generales	
1.1	Fabricante	LS Cable & System
1.2	Procedencia	Korea
1.3	Modelo	Ex-way
1.4	Marca	LS Cable & System
1.5	Material	Ductobarras
1.6	Normas	IEC 60439-1-2
2.0	Características constructivas	
2.1	Tipo constructivo	Tipo sándwich
2.2	Material de los conductores	Aluminio
2.3	Material del aislamiento de los conductores	Epoxi
2.4	Clase recubrimiento (aislamiento)	Clase B [130°C]
2.6	Material de la envolvente	Aluminio
2.7	Número de piezas que conforman la envolvente	2
2.7	Superficies de empalmes	Estañados
3.0	Características Mecánicas	
3.1	Tipo soportes verticales	Antisísmicos
3.2	Grado de Protección	IP 55
4.0	Características eléctricas	
4.1	Tensión de servicio	1000 Vmax.
4.2	Configuración eléctrica	3P+N+T
4.3	Capacidad nominal de corriente de las fases	630A, 800A, 1250A, 1600A, 2500A
4.4	Capacidad nominal de corriente del neutro	100% de la fase
4.5	Sistema de tierra en carcasa	>100% de la fase
4.6	Tensión prueba de rigidez dieléctrica	3.5 kV
4.7	Tensión Impulso	8.0 kV
5.0	Certificaciones	
5.1	Certificado de calidad ISO 9001-2008	Si
5.2	Certificado de cumplimiento de la IEC 60439-1-2 – KEMA	Si
5.3	Certificado de conformidad RoHS	Si
5.4	Certificado de conformidad sísmica - UBC-4	Si
5.5	Certificado de conformidad de Entorno Verde	Si

Fuente: (Manufacturas Electricas, s.f.)

7.3 Anexo 3: Datos de resistencia al corto circuito

Las ducto de barras LS C&S han sido probados bajo las condiciones de corto circuito de acuerdo a la norma IEC61439-2 [(Estándar anterior) IEC 60439-1 y 2] en KEMA Y ASTA. Los resultados se muestran a continuación.

TABLA DE CORRIENTE FASE A FASE

Ampere(A)	AL (kA)			CU (kA)		
	1 sec	3 sec	Peak	1 sec	3 sec	Peak
630	25	14	52.5	20	12	40
800	25	14	52.5	20	12	40
1,000	50	29	105	35	20	73.5
1,250	65	38	143	50	29	105
1,350	65	38	143	50	29	105
1,600	65	38	143	65	38	143
1,800	65	38	143	65	38	143
2,000	80	46	176	80	46	176
2,250	80	46	176	80	46	176
2,500	100	58	220	105	61	231
2,700	100	58	220	105	61	231
3,200	100	58	220	105	61	231
3,600	100	58	220	105	61	231
4,000	100	58	220	105	61	231
4,500	100	58	220	105	61	231
5,000	120	69	264	120	69	264
5,800	120	69	264	120	69	264
6,300	120	69	264	120	69	264

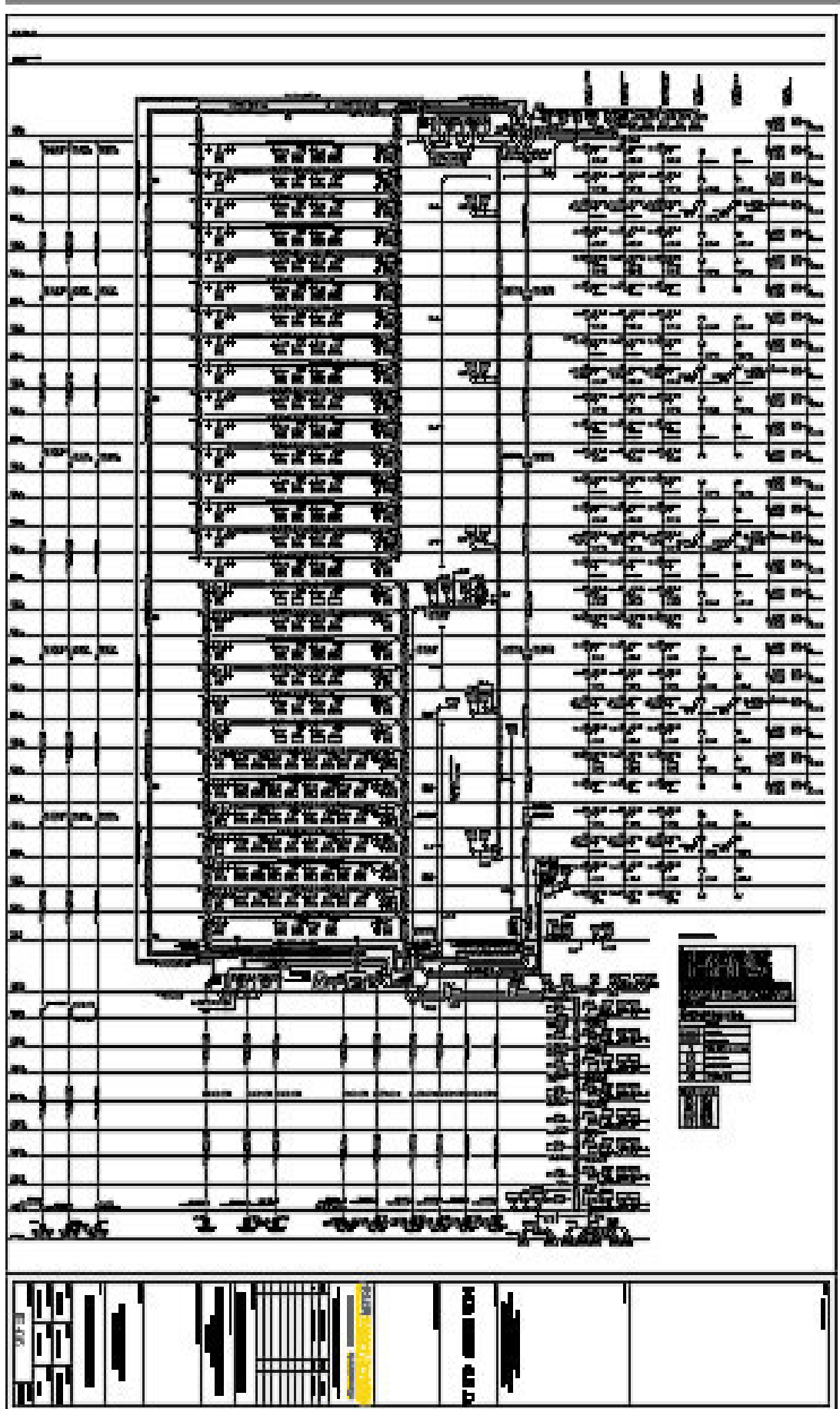
Fuente: (LS cable & System, 2017)

7.4 Anexo 4: Planos de ingeniería de detalle del proyecto

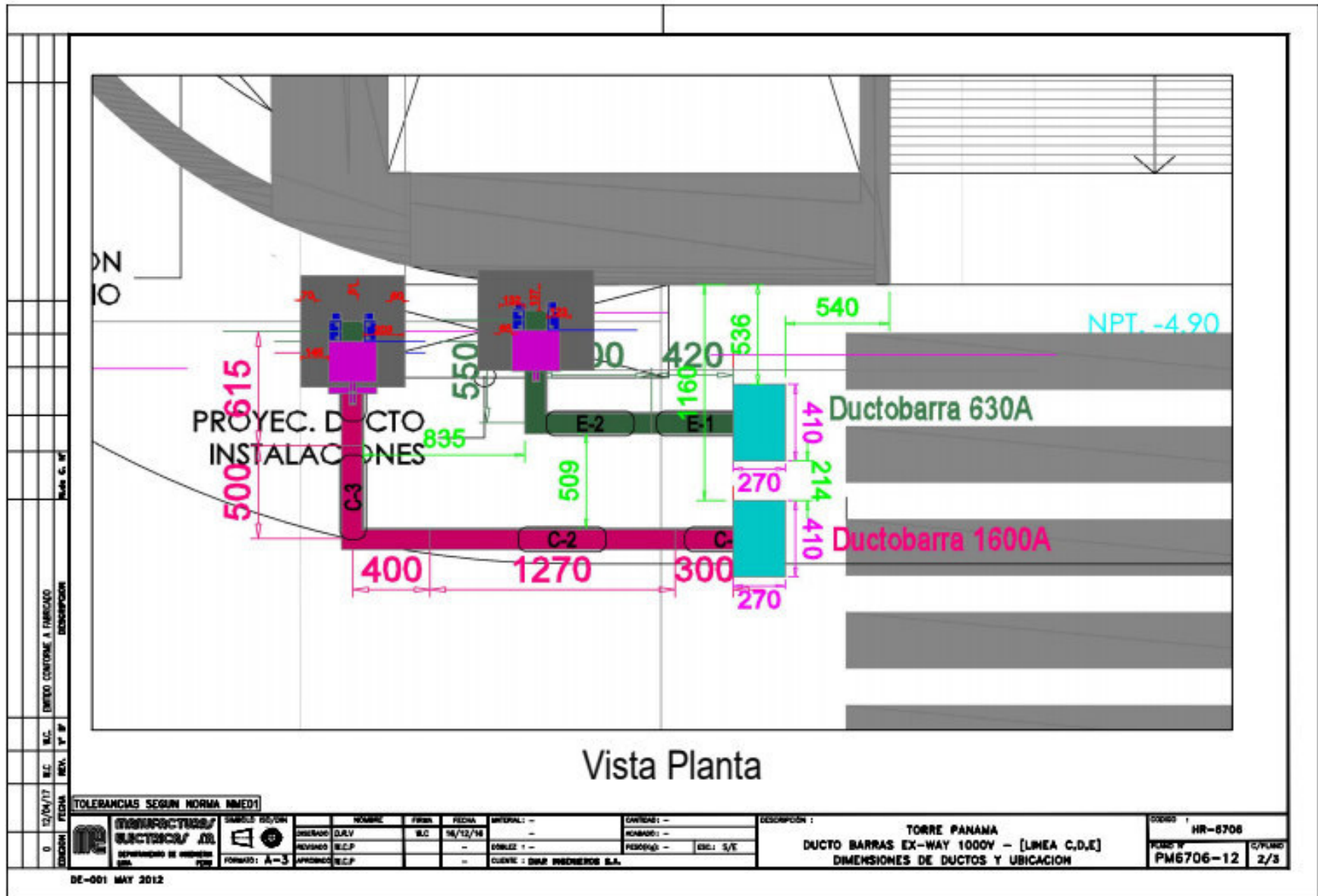
Diagramas Unifilares

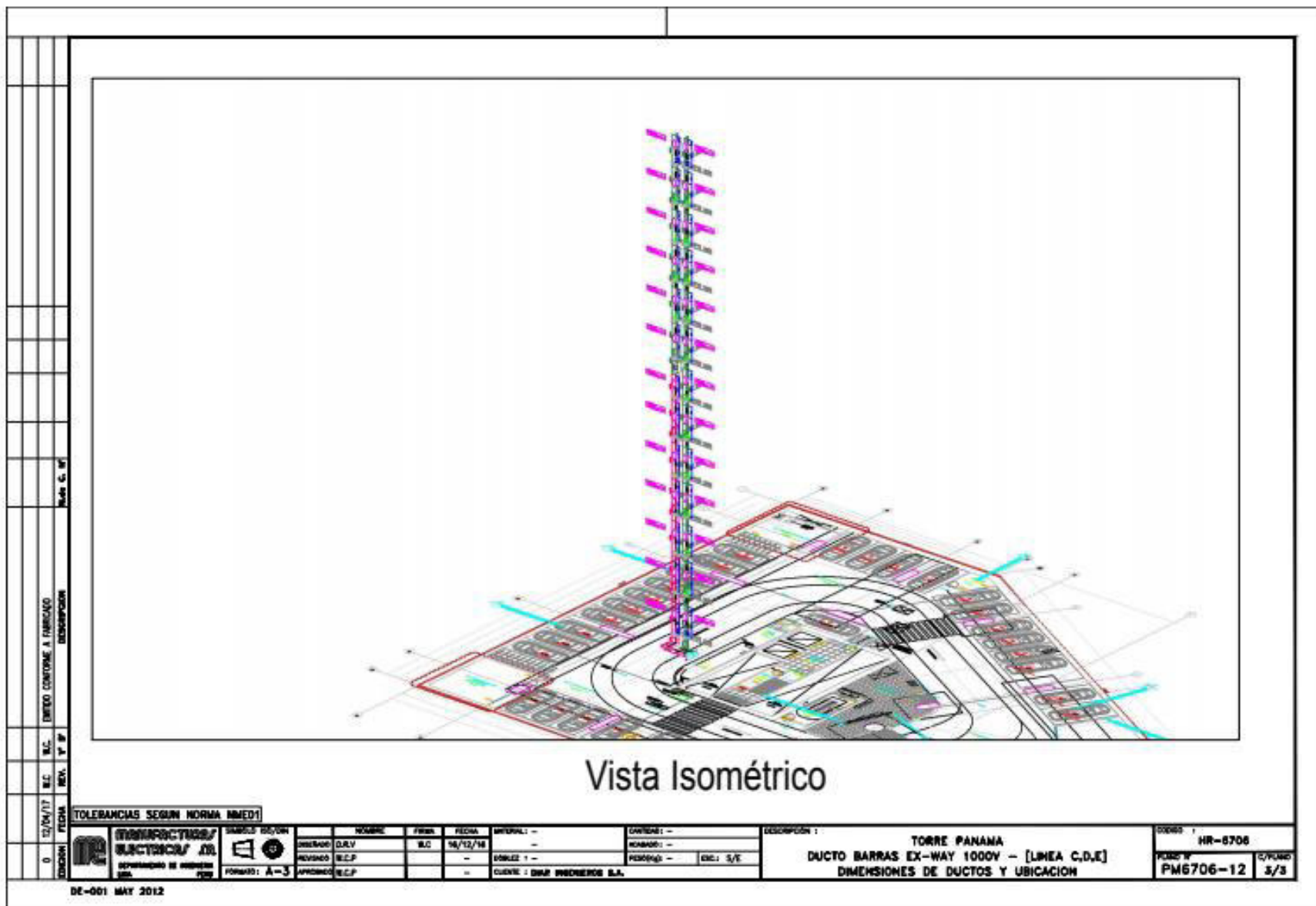
Montante de Ducto barras

Dimensionamiento



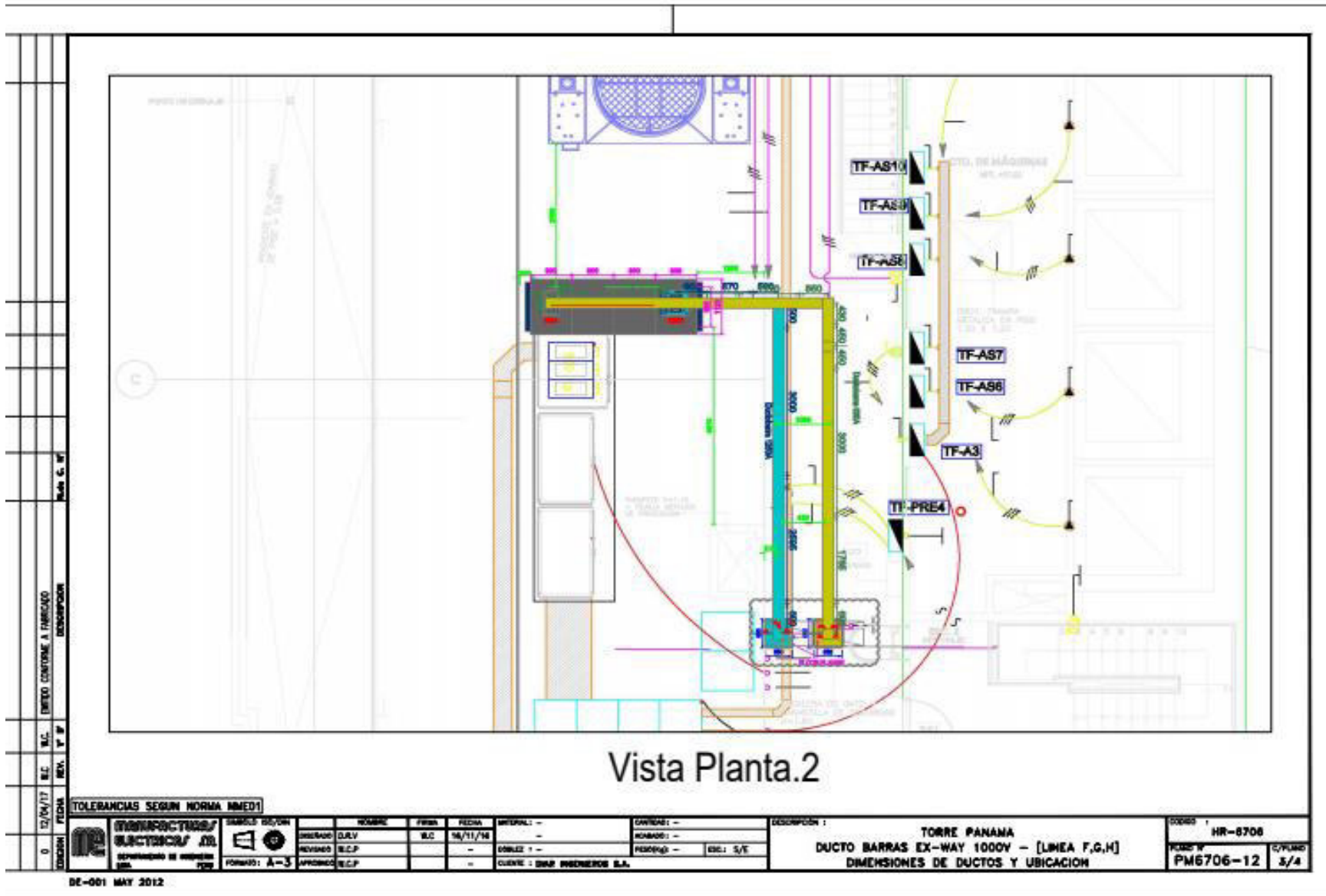
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----





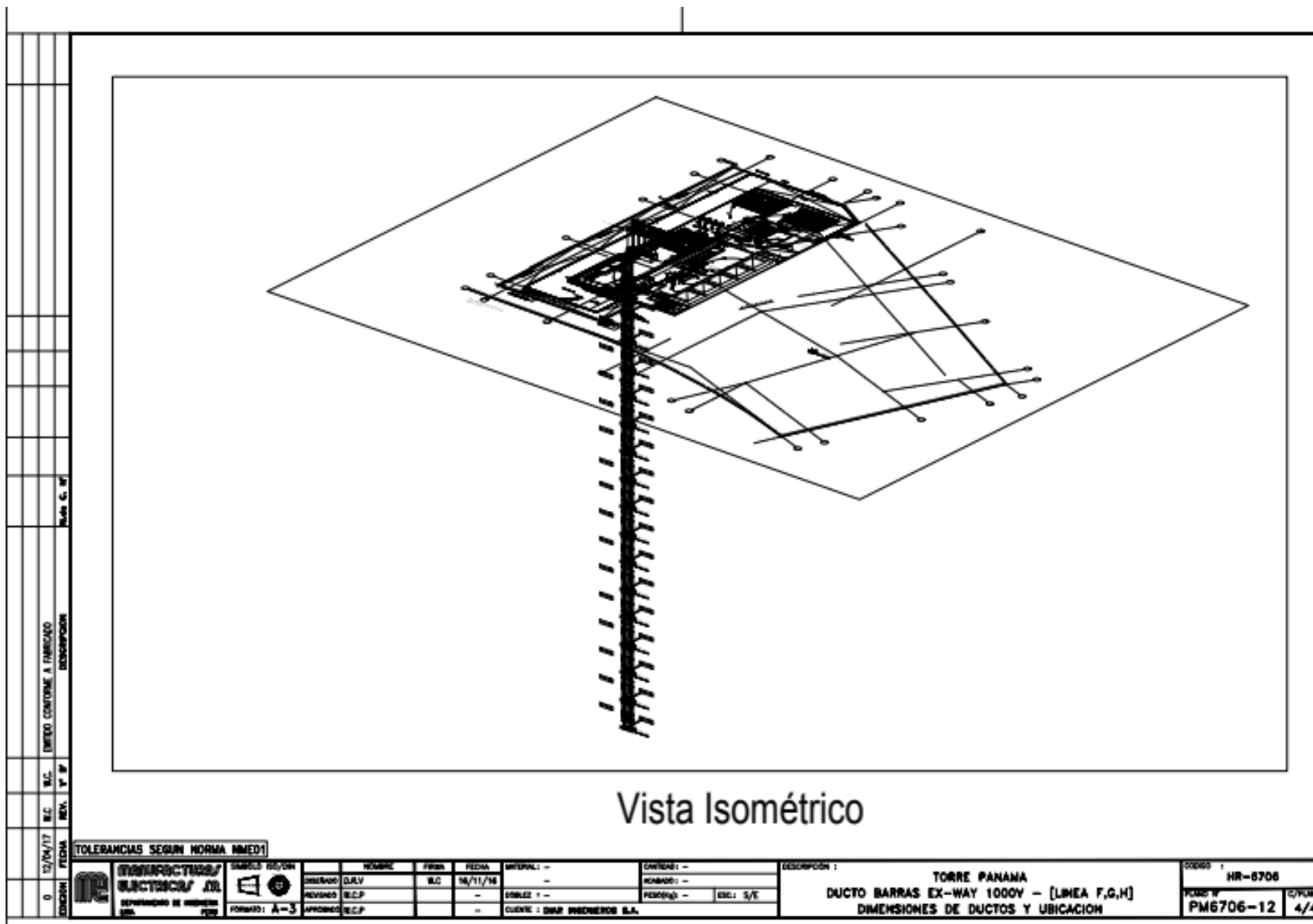
Vista Isométrico

INDUSTRIAS ELÉCTRICAS DEL PANAMA S.A. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		TOLENCIAS SEGUN NORMA IEEE1		MATERIAL: - CANTIDAD: - NOMBRADO: - PESADO: - CMC: S/E		DESCRIPCIÓN: TORRE PANAMA DUCTO BARRAS EX-WAY 1000V - [LINEA C.D.E] DIMENSIONES DE DUCTOS Y UBICACION		CODIGO: HR-8706 FOLIO: PM6706-12 / 3/3	
DISEÑADO: D.R.V. REVISADO: E.C.P. APROBADO: E.C.P.	NOMBRE: B.C. FECHA: 16/12/18	NOMBRE: B.C. FECHA: -	MATERIAL: - CANTIDAD: - NOMBRADO: - PESADO: - CMC: S/E	DESCRIPCIÓN: TORRE PANAMA DUCTO BARRAS EX-WAY 1000V - [LINEA C.D.E] DIMENSIONES DE DUCTOS Y UBICACION		CODIGO: HR-8706 FOLIO: PM6706-12 / 3/3		DE-001 MAY 2012	



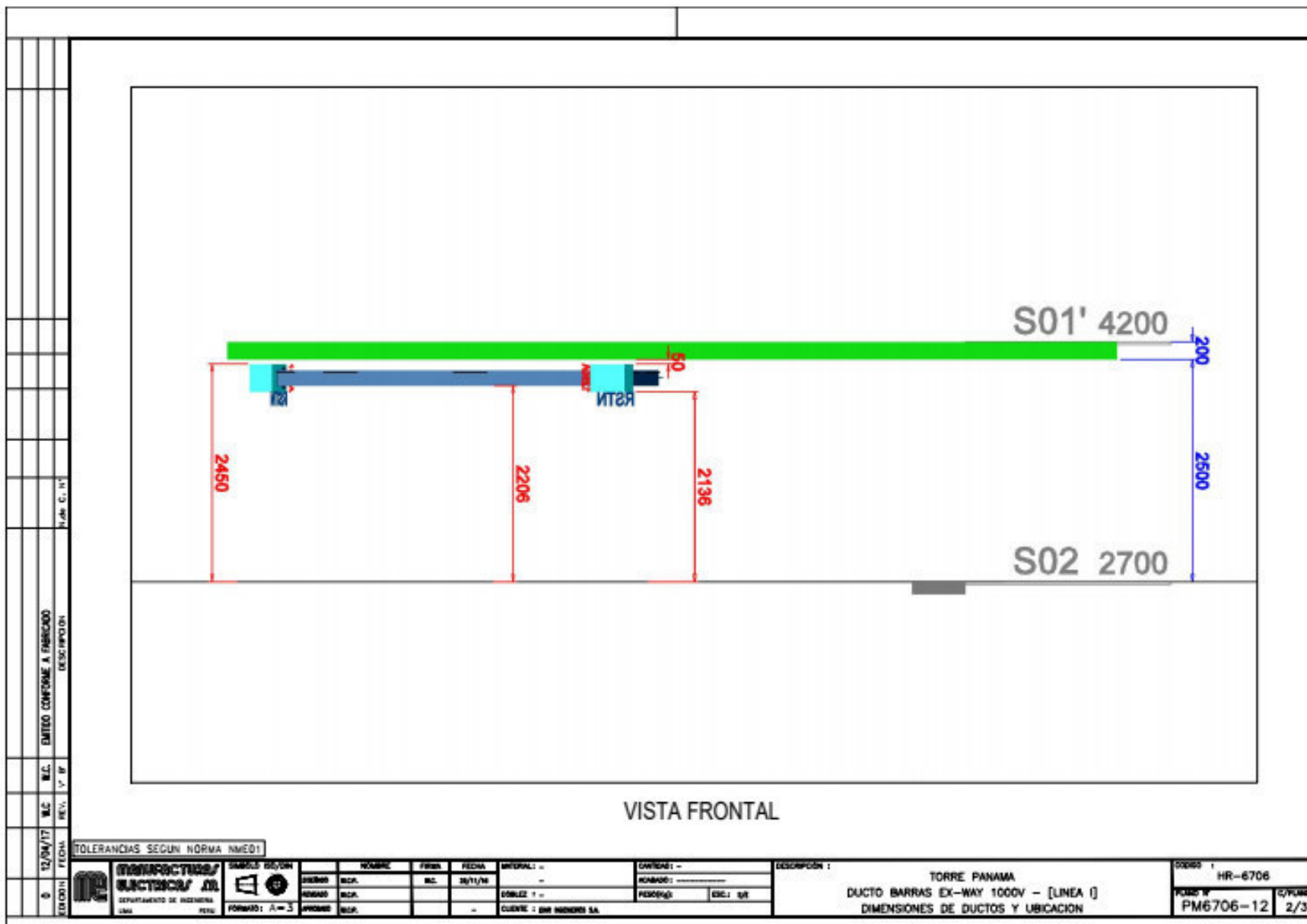
Vista Planta.2

0 12/04/17 E.C. R.C. REV. 1º R PLAN G. 07		ENTREGO CONFORME A FABRICACION DESCRIPCION	
TOLEBIANCIAS SEGUN NORMA NME01			
	DISEÑADO: D.L.V. REVISADO: R.C.P. APROBADO: R.C.P.	NOMBRE: FECHA: 16/11/16	MATERIAL: - CANTIDAD: - NOMBRADO: - PERMISOS: - CLIENTE: SIBAR INGENIEROS S.A.
	FORMATO: A-3	DESCRIPCION:	TORRE PANAMA DUCTO BARRAS EX-WAY 1000V - [LINEA F.G.H] DIMENSIONES DE DUCTOS Y UBICACION
	DE-001 MAY 2012	CODIGO: HR-8706 FOLIO: PM6706-12 C/PUNTO: 3/4	ELEC: S/E



Vista Isométrico

0 12/04/17 E.E. M.C. DIBUJO CONFORME A FABRICADO FECHA REV. 1º 3º IDENTIFICACION		TOLERANCIAS SEGUN NORMA NME01		NOMBRE: TORRE PANAMA FECHA: 16/11/18 DISEÑO: D.L.V. REVISADO: M.C.P. APROBADO: M.C.P.		MATERIAL: - R.C. - DUREZ: - CANTIDAD: - HONORARIO: - PESO: - ESC.: S/E		DESCRIPCION: TORRE PANAMA DUCTO BARRAS EX-WAY 1000V - [LINEA F,G,H] DIMENSIONES DE DUCTOS Y UBICACION		CODIGO: HR-8706 FORM: PM6706-12 C/PUNTO: 4/4	
---	--	-------------------------------	--	---	--	--	--	---	--	--	--



TOLERANCIAS SEGUN NORMA NME01

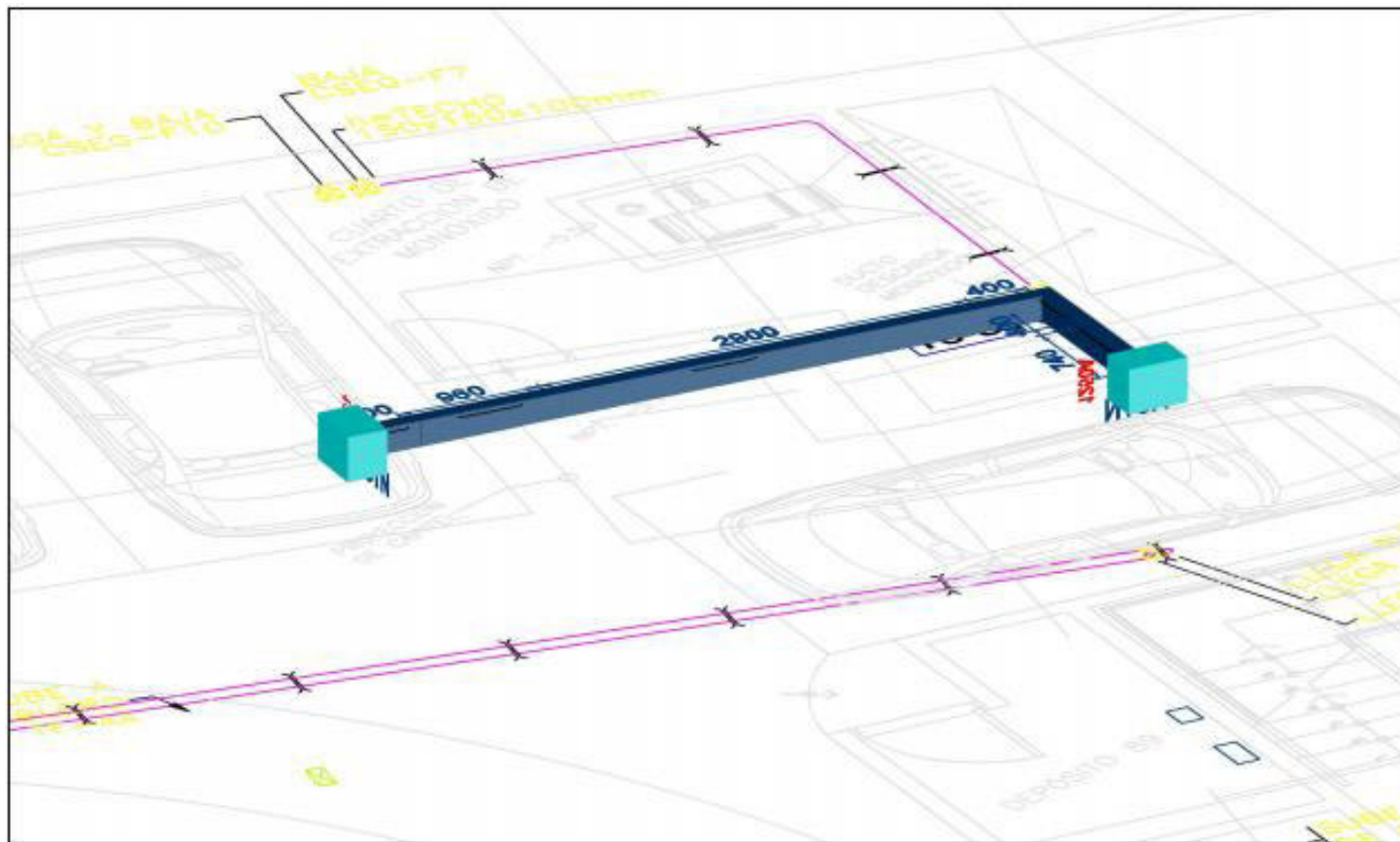
INDUSTRIAS ELECTROCAL S.A.
 DEPARTAMENTO DE PROYECTOS
 C.A.S.

PROYECTO
 FORMATO: A-3

NO.	NOMBRE	FECHA	FECHA	MODIFICACION	CAUSAS
01	ELABORADO	01/11/16			
02	REVISADO				
03	APROBADO				

DESCRIPCION : TORRE PANAMA
 DUCTO BARRAS EX-WAY 1000V - [LINEA I]
 DIMENSIONES DE DUCTOS Y UBICACION

CODIGO	HR-6706
FORMA	PM6706-12
C/FOLIO	2/3



VISTA ISOMETRICO

0	12/04/17	M.C.	M.C.	EMITIDO CONFORME A FABRICADO
01	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
02	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
03	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
04	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
05	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
06	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
07	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
08	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
09	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO
10	01/04/18	M.C.	M.C.	REVISADO

TOLERANCIAS SEGUN NORMA NME01

INDUSTRIAS ELECTROSA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
 1992

SIMBOLO DE UNION
 FORMADO: A=3

UNION	UNION	NOMBRE	FECHA	FECHA	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION
UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION
UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION
UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION	UNION

DESCRIPCION :
 TORRE PANAMA
 DUCTO BARRAS EX-WAY 1000V - [LINEA 0]
 DIMENSIONES DE DUCTOS Y UBICACION

CODIGO	HR-6706
FORMA Y	PL-6706-01
C/RUNDO	3/3