



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO DETALLADO DE INSTALACIONES
ELECTRICAS DE MEDIA Y BAJA TENSION EN
LA EMPRESA PC MEJÍA INGENIERÍA S.A.**

Autor

Joel Alexander García Torres

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería eléctrica

Medellín, Colombia

2020



Diseño detallado de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en la empresa pc mejía ingeniería s.a.

Autor:

Joel Alexander García Torres

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Electricista

Asesores:

Juan David Saldariaga Loaiza - Ingeniero Electricista

Carlos Felipe Cuello Daza - Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería eléctrica

Medellín, Colombia

2020



Contenido

Resumen	1
1 Introducción	2
2 Objetivos	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3 Marco Teórico	3
3.1 Antecedentes	3
3.2 Fundamentos teóricos	4
3.2.1 Términos a usar durante la práctica	4
3.2.2 Normatividad vigente	9
3.2.3 Convenciones	10
4 Metodología.....	10
5 Resultados y análisis	11
5.1 Especificaciones y alcance del proyecto	11
5.2 Planos eléctricos	13
5.2.1 Subestación	13
5.2.2 Locales.....	16
5.2.3 Oficinas.....	16
5.2.4 Apartamentos	16
5.2.5 Zonas comunes	17
5.2.6 Diagrama unifilar.....	17
5.2.7 Sistema de puesta a tierra y apantallamiento	18
5.2.8 Proyecto de redes	18
5.3 Memorias de cálculo	18
5.3.1 Cuadros de carga.....	18
5.3.2 Ocupación de canaletas	22
5.3.3 Banco de capacitores.....	22
5.3.4 Cálculo de corto circuito	23
5.3.5 Matriz de riesgo eléctrico	23
5.3.6 Análisis de tensión requerido	24
5.3.7 Calculo electromagnético	24
5.3.8 Calculo económico de conductores	25
5.3.9 Coordinación de protecciones.....	25
5.4 Cantidades de obra	26
5.5 Manual de especificaciones	27
5.6 Informe RETIE.....	28
6 Conclusiones	29
Referencias bibliográficas	30

Listado de figuras

Figura 1. Normatividad vigente en Colombia.....	9
Figura 2. Convenciones que se utilizaran en el proyecto	10
Figura 3. Presentación del proyecto Distrito vera torre B2. [3].....	12
Figura 4. Esquema y equipos de la subestación.....	14
Figura 5. Espacio de trabajo [9].....	15
Figura 6. Profundidad mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica [9]	15
Figura 7. Cálculo del transformador de apartamentos.....	19
Figura 8. Cálculo del transformador oficinas y locales	20
Figura 9. Cálculo del transformador zonas comunes (480V)	20
Figura 10. Cálculo del transformador zonas comunes (208V)	21
Figura 11. Cálculo de planta eléctrica (480V)	22
Figura 12. Banco de capacitores en diagrama unifilar (480V)	23
Figura 13. Valores límites de exposición a campos electromagnéticos [10] ...	24
Figura 14. Resultado cálculo de campos electromagnéticos	25



Listado de tablas

Tabla 1. Equipos de subestación 15
Tabla 2. Matriz para análisis de riesgos..... 24
Tabla 3. Listado de memorias de cálculo artículo 10.1 RETIE..... 28



DISEÑO DETALLADO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN EN LA EMPRESA PC MEJÍA INGENIERÍA

Resumen

Ciudad del Río ha tenido un crecimiento bastante significativo en los últimos años tanto en lo social como en lo cultural; gracias a esto, se han implementado grandes proyectos de infraestructura en la zona. Distrito Vera Torre 2 hace parte de un conjunto de edificaciones, las cuales brindarán a toda la comunidad un sinnúmero de servicios y comodidades dignas de los últimos avances en construcción y eficiencia energética.

PC Mejía Ingeniería S.A. fue la empresa encargada de realizar el diseño de las redes eléctricas de todo este proyecto, en el cual se tuvieron diferentes tipos de ocupaciones como locales, oficinas y residencias, convirtiéndose en un gran desafío para la ingeniería.

Al finalizar el diseño eléctrico del proyecto se obtuvo una gran experiencia en el ámbito laboral ganando una cantidad significativa de habilidades y aptitudes que servirán para formar un profesional íntegro y competitivo, que brindará sus nuevos conocimientos para el bienestar y desarrollo de la sociedad.

1 Introducción

Una correcta instalación eléctrica brinda seguridad a los usuarios y un ahorro energético, ya que se reducen los cortocircuitos por conexiones excesivas y fugas de corriente a tierra. Así mismo, un escaso número de tomacorrientes conlleva a conectar diferentes aparatos eléctricos en una sola salida eléctrica mediante adaptadores inadecuados. Cabe recordar que el uso desmedido de las instalaciones eléctricas mediante extensiones genera sobrecargas, lo cual se traduce en posibles accidentes eléctricos. [1]

En este documento se hará una descripción del proyecto de práctica en la empresa PC Mejía Ingeniería, el cual consistió en el apoyo al diseño de las redes eléctricas del edificio "DISTRITO VERA TORRE 2", ubicado en Ciudad del Río en Medellín. Además, se plantearon los criterios de diseño y se definieron los aspectos a abordar para cumplir con los requisitos de la certificación LEED, con el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) 2013, la NTC 2050 y el RITEL (Reglamento Técnico de Telecomunicaciones) que recientemente entró en vigencia (2019). [2]

Al finalizar el proyecto se espera haber logrado un diseño eléctrico óptimo, el cual brinde la mayor seguridad, la máxima eficiencia y un ahorro económico considerable para así construir una edificación futurista y amigable con el medio ambiente.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Apoyar el diseño de las instalaciones eléctricas de media y baja tensión del proyecto Distrito Vera Torre 2, cumpliendo con los lineamientos del RETIE, RITEL y la certificación LEEDS.

2.2 Objetivos Específicos

- ▲ Elaborar planos preliminares en AutoCAD con la ubicación de salidas de iluminación, tomas y comunicaciones.
- ▲ Elaborar los cálculos correspondientes a cuadros de carga, porcentajes de ocupación de bandejas porta cables, niveles de cortocircuito, coordinación de protecciones, dimensionamiento de grupos electrógenos, cantidades de obra, etc. de acuerdo al tipo de proyecto y a los requerimientos del cliente.
- ▲ Actualizar, investigar y adquirir conocimientos en normas (técnicas y reglamentarias) vigentes y todos los temas relacionados con las instalaciones eléctricas.

3 Marco Teórico

A continuación, se presentan los diferentes conceptos teóricos que se deben adquirir y conocer para realizar un adecuado diseño de una instalación eléctrica.

3.1 Antecedentes

Ciudad del río es una lugar que se ha caracterizado en los últimos años por su gran desarrollo cultural, social y estructural, siendo además un foco en para grandes construcciones tanto residenciales como comerciales, un ejemplo de esto es la sede de oficinas de Bancolombia que se encuentra ubicada en esta zona. *“Distrito vera está ubicado en el corazón de Ciudad del Río, un lugar reconocido por su estilo único en Medellín. Es un espacio que integrará el arte, la cultura, los negocios, el estilo de vida saludable, el diseño, la arquitectura. Hace parte de un macro proyecto que incluirá futuros desarrollos de distintos usos, entre ellos comercio, servicios, oficinas, entretenimiento, educación y salud”*. [3]

“La certificación LEED, que en castellano significa Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible, supone que el edificio o proyecto al que se refiere está construido con los estándares de eco eficiencia y cumple con los

requisitos de sostenibilidad. Es totalmente voluntario y se basa en el consenso del mercado para desarrollar construcciones centradas en la alta eficiencia energética". [4]

"Este certificado, basado en estándares científicos, premia el uso de estrategias sostenibles en todos los procesos de construcción del edificio, desde la adecuación de la parcela donde se ubica, hasta la eficiencia del uso del agua y energía, la selección de materiales sostenibles y proporcionar una calidad medioambiental interior. Este sistema ofrece además de la certificación del edificio, la acreditación de profesionales, a los que se facilita la formación en sostenibilidad". [4]

PC Mejía S.A. es una empresa que presta el servicio de diseño, construcción, automatización, mantenimiento y diagnóstico, en sistemas de baja y media tensión, iluminación, telecomunicaciones y seguridad. Para llevar a cabo cumplen con los requerimientos de los reglamentos técnicos colombianos, estándares nacionales e internacionales. [5]

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Términos a usar durante la práctica

- ▲ **Acometida:** Comprende el conjunto de elementos tales como conductores, material de empalme, terminales, marquillas, prensaestopas, tuberías conduit, cajas de distribución o de paso y los accesorios necesarios para llevar alimentación eléctrica o telefónica desde la red local del servicio respectivo, hasta el registro de corte del inmueble Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. [6]
- ▲ **Aislante:** Material que impide la propagación de algún fenómeno o agente físico. Material de tan baja conductividad eléctrica que puede ser utilizado como no conductor. [6]
- ▲ **Alambre:** Hilo o filamento de metal, trefilado o laminado, para conducir corriente eléctrica. [6]
- ▲ **Alimentador:** Conjunto de elementos tales como conductores, material de empalme, terminales, marquillas, prensaestopas, tuberías conduit, cajas de distribución o de paso y los accesorios necesarios para llevar alimentación eléctrica entre la fuente de suministro de energía eléctrica (equipo de acometida) y un tablero de distribución, desde los bornes de cada uno de los interruptores del (los) tablero (s) de servicios auxiliares tipo ML o de otro tablero de distribución. [6]

- ▲ **Análisis de riesgos:** Conjunto de técnicas para definir, clasificar y evaluar los factores de riesgo y la adopción de las medidas para su control. [6]
- ▲ **Cable:** Conjunto de alambres sin aislamiento entre si y entorchado por medio de capas concéntricas. [6]
- ▲ **Calidad:** La totalidad de las características de un ente que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas. Es un conjunto de cualidades o atributos, como disponibilidad, precio, confiabilidad, durabilidad, seguridad, continuidad, consistencia, respaldo y percepción. [6]
- ▲ **Carga:** La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito. [6]
- ▲ **Cargabilidad:** Limite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc. [6]
- ▲ **Capacidad de corriente:** Corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio. [6]
- ▲ **Capacidad instalada:** Es la suma de las capacidades nominales de los componentes limitantes de un sistema, tales como electrodomésticos, artefactos, motores y otros equipos, que consumen energía eléctrica y que se encuentran conectados a la instalación eléctrica de un inmueble, o que potencialmente puedan utilizarse en el mismo. [7]
- ▲ **Distribución:** Es la actividad de transportar energía a través de una red de distribución a voltajes iguales o inferiores a 115 kv. Quien desarrolla esta actividad se denomina distribuidor de energía eléctrica. Comprende el transporte de energía desde las conexiones al Sistema de Transmisión Nacional (STN) a través del Sistema de Transmisión Regional (STR) y al Sistema de Distribución Local (SDL), hasta los clientes finales. [7]
- ▲ **Edificio o conjunto de uso comercial:** Inmuebles cuyos bienes de dominio particular se encuentran destinados al desarrollo de actividades mercantiles, de conformidad con la normatividad urbanística vigente. [7]
- ▲ **Eficiencia Energética:** Relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. Ley 697/2001. [7]

- ▲ **Energía Eléctrica:** Es la producida por un generador cuando gira en un campo electromagnético. El generador produce una energía que es igual a la potencia (W) multiplicada por el tiempo de funcionamiento. La energía eléctrica se mide en vatios por hora (Wh); 1.000Wh=1 kW. (Un kilovatio). [7]
- ▲ **Equipo de medición:** Todos los instrumentos, patrones, los materiales de referencia, aparatos auxiliares e instrucciones que se necesitan para efectuar una medición. Este término incluye el equipo de medición utilizado para el ensayo y la inspección, así como el utilizado en la calibración. [7]
- ▲ **Factibilidad:** Documento en donde la Empresa indica la factibilidad y se dan las condiciones para la prestación del servicio de energía eléctrica, para un predio definido por el solicitante. [7]
- ▲ **Factor de carga:** Se define como el cociente de la potencia promedio durante un periodo de tiempo sobre la potencia pico presentada en ese mismo periodo de tiempo. [7]
- ▲ **Factor de diversidad:** Relación entre la demanda máxima de potencia de un sistema y la suma de las demandas de potencia de los subsistemas que lo conforman. [8]
- ▲ **Factor de potencia:** Relación entre la potencia activa (MW) y la potencia aparente (MVA) en un equipo o punto de la red. [8]
- ▲ **Instalaciones a la vista:** Son todas las tuberías conduit que se instalen sobrepuestas a los muros, techos o estructuras, debidamente centrados y fijados por medio de grapas y accesorios fabricados especialmente para ésta aplicación, de manera que obtenga una instalación segura, robusta, con apariencia estética y agradable a la vista y colocados de tal manera que estén alineados en la dirección de los ejes o muros de la edificación. [7]
- ▲ **Instalación eléctrica:** Conjunto de una serie de elementos que permiten la conexión de la energía eléctrica al cliente, tales como el equipo de medida, sellos, cajas, celdas, pernos, chapas, bujes, visor de la caja, etc. y sus conexiones eléctricas. [7]
- ▲ **Instalaciones embebidas o empotradas:** Son todos los componentes, exceptuando los dispositivos finales, que están incrustados directamente en los muros, techos o pisos de la construcción y colocados de tal manera que estén alineados en la dirección de los ejes o muros de la edificación. [7]

- ▲ **Instalaciones Internas o Red Interna:** Conjunto de redes, accesorios y equipos que integran el suministro de energía eléctrica al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, y en general, para Unidades inmobiliarias cerradas, es aquel sistema de suministro de energía eléctrica al inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere. [7]
- ▲ **Interruptor (Switch):** Dispositivo que conecta, desconecta, selecciona o transfiere uno o más circuitos y no está designado como un controlador, como un relé o como una válvula de control. [7]
- ▲ **Lazo de Control:** Combinación de dos o más instrumentos, o arreglo de funciones de control también el paso de señales de uno a otro, con el propósito de medir y/o controlar una variable de un proceso. [7]
- ▲ **Licencia de construcción:** Documento expedido por la entidad competente que autoriza al interesado para iniciar el proceso de construcción. [7]
- ▲ **Luminaria:** Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas, y que incluye todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y para conectarlas al circuito de alimentación. [7]
- ▲ **Máquina Eléctrica:** La que transforma energía mecánica en energía eléctrica, o energía eléctrica en mecánica. El estudio de los transformadores, que transforman energía eléctrica en energía eléctrica, se suele incluir como parte del estudio de las máquinas eléctricas. Por eso, a veces, los transformadores son considerados como máquinas eléctricas. [7]
- ▲ **Montaje o instalación:** Comprende todas las actividades necesarias para la colocación de un equipo o aparato en posición final y condiciones de servicio, tales como: adquisición, transporte, almacenamiento y protección en obra, vigilancia, desempaque, revisión, limpieza, colocación en posición de servicio, fijación, nivelación, ensamble, ajuste, instalación de tuberías conduit, cajas de empalme y accesorios, instalación y conexión de cables hacia otros equipos, revisión general, pruebas individuales, pruebas de conjunto, puesta en servicio, de manera que cumplan el objetivo para el cual se han diseñado. [7]
- ▲ **Niveles de tensión:** Los Sistemas de Transmisión Regional y/o Distribución Local se clasifican por niveles, en función de la tensión nominal de operación, según la siguiente definición: nivel 4: sistemas con tensión nominal mayor o igual a 57.5 kV y menor a 220 kV. Nivel 3: sistemas con tensión nominal mayor o igual a 30 kV y menor de 57.5 kV. Nivel 2:

sistemas con tensión nominal mayor o igual a 1 kV y menor de 30 kV.
Nivel 1: sistemas con tensión nominal menor a 1 kV. [8]

- ▲ **No conformidad:** No cumplimiento de un requisito especificado del sistema de calidad o el no cumplimiento de la Norma NTC-ISO 9001: 2000; el no cumplimiento se puede presentar en el producto o en el proceso. [7]
- ▲ **Normatividad:** Reglamentación interna y externa que regula la prestación del servicio y las relaciones de la empresa con los clientes. [7]
- ▲ **Operador de Red:** es la empresa encargada de la planeación de la expansión, las inversiones, la operación y el mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional (STR) o Sistema de Distribución Local (SDL), incluidas sus conexiones al Sistema de Transmisión Nacional (STN). Los activos pueden ser de su propiedad o de terceros. Para todos los propósitos, son las empresas que tienen cargos por uso de los STR o SDL aprobados por la Comisión Reguladora de energía (CREG). El OR siempre debe ser una Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios. La unidad mínima de un SDL para que un OR solicite cargos por uso corresponde a un Municipio. [7]
- ▲ **Potencia:** La capacidad que tiene un equipo eléctrico cualquiera para desarrollar trabajo, a mayor potencia más trabajo. Se mide en vatios (W) de manera que, por ejemplo un bombillo de 100 W ilumina más que una de 50 W; una bomba de agua de 8kW tiene mayor capacidad de bombeo que una de 4Kw. EPM provee potencia a clientes con grandes demandas de energía, generalmente industriales o comerciales, Es decir pone a su disposición la capacidad eléctrica suficiente para satisfacer la demanda del cliente. [7]
- ▲ **Potencia Efectiva:** Capacidad de producción real de energía que en un momento determinado puede suplir una planta. Normalmente al comienzo es igual a la nominal, pero a medida que se desgasta la planta, va disminuyendo. [7]
- ▲ **Potencia nominal:** Potencia en MW a la que puede operar un equipo sin presentar pérdida de vida útil o daños atribuibles a la operación del mismo. [8]
- ▲ **Punto de conexión:** Es el punto de conexión eléctrico en el cual el equipo de un usuario está conectado a un STR y/o SDL para propósito de transferir energía eléctrica entre las partes. [8]
- ▲ **RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas que fija las condiciones técnicas que garantizan la seguridad en los procesos de

generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica en el país. [7]

- ▲ **Sistema Trifásico:** Conjunto de tres sistemas monofásicos con sus generadores en estrella. Conjunto ordenado de tres funciones sinusoidales de la misma frecuencia, o de sus fasores. [7]
- ▲ **Subestación:** Sitio donde se encuentran ubicados los interruptores y seccionadores, el barraje, pararrayos, transformadores de corriente y potencial y las líneas de interconexión que salen de la planta, para conectarla al sistema nacional o a la carga. [7]
- ▲ **Usuario final:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le denomina también consumidor. [8]
- ▲ **Voltaje:** Trabajo eléctrico que se realiza para transportar una carga entre dos puntos. [7]
- ▲ **Zona común:** Partes del edificio o conjunto sometido al régimen de propiedad horizontal pertenecientes a todos los propietarios de bienes privados, que por su naturaleza o destinación permiten o facilitan la existencia, estabilidad, funcionamiento, conservación, seguridad, uso, goce o explotación de los bienes de dominio particular. (Artículo 3o Ley 675/2001). En otras palabras, podemos hablar de pasillos, corredores, escaleras, ascensores, calles internas de parqueaderos, piscinas, zonas de juegos, salones sociales, etc. [7]

3.2.2 Normatividad vigente

En la Figura 1 se muestra el conjunto de normas vigentes en Colombia para el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas.

NORMAS			
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)	Reglamento Técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP)	Código Eléctrico Colombiano - NTC 2050	Lighting Code - IESNA
National Electrical Code (NEC) - NFPA 70	Normas del Operador de Red	Life Safety Code - NFPA 101	Building Construction and Safety Code - NFPA 500

Figura 1. Normatividad vigente en Colombia

3.2.3 Convenciones

En la figura 2 se pueden observar las diferentes convenciones que se deben utilizar en el diseño de las instalaciones eléctricas para facilitar el entendimiento de los planos.









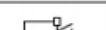


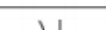








CONVENCIONES		CONVENCIONES	
	BARRAJE DE ACUERDO ESPECIFICACIONES EN PLANO		TOMACORRIENTE NORMAL
	FASE, NEUTRO Y TIERRA		TOMACORRIENTE PATATRABADA
	PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA		TOMACORRIENTE EN PISO
	DPS EN MEDIA TENSIÓN		TOMACORRIENTE UPS
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA		TOMACORRIENTE EN CIELO
	DPS EN BAJA TENSIÓN		TOMACORRIENTE GFCI
	PROTECCIÓN DIFERENCIAL		TOTEM
	CONTACTOR AC1 O AC3		CAJA DE PASO
	CAPACITOR		CAJA DE DISPERSIÓN DE 2 COMPARTIMIENTOS
	CONTADOR ELECTRÓNICO MULTIENERGÍA, 3F, 4H, (2.5-5)A, 208V, ENERGÍA ACTIVA Y REACTIVA, CLASE 0.5s.		TUBERÍA PARA POTENCIA EMT
	CONTADOR ELECTRÓNICO MULTIENERGÍA, 3F, 4H, (2.5-5)A, 208V, ENERGÍA ACTIVA Y REACTIVA, CLASE 0.5.		TUBERÍA PARA POTENCIA PVC
	CONTADOR ELECTRÓNICO 3F, 4H, V:208/120V, 5(100)A CLASE: 1, ENERGÍA ACTIVA Y REACTIVA		TUBERÍA PARA COMUNICACIONES 2Ø1'EMT
			TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
			BANDEJA TIPO MALLA PARA POTENCIA
			BANDEJA TIPO MALLA PARA COMUNICACIONES 30x5,4cm

Figura 2. Convenciones que se utilizarán en el proyecto

4 Metodología

1. Revisión del estado del arte y normativa sobre proyectos orientados al diseño eléctrico de edificaciones.
2. Análisis del sitio de interés (Ciudad del Río-Medellín) para saber las condiciones que se deben tener en cuenta para la construcción (una empresa constructora realiza el levantamiento de los planos).
3. Cálculo de demanda y potencia instalada de la carga que se pretende alimentar, analizando los diferentes equipos.

4. Elaboración de cuadros de carga y diagramas unifilares.
5. Elaboración de cantidades de obra e identificación de materiales para la construcción de las instalaciones eléctricas.
6. Documentación del estudio y diseño de las instalaciones eléctricas.

5 Resultados y análisis

Se cumplió con el objetivo general del proyecto adquiriendo todos los conocimientos y conceptos claves que permitieron entregar un buen diseño detallado del proyecto, cumpliendo además con todas las normas vigentes para este tipo de edificación.

Trabajando en este periodo de tiempo se obtuvo una gran experiencia en el ámbito laboral y se adquirieron nuevas competencias para crecer tanto personal como profesionalmente, y así poder cumplir las metas propuestas poco a poco. A continuación, se resume el proyecto y algunas actividades ejecutadas.

5.1 Especificaciones y alcance del proyecto

La edificación es una torre de 29,245 m² que consta de 3 sótanos, 29 pisos distribuidos entre locales, oficinas y apartamentos. Adicionalmente, cuenta con cargadores para vehículos eléctricos en los sótanos, control de iluminación y medidores inteligentes para aquellas cargas que consumen una gran cantidad de energía; esto le permite a la edificación estar en la vanguardia de las construcciones inteligentes y autosostenibles brindando confort y eficiencia a todos sus usuarios.

El operador de red es la Empresa de servicios públicos de Medellín EPM, el cual dispuso una potencia de 3 MVA a una tensión de 13.2 kV para el proyecto, por lo cual se presentó el proyecto de redes requerido.

En la figura 3 se puede observar una imagen realizada por la empresa constructora Ménsula ingenieros para mostrar cómo quedaría el proyecto una vez esté terminado.



Figura 3. Presentación del proyecto Distrito vera torre B2. [3]

Se recibió por parte del cliente la siguiente información:

- ▲ Licencia de construcción.
- ▲ Planos arquitectónicos.
- ▲ Planos de cubiertas.
- ▲ Detalles de cielos.
- ▲ Ubicación en planta y cargas de equipos de aire acondicionado.
- ▲ Ubicación en planta y cargas de equipos hidrosanitarios.
- ▲ Ubicación en planta y cargas de equipos electromecánicos.
- ▲ Ubicación en planta y cargas de equipos eléctricos asociados a seguridad, control, detención de incendios, CCTV.

Se trabajó en los siguientes ítems:

- ▲ Proyecto de redes.

- ▲ Sistema de puesta a tierra.
- ▲ Apantallamiento.
- ▲ Salidas para iluminación y tomacorrientes zonas comunes.
- ▲ Alimentadores eléctricos locales.
- ▲ Diseño de iluminación.
- ▲ Salidas sistemas electromecánicos.
- ▲ Diseño de comunicaciones para zonas comunes.

Además, se entregaron cantidades de obra y memorias de cálculo de acuerdo a la sección 10.1 del RETIE cumpliendo con la normatividad vigente.

5.2 Planos eléctricos

5.2.1 Subestación

El proyecto contará con una subestación interna ubicada en el sótano #1, la cual tiene como objetivo reducir el nivel de tensión para que el usuario final se pueda conectar. También, sirve como punto de alojamiento de los diferentes equipos y elementos que puedan poner en riesgo la integridad de las personas.

Para realizar el plano de la subestación se necesita conocer:

- ▲ La carga de cada transformador y los tamaños de las celdas a utilizar.
- ▲ Los gabinetes o tableros que estarán en la subestación.
- ▲ El espacio que se dispone para el cuarto de la subestación.
- ▲ Los espacios de trabajo que exige la norma.
- ▲ Forma de alimentar la subestación (punto de conexión).
- ▲ Demás elementos que estarán ubicados en el interior de la subestación.

En la figura 4 se pueden observar los tableros de medida que se utilizaran a futuro para cargadores de vehiculos eléctricos (24 MED. VE).

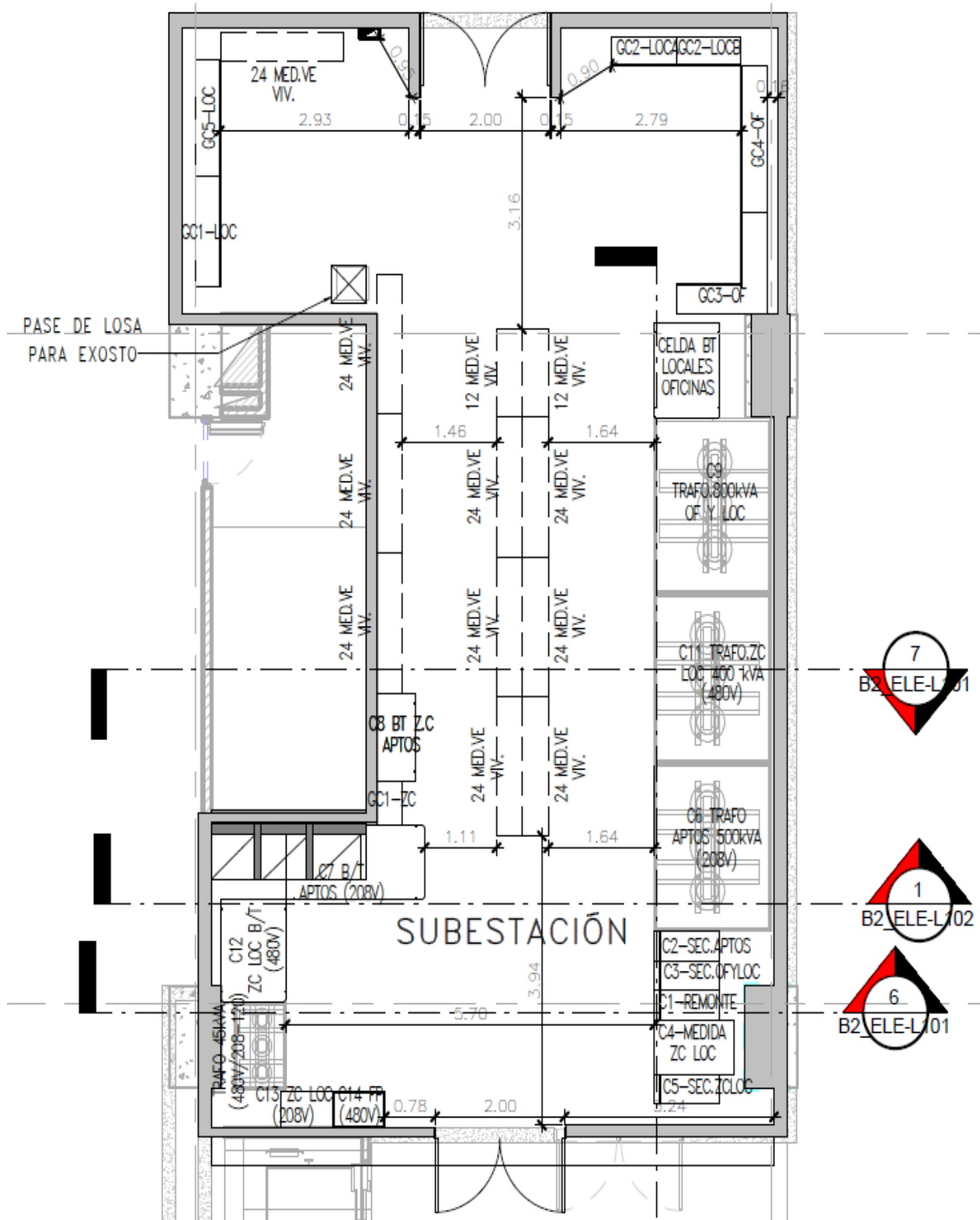


Figura 4. Esquema y equipos de la subestación

En la tabla 1 se puede ver como se nombraron las celdas que estarán ubicadas dentro de la subestación.

Tabla 1. Equipos de subestación

Celda / Gabinete	Equipos Subestación
C1	Celda de remonte
C2	Celda de seccionador apartamentos
C3	Celda de seccionador oficinas y locales
C4	Celda de Medida zonas comunes
C5	Celda de seccionador zonas comunes locales
C6	Celda de transformador apartamentos 500 kVA
C7	Celda (TGA) baja tensión apartamentos
C8	Celda (TGA) zonas comunes apartamentos
C9	Celda de transformador oficinas y locales 800 kVA
C10	Celda (TGA) oficinas y locales
C11	Celda de transformador zonas comunes locales 400 kVA
C12	Celda (TGA) zonas comunes locales 480V
C13	Celda (TGA) zonas comunes locales 208V
C14	Celda de banco de capacitores zonas comunes 480V
GC1-LOC-P1	Gabinete contadores 3 medidas semi-directas comercio: Locales piso 1
GC1-LOCA-P1	Gabinete contadores 11 medidas directas comercio: Locales piso 1
GC1-LOCB-P1,2	Gabinete contadores 11 medidas directas comercio: Locales piso 1 y 2
GC3-OF-P3	Gabinete contadores 5 medidas semi-directas : Oficinas piso 3
GC4-OF-P4	Gabinete contadores 5 medidas semi-directas: Oficinas piso 4
GC5-OF-P5	Gabinete contadores 3 medidas semi-directas y 1 medida directa: Oficinas piso 5

En la sección 110 de la NTC 2050 se encuentran los requisitos para instalaciones eléctricas; para el diseño de la subestación es importante conocer los espacios de trabajo exigidos por la norma, tal y como se indica en la figura 5.

Tensión nominal a tierra	Distancia mínima en (m) según la condición		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0.9	0.9	0.9
151-600	0.9	1.1	1.2

Figura 5. Espacio de trabajo [9]

La condición con la que se trabaja en este proyecto es la condición 3 (ver figura 6), partes energizadas en ambos lados del espacio de trabajo.

Tensión nominal a tierra (V)	Distancia mínima en (m) según la condición		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
601-2500	0.9	1.2	1.5
2501-9000	1.2	1.5	1.8
9001-25000	1.5	1.8	2.7
25001-75000	1.8	2.4	3.0
Más de 75000	2.4	3.0	3.7

Figura 6. Profundidad mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica [9]

5.2.2 Locales

En el proyecto se destinó toda la planta del primer piso para la zona comercial; además, cuenta con un entresuelo o mezzanine que sería como el segundo piso. En total se tienen 24 locales a los cuales se les debe dejar una medida y una conexión a energía; para esta conexión se realizan unos cálculos teniendo en cuenta el área del local y la tabla 220-3b del RETIE para cargas de alumbrado general por tipo de ocupación o el requerimiento del cliente que va a arrendar el local.

Los cálculos efectuados se especifican en la sección 5.3 Memorias de cálculo, allí se muestran la potencia instalada, potencia demandada corriente, alimentadores, protección escogida y regulación.

5.2.3 Oficinas

En total se tienen 14 oficinas repartidas entre el piso tres y el piso cinco; cada una de estas, debe tener una medida y una conexión a energía, para los cálculos se realiza el mismo procedimiento explicado en la sección 5.2.2.

Los cálculos efectuados se especifican en la sección 5.3 Memorias de cálculo, allí se muestran la potencia instalada, potencia demandada corriente, alimentadores, protección escogida y regulación.

5.2.4 Apartamentos

En la parte residencial se tienen 265 apartamentos repartidos entre el piso 6 y el piso 28, los apartamentos se dividen en categorías en las que se varía el área y las comodidades de la construcción.

Para el diseño de redes eléctricas en los apartamentos se hace un plano por cada categoría y este se repite en cada modelo similar. Este tipo de diseño debe tener un poco más de cuidado ya que en estos van a convivir personas todo el tiempo.

PC Mejía Ingeniería no realiza regularmente diseños para proyectos residenciales, se enfatiza más en proyectos con zonas industriales y comerciales.

Los cálculos efectuados se especifican en la sección 5.3 Memorias de cálculo, allí se muestran la potencia instalada, potencia demandada corriente, alimentadores, protección escogida y regulación.

5.2.5 Zonas comunes

Debido a que el proyecto cuenta con parte comercial y parte residencial, así mismo se clasifican las zonas comunes, las zonas comunes cuentan con una gran cantidad de salidas eléctricas sin contar la iluminación. Por esto, se dividen los planos para cada uno de estos ítem brindando un entendimiento más óptimo de los esquemas.

Salidas eléctricas:

- ▲ Bombas eyectoras y de succión
- ▲ Ascensores
- ▲ Aire acondicionado
- ▲ Tomacorriente para las diferentes ubicaciones como baños, zona de administración, lobby entre otros.

Iluminación:

PC Mejía Ingeniería no realiza diseños de iluminación; es por esto, que este servicio lo subcontrata, la empresa encargada de este diseño fue Estudios de iluminación-EDI. Sin embargo, PC Mejía realiza el dimensionamiento del conductor y la distribución de los circuitos de acuerdo al control elegido.

Buscando la mayor eficiencia energética y tener una construcción sustentable, algunas zonas del proyecto se supervisan con un control de iluminación. El proyecto cuenta con control binivel, en el cual se llevan los circuitos desde el tablero eléctrico hasta un tablero de comunicaciones (GreenMax) en el que se realiza la gestión adecuada para ahorrar la mayor cantidad de energía posible y así lograr la certificación LEED. Los circuitos de iluminación que no están controlados por este tipo de tablero se manejan desde interruptores o sensores de presencia.

5.2.6 Diagrama unifilar

Un diagrama unifilar se utiliza para facilitar la comprensión de cómo se conectan los diferentes elementos utilizados en el proyecto, en este caso se tiene un esquema bastante grande debido a la magnitud de la edificación.

5.2.7 Sistema de puesta a tierra y apantallamiento

PC Mejía Ingeniería no realiza diseños de sistemas de puesta a tierra ni apantallamiento; por esto, subcontrata este servicio casi siempre con la empresa INGETESA- Ingeniería y estudios técnicos S. A. Después de realizar el diseño, se envía PC Mejía para agregar los materiales utilizados a las cantidades de obra y tener la guía para implementar el sistema en el proyecto.

5.2.8 Proyecto de redes

El proyecto de redes se necesita para que el operador de red (EPM) tenga garantizada la seguridad y el cumplimiento de la reglamentación en los diferentes diseños de redes eléctricas que se van a conectar a su sistema de energía, Además la RA8-001 es la guía de EPM para presentar debidamente este tipo de proyectos.

Según la RA8-001 de EPM el proyecto de redes debe contener:

- ▲ Diagrama unifilar con notas, convenciones y detalles.
- ▲ Plano con la ubicación y conexión con el punto dado por EPM. Debe incluir la red exterior y la factibilidad.
- ▲ Plano y secciones de las subestaciones.

5.3 Memorias de cálculo

5.3.1 Cuadros de carga

Los cuadros de carga presentan los resultados obtenidos para cada alimentador o circuito, muestran su corriente, protección, calibre del cable, tubería, regulación, entre otros.

La empresa PC Mejía Ingeniería tiene dos tipos de formatos para los cuadros de carga, uno para alimentadores de locales y otro para los circuitos ramales como los de la iluminación y salidas eléctricas de zonas comunes.

Se debe calcular la carga de cada transformador para elegir el valor comercial más cercano. El proyecto cuenta con 5 transformadores con las siguientes especificaciones:

▲ Transformador de apartamentos:

- 500 kVA
- Tipo seco
- Clase F - en resina
- 13.2KV/208-120V

En la figura 7 se presenta el cuadro de cargas con el que se determinó la capacidad del transformador de los apartamentos.

CÁLCULO TRANSFORMADOR (SE TIENE EN CUENTA CAPACIDAD DISPONIBLE PARA MINISPLIT FUTURO DE CADA APARTAMENTO)							
		Proteccion sin A.A	Protección con A.A (Futuro)		Factor de ajuste (Según RA8-009, Tabla 5)	#usuarios	kVA
Usuario Apto estandar EPM (40A-50A-55A) - Carga x apto 0.98kVA	kVA estrato 6 2x	40-50-55	55	A			
Usuarios tipo A1, A2, A4	kVA estrato 6 2x	40	50	A	1,00	105	103
Usuarios tipo A3	kVA estrato 6 2x	40	60	A	1,09	21	22
Usuarios tipo B	kVA estrato 6 2x	40	60	A	1,09	42	45
Usuarios tipo C, D	kVA estrato 6 2x	50	60	A	1,09	69	74
Usuarios tipo E	kVA estrato 6 2x	50	70	A	1,27	21	26
Usuarios tipo A1, A2, A4 Duplex	kVA estrato 6 2x	40	60	A	1,09	3	3
Usuarios tipo A3 Duplex	kVA estrato 6 2x	40	70	A	1,27	1	1
Usuarios tipo B Duplex	kVA estrato 6 2x	50	70	A	1,27	1	1
Usuarios tipo C Duplex	kVA estrato 6 2x	50	70	A	1,27	1	1
Usuarios tipo D Duplex	kVA estrato 6 2x	50	70	A	1,27	1	1
CARGA TOTAL APARTAMENTOS (INCLUYE MINISPLIT FUTURO X APTO)						265	278
CARGAS ZONAS COMUNES VIVIENDA							147
CARGAS PREVISTA 265 CARGADORES VEHICULOS ELÉCTRICOS (15% SOBRE CARGA INSTALADA DE APARTAMENTOS SEGÚN EPM)							42
						TOTAL CARGA DEMANDADA	468

TRANSFORMADOR COMERCIAL (kVA)	500
CARGABILIDAD	94%

Figura 7. Cálculo del transformador de apartamentos

▲ Transformador oficinas y locales:

- 800 kVA
- Tipo seco
- Clase F - en resina
- 13.2KV/208-120V

En la figura 8 se presenta el cuadro de cargas con el que se determinó la capacidad del transformador de las oficinas y locales.

PC Mejía Ingeniería eléctrica		CUADRO RESUMEN DE CARGAS TGA-COM (PISOS 1 A 5) DISTRITO VERA B2										DISTRITO VERA			
Nombre	Descripción	# Cuentas	Pot. Ins. (kVA)	FD	Pot. Dda. (kVA)	I (A)	I+25% (A)	Protecc.	Localización	Dist. (m)	Alimentador AWG, Al, LSFH	Pérdidas (%)	Pérdidas (%) Acumuladas	Regulación (%)	Regulación (%) Acumulada
	INTERCONEXIÓN ENTRE TRAFIO Y CELDA BT									4	Barraje en cobre (2) ,2860A, 208 V	0,04%		0,06%	
GC1-LOC	GABINETES DE CONTADORES 1 - LOCALES PISO 1	3 semidirectas	118,45	0,88	80,54	224	279	3x300	Subestación sótano 1	18	3 x (3 No.40 (F)) + 1 No.40 (N)) + 1 No.2 (T)	0,21%	0,29%	0,33%	0,36%
GC2-LOC	GABINETES DE CONTADORES 1 - LOCALES P1	11 directas	206,48	0,88	136,72	388	485	3x500	Subestación sótano 1	11	4 x (3 No.40 (F)) + 1 No.40 (N)) + 2 No.10 (T)	0,19%	0,23%	0,26%	0,28%
GC2-LOC	GABINETES DE CONTADORES 1 - LOCALES P1 + VEHICULOS ELÉCTRICOS S1	11 directas	177,79	0,88	120,60	338	419	3x500	Subestación sótano 1	11	4 x (3 No.40 (F)) + 1 No.40 (N)) + 2 No.10 (T)	0,16%	0,20%	0,25%	0,32%
GC3-OF	GABINETES DE CONTADORES 3 - OFICINAS PISO 3	5 semidirectas	340,32	0,88	231,42	642	803	3x800	Subestación sótano 1	8	6 x (3 No.40 (F)) + 1 No.40 (N)) + 2 No.40 (T)	0,15%	0,19%	0,23%	0,30%
GC4-OF	GABINETES DE CONTADORES 4 - OFICINAS PISO 4	5 semidirectas	337,78	0,88	228,09	638	797	3x800	Subestación sótano 1	11	6 x (3 No.40 (F)) + 1 No.40 (N)) + 2 No.40 (T)	0,20%	0,24%	0,32%	0,38%
GC5-OF	GABINETES DE CONTADORES 5 - OFICINAS PISO 5	3 semidirectas y 1 directa	138,29	0,88	94,04	261	328	3x350	Subestación sótano 1	18	3 x (3 No.40 (F)) + 1 No.40 (N)) + 1 No.10 (T)	0,24%	0,28%	0,36%	0,44%

TOTAL CARGAS COMERCIO (VA)	1.318	0,60	791
TRANSFORMADOR COMERCIAL (kVA)	800		
CARGABILIDAD TRANSFORMADOR	89%		

Figura 8. Cálculo del transformador oficinas y locales

▲ Transformador zonas comunes Locales (480 V):

- 400 kVA
- Tipo seco
- Clase F - en resina
- 13.2KV/480-277V

En la figura 9 se presenta el cuadro de cargas con el que se determinó la capacidad del transformador (408 V) de las zonas comunes de los locales.

PC Mejía Ingeniería eléctrica		CUADRO RESUMEN DE CARGAS TGA-ZC LOCALES 480V DISTRITO VERA										DISTRITO VERA	
Nombre	Descripción	Pot. Ins. (kVA)	FD	Pot. Dda. (kVA)	I (A)	I+25% (A)	Protecc.	Localización	Dist. (m)	Alimentador AWG, Al, LSFH	Pérdidas (%)	Regulación (%)	
TBOM-S3	TABLERO DE BOMBAS INFERIORES 480V: TBOM-S3	89,04	1,00	89,04	84	105	3x125	Sótano 3 - Cuarto bombas	89	3N20 (F) + 1N20 (N) + 1N4 (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 2"	661,04	1,42%	
TRCI-S3	TABLERO DE BOMBA JOCKEY (RCJ) 480V: TBJOCKEY-S3	8,06	1,00	8,06	10	13	3x40	Sótano 3 - Cuarto bombas	89	3N6 (F) + 1N6 (N) + 1N6 (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1"	77,10	0,89%	
TASC-P5	TABLERO DE ASCENSORES LOCALES 480V: TASC-P5	48,13	0,90	41,51	50	62	3x80	Punto fijo piso 5	94	3N20 (F) + 1N20 (N) + 1N6 (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 2"	738,23	1,78%	
TAA-P5	TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO LOCALES 480V: TAA-P5	0,94	1,00	0,94	1	1	3x30	Punto fijo piso 5	94	3N6 (F) + 1N6 (N) + 1N6 (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1"	0,77	0,09%	
TRIEGO-S2	TABLERO DE BOMBAS RIEGO 480V: TRIEGO-S2	10,00	1,00	10,00	12	15	3x30	Sótano 2 - Cuarto eléctrico (Ubicación asumida)	38	3N6 (F) + 1N6 (N) + 1N6 (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1"	94,84	0,37%	
TAA-P29	TABLERO DE EQUIPOS AIRE ACONDICIONADO CUBIERTA 480V: TAA-P29	347,27	1,00	347,27	418	522	3x630	Cuarto eléctrico nivel 29	38	4x(3N40 (F)) + 1N40 (N)) + 1N20 (T) Canaleta 40 x 8 cm	1830,99	0,47%	
TGA-ZCLOC 208V	TGA-ZC LOCALES 208V	49,29	0,80	39,43									

TOTAL CARGAS 480V (VA)	532	0,70	372
TRANSFORMADOR COMERCIAL (kVA)	400		
CARGABILIDAD TRANSFORMADOR	93%		

Figura 9. Cálculo del transformador zonas comunes (480V)

▲ Transformador zonas comunes locales (208 V):

- 45 kVA
- Tipo seco
- Clase F - en resina

- 480V/208-120V

En la figura 10 se presenta el cuadro de cargas con el que se determinó la capacidad del transformador (208 V) de las zonas comunes de los locales.

PC Mejía Ingeniería eléctrica		CUADRO RESUMEN DE CARGAS TGA-ZC LOCALES 208V DISTRITO VERA										VERA	
Nombre	Descripción	Pot. Ins. (kVA)	FD	Pot. Dda. (kVA)	I (A)	I ² S% (A)	Protecc.	Localización	Dist. (m)	Alimentador AWG, Al, LSFH	Pérdidas (W)	Regulación (%)	
TSERV-P5	TABLERO DE SERVICIOS ASCENSORES LOCALES 208V: TSERV-P5	2,82	1,00	2,82	14	17	2x40	Punto fijo piso 5	94	2N ⁴ (F) + 1N ⁴ (N) + 1N ⁶ (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1 1/4"	49,88	2,05%	
TSE-S1	TABLERO DE SUBESTACIÓN 208V: TSE-S1	3,74	1,00	3,74	10	13	3x40	Subestación Sótano 1	23	3N ⁶ (F) + 1N ⁶ (N) + 1N ⁶ (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1"	19,78	0,53%	
TIL-P1	TABLERO DE ILUMINACIÓN LOCALES (PISOS 1,3) 208V: TIL-P1	6,08	1,00	6,08	17	21	3x40	Cuarto asejo Piso 1	32	3N ⁶ (F) + 1N ⁶ (N) + 1N ⁶ (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1"	72,77	1,20%	
TTO-P1	TABLERO DE TOMAS LOCALES (PISOS 1,3) 208V: TTO-P1	11,77	0,80	10,56	29	37	3x40	Cuarto asejo Piso 1	32	3N ⁴ (F) + 1N ⁴ (N) + 1N ⁶ (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1 1/4"	138,80	1,31%	
TIL-P5	TABLERO DE ILUMINACIÓN LOCALES (PISOS 4,5) 208V: TIL-P5	4,66	1,00	4,66	13	16	3x30	Cuarto asejo Piso 5	42	3N ⁶ (F) + 1N ⁶ (N) + 1N ⁶ (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1"	56,04	1,20%	
TTO-P5	TABLERO DE TOMAS LOCALES (PISOS 4,5) 208V: TTO-P5	18,74	0,80	14,99	42	52	3x30	Cuarto asejo Piso 5	42	3N ² (F) + 1N ² (N) + 1N ⁶ (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1 1/2"	238,58	1,52%	
TU-P3	TABLERO TOMAS UPS 208V: TU-P3	1,47	1,00	1,47	7	9	2x30	Cuarto asejo Piso 5	35	2N ⁶ (F) + 1N ⁶ (N) + 1N ⁶ (T) Mínimo en Tubería 1 x Φ 1"	8,12	0,84%	

TOTAL CARGAS 208V (VA)	49	0,80	39
TRANSFORMADOR COMERCIAL (kVA)	45		
CARGABILIDAD TRANSFORMADOR	88%		

Figura 10. Cálculo del transformador zonas comunes (208V)

▲ Transformador zonas comunes locales transferencia de planta eléctrica:

- 75 kVA
- Tipo seco
- Clase F - en resina
- 480 KV/208-120V

La planta eléctrica funciona a una tensión de 480 voltios, se encuentra en el sótano 2 y tiene una capacidad de 175 kW. Esta no respalda la totalidad de las cargas de las zonas comunes, ya que algunas cargas funcionan a una tensión de 208 voltios, dando lugar a la necesidad del transformador reductor de 75 kVA. En la figura 11 se muestra el cuadro de cargas para el dimensionamiento de la planta eléctrica.

PC Mejía Ingeniería eléctrica		CUADRO RESUMEN DE CARGAS PLANTA 480V DISTRITO VERA B2				VERA		
Nombre	Descripción	Pot. Ins.(kVA)	FD	Pot. Dda. (kVA)	I (A)	I+25% (A)	Protecc.	Observación
Celda C8 Zonas Comunes Apartamentos								
TIL-S2	TABLERO DE ILUMINACIÓN SÓTANOS : TIL-S2	3,70	1,00	3,70				Se respalda 50% de iluminación circulación vehicular. Circuitos 1,7,8,17,18
TN-P11	TABLERO DE ILUMINACIÓN Y TOMAS APARTAMENTOS PISOS 6 A 16 : TN-P11	19,58	0,90	17,83				Se respalda 100% iluminación de circulación apartamentos, debido a funcionamiento de control de iluminación
TN-P22	TABLERO DE ILUMINACIÓN Y TOMAS APARTAMENTOS PISOS 17 A 29 : TN-P22	20,44	0,90	18,40				
TBOM-P29	TABLERO DE BOMBAS CUBIERTA : TBOM-P29	3,73	1,00	3,73				Respaldo 100%
TASC-P29	TABLERO DE ASCENSORES APARTAMENTOS CUBIERTA: TASC-P29	46,13	0,90	41,51				Respaldo 100%
TSERV-P29	TABLERO DE SERVICIOS ASCENSORES APARTAMENTOS CUBIERTA : TSERV-P29	2,82	1,00	2,82				Respaldo 100%
	TOTAL	96,40	0,70	67,48				
Celda C12 Zonas Comunes Locales								
TBOM-S3	TABLERO DE BOMBAS INFERIORES 480V: TBOM-S3	69,94	1,00	69,94				Respaldo 100%
TBJOCKEY-S3	TABLERO DE BOMBA JOCKEY (RCI) 480V:TBJOCKEY-S3	8,66	1,00	8,66				Respaldo 100%
TASC-P5	TABLERO DE ASCENSORES LOCALES 480V: TASC-P5	46,13	0,90	41,51				Respaldo 100%
TSERV-P5	TABLERO DE SERVICIOS ASCENSORES LOCALES 208V: TSERV-P5	2,82	1,00	2,82				Respaldo 100%
TSE-S1	TABLERO DE SUBESTACIÓN 208V: TSE-S1	3,74	1,00	3,74				Respaldo 100%
TIL-P1	TABLERO DE ILUMINACIÓN LOCALES (PISOS 1,3) 208V: TIL-P1	6,68	1,00	6,68				Se respalda 100% iluminación de pisos 1,3,4,5, debido a funcionamiento de control de iluminación
TIL-P5	TABLERO DE ILUMINACIÓN LOCALES (PISOS 4,5) 208V: TIL-P5	6,17	1,00	6,17				
	TOTAL	144,14	0,70	100,90				
TOTAL CARGAS 480V (VA)		241	0,70	168				
PLANTA COMERCIAL 175kW (218,8kVA)				218,8				
CARGABILIDAD TRANSFORMADOR				77%				

Figura 11. Cálculo de planta eléctrica (480V)

5.3.2 Ocupación de canaletas

Para transportar los conductores hasta las cargas se necesita algún tipo de soporte o contenedor; en este proyecto se utilizaron canaletas, bandejas portacables y tuberías. El RETIE y la NTC 2050 son los que determinan el porcentaje de ocupación y las zonas en las que se deben instalar una u otra.

Se tienen tres tipos de tubería según el lugar donde se vaya a realizar la instalación, IMC para intemperie, EMT para instalaciones interiores y PVC para elementos empotrados.

5.3.3 Banco de capacitores

Debido a todas las cargas inductivas que se tienen en las zonas comunes de los locales como ascensores, bombas eléctricas y aire acondicionado, se decidió implementar un banco de capacitores para mejorar el factor de potencia de la instalación, la empresa tiene un formato para calcular el tipo de banco que se debe instalar en el proyecto teniendo en cuenta el factor de potencia que se tiene y al que se quiere llegar.

En la figura 12 se muestra la configuración y especificaciones del banco de capacitores utilizado en el proyecto.

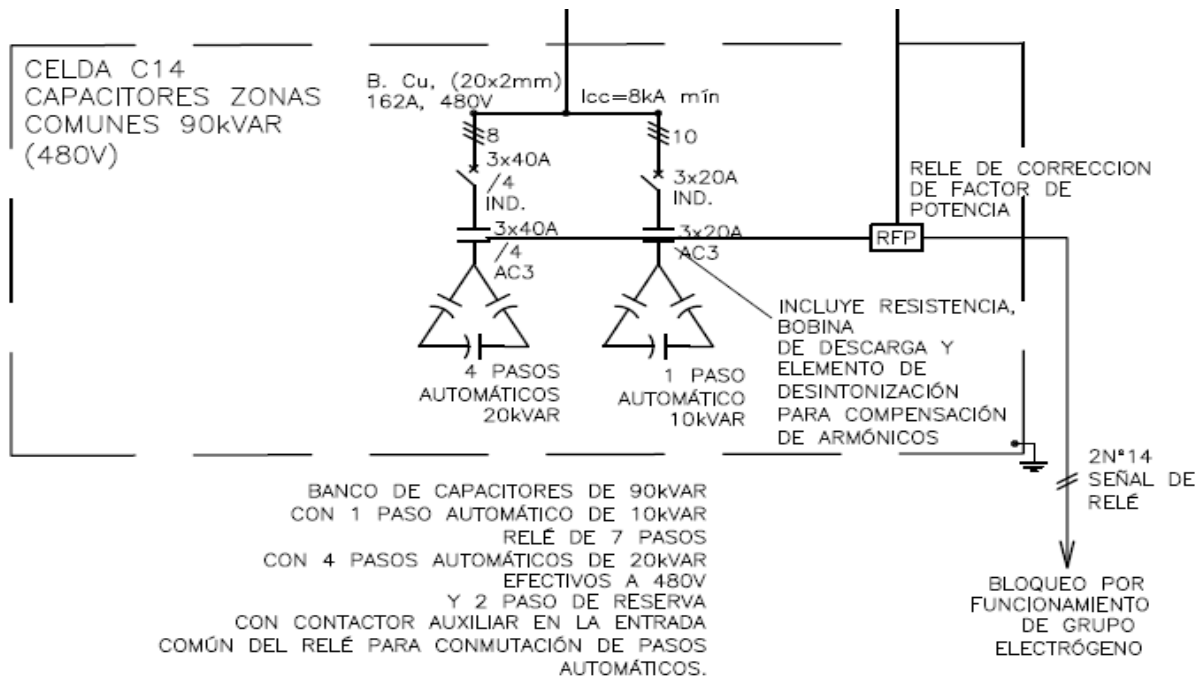


Figura 12. Banco de capacitores en diagrama unifilar (480V)

5.3.4 Cálculo de corto circuito

El cálculo de cortocircuito se realiza en este caso utilizando un formato de EPM, el cual fue adecuado por la empresa PC Mejía Ingeniería; además se tiene que tener en cuenta el documento que brinda EPM con la impedancia en el punto de conexión y la corriente de cortocircuito en el punto mencionado.

Debido a la gran magnitud del proyecto se realizó el cálculo de cortocircuito para cada transformador y así facilitar el entendimiento y análisis.

5.3.5 Matriz de riesgo eléctrico

El manejo de la electricidad siempre trae consigo amenazas a la integridad tanto de los equipos como de las personas, utilizando la metodología descrita en el artículo 9 del RETIE se puede evaluar los riesgos y determinar algunas acciones para mitigarlo.

Tabla 2. Matriz para análisis de riesgos

CONSECUENCIAS	En personas	Económicos	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al año en Empresa
Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Intenacional	5	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Este proyecto tiene varios riesgos para evaluar como se muestra en la tabla 2, además se debe hacer el análisis en la subestación, los medidores, tableros de distribución entre otros.

5.3.6 Análisis de tensión requerido

La mayoría de los equipos eléctricos funcionan con unos niveles de tensión estandarizados según el lugar donde se van a instalar; para este proyecto, se utiliza las tensiones de 13200V en el punto de conexión a la red y se emplean tensiones de 480V/277V para equipos de gran consumo energético y 208V/120V para los demás equipos que conforman el proyecto.

5.3.7 Calculo electromagnético

Para este proyecto se debe hacer el cálculo de campo electromagnético ya que se tienen corrientes mayores a 1000 A en las instalaciones. En el artículo 14.3 del RETIE se indican los valores límites de exposición a los campos electromagnéticos. En la figura 13 se muestran los valores límites de exposición a campos electromagnéticos, según el RETIE.

TIPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO(kV/m)	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT)
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas.	8,3	1000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4,16	200

Figura 13. Valores límites de exposición a campos electromagnéticos [10]


	CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS		VER 1
			<small>20 de Febrero de 2015</small>
PROYECTO:			
BAJA TENSIÓN			
Intensidad de campo eléctrico			
Tensión de fase del conductor (V)	ϕ	480	
Radio del conductor (m)	$r1$	0,0160	
Distancia del conductor a punto de medición del campo (m)	$r2$	6,0	
Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	E	0,01	
Intensidad de campo eléctrico permitido (kV/m)	$E_{m\acute{a}x}$	8,3	
CONCLUSIÓN		0,01349 < 8,3	CUMPLE
Densidad de campo magnético			
Corriente (A)	I	2500	
Permeabilidad magnética del vacío ($\mu T \cdot m/A$)	μ_0	1,25664	
Distancia del conductor a punto de medición del campo (m)	r	5,0	
Densidad de campo magnético (μT)	B	100,00	
Intensidad de campo magnético permitido (μT)	$B_{m\acute{a}x}$	1000	
CONCLUSIÓN		100 < 1000	CUMPLE

Figura 14. Resultado cálculo de campos electromagnéticos

En la figura 14 se muestran el formato que se utiliza en la empresa para realizar el cálculo de campos electromagnéticos.

5.3.8 Cálculo económico de conductores

En este cálculo se compara la factibilidad de aumentar el calibre de los conductores mayores a 1/0 AWG de las instalaciones teniendo en cuenta una serie de parámetros como la vida útil del conductor, costo de KWh en la instalación, tensión, Potencia instalada, corriente demandada y longitud del conductor.

5.3.9 Coordinación de protecciones

Las protecciones eléctricas se utilizan para proteger un sistema eléctrico y así poder evitar daños en las instalaciones, equipos eléctricos y accidentes en las personas.

Algunos tipos de protecciones son:

- Fusibles
- Seccionadores
- Interruptores

- Reconectores


Para realizar la coordinación de protecciones del proyecto se utilizó un software de un proveedor llamado *Schneider electric*, el software se puede encontrar en línea y se llama *Electric calculation tools*, esta herramienta permite obtener una buena selectividad evitando disparos innecesarios en la instalación eléctrica.

5.4 Cantidades de obra

Esta es una de las labores más relevantes cuando se realiza un diseño eléctrico, ya que permite tener una idea del costo total del proyecto y así realizar licitaciones y analizar las ganancias que se van a producir para la empresa.

PC Mejía Ingeniería ya tiene un formato establecido para las cantidades de obra y se divide la siguiente manera:

1. Redes exteriores
2. Subestación eléctrica
3. Sistema de puesta a tierra
4. Tableros de distribución
 - a. Locales y oficinas
 - b. Zonas comunes
 - c. Parte residencial
5. Canalizaciones
 - a. Canaletas locales y oficinas
 - b. Canaletas zonas comunes
 - c. Tubería alimentación gabinete de contadores
 - d. Tubería alimentación locales y oficinas
 - e. Tubería alimentación zonas comunes

- 
6. Alimentadores y circuitos ramales
 - a. Alimentación a gabinete de contadores
 - b. Alimentador locales y oficinas
 - c. Alimentador a tableros zonas comunes
 - d. Circuitos ramales tomas de servicio zonas comunes
 - e. Circuitos ramales iluminación y tomas zonas comunes
 - f. Circuitos ramales equipos aire acondicionado, bombas y equipos de desplazamiento vertical
 7. Salidas de iluminación y tomas
 8. Iluminación
 9. Control iluminación
 10. Comunicaciones
 11. Automatización, seguridad y sonido
 12. Equipos especiales
 13. Sistemas de electro barras
 14. Tramites

Se debe realizar un seguimiento a los ítems en el diagrama unifilar y en la vista en planta siguiendo un orden lógico.

5.5 Manual de especificaciones

El manual de especificaciones es un documento donde se muestran todas las especificaciones técnicas y de construcción complementarias de los equipos que se van a utilizar en el diseño eléctrico del proyecto como los transformadores, las plantas eléctricas, luminarias, canalizaciones y sus respectivos soportes, UPS entre otros.

5.6 Informe RETIE

El RETIE en su artículo 10.1 establece:

Toda instalación eléctrica a la que aplique RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación. El diseño detallado según el tipo de instalación y complejidad deberá cumplir con los aspectos que apliquen de la siguiente lista:

Tabla 3. Listado de memorias de cálculo artículo 10.1 RETIE

Listado de Memorias de Cálculo Artículo 10.1 RETIE				
DISTRITO VERA B2				
Ítem	Cálculos exigidos por el RETIE	Aplica	No Aplica	Número de anexo
a	Análisis y cuadros de cargas, análisis de factor de potencia	X		Carpeta 1 y 3. Cuadros de carga y banco de condensadores
b	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico	X		Memorias de cálculo
c	Análisis de cortocircuito	X		Carpeta 4. Corto circuito
d	Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos	X		Carpeta 5. SPT y apantallamiento
e	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos	X		Carpeta 6. Matriz de Riesgo eléctrico
f	Análisis de nivel de tensión requerido	X		Memorias de cálculo
g	Cálculo de campos electromagnéticos	X		Memorias de cálculo y Carpeta 7. Campos electromagnéticos
h	Cálculo de transformadores	X		Carpeta 1. Cuadros de carga
i	Cálculo de sistemas de puesta a tierra	X		Carpeta 5. SPT y apantallamiento
j	Cálculo económico de conductores	X		Carpeta 8. Cálculo económico de conductores
k	Verificación de conductores teniendo en cuenta el tiempo de disparo de interruptores	X		Carpeta 4. Corto circuito
l	Cálculo mecánico de estructuras	X		Memorias de cálculo
m	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.	X		Carpeta 9. Coordinación de protecciones
n	Cálculos de canalizaciones	X		Carpeta 2. Ocupación de canaletas
o	Cálculos de pérdidas de energía	X		Carpeta 1. Cuadros de carga
p	Cálculos de regulación	X		Carpeta 1. Cuadros de carga
q	Clasificación de áreas		X	Memorias de cálculo
r	Elaboración de diagramas unifilares	X		Carpeta 10. Planos eléctricos
s	Elaboración de planos y esquemas para construcción	X		Carpeta 10. Planos eléctricos
t	Especificaciones de construcción complementarias a los planos	X		Manual de espec. de construcción en inst. eléctricas DVB2
u	Establecer distancias de seguridad requeridas	X		Memorias de cálculo
v	Justificación técnica de desviación de la NTC2050 cuando sea permitido		X	
w	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación		X	

Para este informe RETIE 10.1 la empresa cuenta con un formato en el cual se plasma la información y los cálculos correspondientes con el proyecto.

6 Conclusiones

- ▲ Con el presente informe se logra presentar un resumen del trabajo realizado en el diseño de la red eléctrica de una edificación mixta como practicante en la empresa PC Mejía ingeniería S.A.
- ▲ Se logran cumplir los objetivos planteados al comienzo de este proyecto tales como la realización de memorias de cálculo, planos preliminares de diseño, cálculo de regulación, cálculo de ocupación de bandejas portacables, selección de conductores, entre otros.
- ▲ Se comprende y aplica la reglamentación vigente en el proyecto.
- ▲ Se logra mejorar en el manejo del software AutoCAD en los diseños de los planos eléctricos y diagrama unifilar.
- ▲ Se adquirieron diferentes perspectivas sobre esta experiencia dando ideas de como la academia discrepa del mundo laboral en la mayoría de los casos.

Referencias bibliográficas

- [1] CYC Ingenieros. Importancia de las instalaciones eléctricas. [En línea]. Disponible:
<http://www.cycingenieros.net/blog/la-importancia-de-una-correcta-instalacion-electrica>.
- [2] Comisión de regulación de comunicaciones. (2019, Jul). Reglamento de redes internas de telecomunicaciones (RITEL). [En línea]. Disponible:
<https://www.crcom.gov.co>.
- [3] Ménsula constructora. (2020 febrero). Distrito Vera. [En línea]. Disponible:
<https://mensula.com/proyectos/vivienda/edificios-vivienda/distrito-vera/>.
- [4] Certicalia. Certificación LEED. [En línea]. Disponible:
<https://www.certicalia.com/certificacion-leed/que-es-la-certificacion-leed>
- [5] PC Mejía S.A. PC Mejía S.A Ingeniería Eléctrica. [En línea]. Disponible:
<http://pcmejia.com.co>.
- [6] H. R. B. ACERO, «Desarrollo de una metodología de diseño eléctrico para un sistema de emergencia y reserva en edificios con tensiones de menos de 600v nominales» 2008. [En línea]. Disponible:
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17059/T42.08>
- [7] EPM, «Diccionario de servicios públicos» 2019. [En línea]. Disponible:
<https://www.epm.com.co/site/home/diccionario-de-servicios-publicos>.
- [8] XM, «Glosario XM» [En línea]. Disponible:
<http://www.xm.com.co/corporativo/Paginas/Herramientas/glosario.aspx>.
- [9] Código eléctrico colombiano. (1998, Nov 25). Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050). [En línea]. Disponible:
<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>.
- [10] Ministerio de minas y energía. (2013, Agosto 30). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). [En línea]. Disponible:
<https://www.asei-ingenieria.com/documents/retie.pdf>.