



**Diseño de la Infraestructura Eléctrica y Neumática para la Serviteca**

**Club Services la 28 S.A.S**

**Freddy Eliseo López Arias**

11131625894

**Universidad Antonio Nariño**

Programa de Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2022

**Diseño de la Infraestructura Eléctrica y Neumática para la Serviteca  
Club Services la 28 S.A.S**

**Freddy Eliseo López Arias**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Electromecánico**

Director (a):  
Ing. Hugo Ferney Alba Díaz

Línea de Investigación:  
Instalaciones eléctricas

**Universidad Antonio Nariño**

Programa de Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2022

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

\_\_\_\_\_.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

Bogotá, 29-October-2022.

*Dedicatoria*

*A DIOS y a mi madre bella.*

## **Agradecimientos**

Agradesco a todas las personas que nos brindaron la facilidad de desempeñar este diseño en la serviteca, a los profesores y personas que hicieron parte de mi proceso académico.

## Contenido

Contenido	II
Lista de Figuras	1
Lista de Símbolos y Abreviaturas	4
Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
1 Planificación del Proyecto	8
1.1 Objetivos	8
1.1.1 Objetivo General	8
1.1.2 Objetivos Específicos	8
2 Marco Teórico	9
2.1 Conceptos Generales	9
2.1.1 Iluminación	9
2.1.2 Salidas Eléctricas	12
2.1.3 Cuadro de Cargas	13
2.1.4 Distorsión Armónica y Factor de Potencia	13
2.1.5 Coordinación de Aislamiento Eléctrico	14
2.1.6 Cortocircuito y Falla a Tierra.	15
2.1.7 Nivel de Tensión Requerido	15
2.1.8 Campos Electromagnéticos	15
2.1.9 Información de Cálculo de Transformadores	15
2.1.10 Sistema de Puesta a Tierra	16
2.1.11 Información de Cálculo Económico de Conductores	16
2.1.12 Verificación de Conductores	16
2.1.13 Información de Cálculo Mecánico de Estructuras	17
2.1.14 Coordinación de Protecciones	17
2.1.15 Información de Canalización y Volumen de Encerramiento	17
2.1.16 Bandeja Portacable	18
2.1.17 Pérdida de Energía	18

2.1.18	Regulación de Tensión	18
2.1.19	Diagrama Unifilar	19
2.1.20	Red Neumática	19
2.1.21	Monogramas	20
2.1.22	Diseño Eléctrico	21
3	Metodología y Cálculos	28
3.1	Levantamiento de Información	28
3.1.1	Planos Arquitectónicos de la Instalación.	28
3.1.2	Diseño y Calculo de Iluminación	33
3.1.3	Diseño y Calculo de Tomas de Servicio	38
3.1.4	Cálculos y Resultados	40
3.1.5	Cuadro de Cargas Iniciales	40
3.1.6	Análisis de Cortocircuito y Falla a Tierra	42
3.1.7	Sistema de Puesta a Tierra	43
3.1.8	Verificación de Conductores	43
3.1.9	Cálculo y Coordinación de Protecciones	44
3.1.10	Calculo de Canalización y Volumen de Encerramiento	45
3.1.11	Calculo de Bandeja Portacable	46
3.1.12	Cálculos de Pérdida de Energía	47
3.1.13	Calculo de Regulación	48
3.1.14	Elaboración de Diagrama Unifilar	49
3.1.15	Diseño de la Red Neumática	50
3.1.16	Dimensionamiento de Herramienta Neumática	52
3.1.17	Información del Compresor	52
3.1.18	Diseño Físico de la Red Neumática	53
4	Conclusiones	57
5	Referencias Bibliográficas	58

## Lista de Figuras

Figura 1. Acometida eléctrica	22
Figura 2. Equipo de medida	22
Figura 3. Interruptor general	23
Figura 4. breaker termo magnético	23
Figura 5. Breaker diferencial	24
Figura 6. Cuadro o tablero eléctrico	24
Figura 7. Cable eléctrico	25
Figura 8. Tomas eléctricas	25
Figura 9. Tomas bifásicas y trifásicas	26
Figura 10. Sistema de puesta a tierra	26
Figura.11 Tubería y canalización.	27
Figura 12. Plano Arquitectónico Planta Piso 1	28
Figura 13. Plano Arquitectónico Planta Piso 2	28
Figura 14 Elevador de dos columnas No 1	30
Figura 15 Elevador de dos columnas No 2	30
Figura 16. Compresor	31
Figura 17. Rampa de tijera	31
Figura 18. Equipo de alineación 3D	32
Figura 19. Equilibradora Electrónica	32
Figura 20. Montallantas	33
Figura 21. DIALux Serviteca	33
Figura 22. DIALux Serviteca	34
Figura 23. Objeto de Calculo Software DIALux	34
Figura 24. Plano Luminarias piso 1	36
Figura 25. Plano Luminarias piso 2	37
Figura 26. Plano salidas eléctricas, Caja de acometida	38
Figura 27. Plano salidas eléctricas, Tablero Regulado Piso 2	39



Figura. 28 Análisis de Cortocircuito Implementado en Software	42
Figura 29. Curva de Protecciones	45
Figura 30. Diagrama Unifilar Tablero General	50
Figura 31. Diseño físico de la red de neumática.	53
Figura 32. Monograma para cálculo de tubería.	55

### Lista de Tablas

Tabla 1. Índice UGR Máximo y Niveles de Iluminancia Exigible Tabla 410.1	9
Tabla 2. Tabla 210.24 Resumen de los Requisitos Para los Circuitos Ramales. Tabla 210.24	13
Tabla 3. Calibre Mínimo de Conductor de Puesta a Tierra Tabla 250-95	16
Tabla 4. Porcentaje de la Sección Transversal de Tubos para Cables Tabla 1 NTC 2050	17
Tabla 5. Monograma	20
Tabla 6. Elevador de Dos Columnas No 1	30
Tabla 7. Elevador de Dos Columnas No 2	30
Tabla 8. Compresor	31
Tabla 9. Rampa de Tijera	31
Tabla 10. Equipo de Alineación 3D	32
Tabla 11. Equilibradora Electrónica	32
Tabla 12. Montallantas	33
Tabla 13. Resumen de Resultados Planos Útiles Analizados	35
Tabla 14. Cuadro de Cargas	40
Tabla 15. Ficha Técnica Luminarias Sylvania 40 W	41
Tabla 16. Ficha Técnica Luminarias Sylvania 100 W	42
Tabla 17. Verificación de Conductores Por Cortocircuito	44
Tabla 18. Calculo de Canalizaciones Tablero General de Distribución.	46
Tabla 19. Calculo de Bandeja Portacable.	47
Tabla 20. Cálculos de Pérdida de Energía.	48
Tabla 21. Calculo de Regulación Tablero General de Distribución.	49
Tabla 22. Dimencionamiento de Herramienta Neumatica.	52
Tabla 23. Ficha Técnica del Compresor	52
Tabla 24. Longitud Equivalente en Tubería ( Metros.)	54
Tabla 25. Sumatoria Herramienta Neumática	55
Tabla 26. Medidas Diámetro Interno de Tubería.	56

---

**Lista de Símbolos y Abreviaturas**

<b>Símbolo</b>	<b>Término</b>
°C	Unidad para medición de temperatura (Grados Celsius)
A	Unidad de intensidad de corriente eléctrica (Amperios)
AC	Corriente eléctrica alterna
HP	Potencia dada en caballos de fuerza
Hz	Unidad de medida para la frecuencia
kW	Potencia eléctrica dada en vatios
NTC 2050	Norma Técnica Colombiana sobre el Código Eléctrico Colombiano
V	Unidad para la tensión eléctrica (Voltios)
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
NEC	National Electrical Code

## Resumen

La empresa de transportes especiales FSG ubicada en la ciudad de Bogotá, cuenta con una flota aproximada de 500 vehículos principalmente de camionetas tipo PICK UP. Observando el crecimiento del parque automotor y teniendo en cuenta que los automóviles al prestar los servicios requieren de mantenimientos, inspecciones, corrección de fallas etc. Se hace evidente la necesidad de garantizar el buen funcionamiento de los vehículos, la empresa de transportes decidió que requiere una serviteca o taller de servicio técnico automotriz propio con la finalidad de evitar accidentes y prolongar la vida útil de las máquinas y considerando los costos directos, tiempos de atraso y mala calidad en ocasiones en muchos centros de servicio.

Para llevar a cabo este propósito la Empresa dispone de un predio en la localidad de Barrios Unidos, donde se desea construir la serviteca de nombre CLUB SERVICES LA 28 S.A.S. Para llevar a cabo esta idea es importante adquirir la maquinaria que va operar en esta instalación, considerando que al realizar la elección e instalación de los equipos hay que tener en cuenta la normativa existente para los sistemas eléctricos y neumáticos requeridos en esta actividad.

Por consiguiente, para lograr el buen funcionamiento de la serviteca, este proyecto inicia con la elaboración de los diseños eléctrico y neumático considerando los cálculos que rigen estas ciencias cuyo resultado primordial es brindar el funcionamiento y la seguridad en esta labor.

**Palabras Claves:** infraestructura eléctrica, infraestructura neumática, taller de servicio automotriz, la neumática al servicio electromecánico, la electricidad al servicio electromecánico.

### Abstract

The special transport company FSG Located in the city of Bogotá, it has a fleet of approximately 500 vehicles, mainly PICK UP trucks. Observing the growth and projection of the vehicle fleet of this company located in the city of Bogotá, taking into account that automobiles, when providing different services, require inspection, maintenance and correction of faults to guarantee the proper functioning of the vehicle as the main element based on the company, in order to avoid accidents and prolong the useful life of the machines, considering the direct costs, delay times and sometimes poor quality of the service that these maintenance require, the transport company decides that it requires a service center or repair shop automotive technical service. For this, it has a property in the town of Barrios Unidos, for the new Serviteca called CLUB SERVICIOS LA 28 S.A.S. For this purpose, it is important to choose the machinery to be operated, taking into account the existing regulations for electrical systems and tires required in this activity. The purpose of this project is the development of electrical and pneumatic designs considering the calculations that govern these sciences whose primary purpose is to provide the operation and safety in this work.

**Keywords:** electrical infrastructure, pneumatic infrastructure, automotive service workshop, pneumatics to electromechanical service, electricity to electromechanical services

## Introducción

El objetivo inicial para la empresa de transportes es obtener su propia serviteca, que genere un costo-beneficio favorable en el funcionamiento de esta instalación, por tal motivo es consecuente elaborar un diseño previo basados en las normas técnicas que regulan las instalaciones eléctricas en la actualidad para establecer una relación de seguridad, fiabilidad desde la idea inicial, hasta su ejecución. Es de resaltar que Club Services la 28 S.A.S, ya cuenta con gran cantidad de autos que son clientes que requieren un excelente servicio técnico y por lo tanto es importante tener un buen estudio o diseño para este proyecto.

El buen funcionamiento de la Serviteca y las buenas prácticas de los dispositivos operados con la infraestructura eléctrica y neumática, se refleja en el aumento de la productividad, adicionalmente en términos de costos ya que se va requerir menor tiempo para realizar una labor específica, abarcando más servicios, evitando el riesgo que se genera al estar operando una instalación mal planificada e insegura, limitando cortes eléctricos y reduciendo posibles riesgos de incendios y fallas en los equipos que puedan afectar la vida de los operarios y el capital invertido.

Adicionalmente existe dificultad en encontrar ingenieros o empresas con amplio conocimiento en estas instalaciones y en consecuencia esta labor de diseño es asumida por personal empírico, muchas veces sin la debida capacitación que terminan construyendo instalaciones inadecuadas, generando pérdidas económicas y fallas en los procesos de funcionamiento, afectando a: operarios, medio ambiente y los bienes materiales, sin importar el nivel de sencillez o complejidad del proyecto.

En este caso la serviteca Club Services la 28 S.A.S quiere evitar una mala proyección que pueda generar cortes intermitentes de energía, fugas de aire y pérdidas de presión en el aire comprimido como consecuencia.

En el proceso de diseño de la serviteca como objeto inicial es necesario plantear los cálculos neumáticos y eléctricos basados en la normativa RETIE y NTC 2050 básicamente para lograr establecer resultados óptimos de funcionamiento de los equipos y la instalación.

## **1 Planificación del Proyecto**

### **1.1 Objetivos**

#### **1.1.1 Objetivo General**

Desarrollar un diseño de la infraestructura eléctrica y neumática de la serviteca Club Services la 28 S.A.S en Bogotá.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Analizar las Normas RETIE requeridas para las instalaciones de esta finalidad y magnitud.
- Elaborar los cálculos de un diseño de un sistema de red eléctrica para energizar los siguientes equipos: dos elevadores de dos torres, una máquina desmontadora de llantas, un compresor industrial, una máquina de alineación, una máquina de balanceo, iluminación para el taller de servicio automotriz y tomas de servicio.
- Diseñar un sistema de aire comprimido, red neumática y puntos de conexión para alimentar dos gatos neumáticos, un elevador tipo tijera para alineación, tres taladros neumáticos y tres atornilladores neumáticos.
- Elaborar planos finales del diseño eléctrico y neumático.

## 2 Marco Teórico

### 2.1 Conceptos Generales

Se inicia conociendo el funcionamiento de la serviteca para proceder a la recopilación de información de los equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos para dimensionar de acuerdo a los requerimientos técnicos y normativos.

Las normas y reglamentos eléctricos que se referencian en este documento son las siguientes: RETIE (Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas) y NTC 2050 (Norma Técnica Colombiana). Es de carácter obligatorio que los propietarios, diseñadores y constructores cumplan con los artículos estipulados en estas normas y reglamentos con la finalidad de garantizar la seguridad de las personas, la vida animal, preservando el medio ambiente y reduciendo al máximo riesgos de origen eléctrico y la prevención de prácticas que puedan inducir a un error al usuario.

**El RETIE** (Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas) brinda los lineamientos para las construcciones eléctricas, su primera publicación se realizó en el año 2004 y entró en vigencia de estricto cumplimiento el primero de mayo del año 2005, en los años 2008 y 2013 salieron varias actualizaciones y resoluciones para aclarar y modificar la información del documento original teniendo en cuenta las nuevas tecnologías y productos que van surgiendo incluyendo las energías renovables. El RETRIE es un documento muy completo cumpliendo con la función de guía para ejecutar un proyecto eléctrico. Es importante entender que en todo lugar existe energía la cual no es visible, pero está presente, esto indica que siempre se puede estar sometido a un peligro eléctrico por tal motivo es importante comprender su riesgo y poder evitar un accidente que se pueda presentar. [1]

#### 2.1.1 Iluminación

La siguiente Tabla 410-1 de la NTC 2050, muestra los niveles de iluminancia requeridos en las diferentes áreas de trabajo.

Tabla 1. Índice UGR Máximo y Niveles de Iluminancia Exigible				
TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR.	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
<b>Talleres de ensamble</b>				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000



<b>Procesos químicos</b>				
Procesos automáticos	--	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	25	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	19	300	500	750
Industria farmacéutica	22	300	500	750
Inspección	19	500	750	1000
Balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	22	300	500	750
<b>Fábricas de confecciones</b>				
Costura	22	500	750	1000
Inspección	16	750	1000	1500
Prensado	22	300	500	750
<b>Industria eléctrica</b>				
Fabricación de cables	25	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	19	300	500	750
Ensamble de devanados	19	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	19	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	16	1000	1500	2000
<b>Industria alimenticia</b>				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Decoración manual, inspección	16	300	500	750
<b>Fundición</b>				
Pozos de fundición	25	150	200	300
Moldeo basto, elaboración basto de machos	25	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	22	300	500	750
<b>Trabajo en vidrio y cerámica</b>				
Zona de hornos	25	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	25	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	19	300	500	750
Pintura y decoración	16	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	19	750	1000	1500
<b>Trabajo en hierro y acero</b>				
Plantas de producción que no requieren intervención manual	-	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	25	200	300	500
Plataformas de control e inspección	22	300	500	750
<b>Industria del cuero</b>				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	22	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	19	750	1000	1500
<b>Taller de mecánica y de ajuste</b>				
Trabajo ocasional	25	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	22	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	22	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	9	1000	1500	2000
<b>Talleres de pintura y casetas de rociado</b>				
Inmersión, rociado basto	25	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	22	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	19	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	16	750	1000	1500
<b>Fábricas de papel</b>				
Elaboración de papel y cartón	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Inspección y clasificación	22	300	500	750

<b>Trabajos de impresión y encuadernación de libros</b>				
Recintos con máquinas de impresión	19	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	19	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	16	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	19	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	16	1500	2000	3000
Encuadernación	22	300	500	750
Decoración y estampado	19	500	750	1000
<b>Industria textil</b>				
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	25	200	300	500
Giro, embobinado, enrollamiento peinado, tintura	22	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	22	500	750	1000
Costura, desmonte o inspección	19	750	1000	1500
<b>Talleres de madera y fábricas de muebles</b>				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1000
<b>Oficinas</b>				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750
<b>Centros de atención médica</b>				
<i>Salas</i>				
Iluminación general	22	50	100	150
Examen	19	200	300	500
Lectura	16	150	200	300
Circulación nocturna	22	3	5	10
<i>Salas de examen</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Inspección local	19	750	1000	1500
<i>Terapia intensiva</i>				
Cabecera de la cama	19	30	50	100
Observación	19	200	300	500
Estación de enfermería	19	200	300	500
<i>Salas de operación</i>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	19	10000	30000	100000
<i>Salas de autopsia</i>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	--	5000	10000	15000
<i>Consultorios</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Iluminación local	19	500	750	1000
<i>Farmacia y laboratorios</i>				
Iluminación general	19	300	400	750
Iluminación local	19	500	750	1000
<b>Almacenes</b>				
<i>Iluminación general:</i>				
En grandes centros comerciales	19	500	750	1000
Ubicados en cualquier parte	22	300	500	750
Supermercados	19	500	750	1000
<b>Colegios y centros educativos.</b>				
<i>Salones de clase</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

Tabla 410.1 Índice UGR máximo y Niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades  
Fuente para UGR, Norma UNE EN 12464-1 de 2003.

Fuente. [https://www.conte.org.co/wpfd\\_file/resolucion-no-180540-del-30-de-marzo-de-2010/](https://www.conte.org.co/wpfd_file/resolucion-no-180540-del-30-de-marzo-de-2010/)

La iluminación de los espacios parte de un estudio que estime el número de luminarias y luego se revisa la normatividad con el fin de obtener lugares confortables para las personas y así evitando fatiga visual.

Los conceptos de Lumen y Luxes hay que tenerlos claros para aplicarlos y no crear confusión en el diseño, expresando la idea de una manera sucinta, lumen es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa abarcando todas las direcciones mientras que luxes es la cantidad de luz que llega a una superficie, es decir, en metros cuadrados teniendo en cuenta la distancia.

La relación geométrica espacial que se requiere iluminar es importante contemplarla inicialmente para relacionar el tipo de lámpara, su forma, y la fuente luminosa que va generar los lumen, todo esto de acuerdo a los planos arquitectónicos, conociendo los detalles de la actividad a desarrollar en cada área, las exigencias visuales, niveles de iluminación requeridos y la iluminación natural que se puede aprovechar.

El programa DIALux permite importar el plano arquitectónico y definir la distribución de la iluminación homogéneamente en la edificación interna por medio de cálculos lumínicos obteniendo un análisis cuantitativo del proyecto. “DIALux: es una herramienta de planificación que ofrece gratuitamente todas las funciones necesarias para el diseño de la iluminación. Con DIALux se puede calcular y visualizar la iluminación de espacios interiores y exteriores. Desde edificios enteros y habitaciones individuales, hasta plazas de aparcamiento e iluminación de carreteras, con iluminación artificial, luz diurna y de emergencia. DIALux le ayuda a verificar las normas regionales o internacionales y le ayuda a documentar esta verificación “[12]

### **2.1.2 Salidas Eléctricas**

Según la **NTC 2050 Sección 210-22** “nunca se debe exceder la corriente nominal del circuito ramal, Está permitido que un circuito ramal individual alimente cualquier tipo de carga dentro de su valor nominal pero dentro de los límites de su corriente nominal”. [13]

A continuación, se adjunta la tabla resumen de los requisitos para la instalación de los circuitos ramales tabla 210-24 de la **NTC 2050**.

➤ **Resumen de los Requisitos Para los Circuitos Ramales.**

Intensidad nom. del circuito	15 amperios	20 amperios	30 amperios	40 amperios	50 amperios
Conductores (Sección mínima):					
Cables del circuito*	14	12	10	8	6
Tomas de corriente derivadas	14	14	14	12	12
Cables y cordones de aparatos	Véase Sección 240-4				
<b>Protección contra sobrintensidad</b>	<b>15 amperios</b>	<b>20 amperios</b>	<b>30 amperios</b>	<b>40 amperios</b>	<b>50 amperios</b>
Dispositivos de toma de corriente: Portalámparas permitidos	De cualquier tipo	De cualquier tipo	Reforzados	Reforzados	Reforzados
Intensidad admisible de la toma**	15 A máx.	15 o 20 A	30 A	40 o 50 A	50 A
<b>Carga máxima</b>	<b>15 amperios</b>	<b>20 amperios</b>	<b>30 amperios</b>	<b>40 amperios</b>	<b>50 amperios</b>
Carga permisible	Véase Sección 210-23(a)	Véase Sección 210-23(a)	Véase Sección 210-23(b)	Véase Sección 210-23(c)	Véase Sección 210-23(c)

\* Estos números se refieren a conductores de cobre.

\*\* Para la intensidad de los aparatos de iluminación por descarga conectados con cordón y clavija, véase Sección 410-30(c).

\* Estos calibres se refieren a conductores de cobre con sección transversal en mm<sup>2</sup> y entre paréntesis AWG.

\*\* Para la capacidad nominal de los tomacorrientes para los artefactos con lámpara de descarga conectados con cordón, véase Artículo 410-30.c).

Fuente. NTC 2050 Tabla 210-24

### 2.1.3 Cuadro de Cargas

En el cuadro de cargas se ingresan los datos de los componentes del diseño eléctrico para calcular la corriente nominal

Las formulas empleadas para dimensionar el cuadro de cargas son:

➤ Potencia Aparente (VA) =  $\frac{V * A}{F.Potencia}$  (1)

➤ Potencia Activa en (W) = V \* A \* F. P (2)

➤ Corriente (A) =  $\frac{Potencia\ Total\ Demandada\ (VA)}{(\sqrt{3} * 208)}$  (3)

➤ Factor de Potencia (F.P)= Este valor es dimensionado guiado por la ficha técnica de los equipos y artefactos de la instalación.

➤ Carga Demandada en Voltamperios (VA): Potencia Aparente (VA)\*Factor de Carga.

Factor de Carga= Este factor se define de acuerdo a la demanda considerada de los equipos, en este caso se define a criterio del diseñador de acuerdo a especificaciones de la serviteca.

### 2.1.4 Distorsión Armónica y Factor de Potencia

La distorsión armónica es la deformación de una onda de tensión o de corriente que se propaga en el tiempo producto de un alternador. Ya que en esta onda sinusoidal se representa

gráficamente la tensión y la corriente. En esta instalación se utilizan elementos electrónicos que consumen corrientes no lineales y como consecuencia surgen distorsiones que pueden afectar a los distribuidores y consumidores de energía. Para solucionar este problema existen normas y parámetros que identifican el punto y momento determinado donde aparecen estos armónicos.

Para este diseño eléctrico se contemplan las siguientes normas, prácticas y recomendaciones “IEEE 519” La distorsión armónica “**THD Total Harmonic Distortion**” provoca un aumento en la corriente de los conductores de fase y neutro lo cual genera pérdidas y envejecimiento, deteriorando el recubrimiento y produciendo un riesgo de cortocircuito. Las siguientes formulas se utilizan para calcular la distorsión armónica en corriente y el valor eficaz debido a las diferentes componentes:

$$\text{➤ Distorsión Armónica en Corriente } THD_I = \sqrt{\left(\frac{I_{RMS}}{I_1}\right)^2} - 1 \quad (4)$$

$$\text{➤ Valor Eficaz RMS de Corriente } I_{RMS} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots + I_n^2} \quad (5)$$

$$\text{➤ Valor de Corriente de la Componente Fundamental} = 60\text{Hz}$$

$$\text{➤ Valor Eficaz de Corriente } I_{RMS} = I_1 \sqrt{1 + THD^2} \quad (6)$$

2.1.4.1 **Factor de Potencia** es el coseno del desfase entre la señal de tensión y de corriente, también se puede hallar como el cociente de la potencia activa y la potencia aparente.

$$\text{➤ } F.P = \frac{P}{S} = \cos \varphi = \cos(\theta_v - \theta_i) \quad (7)$$

## 2.1.5 Coordinación de Aislamiento Eléctrico

El procedimiento de coordinación de aislamiento es la determinación de la rigidez dieléctrica de los equipos con relación a los esfuerzos de tensión que se pueden presentar teniendo en cuenta las características de los elementos de protección contra sobre tensiones. Los elementos de protección seleccionados deben soportar las sobretensiones provocadas por fenómenos atmosféricos o por sobre tensiones tipo maniobra propias de la instalación eléctrica, de tal forma que se garantice la continuidad del servicio y se reduzca la probabilidad del daño de los equipos.

Los estudios de coordinación de aislamiento están enfocados a proyectos de media y alta tensión donde es necesario conocer aspectos relevantes como las distancias de fuga, número de aisladores a colocar en la línea, sobretensiones por maniobra y por impulso tipo rayo, entre otros. Para el caso particular de la Serviteca Club Services La 28 SAS, este tipo de estudio

no es requerido ya que el proyecto no cuenta con líneas de transmisión en alta o media tensión, las conexiones de la acometida son por cuenta del operador de la red en los puntos definidos por ENEL.

### **2.1.6 Cortocircuito y Falla a Tierra.**

“Es el conjunto de datos, cálculos, análisis y conclusiones de un sistema eléctrico que determinan las características de las corrientes eléctricas durante un cortocircuito, en los diferentes puntos del sistema.” [14]

### **2.1.7 Nivel de Tensión Requerido**

La serviteca y sus oficinas requieren un nivel de tensión de **208/120V** para circuitos trifásicos, monofásicos tetrafilares y monofásicos trifilares. Las salidas eléctricas que alimentan los equipos en esta instalación son las siguientes:

- Toma corrientes normales
- Toma corrientes reguladas
- UPS
- Luminarias
- Compresores
- Toma corrientes trifásicas

### **2.1.8 Campos Electromagnéticos**

De acuerdo al **Artículo 14.4 del RETIE**, se debe incluir un análisis de campos electromagnéticos en los lugares donde se vaya a tener presencia de personas, si en el sitio del proyecto existen sub estaciones o líneas de alta tensión con un nivel superior a 57.5 KV. Para el caso particular de la Serviteca Club Services la 28 SAS, no aplica este análisis por no existir una sub estación en sitio. [14]

### **2.1.9 Información de Cálculo de Transformadores**

Para este proyecto no se requiere cálculo de transformador ya que su carga nominal es de 20 KVA es suministrada desde el transformador existente de distribución de la zona, el cual es de propiedad del operador ENEL.

### 2.1.10 Sistema de Puesta a Tierra

El sistema de puesta a tierra se utiliza para conducir las corrientes de paso y de cortocircuito a tierra por medio de un sistema interconectado de baja oposición a la corriente.

La siguiente Tabla 250-95 de la NTC 2050 se usa para elegir el calibre mínimo del conductor del sistema de puesta a tierra de acuerdo a su corriente nominal:

Tabla 3. Calibre Mínimo de Conductor de Puesta a Tierra		
Calibre mínimo del conductor de continuidad de tierra para ducterías y equipos (Norma NTC 2050, tabla 250-95)		
Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes del equipo, tubos conduit, etc. (Amperios)	Sección transversal Conductor de cobre N°	
	mm <sup>2</sup>	AWG
15	2.08	14
20	3.3	12
30	5.25	10
40	5.25	10
60	5.25	10
100	8.36	8
200	13.29	6
300	21.19	4
400	26.66	3
500	33.62	2
600	42.20	1
800	53.50	1/0
1000	67.44	2/0
1200	85.02	3/0
1600	107.21	4/0

Fuente. NTC 2050 Tabla 250-95

### 2.1.11 Información de Cálculo Económico de Conductores

No se realiza cálculo económico de conductores ya que el calibre del mayor conductor es 6 AWG Cu. Este cálculo es relevante para calibres mayores a 1/0 AWG.

### 2.1.12 Verificación de Conductores

De acuerdo a lo establecido en el RETIE, se debe realizar la verificación de los conductores seleccionados mediante la estimación de la máxima corriente de corto circuito admisible por el conductor, con base en la metodología definida en la norma IEC 60909, se tiene la siguiente fórmula para el cálculo de la máxima corriente de corto circuito admisible:

$$I_{CC} = \frac{K^2 * S^2 * \ln \left| \frac{\beta + \theta_F}{\beta + \theta_I} \right|}{t} \quad (8)$$

Donde:

- **I<sub>CC</sub>**= Máxima corriente de cortocircuito admisible por el conductor en [A]

- **T**= Duración del cortocircuito en segundos
- **K**=Constante dependiente del material
- **$\beta$** =Constante dependiente del material
- **$\theta_1$**  =Temperatura inicial o de servicio del conductor en [°C]
- **$\theta_F$**  =Temperatura final o de cortocircuito en [°C]

En la siguiente tabla se muestra las constantes de los conductores según el material seleccionado:

Tabla 16. Constante de Materiales para Corriente de Cortocircuito		
<b>Material</b>	<b>K</b>	<b><math>\beta</math></b>
Cobre	226	234,5
Aluminio	148	228
Plomo	41	230
Acero	78	202
Fuente. NTC 2050		

### 2.1.13 Información de Cálculo Mecánico de Estructuras

No se tienen estructuras que ameriten cálculos y dimensionamientos de apoyos para este proyecto.

### 2.1.14 Coordinación de Protecciones

Aquí se define el comportamiento de las protecciones comúnmente llamadas “breakers” para evitar una afectación en la operación antes del desarrollo de fallas por cortocircuito.

### 2.1.15 Información de Canalización y Volumen de Encerramiento

Este cálculo se utiliza para no sobredimensionar los ductos y adicionalmente no aumentar la temperatura en el trayecto de los cables.

Tabla para confrontar resultados de cálculos.

Tabla 4. Porcentaje de la Sección Transversal de Tubos para Cables
--



Cantidad de conductores y/o cables	Área transversal (%)
1	53
2	31
Más de 2	40

Fuente. NTC 2050 Tabla 1

### 2.1.16 Bandeja Portacable

Para el cálculo de las bandejas portacables se utiliza lo dispuesto en el **artículo 20.3 del RETIE**. Se toma en cuenta la cantidad de cables que salen de cada tablero y se conectan con las bandejas portacables, el diámetro exterior de los cables y un porcentaje de crecimiento del 25 %.

### 2.1.17 Pérdida de Energía

Debido a la circulación de corriente a través de los conductores eléctricos, parte de la energía se disipa en forma de calor lo cual se conoce como efecto Joule. Con las siguientes formulas se puede calcular las pérdidas:

➤ Sistema Monofásico y Bifásico:  $P = 2 * I^2 * R$  (9)

➤ Sistema Trifásico:  $P = 3 * I^2 * R$  (10)

Donde:

**P:** Pérdida de energía en Vatios (W)

**I:** Corriente que circula por el circuito Amperios(A)

**R:** Resistencia eléctrica del circuito Ohmios (Ohm)

### 2.1.18 Regulación de Tensión

La caída de tensión en los conductores es un fenómeno que se presenta por la circulación de corriente en el conductor, el cual tiene una impedancia asociada. La impedancia del conductor que suele denominarse impedancia eficaz ( $Z_e$ ), depende de varias variables como la longitud del circuito, material del conductor, calibre del conductor, temperatura ambiente entre otras.

En la **Tabla 9, Nota 2 de la NTC 2050**, se establece que multiplicando la corriente del circuito por la impedancia eficaz ( $Z_e$ ) se obtiene la caída de tensión del circuito. A

continuación se muestran las fórmulas utilizadas para el cálculo de la impedancia eficaz y la regulación considerando los siguientes casos:

$$\text{Impedancia eficaz: } Z_e = R \cos \theta + X_L \sin \theta \quad (10)$$

$$\text{Sistema monofásico y bifásico: } \Delta V(\%) = \frac{2 \cdot I_L \cdot Z_e \cdot l}{1000 \cdot V_L \cdot N} * 100 \quad (11)$$

$$\text{Sistema Trifásico: } \Delta V(\%) = \frac{\sqrt{3} \cdot I_L \cdot Z_e \cdot l}{1000 \cdot V_L \cdot N} * 100 \quad (12)$$

Donde:

$I_L$  : Corriente de línea que circula por el circuito

$V_L$  : Tensión de línea

$Z_e$  : Impedancia eficaz por kilómetro del cable ( $\Omega/\text{Km}$ )

$R$ : Resistencia del cable ( $\Omega/\text{Km}$ )

$X_L$  : Reactancia inductiva del cable ( $\Omega/\text{Km}$ )

$l$ : Longitud del conductor (m)

$n$ : Número de conductores por fase

$\theta$  : Ángulo del factor de potencia del circuito

En las **secciones 210-19- A**, Nota Informativa **4** y **215-2 A**, Nota Informativa 2, de la norma **NTC 2050**, se establece que la caída de tensión desde la salida más alejada de un circuito ramal debe ser igual o inferior al 3% y la caída de tensión combinada de los circuitos alimentador y la salida más alejada de un circuito ramal, no debe exceder el 5%. Cuando un conductor supere estos valores se debe aumentar su calibre hasta encontrar el calibre apropiado que cumpla los criterios de regulación.

### 2.1.19 Diagrama Unifilar

Es un gráfico que ilustra las partes que constituyen un sistema eléctrico teniendo en cuenta las conexiones que existen entre ellos.

### 2.1.20 Red Neumática

Es una infraestructura por donde fluye aire comprimido que se emplea para accionar herramientas, se compone de un compresor que funciona como generador, filtros, tubería, válvulas, boquillas, uniones etc.

**Compresor:** La función de compresor es elevar la presión de un volumen de aire admitido en condiciones atmosféricas hasta una determinada presión que requiere el

sistema neumático. El aire comprimido por el compresor se utiliza como fuente de energía accionando maquinaria neumática.

- **Rampa de Tijera:** Es un elevador diseñado para alineación de autos con una capacidad de levante de 5 toneladas.
- **Equipo de Alineación 3D:** Cada fabricante de autos expresa algunos ángulos predefinidos en las ruedas para mejorar el rendimiento del vehículo, logrando una maniobrabilidad óptima y así prolongar la vida útil de las llantas: La alineadora 3D reduce el margen de error con un margen de comprobación en 90 segundos. Posee 4 cámaras que proporcionan mediciones de alineación y de viraje automático directamente de los sensores, Estas máquinas cuentan con un PC integrado con un software que recopila los datos y permite ser observarlos y guardarlos en tiempo real para generar un diagnostico final que sirve de soporte al cliente.
- **Equilibradora Electrónica de Ruedas:** La función de esta máquina es hacer que las ruedas del vehículo giren lo más homogéneamente posible para que las cuatros ruedas queden perpendiculares al eje del vehículo.
- **Montallantas Semiautomático:** Esta herramienta mecánica realiza montajes y desmontajes de forma automática con ayuda del operario.

### 2.1.21 Monogramas

Tabla 5. Monograma						
Fuente. <a href="http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica4.htm">http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica4.htm</a>						

Es un símbolo formado generalmente por cifras y letras entrelazadas en conjunto. El monograma para cálculo de tubería en neumática se compone de siete líneas verticales con las siguientes denominaciones:

- a. Longitud de tubería (m)
- b. caudal ( $m^3/h$ )
- c. Eje 1
- d. Diámetro nominal (mm)

- e. Presión del sistema (bar)
- f. Eje 2
- g. Perdidas de presión (bar)

Uniendo las rectas a y b basado en los valores solicitados prolongando la línea hasta el eje 1, luego se une las rectas g y e pasando por el eje 2 y finalmente se une el eje 1 y el eje 2 partiendo desde los puntos de intersección de las otras líneas, la última conexión pasa por la recta d indicando el diámetro.

### **2.1.22 Diseño Eléctrico**

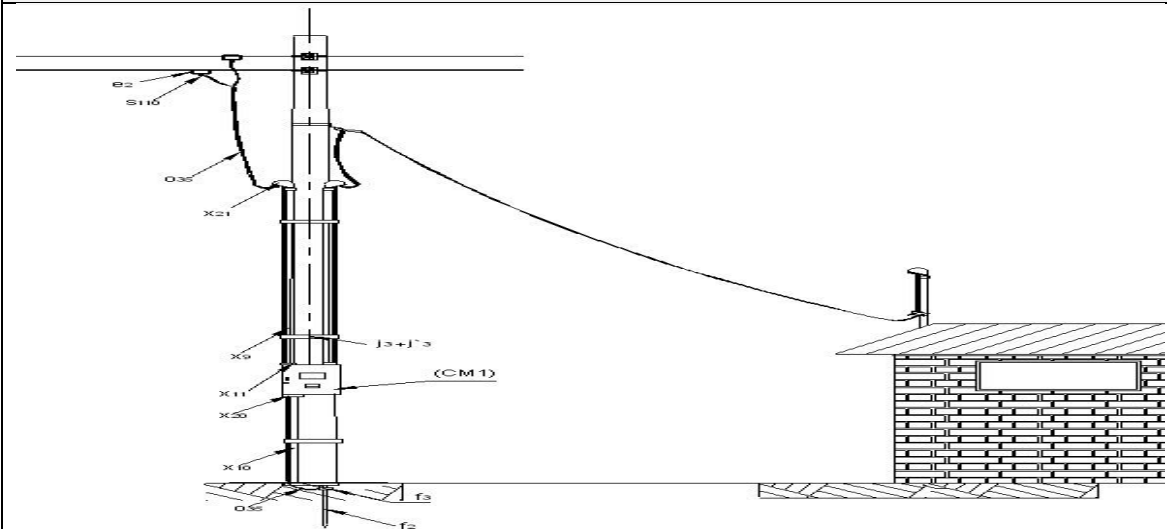
El artículo 10 del RETIE se enfoca en los tipos de diseño de instalaciones eléctricas. El RETIE solicita dos tipos de diseño, el diseño detallado y el diseño simplificado según sea el caso. Los diseños detallados son los que se realizan para cargas superiores a los 15 KVA, estos por lo general se trabajan para instalaciones en industria, comercio y conjuntos de vivienda. Los diseños simplificados requieren que se cumplan las siguientes condiciones mínimas:

Cuadro de cargas iniciales y futuras, análisis de riesgo de origen eléctrico incluyendo las medidas para mitigarlos y sistema de puesta a tierra. Los parámetros para estar dentro de las exigencias de un diseño simplificado son: Viviendas unifamiliares o bifamiliares, pequeñas industrias, cargas mayores a los 7 KVA y  $\leq$  a 15 KVA, tensión máxima 240 KVA con 4 cuentas o medidores de corriente y para áreas rurales de hasta 50 KVA a 13.2 KVA. En este tipo de instalaciones comerciales e industriales es indispensable hacer uso de varios elementos para el funcionamiento eléctrico, a continuación se muestra un listado:

### ➤ Acometida Eléctrica

La acometida eléctrica que conduce la energía desde la fuente externa de la edificación hasta el punto de suministro interno del predio entrega la energía que proviene de Enel-codensa.

Figura 1. Acometida Eléctrica



Fuente.

[https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas\\_aereas\\_rurales\\_distribucion/lineas\\_aereas\\_rurales\\_baja\\_tension/lar311\\_acometida\\_aerea\\_instalacion\\_caja\\_medidor\\_poste](https://likinormas.micodensa.com/Norma/lineas_aereas_rurales_distribucion/lineas_aereas_rurales_baja_tension/lar311_acometida_aerea_instalacion_caja_medidor_poste)

### ➤ Equipo de Medida

El equipo de medición ayuda a cuantificar y controlar el consumo de energía suministrado por el proveedor. Es importante saber que este equipo no se puede manipular sin autorización ya que al hacerlo es catalogado como delito.

Figura 2. Equipo de Medida



Fuente. <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/documents/Medidores-y-Grupos-de-Medida.PDF>

### ➤ Interruptor General

Otros elementos que también se consideran son los interruptores. Estos dispositivos establecen la apertura o el cierre de la corriente eléctrica que pasa a través de los circuitos, los interruptores se coordinan para abrir o cerrar el circuito y el derivado para proteger y desconectar los alimentadores.

Figura 3. Interruptor General



Fuente. <https://electropartes.com.co/producto/easypact-cvs-interruptor-automatico-cvs250b-tm250d-3p3r-lv525303/>

### ➤ breaker Termo Magnético

El termo magnético para proteger de sobrecargas, se recalca que la parte térmica protege el sistema de sobre cargas y la parte magnética de cortocircuitos.

Figura 4. breaker Termo Magnético



Fuente. <https://www.electrovera.com/breaker-riel-c60n-1p-6a-curva-c-10ka/>

### ➤ Breaker Diferencial

Los dispositivos diferenciales protegen a las personas realizando un análisis de la corriente que entra y sale del circuito censando que sea la misma, si este dispositivo detecta que las corrientes son diferentes se dispara automáticamente. A diferencia del termo magnético que solo funciona con temperatura por medio de una lámina bimetálica que se dilata y genera el disparo del dispositivo sea por sobre carga o cortocircuito, pero efecto es el mismo.

Figura 5. Breaker Diferencial



[https://co.wiautomation.com/schneider-electric/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/A9R25240?gclid=Cj0KCQjwnvOaBhDTARIsAJf8eVMkk1bhuU5qsj3ncS8kztYVBGkst97H1uJxlbiIghB3FfcB8G0uskaAmxREALw\\_wcB](https://co.wiautomation.com/schneider-electric/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/A9R25240?gclid=Cj0KCQjwnvOaBhDTARIsAJf8eVMkk1bhuU5qsj3ncS8kztYVBGkst97H1uJxlbiIghB3FfcB8G0uskaAmxREALw_wcB)

### ➤ Cuadro o Tablero Eléctrico

En el cuadro o tablero general contiene los elementos de protección y distribución de la corriente por medio de conductores debidamente calculados.

Figura 6. Cuadro o Tablero Eléctrico



Fuente. <https://electricosjs.com.co/producto/tablero-de-30-ctos-con-espacio-para-totalizador-schneider/>

### ➤ Cable Eléctrico

El cable eléctrico distribuye la energía desde el tablero principal hasta las salidas eléctricas o tomas. Este cable se compone por varios conductores de cobre envueltos en una cubierta para proteger mecánicamente su interior, este recubrimiento tiene impresa la información de marca, carga y tensión nominal y diámetro para elegir el que se necesita según el cálculo.

Figura 7. Cable Eléctrico

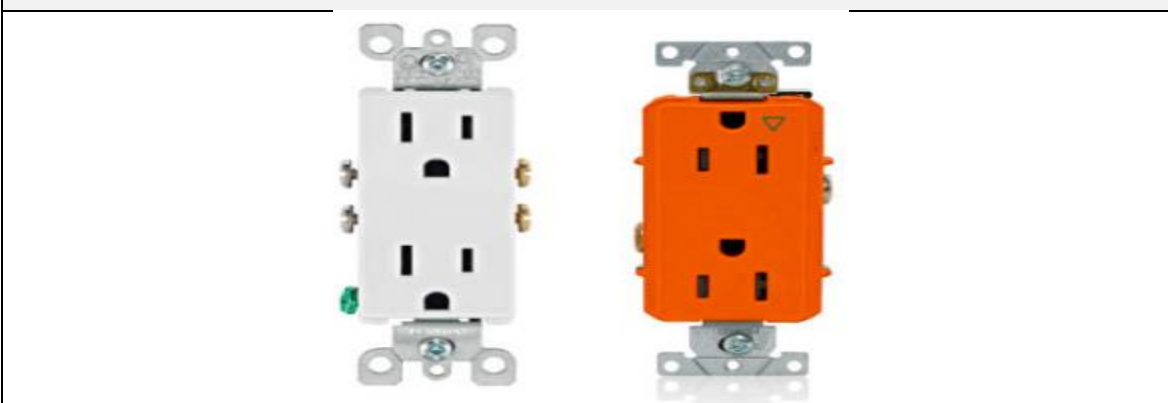


Fuente. <https://formaselectricas.com/producto/cable-libre-de-halogeno-3x12-certificado/>

### ➤ Tomas Eléctricas

Las tomas eléctricas grado industrial soportan las duras condiciones a la que pueden estar expuestas en ese entorno. La tomacorriente de tierra aislada de color naranja es para conexión de equipos sensibles, la tierra aislada proporciona un camino limpio de la tierra del equipo para evitar interferencias con la tierra física del sitio, en estas tomas primordialmente se conectan los computadores y la electrónica sensible existente en la instalación.

Figura 8. Tomas Eléctricas



Fuente. <https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/2019-agosto/conozca-las-aplicaciones-los-tomacorrientes-grado-residencial-grado-comercial-grado-industrial-grado-hospital-tierra-aislada/>



### ➤ Tomas Bifásicas y Trifásicas

Tomas de seguridad bifásica y trifásica grado industrial para evitar desconexiones no programadas.

Figura 9. Tomas Bifásicas y Trifásicas

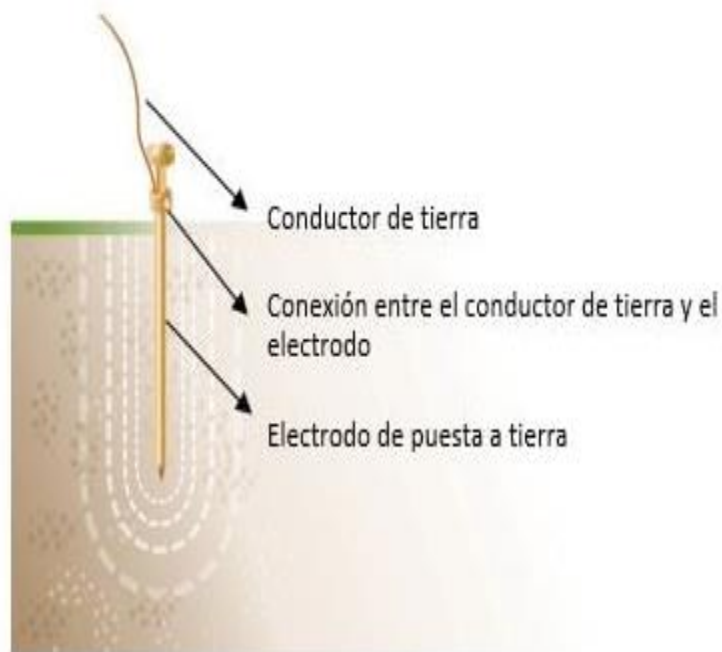


Fuente. <https://www.franciscomurillo.com.co/tomas-y-clavijas>

### ➤ Sistema de Puesta a Tierra

Un buen sistema de puesta a tierra garantiza la seguridad eléctrica a los seres humanos, sirve de referencia común al sistema eléctrico, conduce disipando las corrientes de falla, electrostáticas y de rayo. Adicionalmente realiza una conexión de baja resistencia con la tierra y los puntos de referencia de los equipos.

Figura 10. Sistema de Puesta a Tierra



Fuente. <https://www1.elvatron.com/equipos-de-puesta-a-tierra-y-aislamiento/7-consecuencias-de-un-mal-sistema-de-puesta-a-tierra>

➤ **Tubería y Canalización.**

La canalización que se utiliza en las instalaciones eléctricas y de cableado estructurado UTP (Unshielded twisted pair) sirve para proteger los conductores de deterioros mecánicos y evitar que un agente externo afecte los hilos conductores de corriente y de datos. La canalización que aplica para este diseño es la tubería EMT (Electrical Metallic Tubing) y canalización tipo ducto.

Figura.11 Tubería y Canalización.



Fuente. <https://melexa.com/tuberia-emt>

<https://maetel.com.co/canaletas-metalicas>

### 3 Metodología y Cálculos

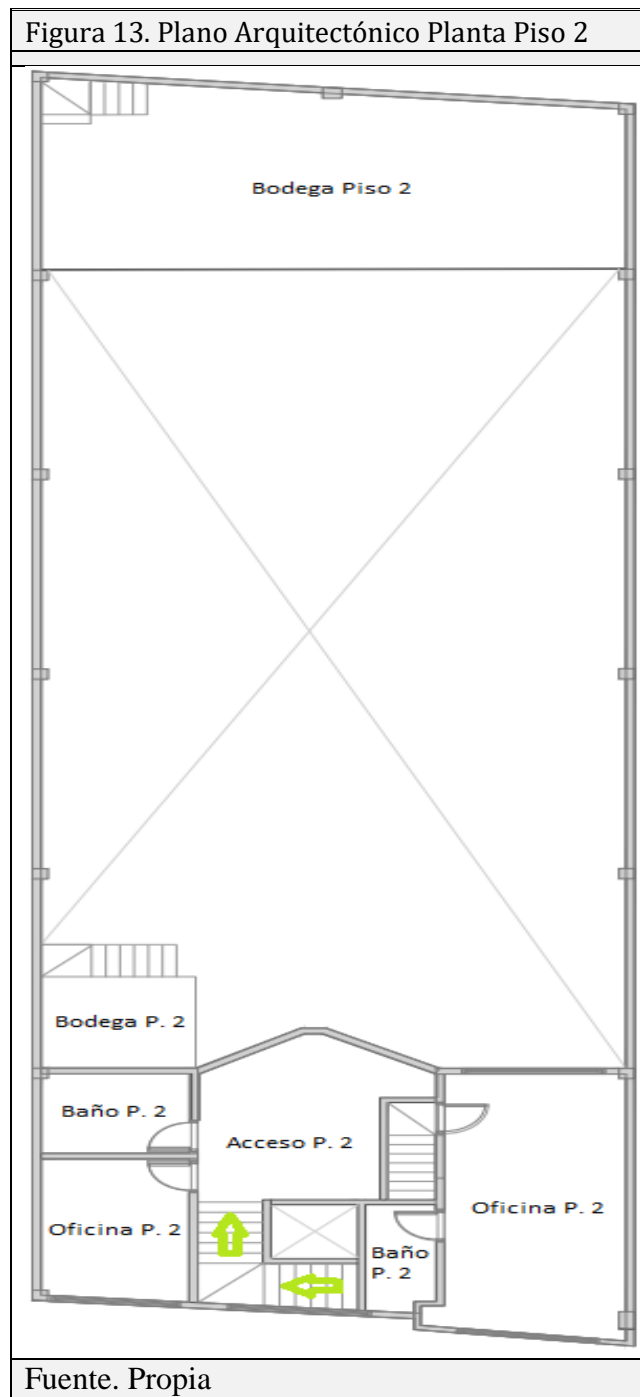
#### 3.1 Levantamiento de Información

Es la recopilación de datos con el propósito de realizar un análisis y poder cuantificar el diseño eléctrico y neumático

##### 3.1.1 Planos Arquitectónicos de la Instalación.

###### ➤ Planos Arquitectónico Planta Piso 1 y 2







### 3.1.1.1 Información Técnica De Los Equipos Proyectados

En esta parte del diseño se recopila la información técnica referente a la parte eléctrica de los equipos.


➤ **Elevador de Dos Columnas Electrohidráulico No 1**

Tabla 6. Elevador de Dos Columnas No 1		Figura 14. Elevador de Dos Columnas No 1
Especificaciones Eléctricas Motor P/N YS90L-2		
Caballos de Fuerza	3 HP	
Fases	3 PH	
Frecuencia	60 Hz	
Factor de Potencia	0.86 F.P	
Voltaje	220 V	
Revoluciones por M.	2750 RPM	
Corriente	7.5 A	
Fuente. <a href="http://www.indumer.com">www.indumer.com</a>		


➤ **Elevador de Dos Columnas Electrohidráulico No 2**

Tabla 7. Elevador de Dos Columnas No 2		Figura 15. Elevador de Dos Columnas No 2
Especificaciones Eléctricas Motor P/N YL90L-2		
Caballos de Fuerza	3 HP	
Fases	2 PH	
Frecuencia	60 HZ	
Factor de Potencia	0.86 F.P	
Voltaje	220 V	
Revoluciones por M.	3450 RPM	
Corriente	14.5 A	
Fuente. <a href="http://www.indumer.com">www.indumer.com</a>		

➤ **Compresor**

Tabla 8. Compresor		Figura 16. Compresor
Especificaciones Eléctricas Motor Compresor P/N 1LE0141-1AB86-4AA4-Z		
Caballos de Fuerza	5 HP	
Fases	3 PH	
Frecuencia	60 HZ	
Factor de Potencia	0.83 F.P	
Voltaje	220 V	
Revoluciones por M.	3450 RPM	
Corriente	13.5 A	
Fuente. <a href="http://www.indumer.com">www.indumer.com</a>		

➤ **Rampa de Tijera**

Tabla 9. Rampa de Tijera		Figura 17. Rampa de Tijera
Especificaciones Eléctricas Motor Rampa Tijera P/N YL90L-2-2		
Caballos de Fuerza	4 HP	
Fases	2 PH	
Frecuencia	60 HZ	
Factor de Potencia	0.8 F.P	
Voltaje	220 V	
Revoluciones por M.	3450 RPM	
Corriente	25 A	
Fuente. <a href="http://www.indumer.com">www.indumer.com</a>		


➤ **Equipo de alineación 3D**

Tabla 10. Equipo de Alineación 3D		Figura 18. Equipo de Alineación 3D
Especificaciones Eléctricas Maquina de Alineación HawkEye		
Corriente	10 A	
Voltaje	120 V	
Fases	0.85 PH	
Frecuencia	60 HZ	
Fuente. www.indumer.com		

➤ **Equilibradora Electrónica de Ruedas.**

Tabla 11. Equilibradora Electrónica		Figura 19. Equilibradora Electrónica
Especificaciones Eléctricas Equilibradora Electrónica de ruedas MT 3600		
Potencia	0.12 KW	
Fases	1 PH	
Frecuencia	60 HZ	
Factor de Potencia	0.8 F.P	
Voltaje	115 V	
Corriente	1.2 A	
Fuente. www.indumer.com		

➤ **Montallanatas Semiautomático.**

Tabla 12. Montallanatas		Figura 20. Montallanatas
Especificaciones Eléctricas Motor Montallanatas AS905 TI		
Potencia	0,75 kW	
Fases	3 PH	
Frecuencia	60 HZ	
Factor de Potencia	0.8 F.P	
Voltaje	230 V	
Corriente	10 A	
Fuente. <a href="http://www.indumer.com">www.indumer.com</a>		

### 3.1.2 Diseño y Calculo de Iluminación

En este documento se muestra un resumen del análisis efectuado por el software de fotometría luego de introducir las medidas de las áreas de trabajo principales de la serviteca.

En la figura 21 y 22 se visualiza una simulación del proyecto en 3D.

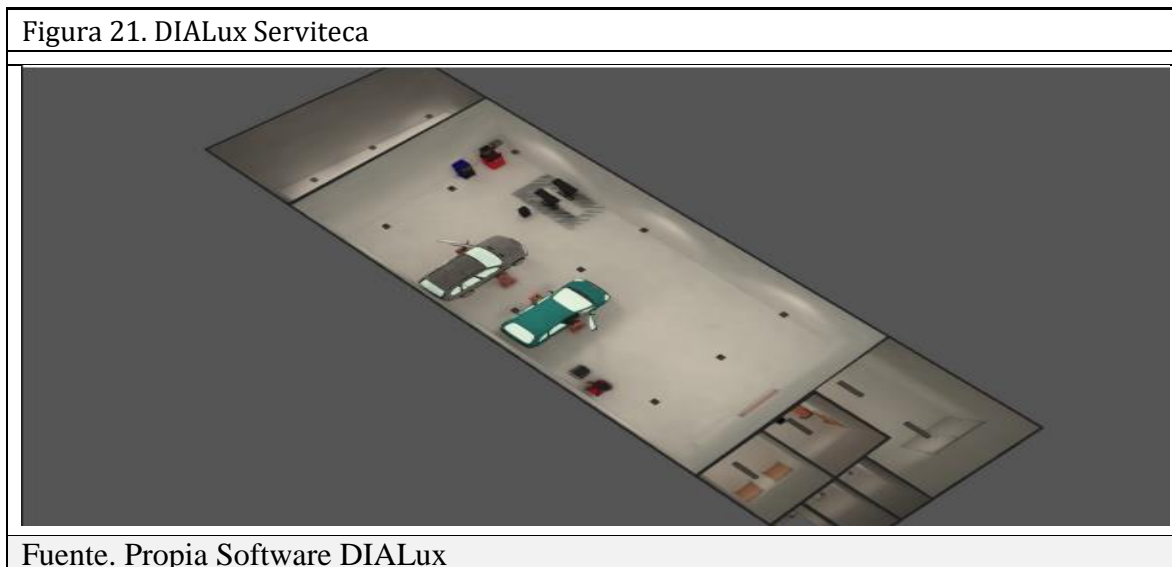




Figura 22. DIALux Serviteca



Fuente. Propia Software DIALux

Se establecieron los parámetros de cálculo de iluminancia perpendicular en el software para determinar el flujo luminoso reflejado por una superficie demarcando los planos a analizar.

En la gráfica 23 se evidencia el análisis de software dividiendo la plata en diferentes áreas marcadas como WP1, WP2... Hasta WP8.

Figura 23. Objeto de Calculo Software DIALux



Fuente. Propia Software DIALux

El software también arroja una tabla con el resultado de los análisis hechos a la planta.

➤ **Resumen de Resultados Planos Útiles Analizados**

Tabla 13.						
Propiedades	$E$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Working plane (Recepción) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	490 lx ( $\geq 200$ lx) ✓	283 lx	632 lx	0.58	0.45	WP1
Working plane (vestier) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	448 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	318 lx	576 lx	0.71	0.55	WP2
Working plane (Baño) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	236 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	46.1 lx	298 lx	0.20	0.15	WP3
Working plane (Baño) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	271 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	74.6 lx	331 lx	0.28	0.23	WP4
Working plane (Cuarto) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	282 lx ( $\geq 100$ lx) ✓	218 lx	332 lx	0.77	0.66	WP5
Working plane (Entrada) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	378 lx ( $\geq 200$ lx) ✓	189 lx	582 lx	0.50	0.32	WP6
Working plane (Área bajo mezanine) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	893 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	181 lx	1695 lx	0.20	0.11	WP7
Working plane (Área principal) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	651 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	16.3 lx	981 lx	0.025	0.017	WP8

Fuente. Propia Software DIALux

**Donde:**

$E$ : Nivel de iluminación o Iluminancia

$E$  Nominal: Iluminación efectiva emitida por una fuente

$E_{\min}$ : iluminación mínima

$E_{\max}$ : iluminación máxima

$g_1$ : Uniformidad total de iluminación sobre una superficie

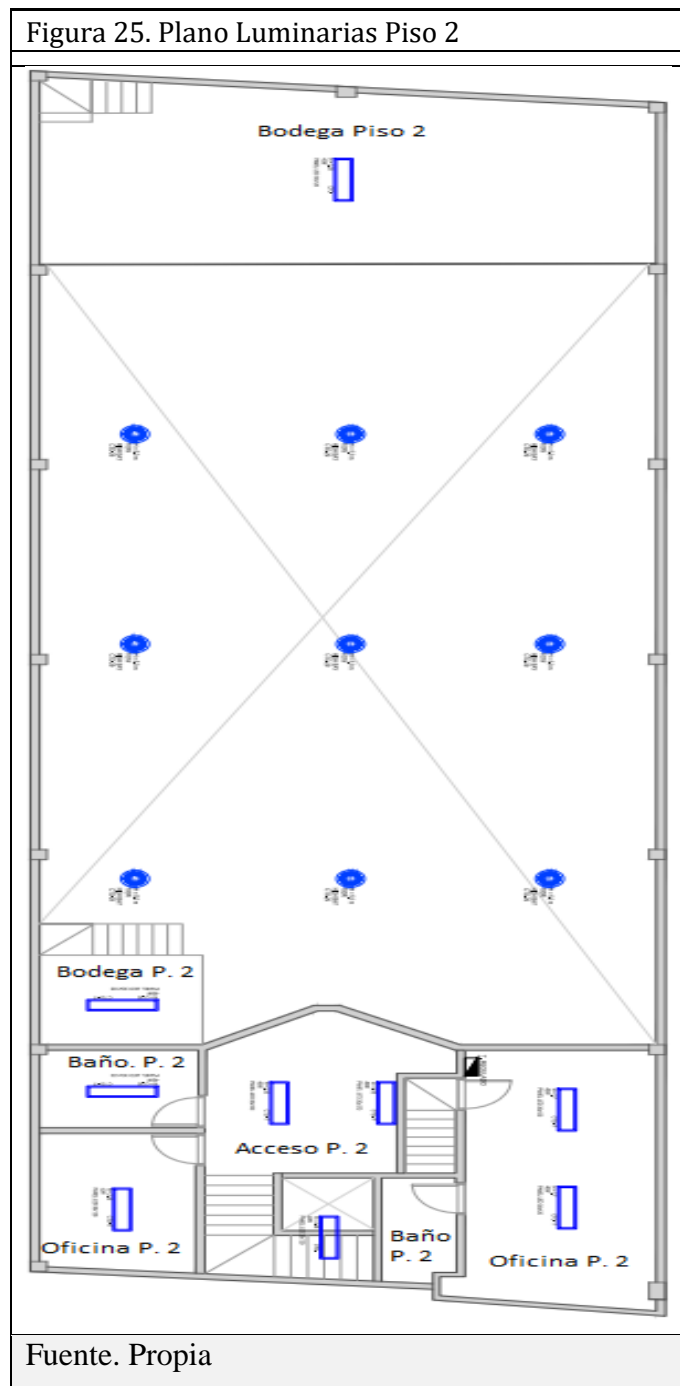
$g_2$ : Desigualdad de la iluminación sobre una superficie

En la tabla de resumen de resultados se puede observar un visto de color verde el cual indica que el nivel de iluminación de las áreas estudiadas está dentro de los niveles permitidos. Esta

información se puede verificar en las tablas actualizadas 410.1 del RETILAP en este documento Pag 10 No 2.1.1 que indica los valores mínimos y máximos establecidos para el nivel de iluminación. A continuación se adjunta los planos arquitectónicos con la ubicación de las luminarias por área.

➤ **Planos de Luminarias Piso 1 y 2**





En las oficinas y espacios de acceso se requiere utilizar luminarias panel LED de 1.20 x 60 DE 40 W, con un flujo luminoso de 3200 (lm), en la bodega donde se ubica la serviteca se requiere utilizar luminarias LED profesional de 100 W con un flujo luminoso de 12500 (lm) y por último en los baños se utiliza panel LED de 18 W con un flujo luminoso de 1260 (lm) de acuerdo a las cantidades indicadas en el plano.

### 3.1.3 Diseño y Cálculo de Tomas de Servicio

Esta instalación tentativamente según su potencial se toma por una instalación eléctrica industrial, teniendo en cuenta el conjunto de equipos y herramientas manuales que conforman esta instalación se ubican en ciertos puntos tomas eléctricas para facilitar los diferentes procesos de trabajo. A continuación los siguientes planos arquitectónicos (piso 1 y piso 2) especifican las salidas eléctricas o tomas de servicios contempladas:

➤ **Planos de Salidas Eléctricas Piso 1 y 2:**

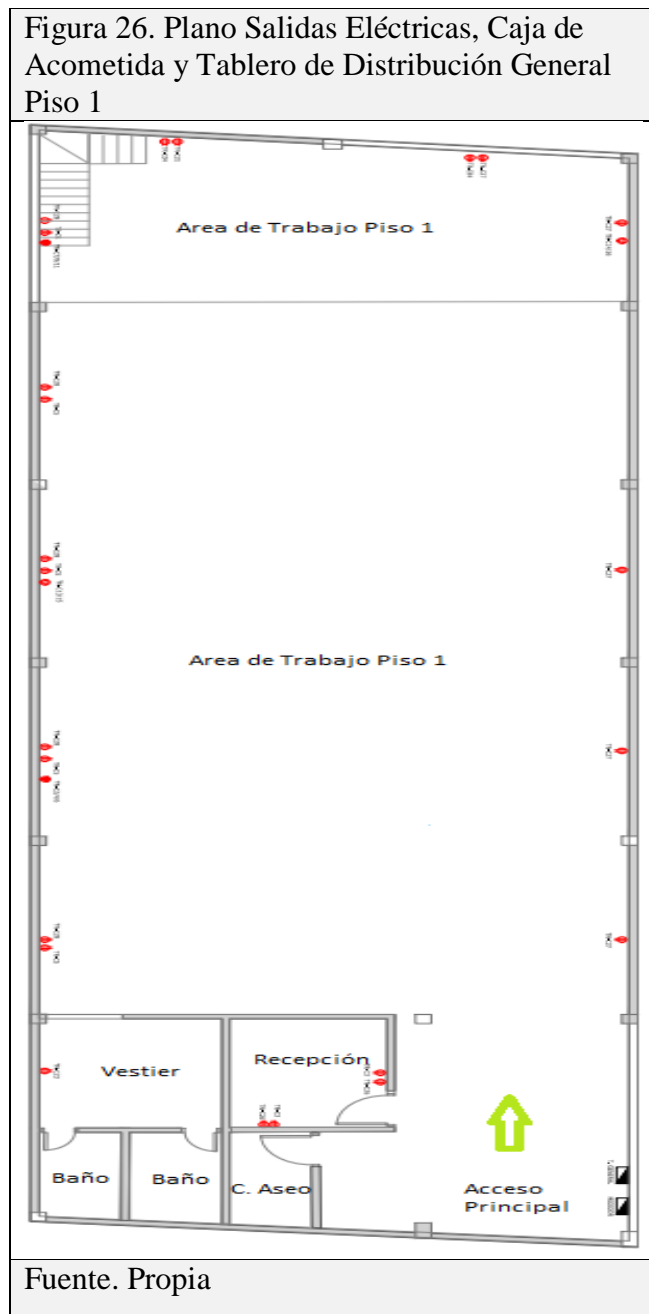
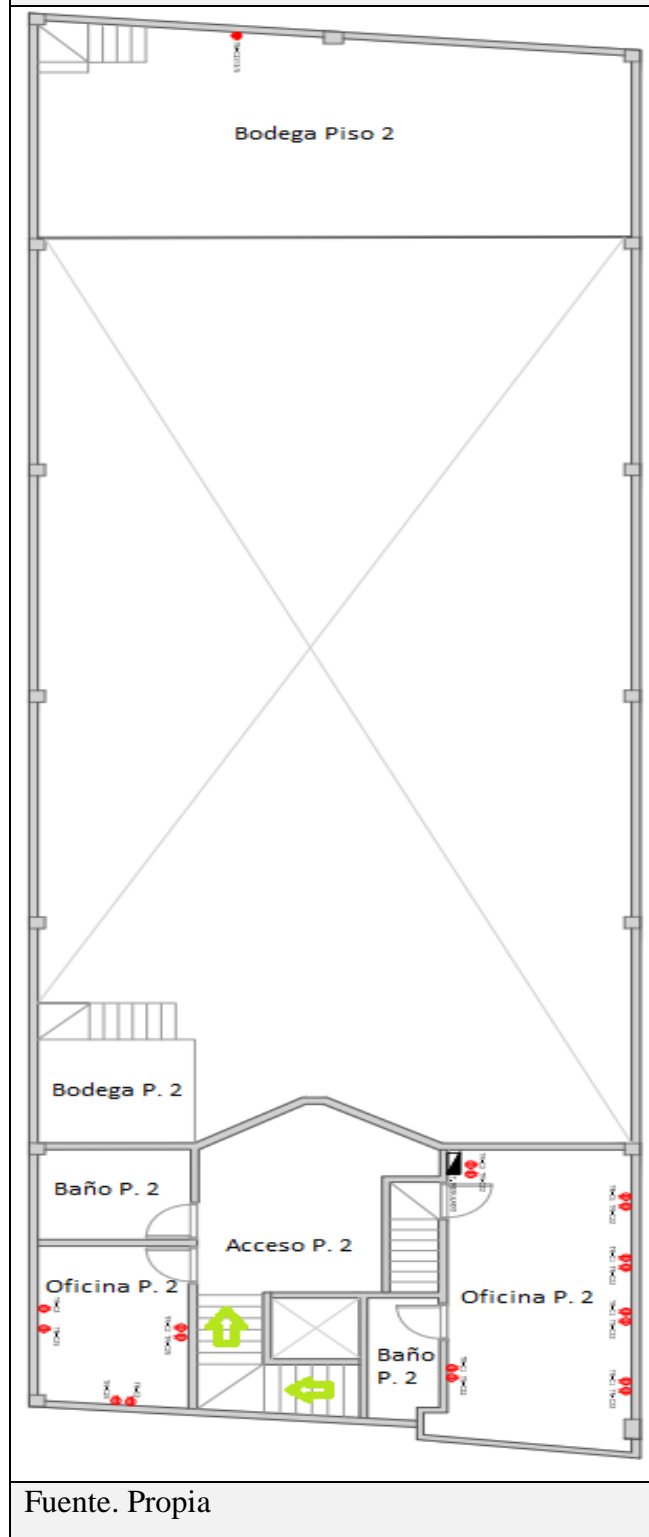


Figura 27. Plano Salidas Eléctricas, Tablero Piso 2



### 3.1.4 Cálculos y Resultados

### 3.1.5 Cuadro de Cargas Iniciales

El cuadro de cargas es un elemento primordial ya que producto de la información recopilada de los equipos, iluminación y artefactos que demanden energía eléctrica se procede a realizar cálculos para garantizar el funcionamiento y la seguridad de la infraestructura eléctrica de la serviteca.

Tabla 14. Cuadro de Cargas					
Carga	Potencia Aparente (VA)	Potencia Activa (W)	Factor de Potencia	Factor de Carga	Carga Demandada en Voltamperios (VA)
Elevador de Dos Columnas Electrohidráulico No 1	1918	2554	0.86	0,6	1151
Elevador de Dos Columnas Electrohidráulico No 2	3709	2743	0.86	0,6	2225
Compresor	3578	2465	0.83	0,6	2146
Rampa de Tijera Electrohidráulica	6875	4400	0.8	0,6	4125
Equipo de alineación 3D	1411	1020	0.85	0,6	847
Equilibradora Electrónica de Ruedas	175	110	0.8	0,6	103
Monta llantas Semiautomático	2875	1840	0.8	0,6	1725
Iluminación 12 unidades de 100 Vatios HighBay	1263	1116	0.94	1	1263
Iluminación 13 unidades de 40 vatios Panel LED.	610	494	0.9	1	610
Tomas Reguladas	4000	3240	0.9	0,6	2400
Tomas Normales	4725	3024	0.8	0,6	2835
<b>Potencia Total instalada (VA)</b>	<b>31140</b>	<b>Potencia Total Demandada (VA)</b>			<b>19433</b>
<b>Corriente A</b>	<b>53940</b>				

Fuente. Propia

➤ **Tabla 310.15 de la NTC 2050 elección de conductor acometida:**

Tabla 310.15(B)(16) (Antes Tabla 310.16) Capacidades de corriente (*Ampacity*) permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2 000 V y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, o cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30 °C.

Sección trans.	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm <sup>2</sup>	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG kemil
0,82	—	—	14	—	—	—	18**
1,31	—	—	18	—	—	—	16**
2,08	15	20	25	—	—	—	14**
3,30	20	25	30	15	20	25	12**
5,25	30	35	40	25	30	35	10**
8,36	40	50	55	35	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	55	6

Fuente. NTC 2050

En la tabla 310.15 (B) (16) se selecciona un cable conductor No 6 para la acometida trifásica de cuatro hilos con neutro.

Para el cálculo de la distorsión de armónicos se verifica la información de la ficha técnica de los fabricantes de las luminarias, ya que estos elementos son los que más distorsión armónica producen. A continuación, están las tablas con las fichas técnicas correspondientes.

Tabla 15. Ficha Técnica Luminarias Sylvania 40 W	
<b>DATOS ELÉCTRICOS</b>	
Potencia de entrada	40 W
Tensión de operación	100-277 V 50/60 Hz
Corriente de entrada	0.333 A @ 120 V
Factor de potencia	>0.9
Distorsión armónica (THD)	<20%
Tipo de driver	Independiente CC
Atenuable	NO

Fuente. <https://sylvania-colombia.com/>

Generalmente cuando la carga no lineal representa menos del 20% de la carga total, la distorsión armónica en corriente estará dentro de los límites establecidos en **IEEE 519**, sin



que exista la necesidad de efectuar algún tipo de filtrado, las luminarias de marca sylvania están sobre el límite establecido.

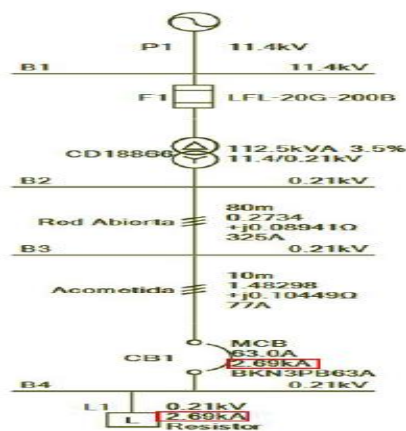
Tabla 16. Ficha Técnica Luminarias Sylvania 100 W	
<b>DATOS ELÉCTRICOS</b>	
Potencia de entrada	100 W
Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Corriente de entrada	0.45 A @ 220 V
Factor de potencia	>0.95
Distorsión armónica (THD)	<20%
Tipo de driver	Corriente constante
Atenuable	No

Fuente. <https://sylvania-colombia.com/>

### 3.1.6 Análisis de Cortocircuito y Falla a Tierra

Para este análisis se tomó como base la información del transformador alimentador de la zona, con una potencia nominal de 112.5 KVA. En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar del proyecto modelado en el software libre de análisis de cortocircuito **LSPS** con información del proveedor de energía ENEL.

Figura. 28 Análisis de Cortocircuito Implementado en Software



Fuente. Propia por medio de software libre de analisis de cortocircuito LSPS.

Como resultado se obtiene un valor de cortocircuito máximo de 2.69 KA, la capacidad de cortocircuito de la protección principal instalada es de 35KA a 220 V. Análogamente, la capacidad de cortocircuito del barraje del tablero de 30 circuitos es de 10 KA. Tanto la

capacidad de corto del tablero como de la protección son mayores a la corriente de corto circuito calculada, por esta razón se cumple con los niveles establecidos para la instalación.

### 3.1.7 Sistema de Puesta a Tierra

Se seleccionó un electrodo de puesta a tierra (Grounding electrode) y un conductor de puesta a tierra según norma AE280 de ENEL. Este sistema se compone de tres elementos básicos que aplican en esta instalación:

- Conductor de tierra
- Conexión entre el conductor de tierra y electrodo
- Electrodo de puesta a tierra

La protección principal es de 63 A, por lo tanto se selecciona un conductor de puesta a tierra en calibre 8 AWG cobre de acuerdo a la tabla 250-95 de la NTC 2050.

La varilla de puesta a tierra corresponde a un electrodo de cobre de 2.44 m de longitud y un diámetro de 15 mm según norma técnica AE280 Sistema puesta a tierra.

### 3.1.8 Verificación de Conductores

#### Datos:

Tiempo de despeje de falla por las protecciones (T): 500 ms

Temperatura final de corto circuito ( $\theta_F$ ): 160 °C

Una vez definidos todos los parámetros se procede a calcular la corriente de corto circuito máxima soportada por el conductor y se compara con la corriente de corto circuito que circula por el conductor. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos.

➤ Verificación de Conductores Por Cortocircuito

Tabla 17. Verificación de Conductores Por Cortocircuito

Resumen Cuadro de Cargas Acometida y Alimentadores																
Circuito Ramal	Propósito	Tablero Distribución General	Potencia Activa[W]	Factor de potencia	Carga [VA]	Dimensión Armónica total en corriente THDI	Tensión [V]	Calibre fase	Calibre tierra	Calibre Neutro	Sección del conductor en [mm <sup>2</sup> ]	Tiempo de despeje de falla [s]	Temperatura inicial o de servicio del conductor [°C ]	Temperatura final de cortocircuito del conductor [°C ]	Máxima Corriente de cortocircuito soportada por el conductor [KA]	Máxima corriente de cortocircuito que pasa por el conductor[K A]
1	Compresor	TGD	2465	0,83	3578	20%	208	10	12	10	5,25	0,2	60	160	1,43	1,0
2	Elevador de dos columnas # 1	TGD	2554	0,86	1918	20%	208	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
3	Monta	TGD	1840	0,8	2875	20%	208	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
4	T. Regulado	TGD	3240	0,9	4000	20%	208	8	10	8	8,36	0,2	60	160	2,28	1,0
5	Elevador de dos columnas # 2	TGD	2743	0,86	3709	20%	208	8	12	8	8,36	0,2	60	160	2,28	1,0
6	Elevador tijera	TGD	4400	0,8	6875	20%	208	8	10	8	8,36	0,2	60	160	2,28	1,0
7	Iuminación P2	TGD	266	0,9	329	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
8	Iuminación P1	TGD	228	0,9	281	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
9	Tomas	TGD	432	0,8	675	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
10	Libre															
11	Tomas	TGD	432	0,8	675	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
12	Tomas	TGD	576	0,8	900	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
13	Tomas	TGD	144	0,8	225	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
14	Iuminación bodega	TGD	558	0,94	632	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
15	Tomas	TGD	288	0,8	450	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
16	Tomas	TGD	432	0,8	675	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
17	Tomas	TGD	288	0,8	450	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
18	Tomas	TGD	432	0,8	675	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
19	Iuminación bodega	TGD	558	0,94	632	20%	127	12	12	12	3,3	0,2	60	160	0,9	0,8
20	Libre															

Fuente. Propia

Como se observa en la tabla, en todos los casos la corriente de corto máxima soportada por el conductor es mayor a la corriente de corto que circula por el mismo y por lo tanto, se verifica que los conductores seleccionados están dentro de los límites de corto circuito establecidos.

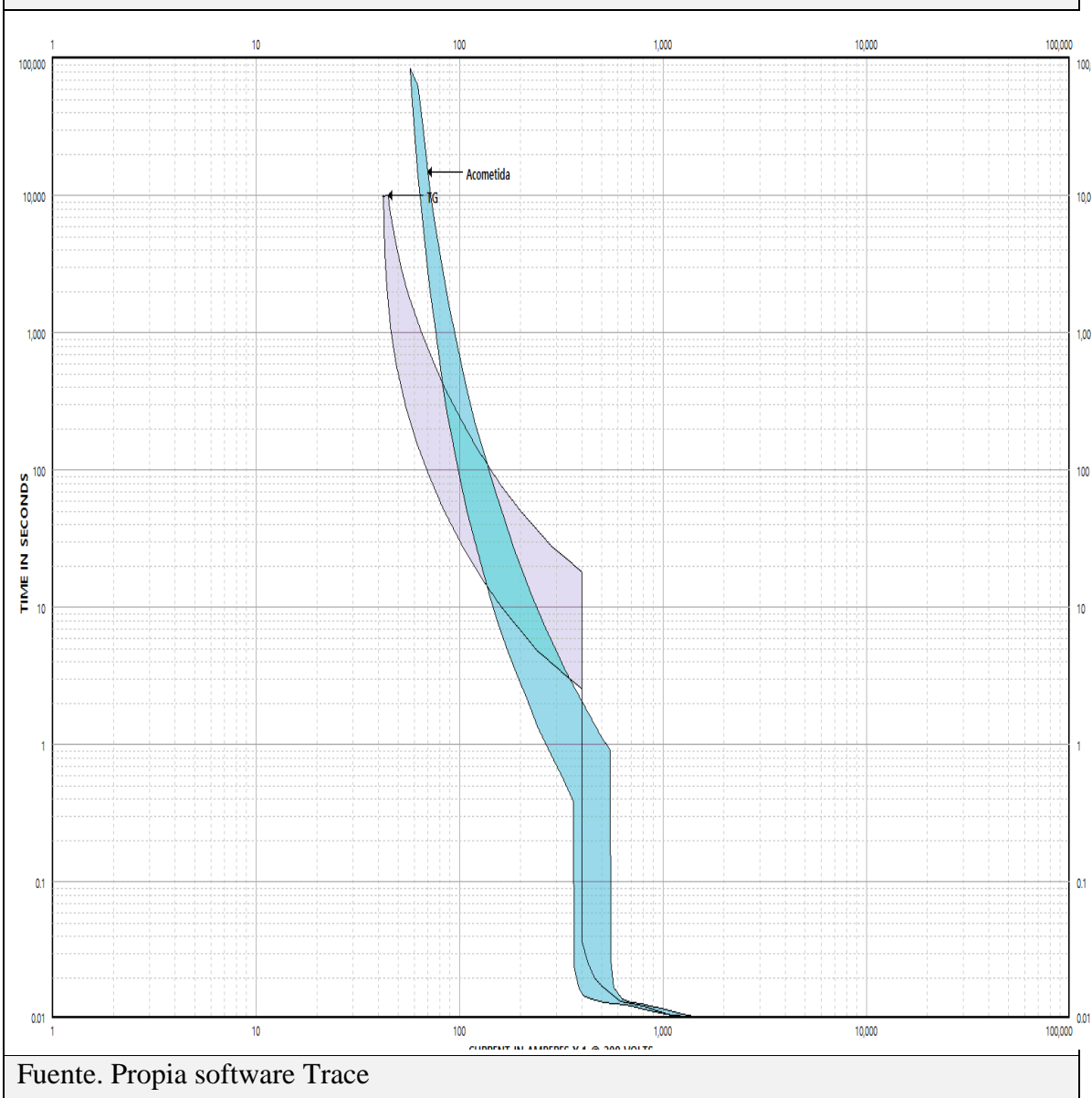
### 3.1.9 Cálculo y Coordinación de Protecciones

Se seleccionó la siguiente protección para la acometida: Protección termo magnética tipo Mini Circuit Breaker MCB de In 63 A, Curva de disparo tipo C, Icc 10 kA a 220 V.

Se seleccionó la siguiente protección para el tablero general: Protección termo magnética tipo Caja moldeada MCCB de In 60 A, Icc 40 kA a 220 V.

➤ **Calculo Curva de Protecciones.**

Figura 29.



Fuente. Propia software Trace

La curva en color verde indica la protección de la entrada de la acometida, la curva en color morado indica la protección del tablero general.

### 3.1.10 Cálculo de Canalización y Volumen de Encerramiento

Se proyecta utilizar bandejas portables y canalizaciones metálicas para proteger los conductores. A continuación, se muestran los cálculos para las canalizaciones del tablero general de distribución.

➤ **Calculo de Canalizaciones Tablero General de Distribución.**

Tabla 18.

Círculo Ramal	Descripción circuito ramal	Tablero Distribución General	Carga [VA]	Tensión [V]	Distancia tablero [M]	Numero de fases	Material Cobre	Calibre fase	Ducto mínimo en PVC/ EMT [Φ]	Sección del conductor en [mm <sup>2</sup> ]	Area exterior cable (un conductor por fase) [mm <sup>2</sup> ]	Area interna tubería [mm <sup>2</sup> ]	Porcentaje de Ocupación del ducto (%)
1	Compresor	TGD	3578	208	48	3	CU	10	3/4"	5,25	63,1	343,1	18,30%
2	Elevador de dos columnas #1	TGD	1918	208	37	3	CU	12	3/4"	3,3	42,8	343,1	12,48%
3	Monta plantas	TGD	2875	208	49	3	CU	12	3/4"	3,3	42,8	343,1	12,48%
4	T. Regulado	TGD	4000	208	35	3	CU	8	3/4"	8,36	108,2	343,1	31,53%
5	Elevador de dos columnas #2	TGD	3709	208	45	2	CU	8	3/4"	8,36	79,5	343,1	23,17%
6	Elevador tijera	TGD	6875	208	42	2	CU	8	3/4"	8,36	84,5	343,1	24,64%
7	Iluminación P2	TGD	329	127	52	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
8	Iluminación P1	TGD	281	127	22	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
9	Tomas	TGD	675	127	45	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
10	Libre												
11	Tomas	TGD	675	127	28	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
12	Tomas	TGD	900	127	25	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
13	Tomas	TGD	225	127	40	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
14	Iluminación bodega	TGD	632	127	45	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
15	Tomas	TGD	450	127	28	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
16	Tomas	TGD	675	127	30	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
17	Tomas	TGD	450	127	32	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
18	Tomas	TGD	675	127	38	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
19	Iluminación bodega	TGD	632	127	45	1	CU	12	3/4"	3,3	25,7	343,1	7,49%
20	Libre												

Fuente. Propia

### 3.1.11 Calculo de Bandeja Portacable

Este cálculo se realiza para calcular la sección de la bandeja portacables según la cantidad de cableado a instalar. La idea es dejar un porcentaje de crecimiento mínimo del 20%.

➤ **Calculo Bandeja Portacable**

Tabla 19.

Calibre	Conductores portadores de corriente		Conductores de neutro PORTADORES de corriente		Conductores de tierra		
	AWG ó KCMIL	Cantidad (unidad)	Área total (mm <sup>2</sup> )	Cantidad (unidad)	Área total (mm <sup>2</sup> )	Cantidad (unidad)	Área total (mm <sup>2</sup> )
12		32	370,60	32	370,60	16	185,30
10		4	62,21	4	62,21	2	31,11
8		10		10			
6							
4							
2							
1/0							
2/0							
3/0							
4/0							
250							
300							
350							
400							
500							

BANDEJA PORTACABLES PISO 1	
Conductores ≥4/0 NO portadores de corriente [UN]	0
Conductores ≥4/0 portadores de corriente [UN]	0
Diámetro total conductores ≥4/0 [cm]	0,00
Área Total ocupada conductores [cm <sup>2</sup> ]	0,00
Área total ocupada [cm <sup>2</sup> ]	10,82
Diámetro total sección transversal [cm]	35,17
Total conductores [u]	110
Porcentaje de crecimiento	25%
Área total ocupada [cm <sup>2</sup> ]	13,53

BANDEJA PORTACABLE	
Tipo de aislamiento de los conductores	LOHF
Tipo de Canaleta/bandeja	CANALETA TIPO DUCTO
TAMAÑO COMERCIAL [cm]	20 x 6
ÁREA EN cm <sup>2</sup>	100
% DE OCUPACIÓN	13,5%

Fuente. Propia software LSPS

Se emplearán cajas de paso con un tamaño mínimo de **4x4x2” (pulgadas)** en todas las salidas o mayores donde corresponda, de acuerdo a la cantidad de empalmes y cables tanto saliendo como entrando a las cajas. El cálculo de estas cajas se realiza de acuerdo a las tablas 314.16(A) y 314.16 (B) del NEC (National Electrical Code) 2017.

### 3.1.12 Cálculos de Pérdida de Energía

Es importante resaltar el hecho de que la resistencia eléctrica del circuito será función de la longitud del mismo, del número de conductores por fase y el calibre del conductor. A continuación, se muestra este cálculo para el tablero de distribución general que está ubicado en el piso 1.

➤ **Cálculos de Pérdida de Energía.**

Tabla 20..

Círculo Ramal	Descripción circuito ramal	Tensión [V]	Factor de potencia	Carga [VA]	Potencia Activa[W]	Distorsión Armónica total en corriente THDI	Numero de fases	Material Cobre	Calibre fase	Ducto mínimo en PVC/ EMT [Φ]	Distancia tablero [M]	Corriente nominal en Amperios(A)	Valor eficaz o RMS de corriente Armónica (A)	Pérdidas de energía en el conductor en (W)
1	Compresor	208	0,83	3578	2465	20%	3	CU	10	3/4"	48	13,5	13,8	115,40
2	Elevador de dos columnas # 1	208	0,86	1918	2554	20%	3	CU	12	3/4"	37	7,5	7,6	43,72
3	Monta llantas	208	0,8	2875	1840	20%	3	CU	12	3/4"	49	10	10,2	102,88
4	T. Regulado	208	0,9	4000	3240	20%	3	CU	8	3/4"	35	37	37,7	396,37
5	Elevador de dos columnas # 2	208	0,86	3709	2743	20%	2	CU	8	3/4"	45	18	18,4	80,62
6	Elevador tijera	208	0,8	6875	4400	20%	2	CU	8	3/4"	42	25	25,5	144,34
7	Iluminación P2	127	0,9	329	266	20%	1	CU	12	3/4"	52	4,4	4,5	14,38
8	Iluminación P1	127	0,9	281	228	20%	1	CU	12	3/4"	22	9	9,2	24,95
9	Tomas	127	0,8	675	432	20%	1	CU	12	3/4"	45	1,6	1,6	1,54
10	Libre													
11	Tomas	127	0,8	675	432	20%	1	CU	12	3/4"	28	4,5	4,6	7,94
12	Tomas	127	0,8	900	576	20%	1	CU	12	3/4"	25	10,5	10,7	38,58
13	Tomas	127	0,8	225	144	20%	1	CU	12	3/4"	40	6	6,1	20,16
14	Iluminación bodega	127	0,94	632	558	20%	1	CU	12	3/4"	45	5,6	5,7	19,44
15	Tomas	127	0,8	450	288	20%	1	CU	12	3/4"	28	4,5	4,6	7,94
16	Tomas	127	0,8	675	432	20%	1	CU	12	3/4"	30	4,5	4,6	8,50
17	Tomas	127	0,8	450	288	20%	1	CU	12	3/4"	32	7,5	7,6	25,20
18	Tomas	127	0,8	675	432	20%	1	CU	12	3/4"	38	4,5	4,6	10,77
19	Iluminación bodega	127	0,94	632	558	20%	1	CU	12	3/4"	45	5,6	5,7	19,44
20	Libre													

Fuente. Propia

### 3.1.13 Calculo de Regulación

Se calcula la regulación parcial y acumulada. A continuación, se muestran estos cálculos para el tablero normal y en el resumen de cargas del proyecto:

➤ **Calculo de Regulación Tablero General de Distribución.**

Tabla 21.

Circuito Ramal	Descripción circuito ramal	Tensión [V]	Factor de potencia	Carga [VA]	Potencia Activa[W]	Distorsión Armónica total en corriente THDI	Distancia tablero [M]	Corriente nominal en Amperios(A)	Valor eficaz o RMS de corriente Armónica (A)	Caída de tensión (%)
1	Compresor	208	0,83	3578	2465	20%	48	13,5	13,8	2,28%
2	Elevador de dos columnas # 1	208	0,86	1918	2554	20%	37	7,5	7,6	1,56%
3	Monta llantas	208	0,8	2875	1840	20%	49	10	10,2	2,75%
4	T. Regulado	208	0,9	4000	3240	20%	35	37	37,7	2,86%
5	Elevador de dos columnas # 2	208	0,86	3709	2743	20%	45	18	18,4	2,07%
6	Elevador tijera	208	0,8	6875	4400	20%	42	25	25,5	2,67%
7	Iluminación P2	127	0,9	329	266	20%	52	4,4	4,5	2,59%
8	Iluminación P1	127	0,9	281	228	20%	22	9	9,2	2,22%
9	Tomas Libre	127	0,8	675	432	20%	45	1,6	1,6	0,79%
10	Tomas	127	0,8	675	432	20%	28	4,5	4,6	1,41%
11	Tomas	127	0,8	900	576	20%	25	10,5	10,7	2,94%
12	Tomas	127	0,8	225	144	20%	40	6	6,1	2,69%
13	Iluminación bodega	127	0,94	632	558	20%	45	5,6	5,7	2,80%
14	Tomas	127	0,8	450	288	20%	28	4,5	4,6	1,41%
15	Tomas	127	0,8	675	432	20%	30	4,5	4,6	1,51%
16	Tomas	127	0,8	450	288	20%	32	7,5	7,6	2,69%
17	Tomas	127	0,8	675	432	20%	38	4,5	4,6	1,92%
18	Iluminación bodega	127	0,94	632	558	20%	45	5,6	5,7	2,80%
19	Tomas Libre									
20										

Fuente. Propia

Para el cálculo de la regulación acumulada se tuvo en cuenta la caída de tensión desde bornes del secundario del transformador hasta cada uno de los equipos y tableros. Igualmente se verificó que la regulación acumulada con los circuitos ramales no supera el 5% en ningún caso tal como lo exige la NTC 2050. Para ver la totalidad de los cálculos de regulación, ver **Cuadros de cargas**.

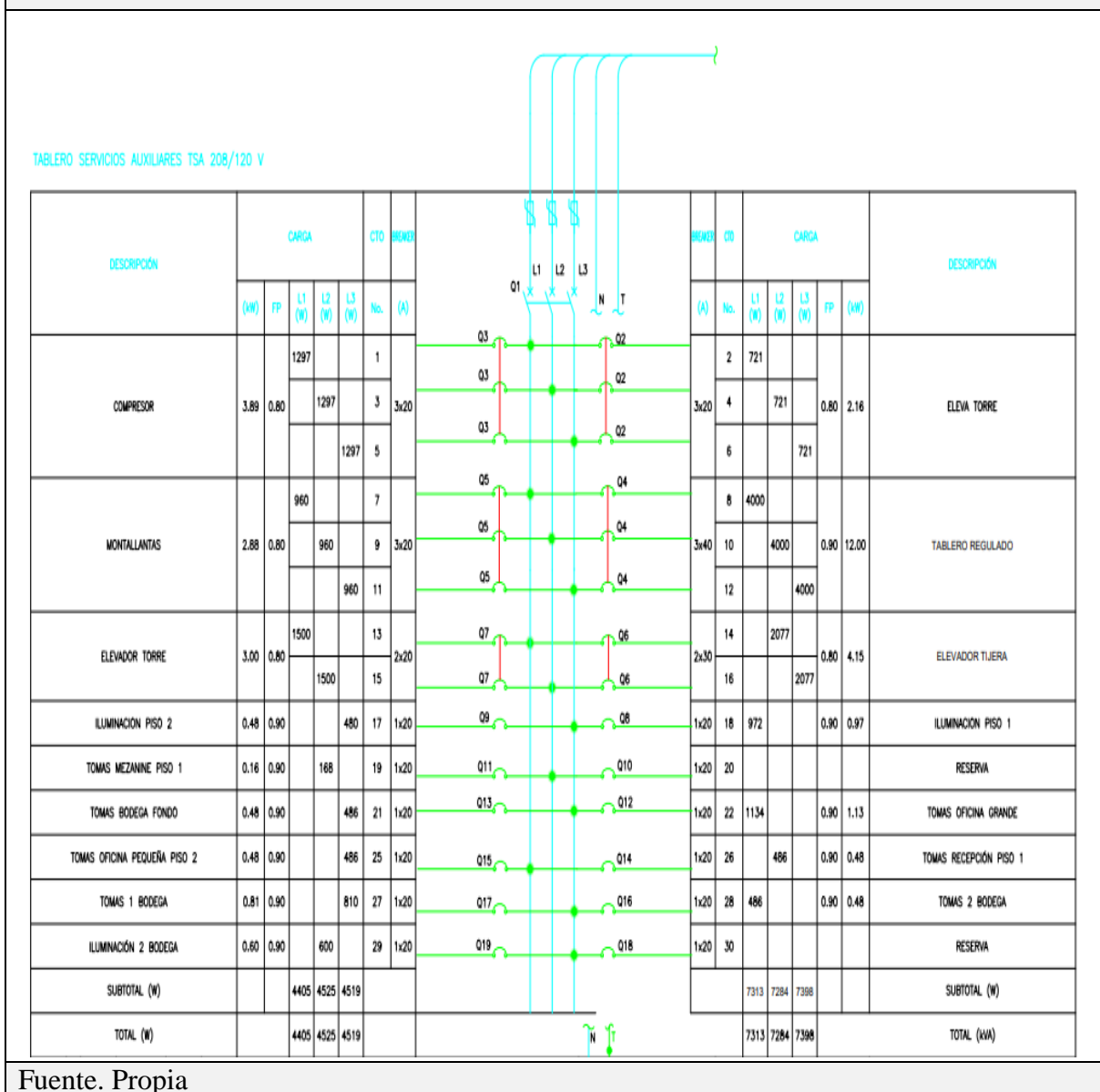
### 3.1.14 Elaboración de Diagrama Unifilar

Es un esquema que muestra la relación de los diferentes puntos de conexión eléctrica y los valores nominales de voltaje y corriente calculados, a continuación se muestra el esquema de la serviteca proyectado.



➤ Diagrama Unifilar Tablero General

Figura 30.



Fuente. Propia

3.1.15 Diseño de la Red Neumática

Para iniciar el cálculo de la red neumática es necesario tener en cuenta que herramientas y equipos se necesitan. Inicialmente se establece una tabla con los siguientes datos:

1. Imagen o foto del elemento (opcional)
2. Nombre de la herramienta

3. Marca (opcional)
4. Presión de trabajo (bar-PSI)
5. Número o cantidad de herramientas
6. Caudal de aire teórico o Q Teórico (l/min)
7. Factor de uso
8. Factor de simultaneidad
9. Q Real (l/min): este es producto de la multiplicación numeral 5, 6,7 y 8 de esta lista.
10. Factor de fugas
11. Factor de expansión
12. Q. Total (l/min)

Como resultado se tiene la multiplicación de los numerales 9,10 y 11 de esta lista.

Q Total: Caudal de aire total de toda la herramienta

M<sup>3</sup>/h: Metros cúbicos por hora

CFM: Pie Cubico por Minuto






Con la información del CFM se elige el compresor adecuado.

Nota: La información de los numerales 1,2,3,4 y 6 se encuentra en la ficha técnica de los equipos, el numeral 5, 7, 8, 10,11 es a criterio del diseñador y del propósito de la instalación.

### 3.1.16 Dimensionamiento de Herramienta Neumática

#### ➤ Dimensionamiento de Herramienta Neumática.

Tabla 22.

DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS												
Imagen	Nombre	Marca	PRESION (bar)(PSI)	Numero de herramientas	Q Teórico (l/min)	Factor de Uso	Factor de Simultaneidad	Q Real (l/min)	Factor de Fugas	Factor de Expansión	Q Total (l/min)	
	Gato Neumatico	INDUMER.	(6,3bar)(120PSI)	2	290	0,4	0,3	69,6	1,1	1,1	84,216	
	Pistola de impacto 3/8	RODCRAFT	(6,3bar)(90PSI)	1	250	0,4	0,3	30	1,1	1,1	36,3	
	Atornilladora 1/4	RODCRAFT	(6,3bar)(90PSI)	3	285	0,3	0,2	51,3	1,1	1,1	62,073	
	Taladro	RODCRAFT	(6,3bar)(90PSI)	3	255	0,2	0,2	30,6	1,1	1,1	37,026	
	Rampa Elevador	INDUMER.	(6,3bar)(120PSI)	1	550	0,2	0,3	33	1,1	1,1	39,93	
											l/min	260
											m <sup>3</sup> /h	15,6
											CFM	9,2

Fuente. Propia

### 3.1.17 Información del Compresor

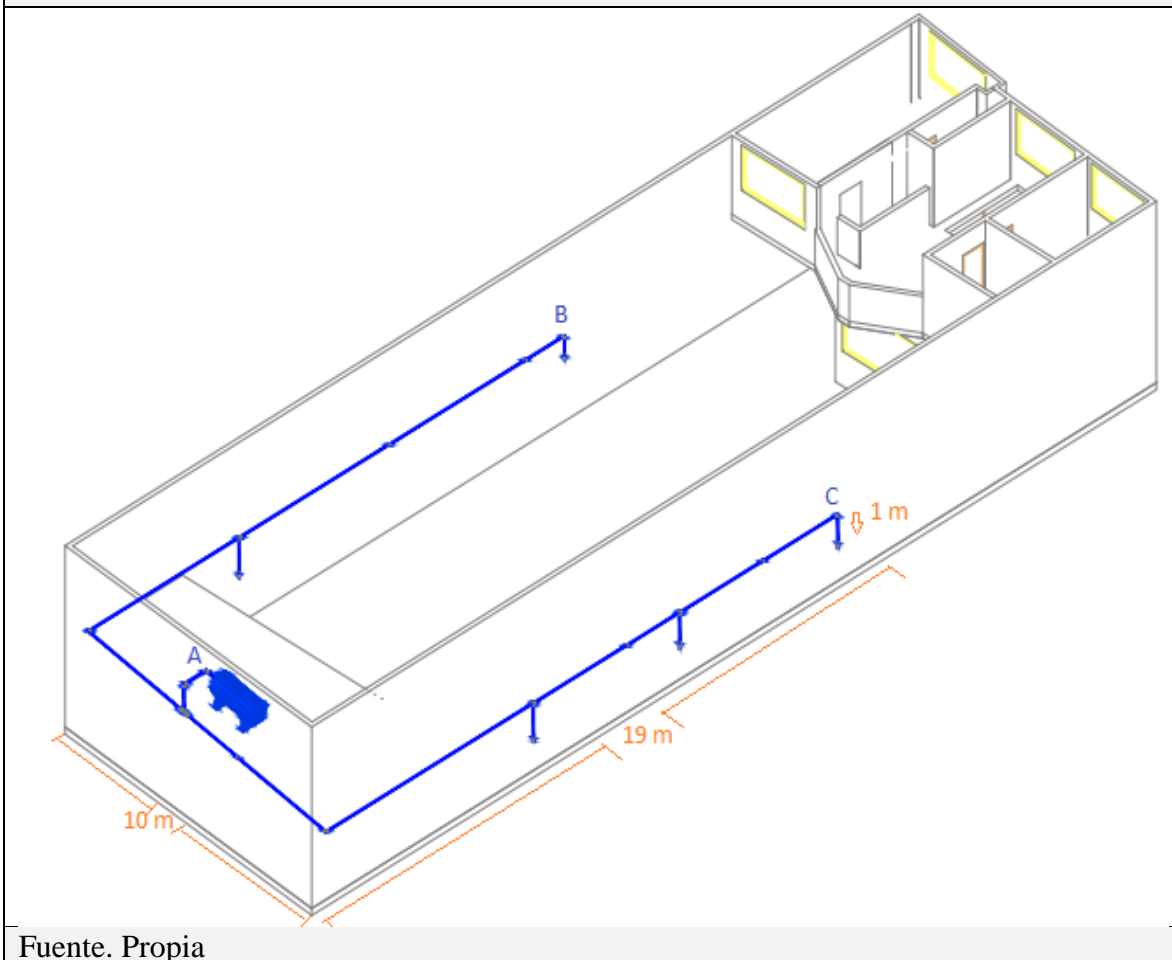
Tabla 23. Ficha Técnica del Compresor

Figura 33. Compresor

Nominal Power (hp)	5	
Flow at Max Pressure (cfm)	15.5	
Base Length (in)	28	
Base Width (in)	30	
Base Height (in)	72	
NPT Outlet (in)	0.5	
Voltage/Engine	230/1/60	
Tank (gal)	80 Gallon Vertical	
Weight (lbs)	490	
<a href="https://www.indumer.com/">https://www.indumer.com/</a>		

### 3.1.18 Diseño Físico de la Red Neumática

Figura 31. Diseño Físico de la Red de Neumática.

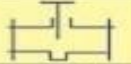

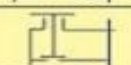
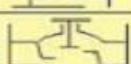



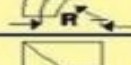





Fuente. Propia

En la imagen anterior se puede observar que se optó por una red neumática abierta, siguiendo los lineamientos arquitectónicos del espacio y los puestos de trabajo. Se tiene estimado instalar la tubería minimizando codos, curvas y cambios de sección que puedan generar pérdidas en el sistema.

Se continúa con la sumatoria de la tubería, teniendo en cuenta las ubicaciones y dimensiones de la red de aire comprimido tomando como punto de partida el compresor, luego identificando las cantidades de los accesorios que se acoplan al sistema. Para realizar las mediciones la tubería recta se usa el plano arquitectónico, para los accesorios existe una tabla de equivalencias que indican la medida que a tomar de acuerdo al accesorio que se emplea y su diámetro, esto con el fin de contemplar las pérdidas de aire en el trayecto. A continuación se adjunta un ejemplo de la tabla de equivalencias.

Tabla 24. Longitud Equivalente en Tubería ( Metros.)

Longitud equivalente de tubería en metros											
Componentes	Diámetro interior de tubería en mm (d)										
	25	40	50	80	100	125	200	250	300	350	400
Válvula de bola abierta 100% 	0.3 5	0.5 8	0.5 10	1.0 16	1.3 20	1.6 25	1.9 30	2.6 40	3.2 50	3.9 60	5.2 80
Válv. diafragma abierta 100% 	1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válv. angular abierta 100% 	4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo 	7.5	12	15	24	30	36	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta 	2.0	3.2	4.0	5.4	6.0	10	12	16	20	24	32
Codo R=2d 	0.3	0.5	0.5	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo R=d 	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90° 	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T, salida en línea 	0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T, salida angular 	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reductor 	0.5	0.7	1.0	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.6

Fuente. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn201.html>

Tramos rectos:  $19\text{ m} + 19\text{ m} + 10\text{ m} + 2\text{ m} + 7\text{ m} = 57\text{ m}$

Válvula de bola:  $9\text{ und} \times 0.35\text{ m} = 3.15\text{ m}$

Tubos en T:  $9\text{ und} \times 1.5\text{ m} = 13.5\text{ m}$

Codos:  $4\text{ und} \times 1.5 = 2\text{ m}$

Trampas de agua o filtro separador:  $8\text{ und} \times 3 = 24\text{ m}$

Total de tubería incluyendo tramos rectos y longitudes equivalentes:  $99.65\text{ m}$

En el siguiente paso se consultan los resultados de las sumatorias del dimensionamiento de la herramienta neumática que se adjunta y realizar un resumen de valores en la siguiente imagen.

Tabla 25. Sumatoria Herramienta Neumática	
<b>l/min</b>	260
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	15,6
<b>CFM</b>	9,2
<b>Total tubería tramos rectos y longitudes equivalentes</b>	99,65m
<b>Presion de trabajo</b>	6,3 bar
<b>Perdida 10% de 6,3 bares</b>	0,63

Fuente. Propia

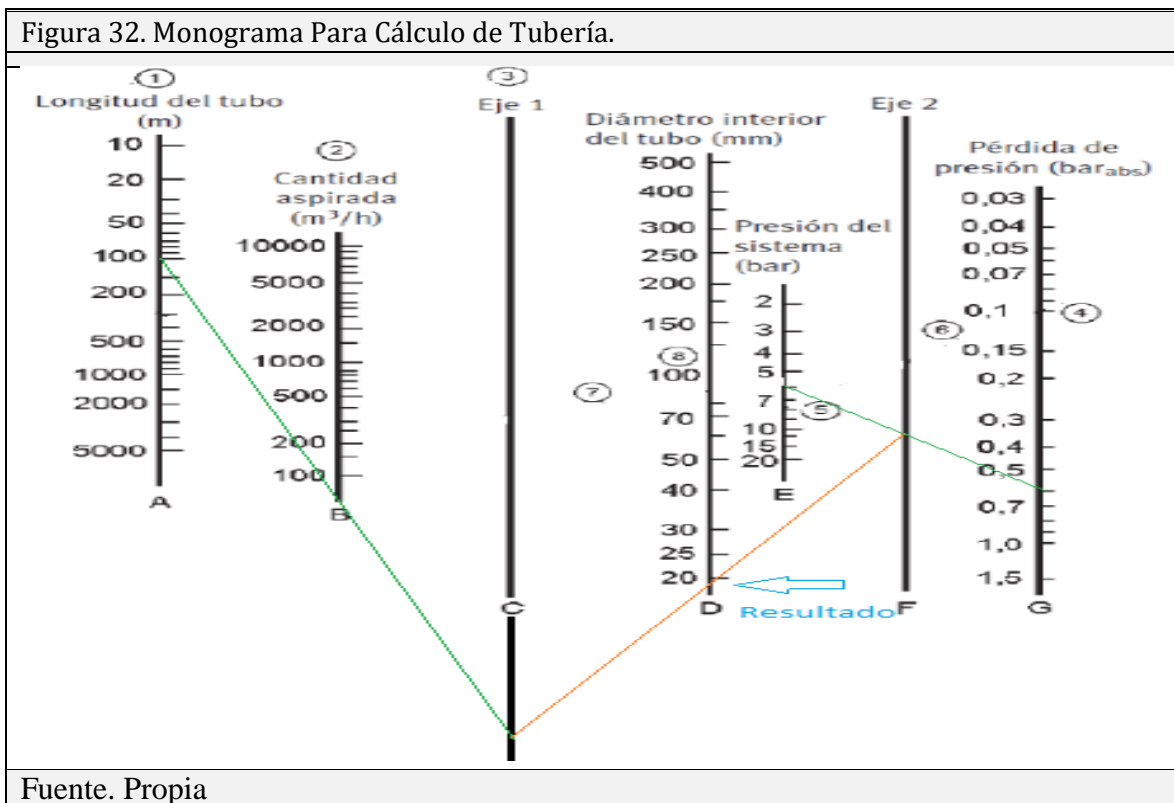
**Donde:**

l/min: Litros por minuto

M<sup>3</sup>/h: Metros cúbicos por hora

CFM: Pie Cubico por Minuto

La siguiente grafica contiene el monograma para el cálculo de tubería y confirmar su diámetro.



El diámetro interior mínimo que debe utilizar en la red neumática que resulta en el monograma es de 18 mm aproximadamente, esto equivale a un tubo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

Tabla 26. Medidas Diámetro Interno de Tubería.

DIAMETRO EXTERNO		DIAMETRO INTERNO	ESPESOR PARED	TEMPERATURA	PRESION MAXIMA DE TRABAJO PSI
A (mm)	Equivalente A (in)	B (mm)	S (mm)	°C	PSI
20	1/2"	14,4	2,8	0 - 50	190
25	3/4"	18	3,5	0 - 50	190
32	1"	23,2	4,4	0 - 50	190

Fuente. <https://www.dicol.com.co/wp-content/uploads/2018/10/FICHAS-TECNICAS-TUBERIA.pdf>

## 4 Conclusiones

- La planificación del diseño en conjunto de la red eléctrica y neumática no solo involucra normas y reglamentos, también se puede incluir la estética generando un orden visual para el usuario final, ya que es en lo primero que se fijan los clientes en las instalaciones comerciales.
- Es importante cumplir las normas y los reglamentos para mitigar riesgos eléctricos y garantizar la seguridad de las personas y los equipos de la serviteca.
- Al realizar un correcto dimensionamiento de la infraestructura eléctrica, evita sobrecostos y garantiza el buen funcionamiento de la maquinaria y equipos.
- En un proceso de producción, un sistema neumático presenta alta efectividad al tener un suministro de aire ilimitado en la atmosfera para ser comprimido y generar presión, esta presión es de gran ayuda para la activación de los mecanismos en los talleres mecánicos y servitecas.
- Los planos y diagramas sirven para minimizar las equivocaciones en este tipo de proyectos, ya que se involucra personal de varias áreas constructivas.



## 5 Referencias Bibliográficas

- [1] RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, Bogotá, edición 2013, p 8-13.
- [2] FESTO HESSE Aire Comprimido Fuente de Energía FESTO AG & CO 2002
- [3] ATLAS COPCO Guía de Bolsillo Para Distribución de Aire Comprimido 2007
- [4] KAESER Compresores, Técnicas de Aire Comprimido Ed. Bukele el Salvador.
- [5] <https://www.alertabogota.com/noticias/local/reportan-explosion-en-engativa-al-parecer-por-manejo-inadecuado-de-quimicos>
- [6] Tecnología Neumática Industrial by Parker Hannifin Corporation 2003
- [7] Guía Práctica de Investigación en Ingeniería Autor Néstor Rafael Perico, Elvia Yaneth Galarza
- [8] <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25554/u258430.pdf?sequence=1>
- [9] <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7328/1/3092202-2019-1-II-IM.pdf>
- [10] <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2444/5/2020DayanaKaterynBarahonaPiraban.pdf>
- [11] NTC 2050
- [12] <https://www.dialux.com/es-ES/>
- [13] CONTEC, Norma Técnica Colombiana NTC 2050, Bogotá, primera edición, p 56.
- [13] <https://sogingenieria.com>
- [14] RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, Bogotá, edición 2013, p 59.

