



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Proyecto de la instalación
eléctrica de una planta de
biodiésel**

TESINA

Que para obtener el título de

Ingeniero eléctrico electrónico

P R E S E N T A

Bastida García Daniel

ASESORA DE INFORME

Dra. Alejandra Castro González



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: DR. JAVIER NOÉ ÁVILA CEDILLO

VOCAL: DRA. ALEJANDRA CASTRO GONZÁLEZ

SECRETARIO: M.I. ELEUTERIA SILVINA ALONSO SALINAS

1er SUPLENTE: M.I. IVÁN URZÚA ROSAS

2do SUPLENTE: M.I. HÉCTOR MORA GARCÍA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Laboratorio de Producción y Utilización de Biocombustibles (LAEL), Departamento de Sistemas Energéticos, División de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria

ASESORA DEL TEMA:

Dra. Alejandra Castro González

SUSTENTANTE:

Daniel Bastida García

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, la Facultad de Ingeniería y a todos los maestros con los que tuve la dicha de compartir un salón de clase, porque gracias al conocimiento que me brindaron estoy cumpliendo una meta más en mi vida.

Poder finalizar este trabajo no hubiera sido posible sin el gran apoyo de la Dra. Alejandra Castro González, ya que gracias a ella tuve la dicha de poder participar en este proyecto. Le agradezco infinitamente el haberme dado la oportunidad de trabajar con usted, de confiar en mí y de ser mi guía durante todo este tiempo. Agradezco a dios el haberla conocido y ser una parte importante en todo este proceso de mi vida, que con consejos y apoyo he podido salir adelante.

Agradecimientos especiales al Maestro Héctor Mora y la Maestra Silvina que gracias a su paciencia y conocimientos también fueron pieza clave para poder realizar este trabajo.

DEDICATORIA

Para mi papa Francisco Daniel Bastida Bastida. Padre sé que esperabas con mucha alegría el momento de mi titulación, lamento no haberlo logrado antes de tu partida, pero yo estoy seguro que ese día estarás ahí, junto a mí y espero con el corazón puedas estar orgulloso así como yo lo estoy de ser tu hijo. Quiero que sepas que te amo, fuiste el mejor papa, me diste todo sin pedir nada a cambio. Hoy sé que cuando me encuentre en un problema o necesite un consejo podre encomendarme a ti y solo bastara cerrar los ojos para que estés ahí, acompañándome y guiándome como siempre lo hiciste. Te extraño demasiado pero sé que estas en un mejor lugar cuidándonos. Confía en que siempre seguiré tus buenos pasos y todo lo bueno que nos enseñaste. Hasta pronto papa, espero volverte a ver, un abrazo y beso hasta el cielo.

Para mi mama Angélica Aurelia Garcia Flores quien hasta ahora ha sido un pilar importante en mi vida, que gracias a sus cuidados, cariño y enseñanzas estoy logrando convertirme en ingeniero. Mama te amo, siempre estaré agradecido por todo lo que has hecho por mí y quiero que sepas que el amor que tengo hacia ti es infinito.

Por ultimo quiero darle gracias a Alan Bastida, Erika Venegas, Dania Bastida, Edgar Aceves, Maru Aceves, Monserrat Bastida, mis abuelitas María Flores, Virginia Bastida y en general a mi familia y amigos que siempre me han apoyado en todo momento

DANIEL BASTIDA GARCIA

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
GLOSARIO.....	IV
RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
OBJETIVO.....	VII
CAPÍTULO 1	
GENERALIDADES.....	1
1.1 Instalaciones eléctricas generales en una planta de biodiésel.....	1
1.2 Importancia del proyecto de líneas eléctricas.....	2
CAPÍTULO 2	
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL SITIO.....	3
2.1 Caso de estudio.....	3
2.2 Condiciones iniciales.....	4
2.3 Metodología del proyecto eléctrico.....	10
2.3.1 Tipos de conexión.....	11
2.3.2 Diseño de cuadro de cargas.....	11
2.3.3 Cálculo de cargas.....	15
2.3.3.1 Cuadro de cargas del tablero de control de automatización.....	17
2.3.3.2 Cuadro de cargas de tablero eléctrico principal.....	19
2.3.4 Tierra física.....	22
2.3.5 Caída de tensión.....	23
2.3.6 Alimentación.....	25
2.3.7 Distribución de las líneas a los equipos.....	25
2.3.8 Diagrama final del proyecto.....	28

CAPÍTULO 3

INSTALACIÓN	37
3.1 Inventario de materiales.....	37
3.2 Cotización.....	40
3.3 Primero trabajos de instalación.....	43
3.4 Iluminación.....	49
3.4.1: Cálculo del DPEA.....	50
3.5 Acometida.....	52
3.6 Tierra física.....	53
3.7 Conductores.....	54
3.8 Mando y maniobra (tablero eléctrico).....	57
3.9 Puntos de consumo.....	59
3.10 Elementos de seguridad.....	60
3.11 Normatividad.....	61
3.12 Costo del proyecto.....	62
Conclusiones.....	68
Bibliografía.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Ubicación del terreno destinado a la construcción de la planta de biodiésel en la Alcaldía Álvaro Obregón.....	3
Figura 2.2	Condiciones iniciales del sitio destinado para la construcción de la planta de biodiésel en la Alcaldía Álvaro Obregón.....	4
Figura 2.3	Fotografía de la acometida principal en el sitio de estudio.....	5
Figura 2.4	Analizador de la calidad de la energía AEMC 8336.....	6
Figura 2.5	Representación gráfica de las mediciones del voltaje por fase en la acometida del caso de estudio.....	6
Figura 2.6	Corriente demanda por fase en el taller mecánico de caso de estudio.....	7
Figura 2.7	Representación gráfica de las mediciones de potencia activa de la acometida del taller mecánico de la Alcaldía Álvaro Obregón.....	8
Figura 2.8	Representación por plano del recorrido de cableado de la acometida al panel eléctrico de la planta de biodiésel.....	9
Figura 2.9	Diagrama para el proyecto eléctrico... ..	10
Figura 2.10	Representación del diagrama del tablero eléctrico para el caso de estudio.....	14
Figura 2.11	Construcción de la hoja de Excel para realizar los cálculos correspondientes....	15
Figura 2.12	Representación de conexiones realizadas entre acometida, tablero eléctrico, tablero automatizado y equipos.....	21
Figura 2.13	Distancia de la acometida a panel eléctrico de la planta de biodiésel... ..	23
Figura 2.14	Distribución de líneas a los equipos planta baja.....	26
Figura 2.15	Distribución de líneas a los equipos planta alta.....	27

Figura 2.16	Plano planta baja contactos y fuerza.....	29
Figura 2.17	Plano planta alta contactos y fuerza.....	30
Figura 2.18	Plano iluminación planta baja.....	34
Figura 2.19	Plano iluminación planta alta.....	35
Figura 3.1	Demolición del edificio que ocupaba el lugar destinado para la planta de biodiésel.....	43
Figura 3.2	Edificio para la planta de biodiésel.....	43
Figura 3.3	Fijación de tubo conduit.....	44
Figura 3.4	Instalación del tablero eléctrico de la planta de biodiésel.....-.....	45
Figura 3.5	Instalación de elementos eléctricos.....	46
Figura 3.6	Instalación de cable de uso rudo para alimentar motores y bancos de resistencias.....	47
Figura 3.7	Instalación de contactos duplex con condulet tipo Fs.....	48
Figura 3.8	Instalación de luminaria solaled de 150 W.....	48
Figura 3.9	Instalación de luminaria Tecnolite modelo Pan-Led/60 W.....	51
Figura 3.10	Acometida principal del taller mecánico.....	52
Figura 3.11	Electrodo utilizado para tierra física	54
Figura 3.12	Trabajos de canalización de los conductores eléctricos.....	57
Figura 3.13	Representación gráfica del tablero eléctrico de la planta de biodiésel.....	58
Figura 3.14	Instalación eléctrica final.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Ampacidades permisibles de conductores aislados, 60°C a 90°C basados en una temperatura ambiente de 30°C.....	15
Tabla 2.2	Selección de interruptores termomagnéticos a 60°.....	16
Tabla 2.3	Equipos eléctricos que conforman la planta de biodiésel.....	16
Tabla 2.4	Cuadro de cargas del tablero de control automatizado del sistema.....	18
Tabla 2.5	Datos generales en el cuadro de cargas para el tablero de automatización.....	18
Tabla 2.6	Cuadro de cargas final del sistema.....	19
Tabla 2.7	Resumen del sistema más importante.....	19
Tabla 2.8	Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.....	22
Tabla 2.9	Presentación para el cálculo de la caída de tensión del sistema de estudio.....	24
Tabla 2.10	Resultados de caída de tensión del sistema.....	24
Tabla 2.11	Características de conexión eléctrica de cada uno de los elementos eléctricos de la planta de biodiésel.....	25
Tabla 2.12	Simbología de los elementos eléctricos de la planta de biodiésel.....	28
Tabla 2.13a	Cedula de cableado contactos y fuerza para planta baja.....	31
Tabla 2.13b	Cedula de cableado contactos y fuerza para planta alta.....	32
Tabla 2.14	Simbología iluminación.....	33
Tabla 2.15	Cedula de cableado de iluminación, planta baja y alta.....	36

Tabla 3.1	Inventario de materiales.....	37
Tabla 3.2	Cotización.....	40
Tabla 3.3	Características de equipos de iluminación.....	50
Tabla 3.4	Número de conductores permitidos por tubería conduit.....	56
Tabla 3.5	Consumo eléctrico de la planta de biodiésel.....	59
Tabla 3.6	Elementos de seguridad.....	60
Tabla 3.7	Normas requeridas para planeación y diseño.....	61
Tabla 3.8	Factores que intervienes en costo de instalación.....	62
Tabla 3.9	Tabla de conceptos.....	63
Tabla 3.10	Costo de equipo y herramienta.....	65
Tabla 3.11	Costo de mano de obra.....	66
Tabla 3.12	Costo del transporte.....	66
Tabla 3.13	Costo total del proyecto eléctrico.....	66

GLOSARIO

AWG	American Wire Gauge / Calibre americano para conductores
TPD	Tubo de pared delgada
TFD	Tierra física desnuda
TFA	Tierra física aislada

RESUMEN

En este trabajo se presenta la planeación y diseño de una instalación eléctrica industrial de baja tensión para una planta de biodiésel ubicada en la Alcaldía Álvaro Obregón. Su propósito de la planta, es abastecer de biodiésel a todos los camiones de carga que son utilizados en la misma Alcaldía.

En cuanto a dimensiones, la planta cuenta con 20 m de largo y 6 m de ancho, es decir, se tienen 120 m^2 totales de terreno. Teniendo en cuenta las dimensiones de la planta, a fin y efecto de mostrar lo que contiene el proyecto, la planta cuenta con dos pisos, con una altura de 6 m totales y 3 m para cada piso, en donde se realizan los procesos para producir el biodiésel. También se tiene espacio para oficina, baño, escaleras, zona de descarga, zona de almacenamiento del biodiésel, zona para la estación de abastecimiento etc.

Esta planta funciona a través de diferentes procesos para poder realizar el biodiésel de forma correcta. Tomando en cuenta todos los dispositivos eléctricos que se requirieron para el funcionamiento de la planta y por ende los necesarios para la fabricación del biodiésel se obtuvo una capacidad instalada de 21,991 kW, funcionando a un voltaje de 127/ 220 V y una frecuencia de 60 Hz. Por lo que se cuenta con conexiones de sistema trifásico y monofásico.

Esta planta, por la forma en la que funciona tiene un factor de demanda de 0.6 %, lo que nos dice que no todos los equipos funcionaran al mismo tiempo. Por esta razón, considerando la corriente máxima de 72.14 A y el factor de demanda de 0.6, se colocaron protecciones generales de 3X70 A y alimentadores generales de calibre 4 AWG para evitar cualquier percance ya que considerando el factor de demanda se tendría una corriente de 43.28 A.

Por otra parte, al recabar la información de todos los materiales eléctricos requeridos para la instalación eléctrica, los gastos necesarios totales fueron de \$ 78,585 (Setenta y ocho mil quinientos ochenta y cinco pesos). Tomando en cuenta gastos como materiales, mano de obra, transporte etc. al finalizar el proyecto se tuvo un gasto aproximado de \$ 114,785 (ciento catorce mil setecientos ochenta y siete mil pesos).

Este proyecto tuvo un total de 13 motores, 6 bancos de resistencias y otros elementos como iluminación, contactos y otros equipos necesarios para el buen funcionamiento de la planta.

En este trabajo se podrá observar imágenes del inicio del proyecto y cuáles fueron los resultados al final del mismo. Demostrando que se logró una instalación eléctrica segura y confiable, que permitirá que los encargados de controlar la planta y los estudiantes que visiten la misma, trabajen de forma segura.

INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes más importantes en cualquier obra eléctrica, sin duda es el proyecto eléctrico. Su gran importancia se deriva de que será el encargado de abastecer de energía eléctrica a todos los equipos que son necesarios para llevar a cabo la elaboración del biodiésel. Entonces desde una perspectiva más general, ésta debe garantizar la integridad de las personas encargadas de controlar los equipos eléctricos y por el otro lado se debe de realizar una instalación que proteja la vida útil de todos los equipos involucrados en el proyecto.

Dado que este trabajo es considerado un proyecto eléctrico industrial, por el tipo de equipos que se van a utilizar y las actividades que se van a realizar dentro de ella, el proyecto de la instalación eléctrica para la planta de biodiésel fue un trabajo de suma importancia, pues de ello depende que los equipos de la misma puedan operar de forma continua, segura y así evitar interrumpir los procesos para la elaboración del biodiésel.

Por estas razones es importante realizar un proyecto eléctrico antes de cualquier tipo de instalación, pues este debe de planearse y diseñarse cuidadosamente tomando en cuenta factores que estarán involucrados en el proceso de elaboración del biodiésel y puedan afectar la instalación eléctrica, como las altas temperaturas que se concentraran en los contenedores, hasta el posible derrame de líquidos etc.

Visto de esta forma, el proyecto eléctrico tiene como fin diseñar una instalación eléctrica segura y confiable que sea capaz de anteponerse a cualquier percance que se pudiera dar dentro de ella como descargas eléctricas, efectos térmicos, sobrecorrientes, sobretensiones y otros factores, pero principalmente proteger la integridad de los usuarios, que serán encargados de controlar los procesos.

Para un proyecto eléctrico se debe realizar con base a las normas oficiales mexicanas, tales como la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, sobre instalaciones eléctricas, la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014 sobre la eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales y otras normas que estén relacionadas al proyecto mencionado.

OBJETIVO

Planear y diseñar un proyecto eléctrico para una planta de biodiésel obteniendo un sistema eléctrico seguro, confiable y continuo para la elaboración de biodiésel.

Capítulo 1 Generalidades

1.1 Instalaciones eléctricas generales en una planta de biodiésel

El estudio de una instalación eléctrica para una planta de biodiésel debe ser diseñada e instalada en base a técnicas, reglamentos y las normas enfocadas a las instalaciones eléctricas. Un factor importante que debe ser considerado para este tipo de instalaciones es que debido a los procesos que se realizan en la planta, el entorno eléctrico debe ser protegido, ya que a diferencia de otras instalaciones eléctricas comunes, esta estará en contacto con altas temperaturas debido al calentamiento de líquidos en los tanques de fabricación del combustible. Por otra parte también deben ser diseñadas para ser protegidas en caso de cualquier derrame de líquidos que puedan ocurrir en los tanques de almacenamiento. Es por ello que se recomienda utilizar materiales de uso rudo, materiales diseñados para trabajar a la intemperie para proteger contactos y que los conductores eléctricos estén bien protegidos a través de tubería conduit para evitar cualquier contacto con líquidos y vapores (Hernández, 2008).

Por ende todos los circuitos eléctricos deben de estar bien protegidos por las mismas razones, por lo cual es necesario utilizar tableros eléctricos que proporcionen excelentes propiedades anticorrosivas y que provea una excelente resistencia a la intemperie, con el fin de proveer protección contra la entrada en cantidades moderadas de polvo.

Cabe destacar que las plantas de este tipo requieren de motores eléctricos, en su mayoría trifásicos, que son utilizados para el bombeo y transporte de líquidos entre tanques encargados de elaborar el biodiesel. Igualmente se requieren de bancos de resistencias para el calentamiento de líquidos. Es por ello que la selección de los conductores eléctricos encargados de alimentar estos equipos eléctricos, en conjunto con los interruptores termomagnéticos, deben ser calculados para ofrecer la mejor protección ante cualquier percance, con el objetivo de que estos, soporten la demanda de corriente eléctrica sin problemas.

Es importante mencionar que al elaborar el biodiésel, se debe garantizar un abastecimiento continuo de energía eléctrica a todos los equipos, por ello, es fundamental realizar un estudio detallado y bien planeado para poder efectuar una instalación eléctrica que garantice buen funcionamiento, durabilidad, pero principalmente seguridad a los equipos y usuarios.

Para garantizar calidad y seguridad en una instalación eléctrica es importante respetar los siguientes puntos:

- Realizar la instalación con la normativa y las disposiciones legales vigentes
- Asegurar que el equipo eléctrico cumpla la normatividad vigente
- Cuantificar y estudiar los equipos que integran la planta
- Realizar la instalación con materiales de calidad
- Probar la continuidad y la conductividad de los conductores de protección y de conexión a tierra
- Calcular la demanda total de energía y la intensidad de corriente, considerando el tipo y total de cargas eléctricas, así como su funcionamiento
- Calcular la capacidad adecuada de los elementos eléctricos como tableros, interruptores, conductores y sistemas de tierras
- Implementar un diseño bien planeado y ejecutado
- Elaborar planos eléctricos bien especificados en AutoCAD
- Ejecutar la instalación con personal capacitado

- Utilizar equipos secundarios como iluminación de la mejor calidad en cuanto ahorro de energía eléctrica como se especifica en la NOM-007-ENER-2014

1.2 Importancia del proyecto de líneas eléctricas

Las instalaciones eléctricas son de gran importancia en cualquier proyecto, ya que son las encargadas de conducir la energía eléctrica desde un punto con conexión a la compañía de suministro, hasta los equipos encargados de realizar las funciones fundamentales para desarrollar alguna actividad. Para ello se pretende que la instalación contenga un buen diseño, con buenos estándares de seguridad para evitar cualquier tipo de accidente que ponga en riesgo a los usuarios y equipos suministrados (Hernández, 2008).

Para este caso en particular la instalación eléctrica es indispensable para la elaboración del biodiésel, dado que la planta requiere en su mayoría de componentes que dependen en su totalidad de energía eléctrica para funcionar y hacer posible la fabricación del biodiésel. Por ejemplo los motores eléctricos serán utilizados para transportar los líquidos entre los tanques. Por otra parte los bancos de resistencias serán los encargados de calentar los líquidos que son requeridos para la elaboración del mismo. Por último deberán ser abastecidos de energía a todos los componentes eléctricos que intervienen en la elaboración del combustible indirectamente como por ejemplo iluminación, panel automatizado, computadoras etc.

Una instalación eléctrica está compuesta de circuitos eléctricos que su objetivo es transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos e inmuebles que la utilicen. Estos pueden ser edificios, comercios, industrias, lugares públicos, infraestructuras, etc. Este tipo de inmuebles cuentan con equipos eléctricos que son necesarios para su buen funcionamiento, por lo que deberán ser abastecidos de energía eléctrica en todo momento y deberán estar protegidos ante cualquier percance, ya que si llegara a ocurrir algún accidente este conllevaría a grandes pérdidas económicas y en muchos casos, desafortunadamente de personas (Romero y col, 2010).

Para la elaboración del combustible será indispensable contar con una instalación eléctrica firme y confiable, que contenga todos los elementos necesarios para que la planta funcione en óptimas condiciones. Para ello, a continuación se muestra un listado de algunos componentes importantes que se realizaron en la planta:

- Instalación de tablero eléctrico bien ubicado
- Instalación de contactos para oficinas y áreas de procesos
- Colocación de iluminación para área de procesos, oficina y servicios
- Colocación de apagadores independientes para iluminación
- Instalación de salidas de tablero automatizado para abastecimiento de motores y bancos deresistencias para planta baja y alta
- Instalación de contacto para bomba despachadora del combustible

Por las razones anteriores es de gran importancia el proyecto eléctrico para la planta, ya que la energía eléctrica será utilizada en todo momento para la fabricación del biodiésel y deberá ser suministrada de forma continua y segura. Garantizando cumplir los objetivos diarios de producción del combustible necesarios para abastecer a los camiones de la alcaldía.

Capítulo 2 Instalaciones eléctricas en sitio

2.1 Caso de estudio

La planta de biodiésel es un proyecto que se llevó a cabo en la Alcaldía Álvaro Obregón, dentro del taller mecánico de la zona, este taller es el encargado de darle mantenimiento a los todos los camiones que realizan servicios de diferentes tipos en la Alcaldía. El lugar disponible para la construcción de la planta tiene dimensiones de 6 metros de ancho, 20 m de largo y 6 metros de altura. En la Figura 2.1 se muestra la ubicación del terreno destinado a la construcción de la planta delineado en color rojo y en color azul se limita el espacio que se utiliza como taller mecánico en la Alcaldía.



Figura 2.1 Ubicación del terreno destinado a la construcción de la planta de biodiésel en la Alcaldía Álvaro Obregón

2.2 Condiciones iniciales

El terreno disponible para la planta de biodiésel era utilizado inicialmente como almacén de llantas, botes de pintura y aceite de camiones. Estos camiones son utilizados para actividades como recolección de basura, transporte, limpieza y camiones de carga en la misma alcaldía. El lugar tenía dimensiones iniciales de 17 m de largo, 6 metros de ancho y una altura de 3 metros. En la parte eléctrica se encontró con una instalación descuidada, escasamente planeada, con deficiencia en la iluminación y no se contaba con un sistema de tierra física, por lo que no se cumplía con las normas de seguridad, haciendo que la instalación fuera poco segura y de mala calidad. En la Figura 2.2 se muestra el lugar en un inicio y en las condiciones que se encontraba antes de realizar el proyecto ya mencionado.



Figura 2.2 Condiciones iniciales del sitio destinado para construcción de la planta de biodiésel en la Alcaldía Álvaro Obregón

En la Figura 2.3 se presenta la acometida principal, ubicada en la zona de taller mecánico, esta acometida es de sistema trifásico de 220/127 V, los alimentadores a cada interruptor son de calibre 2 AWG, lo que hace que este tablero tenga capacidad disponible de 100 A por cada fase, cuenta con fusibles de 200 A, los cuales no son adecuados porque son del doble de capacidad del cable instalado. Además, esta instalación presenta falta de sistema de puesta a tierra.



Figura 2.3 Fotografía de la acometida principal en el sitio de estudio

En la Figura 2.4 se muestra un analizador de calidad de energía AEMC 8336, prestado por la Facultad de Ingeniería, realizando mediciones para asegurar que la acometida entregara el voltaje necesario y si esta, soportaría la corriente eléctrica demandada por la planta. Al saber que esta acometida daba la cantidad de 100 A por fase, pero esta era utilizada para todo el taller mecánico, fue necesario saber cuánta corriente era demandada en un día normal de trabajo en todo el taller porque se le iba agregar la corriente demandada por la planta y se tenía que ver si esta acometida soportaría la carga de todo el taller mecánico y de la planta.



Figura 2.4 Analizador de calidad de energía AEMC 8336

Las mediciones de voltaje se hicieron de neutro a fase, por lo que idealmente esta acometida debe de entregar 127 V por cada fase y 220 V entre fases. En la Figura 2.5 muestra las mediciones de voltaje que se realizaron en 15 minutos en las tres fases.

En promedio en la fase A hay un voltaje de 115 V, en la fase B un voltaje de 110 V y en la fase C un voltaje de 108 V (Figura 2.5). Idealmente el voltaje medido de fase a neutro tendría que ser de 127 V pero debido a las condiciones del lugar donde está instalada la acometida y la gran distancia que hay del poste al lugar donde está conectada hay una caída de tensión.

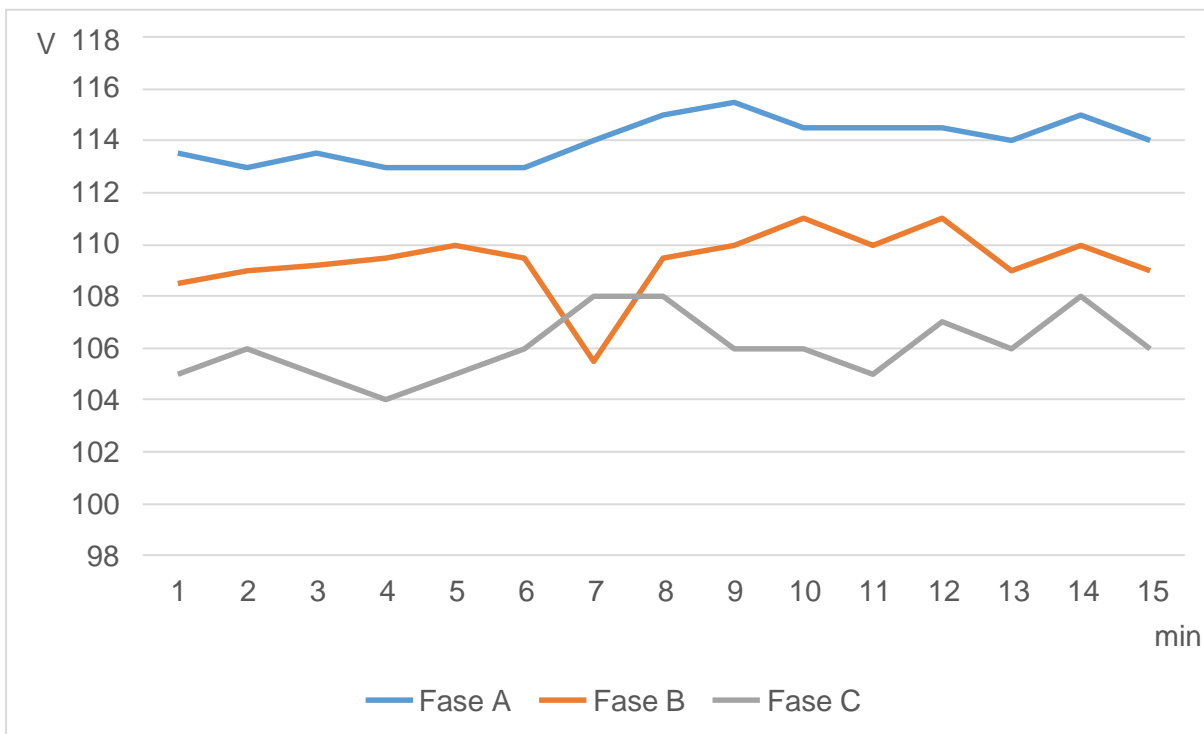


Figura 2.5 Representación gráfica de las mediciones de voltaje por fase en la acometida del caso de estudio

Aunque se trató de localizar la ubicación del poste donde la acometida ésta conectada, no se logró encontrar porque al seguir la trayectoria del cableado, llegó una parte donde ya no se tenía acceso. Para calcular el porcentaje de caída de tensión se hace de la siguiente forma: Considerando un voltaje de 112 V de fase a neutro, se observó a partir de la medición, que hay una caída de 15 V. Es por ello que se puede calcular que hay una caída de tensión del 11.81% con una regla de tres:

$$127 \text{ --- } 100\% \qquad x = \frac{15 \times 100}{127} = 11.81\%$$

$$15 \text{ --- } x$$

En la Figura 2.6 se muestra la corriente demandada en todo el taller mecánico, es importante mencionar que esta medición se realizó a carga completa de los equipos y máquinas que tienen en el lugar, en este caso fueron con el equipo de cómputo encendido, iluminación prendida y el compresor encendido, tratando de tener todo el equipo funcionando para así saber cuál es la demanda máxima del taller mecánico de la Alcaldía.

Al inspeccionar los componentes de la acometida, se detectó que está soporta una corriente máxima de 100 A, por el calibre de los conductores de 2 AWG pero también se encontró que los fusibles que soportan hasta 200 A, no son aptos para el calibre de los conductores que se utilizan. Con las mediciones, se observa que la acometida está siendo utilizada al 25% aproximadamente de su capacidad total (Figura2.6). Añadiendo la carga total de la planta de biodiésel se estaría utilizando en un 55% aproximadamente de su capacidad. Esto considerando que todo funcione a plena carga, pero esto no pasará porque la planta tiene un factor de demanda de 0.6, esto significa, que no todos los equipos de la planta estarán encendidos al mismo tiempo y ni todo el equipo del taller mecánico estará encendido. Con esto se concluye que la acometida eléctrica es capaz de para satisfacer las necesidades eléctricas de la planta porque sí soportará la demanda eléctrica de la misma y no se tendrá la acometida saturada.

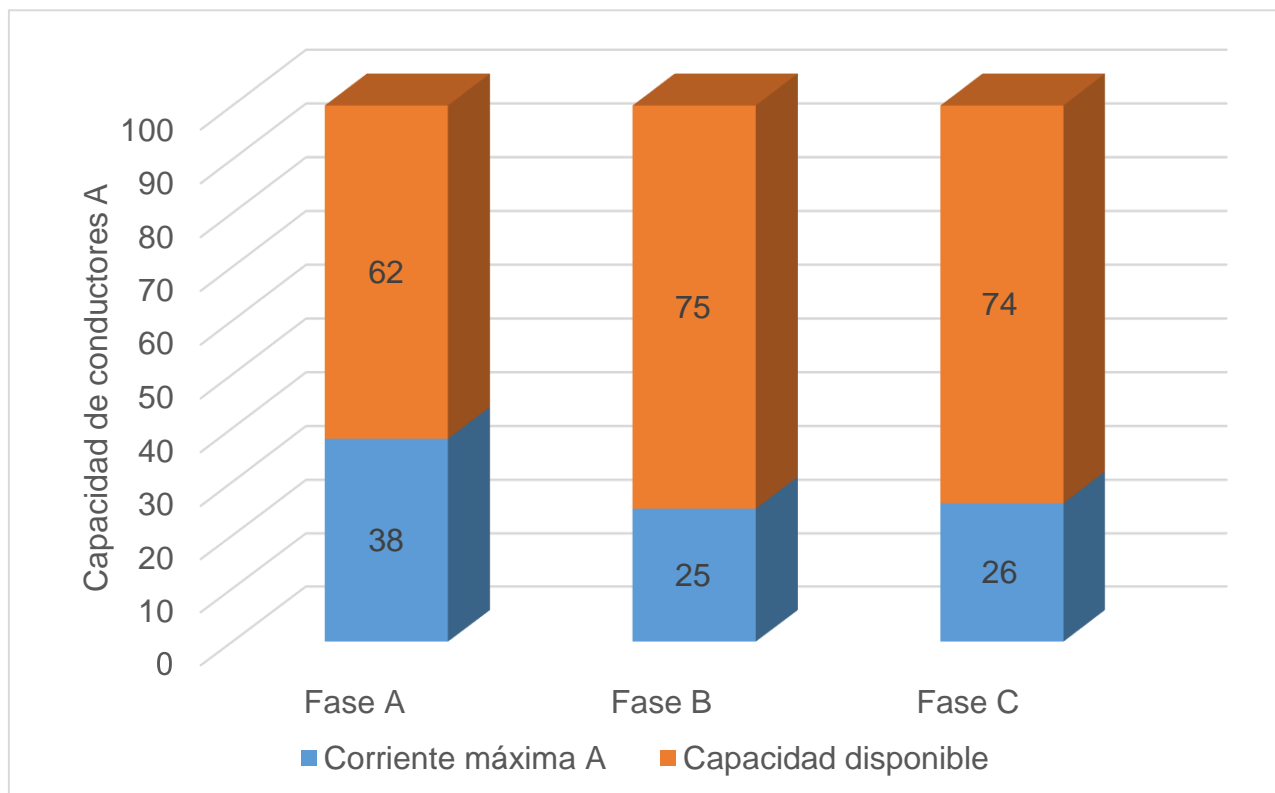


Figura 2.6 Corriente demandada por fase en el taller mecánico de caso de estudio

Por otra parte, la potencia activa es la cantidad total de potencia útil que consume un equipo eléctrico, esto quiere decir que la potencia en kW es la que realmente es utilizada para realizar el trabajo (Harper, 2018).

Para observar el comportamiento de esta potencia se realizaron mediciones en un intervalo de 15 minutos. Por lo que para estas mediciones, de igual forma se puso en funcionamiento el mayor equipo eléctrico posible, para poder observar cuál era la potencia demandada por todo taller mecánico. En la Figura 2.7 se muestra los valores medidos de potencia activa hechos por el analizador de calidad de energía AEMC 8336.

Cuando todo el equipo estuvo encendido, hubo una demanda de potencia activa de 7.3 kW. Al apagar el equipo no necesario en el momento, la demanda de potencia activa cayó a 1.2 kW, esto se puede ver en el minuto 9 de la medición (Figura 2.7). Durante la medición, pudo observarse que el compresor es el equipo que demanda más potencia, aunque al investigar sobre la operación de este equipo con el personal que labora en el lugar, el compresor no es utilizado con frecuencia. Al analizar las mediciones, si el compresor se utilizara en forma regular, no interferiría en el proyecto para involucrar la planta de biodiésel en el sistema.

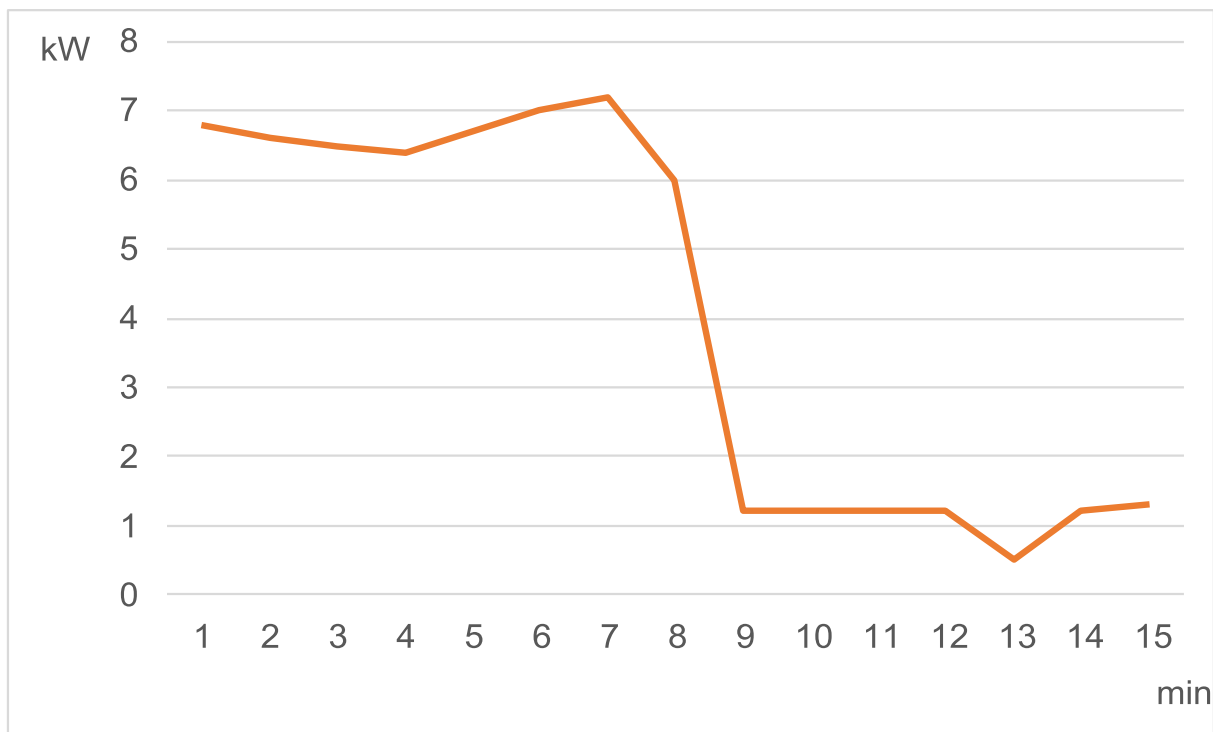


Figura 2.7 Representación gráfica de las mediciones de potencia activa en la acometida del taller mecánico de la Alcaldía Álvaro Obregón

En la Figura 2.8 se muestra todo el terreno que es utilizado por el taller mecánico de la Alcaldía Álvaro Obregón. Asimismo se muestra en color verde el espacio destinado para la planta de biodiésel, por otro lado en color rojo se señala la ubicación de la acometida principal y por último es señalada en color azul la ubicación del tablero eléctrico instalado en la planta. Con la línea blanca se señala la distancia que se recorrió con la tubería y con los conductores eléctricos para llegar a energizar el tablero eléctrico de la planta de biodiésel. La distancia es aproximadamente de 60 m y se determinó considerando las bajadas y subidas que se realizaron para llegar al tablero eléctrico de la planta de biodiésel.



Figura 2.8 Representación por plano del recorrido de cableado de la acometida al panel eléctrico de la planta de biodiésel

2.3 Metodología del proyecto eléctrico

El Proyecto Ejecutivo de Instalaciones Eléctricas es el conjunto de memorias descriptivas y de cálculo, planos, especificaciones, catálogos de conceptos de obra, y cuantificaciones de los diversos elementos que intervienen en los circuitos de distribución de energía eléctrica necesarios para satisfacer las necesidades de un inmueble, que cumplen con las normas oficiales mexicanas y de la UNAM (DGOC, 2015).

Asimismo es de suma importancia para realizar con certeza el costo de un proyecto eléctrico, además de garantizar que la energía se distribuya en el proyecto de forma segura y eficaz. Para ello, se presentan en la Figura 2.9 en forma de diagrama la metodología que se debe seguir para cualquier proyecto eléctrico y en específico el que se utilizó para este proyecto.

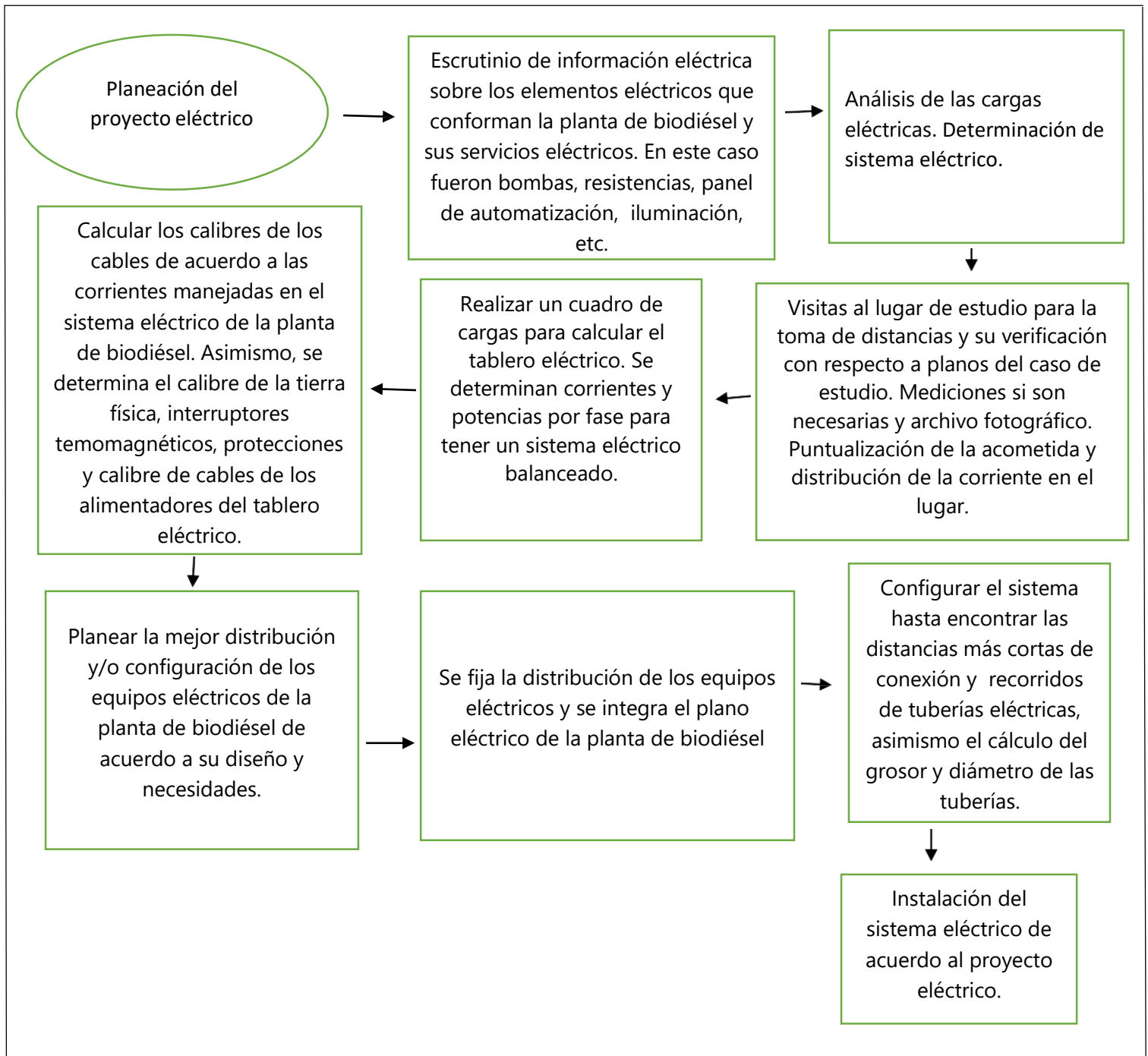


Figura 2.9 Diagrama para el proyecto eléctrico

2.3.1 Tipos de conexión utilizadas

Sistema trifásico

En ingeniería eléctrica, un sistema trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente valor eficaz), que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° eléctricos, y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase. Un sistema trifásico de tensiones se dice que es equilibrado cuando sus corrientes tienen magnitudes iguales y están desfasadas simétricamente (Rodríguez, 2013).

La utilización de electricidad en forma trifásica es común mayoritariamente para uso en industrias donde muchas de las máquinas funcionan con motores para esta tensión y conexión. El sistema trifásico presenta una serie de ventajas como son la economía de sus líneas de transporte de energía. Para transportar tres tensiones monofásicas se necesitan 6 conductores, frente a los 3 de la corriente trifásica o 4, si es trifásico con neutro. Se ahorra en conductor y se reducen las pérdidas de transporte y de los transformadores utilizados (SE, 2010).

Sistema monofásico

En ingeniería eléctrica, un sistema monofásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y un neutro. Este sistema ofrece un voltaje de 127 V. La distribución monofásica de la electricidad se suele usar cuando las cargas son principalmente de iluminación y de calefacción, y para pequeños motores eléctricos (Rodríguez, 2010).

Como la planta será utilizada para elaborar biodiésel, se considera un espacio industrial. Entonces para la producción de biodiésel y el correcto funcionamiento de la planta, se requirieron elementos eléctricos monofásicos y trifásicos. Por esta razón en la planta fueron requeridos estos dos tipos de sistemas, pues hay elementos que requieren un voltaje de 220 V para su operación y otros de 127 V. Un ejemplo de los elementos que requieren de un sistema trifásico son los motores y bancos de resistencias. Por otro lado los equipos que demandan un voltaje de 127 V para su funcionamiento son los contactos e iluminación.

2.3.2 Diseño de cuadro de cargas

Al diseñar el cuadro de cargas fue necesario programar los cálculos para lograr un sistema eléctrico seguro y confiable, para ello necesitó conocer las corrientes, que se obtendrán a partir de conocer la potencia y voltajes. Por lo tanto será indispensable conocer la corriente para elegir el calibre adecuado de los conductores, protecciones y tierra física. Así, tener la posibilidad de diseñar un buen sistema que sea capaz de soportar cualquier falla.

Considerando que en el sistema hay elementos trifásicos y monofásicos será necesario conocer y tomar en cuenta fórmulas, dependiendo el caso y características de funcionamiento del elemento.

Potencia trifásica:

$$P = \sqrt{3} * VI * \text{Cos} (\varnothing)$$

(ec.2.1)

Potencia monofásica:

$$P = V * I$$

(ec.2.2)

Corriente trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos(\phi)}$$

(ec.2.3)

Corriente monofásica:

$$I = \frac{P}{V}$$

(ec.2.4)

Para obtener los resultados en la tabla de datos generales del cuadro de cargas se utilizaron:

Potencia total del sistema:

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_i$$

(ec.2.5)

Corriente total del sistema:

$$I_T = \frac{P_T}{\sqrt{3} * 220 * \cos(\phi)}$$

(ec.2.6)

Corriente de protección:

$$I_P = 1.25 * I_T$$

(ec.2.7)

Carga demanda:

$$CD = FD * P_T$$

(ec.2.8)

Porcentaje de desbalance:

$$\%D = \frac{(Carga\ mayor - Carga\ menor) \times 100}{Carga\ mayor}$$

(ec.2.9)

Donde:

P (W): potencia nominal

V (V): voltaje de operación del elemento

I (A): corriente

I_T (A): corriente total

P_T (W): potencia total

FD: factor de demanda

Voltaje de operación del elemento:

Trifásico: 220 V

Monofásico: 127 V

Los cálculos se realizaron mediante un cuadro de Excel, esto para poder mostrarlos de manera organizada. En estos cálculos se trabajó con la potencia y el voltaje de funcionamiento de los elementos del sistema para encontrar la corriente. Al mismo tiempo se consideró el diseño

balanceando y seleccionando la fase en la que se colocara cada elemento. Se determinó el circuito en donde será colocado en el tablero eléctrico radicando si el elemento introducido era trifásico o monofásico, y de esta forma realizar los cálculos necesarios dependiendo de las características de funcionamiento de cada elemento. En la Figura 2.10 se muestra un diagrama del tablero eléctrico, con los circuitos y las fases a las que pertenecen. De esta forma poder realizar el balance del sistema y colocar los elementos de forma correcta en el tablero eléctrico. Por último en la Figura 2.11 se muestra el cuadro de cargas.

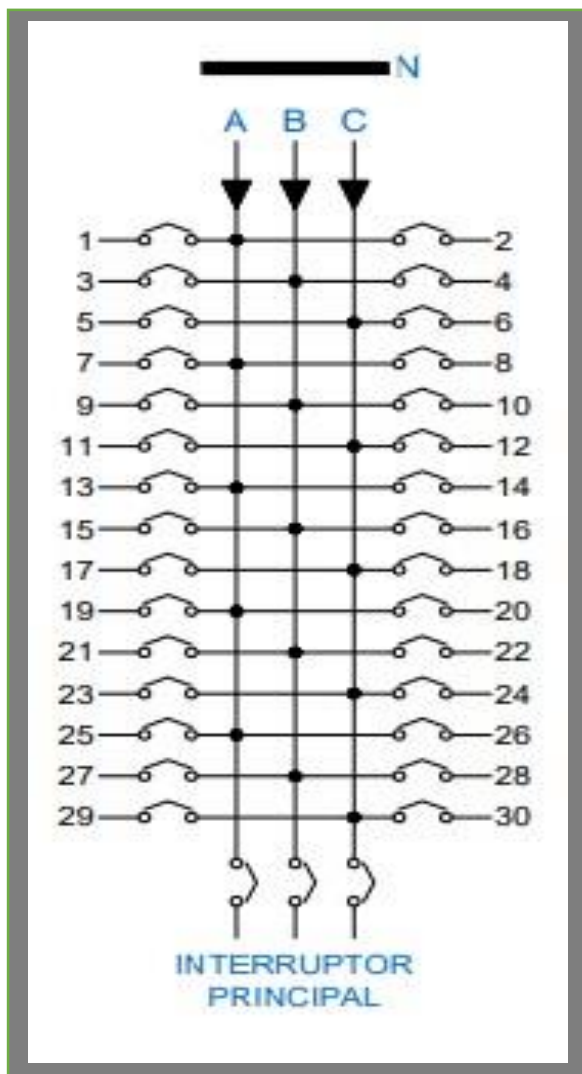


Figura 2.10 Representación del diagrama del panel eléctrico para el caso de estudio

En la Tabla 2.2 se muestra en la parte señalada en rojo dos columnas mostrando los interruptores termomagnéticos, que son los apropiados para ser utilizados para el conductor elegido. Los interruptores son apropiados cuando el tamaño en A, es acorde a la corriente que soporta el conductor eléctrico que se quiere proteger y se escogen dependiendo si el sistema en el que se esté trabajando es monofásico o trifásico. Para esta tabla, se eligieron las protecciones para temperatura nominal del conductor a 60°.

Tabla 2.2 Selección de interruptores termomagnéticos a 60°

			PROTECCIONES 60°	
TAMAÑO O DESIGNACIÓN		60°	SWITCH TERMOMAGNÉTICO	
	AWG O KCMLL	TIPOS TW,UF.	MONOFÁSICO	TRIFÁSICO
1.31	16	-	-	-
2.08	14	15	1X15	3x15
3.31	12	20	1X20	3x20
5.26	10	30	1X30	3x30
8.37	8	40	1X40	3x40
13.3	6	55	1X50	3X50
21.2	4	70	1x70	3X70
26.7	3	85		3x80
33.6	2	95	1x100	3x100

Para el cálculo de cargas fue necesario contemplar las necesidades de la planta a futuro, considerando el espacio disponible, la división de espacios para cada actividad y las necesidades de cada proceso para la elaboración del biodiésel. Considerando el diseño de la planta de biodiésel, se colocaron para el proceso un total de 13 motores, 6 bancos de resistencias, un total de 12 contactos monofásicos y por último para la parte de la iluminación se coloraron 6 lámparas led de diferentes capacidades. En la Tabla 2.3 se presenta un listado de los equipos eléctricos que conforman la planta de biodiésel.

Tabla 2.3 Equipos eléctricos que conforman la planta de biodiésel

Cantidad	Equipo	Potencia W	Voltaje V	Uso
9	Bomba	746	220	Bombeo de líquidos para diferentes procesos.
1	Centrífuga Westfalia	4000	220	Separa dos líquidos por diferencia de densidades.
1	Bomba Fill-Rite	249	127	Bombeo de líquidos.
1	Bomba	373	127	Bombeo de líquidos.
1	Bomba Type Sk	860	220	Mete flujo de líquido a la centrífuga.
6	Banco de resistencias	1013	220	Calentamiento de sustancias.
2	Luminario soladed	150	127	Iluminación de zonas abiertas.
2	Lampara tecnolite	67	127	Iluminación de zona de procesos.
2	Foco led	40	127	Iluminación del baño y oficina

2.3.3.1 Cuadro de cargas del tablero de control de automatización

Un cuadro de cargas tiene como objetivo dar una visión clara de la cantidad de elementos eléctricos que están interviniendo en un proyecto, pues se presentan los diferentes circuitos de forma organizada y enumerada que componen y se integran en el tablero eléctrico principal. Asimismo se plasman características de la instalación como por ejemplo, potencia, corriente y voltaje de funcionamiento de los equipos. Es importante agregar que el cuadro de cargas también sirve para informar al instalador el calibre de los conductores, número de hilos por circuito, características del tablero eléctrico y tamaño de las protecciones por circuito. Por último se obtiene información importante como lo es potencia total instalada, desbalance del sistema, corriente total y corriente de protección. Los datos anteriores permiten al diseñador seleccionar las protecciones principales que sean adecuadas para proteger todo el sistema, de modo idéntico se seleccionan los alimentadores principales que alimentarán de energía eléctrica al tablero eléctrico principal.

Se realizó un cuadro de cargas independiente al principal, en donde se muestran todos los motores y bancos de resistencias, ya que estos, estarán controlados por un tablero de control automatizado; el cual se encargará de los procesos para la elaboración del biodiésel de manera controlada y segura. Por esto, fue necesario realizar un cuadro de cargas exclusivo para el tablero de control automatizado, pues requiere de su propio circuito incluido en el tablero eléctrico principal de la planta y requiere ser calculado el calibre de los conductores y el tamaño de la protección. En la Tabla 2.4 se muestra el cuadro de cargas del tablero de control automatizado, con las cargas, potencias, corrientes y voltajes de cada equipo. Por último en la Tabla 2.5 se muestran los datos generales del mismo cuadro. Con la mejor distribución para dejar el sistema balanceado, se obtuvo una fuerza total de 18,274 W (Tabla 2.5).

Es importante mencionar que para realizar el cuadro de cargas del panel automatizado, se tuvo que considerar un factor de potencia de 0.8, tomándolo como un factor de referencia porque en las hojas de especificaciones no viene ese valor, debido a que estos equipos aún no han sido cotizados y por ende comprados para su instalación. Es decir, que al momento de realizar el cuadro de cargas, solo se tenía conocimiento del voltaje y potencia del motor requerido para cada zona de proceso. Una vez teniendo en cuenta lo mencionado, realizando el cálculo de la corriente da un total de 59.95 A (ec.2.6) y haciendo el cálculo de la corriente de protección (ec.2.7), se obtiene 74.93 A

$$I_T = \frac{P_T}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.8} \quad I_T = \frac{18,274}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.8} = 59.95 \quad I_P = 1.25 * I_T \quad I_P = 1.25 * 59.95 = 74.93$$

Este panel de control tendrá una factor de demanda de 0.5, ya que todos estos procesos se realizarán de forma semi continua ó secuencial y en ningún momento se podrán realizar dos procesos a la vez. Es posible considerar, en base a la corriente de protección y en el factor de demanda de 0.5, que la demanda máxima de corriente por cada proceso será de 30 A. Para elegir el calibre de los alimentadores del tablero automatizado se basó, en la corriente de 59.95 A, pero se considera una demanda de corriente máxima de 30 A por el factor de demanda, es por ello que se eligen alimentadores de calibre 6 AWG que soportan una corriente de 55 A (Tabla 2.1), para darle un rango más de protección al tablero de automatización. Para las protecciones se eligió un interruptor termomagnético de 3X60 A (Tabla 2.2), todo esto fue para darle mayor seguridad al sistema y evitar cualquier falla.

Tabla 2.4 Cuadro de cargas del tablero de control automatizado del sistema

PROTECCION	HILO-CALIBRE	EQUIPO	POTENCIA[W]	FASES ELEGIDAS			VOLTAJE	I nom [A]	SISTEMA
				A	B	C			
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
3X30	3-10	Motor	860	286.67	286.67	286.67	220	2.82	Trifásico
3X30	3-10	Motor	4000	1,333.33	1,333.33	1,333.33	220	13.12	Trifásico
3X30	3-10	Resistencia	1013	337.67	337.67	337.67	220		Trifásico
3X30	3-10	Resistencia	1013	337.67	337.67	337.67	220	2.66	Trifásico
3X30	3-10	Resistencia	1013	337.67	337.67	337.67	220	2.66	Trifásico
3X30	3-10	Resistencia	1013	337.67	337.67	337.67	220	2.66	Trifásico
3X30	3-10	Resistencia	1013	337.67	337.67	337.67	220	2.66	Trifásico
3X30	3-10	Resistencia	1013	337.67	337.67	337.67	220	2.66	Trifásico
1X30	1-10	Motor	373	373.00			127	2.94	Monofásico
1X30	1-10	Motor	249			249.00	127	1.96	Monofásico
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
3X30	3-10	Motor	746	248.67	248.67	248.67	220	2.45	Trifásico
total				[W]	FASE A	FASE B	FASE C		
				18,274.00	6,257.00	5,884.00	6,133.00		

Tabla 2.5 Datos generales en el cuadro de cargas para el tablero de automatización

DATOS GENERALES	
CONTACTOS Y FUERZA W	VOLTAJE
18,274.00	220 / 127 V
CORRIENTE A	INTERRUPTOR PRINCIPAL
47.96	3X60 A
% DESBALANCE	Corriente de protección [A]
6.0%	59.95
FACTOR DE DEMANDA	Protección General Comercial
0.5	3x70A
CARGA DEMANDA W	ALIMENTADORES
9,137.00	3H-6 AWG FASES
BANCOS DE RESISTENCIAS	TIERRA FÍSICA
6	1H-10 AWG DESNUDO
TOTAL DE MOTORES	
13	

2.3.3.2 Cuadro de cargas de tablero eléctrico principal

En la Tabla 2.6 se muestra el cuadro de cargas del tablero eléctrico, encargado de controlar toda la parte eléctrica de la planta. En él, se puede ver incluidos ya todos los elementos que se eligieron para que la planta funcionara, poniendo para cada elemento el circuito que ocupara en el tablero, el tamaño de la protección elegida, calibre del conductor, su carga, corriente, voltaje, potencia y en la fase que se colocó. En la Tabla 2.7 se da un resumen de los datos más importantes del cuadro de cargas principal, donde se obtuvo como resultado un total de 21,991 W y una corriente de 72.14 A.

Tabla 2.6 Cuadro de cargas final del sistema

Circuito	Protección	Hilo-calibre	Equipo	Potencia W]	FASES ELEGIDAS			Voltaje	I nom A	Sistema
					A	B	C			
1 3 5	3X50	3-6	Panel A	18,274.00	6,091.33	6,091.33	6,091.33	220	59.95	Trifásico
2	1X30	1-10	Contactos	720	720.00			127	5.67	Monofásico
4	1X30	1-10	Contactos	720		720.00		127	5.67	Monofásico
6	1X30	1-10	Contactos	720			720.00	127	5.67	Monofásico
7	1X30	1-10	Contacto B	1,016.00	1,016.00			127	8.00	Monofásico
9	1X30	1-10	iluminación	150		150.00		127	1.18	Monofásico
10	1X30	1-10	iluminación	150		150.00		127	1.18	Monofásico
11	1X30	1-10	iluminación	134			134.00	127	1.06	Monofásico
12	1X30	1-10	iluminación	107			107.00	127	0.84	Monofásico
				W	FASE A	FASE B	FASE C			
			total	21,991.00	7,827.33	7,111.33	7,052.33			

Tabla 2.7 Resumen del sistema más importante

DATOS GENERALES	
CONTACTOS Y FUERZA W	VOLTAJE
21,991.00	220 / 127 V
CORRIENTE A	INTERRUPTOR PRINCIPAL
72.14	3X70 A
% DESBALANCE	Corriente de protección A
9.9%	90.17
FACTOR DE DEMANDA	Protección General Comercial
0.6	3x70A
CARGA DEMANDA W	ALIMENTADORES
13,194.60	3H-4 AWG FASES
	1H-4 AWG NEUTRO
TOTAL DE CONTACTOS	TIERRA FÍSICA
13	1H-10 AWG DESNUDO
TABLERO AUTOMATIZADO	
1	

Con la Tabla 2.6 y la Tabla 2.7, se logró obtener información importante, que es conocer la corriente que circulará por cada circuito incluido en el panel eléctrico y de esta forma protegerlos con conductores de calibre adecuado y una protección termomagnética que permita resguardar de cualquier sobre carga y corto circuito.

Para determinar el calibre de los conductores para los circuitos del tablero eléctrico, basándose en las corrientes nominales determinadas para cada circuito (Tabla 2.6), se puede observar que a excepción del tablero de control de automatización, ningún elemento sobrepasa los 10 A. Como se trata de una planta industrial, se utilizó alimentadores de calibre 10 AWG, estos soportan hasta 30 A y aunque en todos los circuitos circularan corrientes muy inferiores a 30 A, se hizo para darle mayor protección a los circuitos, por lo que se les colocó interruptores termomagnéticos de 1X30 A (Tabla 2.2). Para el panel de control de automatización se decidió colocarse alimentadores de calibre 6 AWG y un interruptor termomagnético de 3x60 A (Tabla 2.2).

Otro punto importante es determinar el calibre de los alimentadores del tablero eléctrico principal de la planta, estos alimentadores son los que vienen de la acometida que se encuentra en el taller mecánico, que fue estudiada en los puntos anteriores. Estos alimentadores son de gran importancia porque son los encargados de energizar toda la planta y deben ser elegidos correctamente. Para elegirlos se tomó en cuenta la corriente total y la corriente de protección (Tabla 2.7) que fueron calculados de la siguiente forma:

$$I_T = \frac{P_T}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.8} \quad I_T = \frac{21,991}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.8} = 72.14 \text{ A}$$

$$I_P = 1.25 \cdot I_T \quad I_P = 1.25 \cdot 59.95 = 90.17 \text{ A}$$

Como el factor de demanda de la planta de biodiésel es de 0.6, esto es, que no todos los equipos de la planta de biodiésel estarán realizando funciones simultáneamente. Entonces la corriente de operación sería de 43.28 A, sin embargo considerando el máximo valor de 72.14 A calculado, se eligió un interruptor de 3x70 A y conductores de calibre 4 AWG. Por otra parte la corriente de protección calculada fue de 90.17 A, pero el calibre elegido fue de 4 AWG, si colocamos una protección de 100 A, que es la comercial, el conductor quedara desprotegido. Asimismo si colocamos cable calibre 2 AWG quedará sobredimensionado para la corriente de operación de la planta debido al factor de demanda, por lo tanto, la protección para la corriente de 3X70 A y los conductores de calibre 4 AWG son los más adecuados (Tabla 2.1, Tabla 2.2).

Por último para calcular el desbalance del sistema es necesario realizar el siguiente cálculo (ec. 2.9): utilizando las 3 cargas obtenidas (Tabla 2.6), en la fase A hay una carga de 7,827.33 W, en la fase B una carga de 7,111.33 W y en la fase c es de 7,052.33 W.

$$\%D = \frac{(Carga\ mayor - Carga\ menor) \cdot 100}{Carga\ mayor}$$

$$\%D = \frac{(7,827.33 - 7,052.33) \cdot 100}{7,827.33} = 9.9\%$$

El desbalance permitido no debe exceder al 5%, lo que quiere decir que las cargas totales conectadas a cada fase de un sistema bifásico o trifásico no deben ser diferentes una de la otra en un porcentaje mayor al 5%. En este caso se obtuvo 9.9 %, pero era el porcentaje menor que se podía obtener, esto

pasó porque los equipos requeridos para la planta, son muy diferentes entre sí en cuanto a potencia y las características de funcionamiento, ya que unos funcionan en sistema trifásico y otros en monofásico.

En la Figura 2.12 se muestra una representación de cómo se realizaron las conexiones entre acometida, tablero de distribución de fuerza, tablero de control automatizado y el equipo de la planta. Esto para ejemplificar todo lo que se realizó en los puntos anteriores.

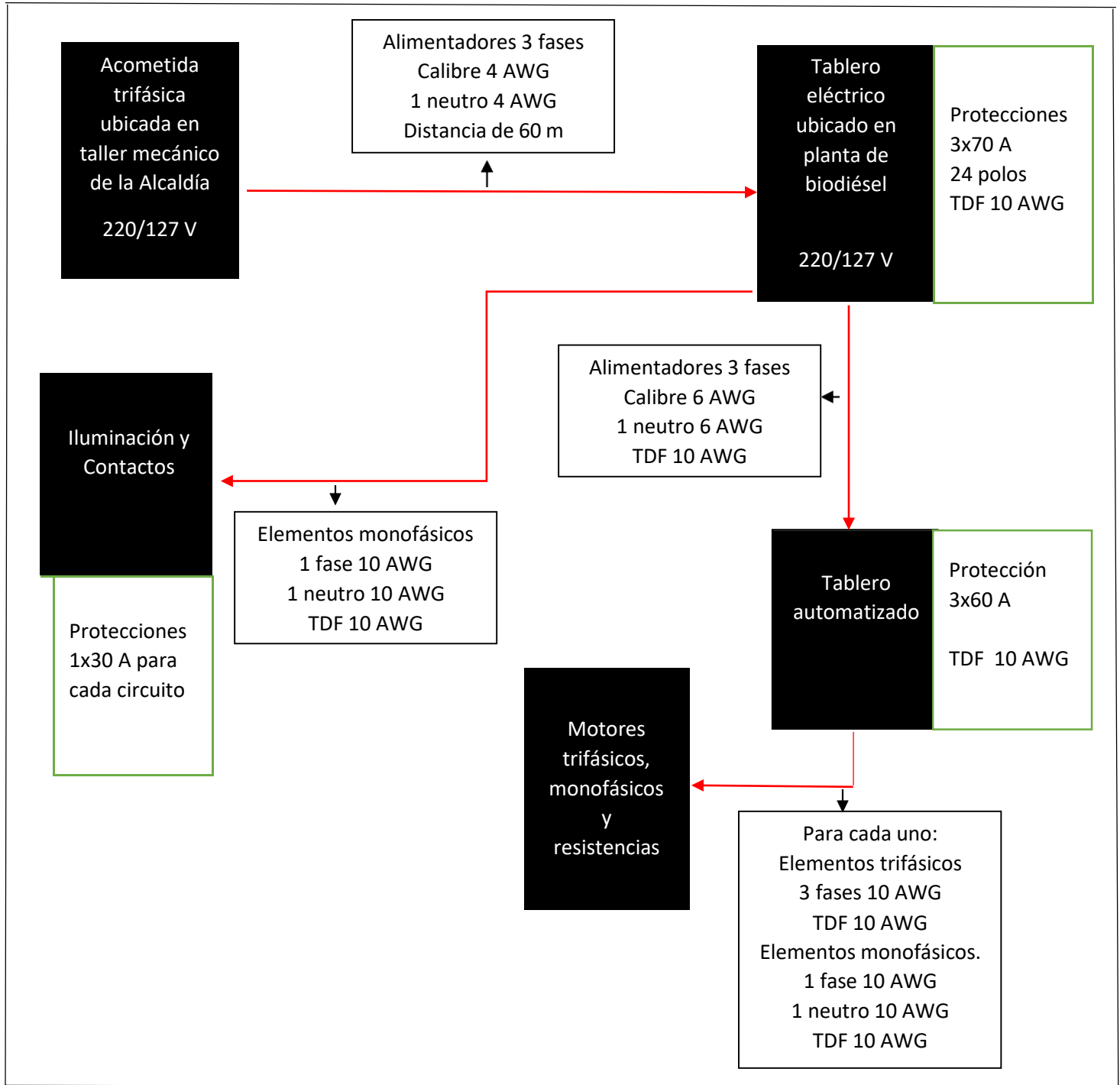


Figura 2.12 Representación de conexiones realizadas entre acometida, tablero eléctrico, tablero automatizado y equipos

2.3.4 Tierra física

Cuando se habla del sistema de tierra, realmente se habla de dos aspectos, la conexión a tierra y el aterrizaje del equipo. El aterrizaje de tierra es una conexión intencional desde un circuito conductor, usualmente al electrodo de tierra colocado en la tierra. El propósito de un sistema de tierra aparte de la protección a personas, plantas industriales y equipo eléctrico/electrónico es proveer un paso seguro para la disipación de corrientes de falla, rayos generados en tormentas eléctricas, descargas estáticas, interferencia electromagnética, señales de radiofrecuencia e interferencia en general (Cardiel y Hernández, 2000).

Para elegir el tamaño del calibre de la tierra física encargada de aterrizar todos los equipos de la planta, se requirió de la información obtenida de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, sobre instalaciones eléctricas en el artículo 250 de puesta a tierra y unión. Donde se obtuvieron los datos para realizar la Tabla 2.8, al respecto del tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Tabla 2.8 Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad de ajuste del dispositivo automático de protección en el circuito antes de los equipos, canalizaciones etc... , sin exceder amperes	Tamaño	
	Cobre	
	mm ²	AWG o Kcmil
15	2.08	14
20	3.31	12
60	5.26	10
100	8.37	8
200	13.2	6
300	21.2	4
400	33.6	2
500	33.5	2
600	42.4	1

Utilizando la información de la Tabla 2.7, se sabe que la corriente total del sistema es de 72.14 A, con ayuda de la Tabla 2.8 se puede elegir el calibre del conductor que será utilizado para la tierra física. En este caso de estudio el calibre es de 10 AWG desnudo, tomando el factor de demanda en cuenta.

2.3.5 Caída de tensión

La selección de los alimentadores del tablero eléctrico de la planta, traídos de la acometida principal del lugar donde se construyó la planta, fue necesario calcular la caída de tensión para seleccionar un calibre adecuado que permitiera tener la caída de tensión lo más pequeña posible. La distancia de la acometida al tablero eléctrico es aproximadamente de 60 m como se muestra en la Figura 2.13, es decir, es la distancia de acometida a tablero eléctrico de la planta de biodiésel.

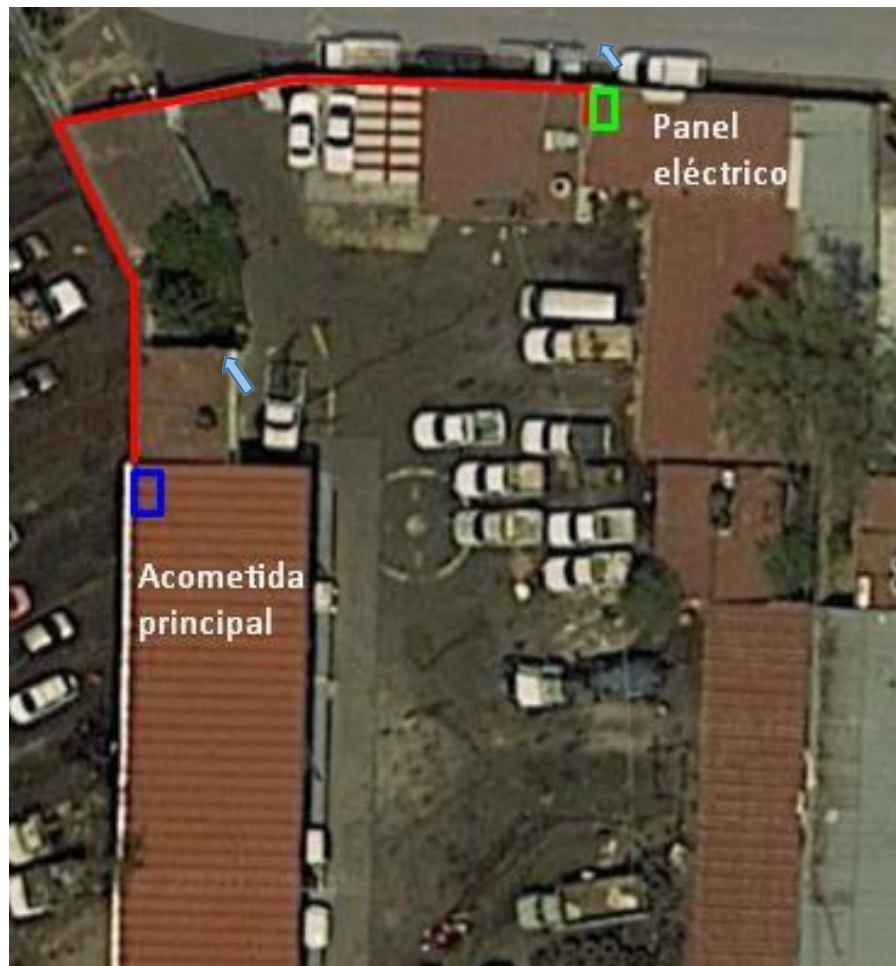


Figura 2.13 Distancia de la acometida a panel eléctrico de la planta de biodiésel

En la medición realizada con la ayuda de google maps se obtiene una distancia aproximada de 54.66 m. Pero se presentan subidas y bajadas de tubería, por lo que se decidió considerar 60 m y el cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$e\% = \frac{2 \times 1.732 \times L \times I \times t}{V \times S} \quad (\text{ec. 2.10})$$

Dónde:

e%: Es caída de tensión

V: Tensión entre fases

L: Longitud del circuito

S: Sección del conductor en mm^2

It: Corriente total

En excel se determina si la caída de tensión sobrepasa a lo permitido, que es del 5% y envía un mensaje de advertencia para aumentar el calibre del conductor. Con todos los datos recabados se diseña un sistema más confiable y que permite elegir si el sistema es trifásico, bifásico o monofásico. Asimismo, se calculan los datos finales en porcentajes y se muestra el voltaje con el porcentaje obtenido ya reducido, en el voltaje que tiene el sistema. En la Tabla 2.9 se muestra la presentación para el cálculo de caída de tensión utilizando la ec. 2.10.

Tabla 2.9 Presentación para el cálculo de la caída de tensión del sistema en estudio

Llene correctamente los datos	Complete los datos	Caída de tensión %	Seleccione sistema								
Corriente de operación A			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sistema</th> <th>#</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Monofásico</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Bifásico</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Trifásico</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Sistema	#	Monofásico	1	Bifásico	2	Trifásico	3
Sistema	#										
Monofásico	1										
Bifásico	2										
Trifásico	3										
Longitud del conductor m		Voltaje									
Sección del conductor mm^2											
Voltaje V											

Como los alimentadores que se eligieron fueron de calibre 4 AWG (Tabla 2.7), estos tienen una sección de $21.2 mm^2$ (Tabla 2.1), la distancia de la acometida al tablero eléctrico es aproximada de 60 m (Figura 2.12). Idealmente se tiene un voltaje entre fases de 220 V y la corriente total del sistema es de 72.14 A (Tabla 2.7). Una vez ya obtenidos todos estos datos se prosigue a introducir toda esa información en la Tabla 2.10 en donde se muestra los resultados de caída de tensión del sistema para calibre 2 y 4 AWG.

Tabla 2.10 Resultados de caída de tensión del sistema para calibre 2 y 4 AWG

CALCULO CAIDA DE TENSION											
Llene correctamente los datos	Complete los datos	Caída de tensión %	Seleccione sistema 3								
Calibre 4 AWG		3.21	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sistema</th> <th>#</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Monofásico</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Bifásico</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Trifásico</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Sistema	#	Monofásico	1	Bifásico	2	Trifásico	3
Sistema	#										
Monofásico	1										
Bifásico	2										
Trifásico	3										
Corriente de operación A	72.14	Voltaje									
Longitud del conductor m	60	212.94									
Sección del conductor mm^2	21.2										
Voltaje V	220										
Calibre 2 AWG		2.03									
Corriente de operación A	72.14	Voltaje									
Longitud del conductor m	60	215.53									
Sección del conductor mm^2	33.5										
Voltaje V	220										

En la tabla 2.10 se muestran las caídas de tensión calculadas con calibre 2 y 4 AWG. Considerando un voltaje ideal de 220 V, se tiene que en el calibre 2 hay una caída de tensión de 2.03% y se tendría 215.53 V. Para el calibre 4 AWG se tiene una caída de tensión de 3.21 % y se tendría 212.94 V. De acuerdo a nuestras necesidades y demanda de corriente, el calibre 4 es de ayuda suficiente para cuidar el sistema, pues con este calibre se respeta el 5% de caída de voltaje permitido y no se excede en gastos porque se requiere gran cantidad de cable.

2.3.6 Alimentación

Debido al tipo de motores y bancos de resistencias requeridos para la elaboración del biodiésel, en la planta fue necesaria una instalación eléctrica trifásica con un voltaje demandado de 220 / 127 V. De igual forma también algunos elementos eléctricos de la planta son monofásicos, algunos ejemplos de ellos son motores, iluminación y contactos. Estos demandan un voltaje de 127 V para su correcto funcionamiento. En la Tabla 2.11 se demuestra la alimentación que requiere cada elemento de la planta, al mismo tiempo se muestra el nombre del equipo alimentado, potencia, voltaje, corriente y el sistema que requieren para su buen funcionamiento.

Tabla 2.11 Características de conexión eléctrica de cada uno de los elementos eléctricos de la planta de biodiésel

Cantidad	Equipo	Potencia W	Voltaje	Corriente A	Alimentación	Sistema
9	Bomba	746	220	2.45	3X10 AWG, 1 X 10 AWG (Desnudo) C/U	Trifásico
1	Centrífuga Westefalia	4,000	220	13.12	3X10 AWG, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Trifásico
1	Bomba Fill-Rite	249	127	1.96	3X10 AWG, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Trifásico
1	Bomba	373	127	2.94	3X10 AWG, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Trifásico
1	Bomba Type Sk	860	220	2.82	3X10 AWG, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Trifásico
6	Banco de resistencias	1,013	220	2.66	3X10 AWG, 1 X 10 AWG (Desnudo) C/U	Trifásico
2	Luminario soled	150	127	1.18	1X10 Fase , 1X10 Neutro, 1 X 10 AWG (Desnudo) C/U	Monofásico
3	Lámpara TecnoLite	67	127	0.52	1X10 Fase , 1X10 Neutro, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Monofásico
4	Contactos	720	127	5.67	1X10 Fase , 1X10 Neutro, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Monofásico
4	Contactos	720	127	5.67	1X10 Fase , 1X10 Neutro, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Monofásico
4	Contactos	720	127	5.67	1X10 Fase , 1X10 Neutro, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Monofásico
1	Bomba dispensadora	1,016	127	8	1X10 Fase , 1X10 Neutro, 1 X 10 AWG (Desnudo)	Monofásico

2.3.7 Distribución de las líneas a los equipos

La distribución de los tanques de producción del biocombustible fue una parte importante al planear el diseño de la instalación eléctrica. Dado que cada tanque tiene una tarea en específico con necesidades diferentes, fue necesario identificar cada tanque y determinar si requería de motor eléctrico y o banco de resistencias. Se proporcionó información importante que ayudó a saber qué tipo de equipo eléctrico requería cada tanque. Asimismo se consideró las medidas de cada tanque y las medidas de distribución para conocer la ubicación exacta de cada uno.

Con esta información recabada se realizó la planeación para la distribución de la tubería conduit a lo largo del área de procesos, esto con la finalidad de poder realizar una distribución eficaz y bien planeada para poder recorrer las distancias más cortas del tablero automatizado a cada motor y banco de resistencias.

Con el propósito de mostrar el equipo eléctrico requerido por cada tanque para poder involucrarse en la elaboración del biocombustible, en la Figura 2.14 se muestra las líneas de alimentación y el equipo eléctrico requerido por cada uno. En conjunto se puede observar la distribución de los tanques con su respectivo equipo eléctrico que requieren para formar parte del sistema de elaboración.

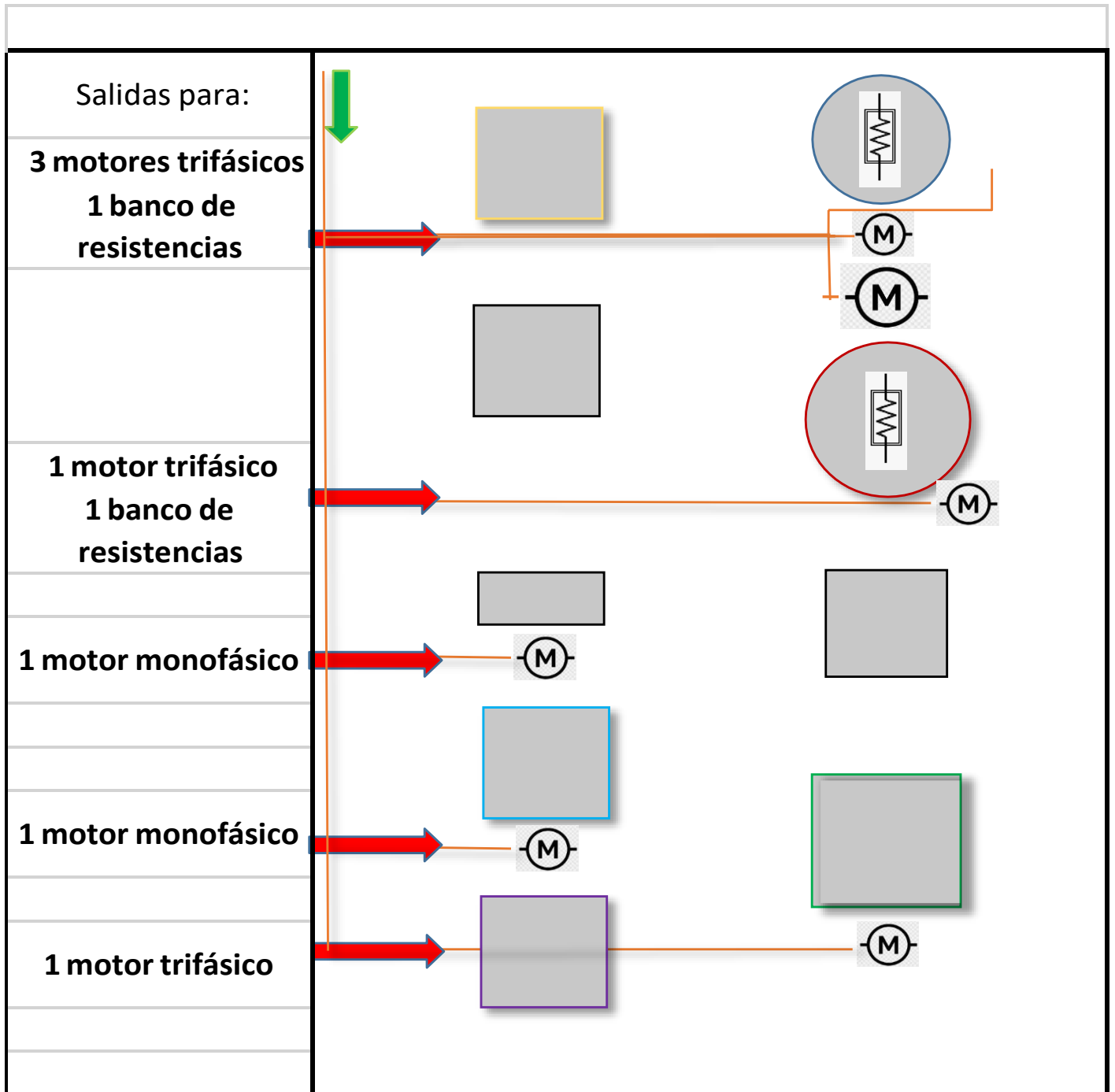


Figura 2.14 Distribución de líneas a los equipos planta baja

En la Figura 2.15 se muestra la distribución de los tanques que son requeridos para la segunda parte de procesos en la planta alta para la elaboración del biodiésel. Asimismo se muestra las líneas de alimentación y el equipo eléctrico requerido para cada tanque.

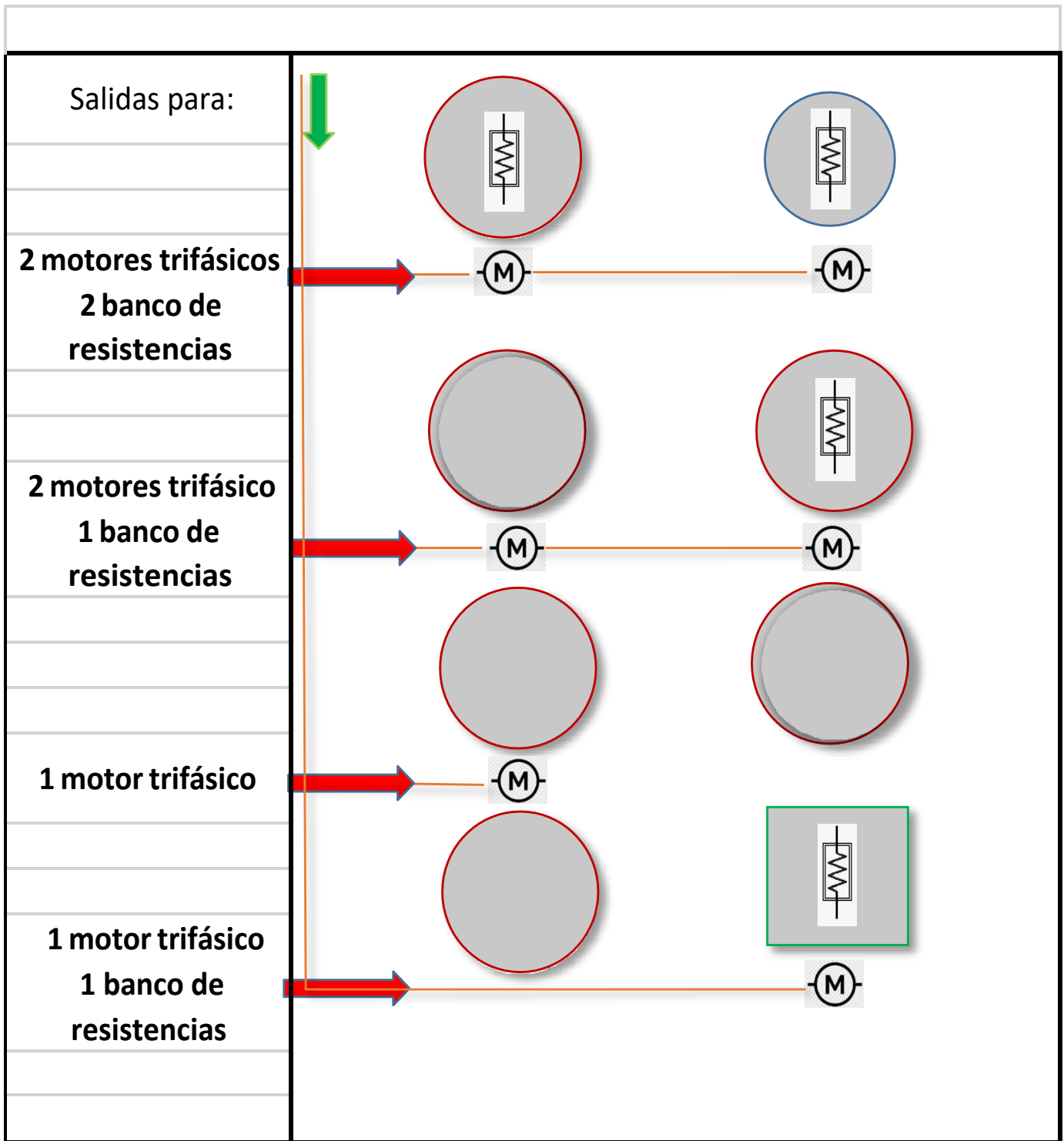


Figura 2.15 Distribución de líneas a los equipos planta alta

2.3.8 Diagrama final del proyecto

Un plano eléctrico es de gran importancia en una instalación eléctrica, pues es la representación de los diferentes circuitos que componen y definen las características de una instalación. En ellos se coloca de forma detallada las particularidades de los materiales y dispositivos existentes.

En los planos realizados en AutoCAD para la planta de biodiésel, se encuentra la ubicación de los contactos, equipos de iluminación, tablero eléctrico, tablero automatizado y la distribución de las tuberías y alimentadores a cada elemento eléctrico de la planta. Teniendo en cuenta que la planta de biodiésel cuenta con dos niveles y cada uno de ellos tienen diferentes necesidades, por consiguiente se realizó un plano para cada nivel.

Para entender con mayor claridad los planos eléctricos, primero en la Tabla 2.12 se indica la simbología de los elementos eléctricos que se utilizó para denotar cada uno de ellos en los planos.

Tabla 2.12 Simbología de los elementos eléctricos de la planta de biodiésel

NUMERO	SIMBOLOGÍA	USO
1		Contacto duplex 180 W
2		Tubería eléctrica
3		Tablero eléctrico de la planta
4		Tablero de control automatizado
5		Sube tubería eléctrica
6		Baja tubería eléctrica
7		Flexión de tubo para evita columna
8		Condule tipo T
9		Condule tipo X
10		Bajan los conductores eléctricos hasta el suelo

En la Figura 2.16 se muestra el plano de contactos y fuerza de la planta baja, por otro lado en la Figura 2.17 se muestra el plano de contactos y fuerza para la planta alta. En ellos se muestra la distribución y el acomodo que se le dio a los contactos, la trayectoria de las tuberías eléctricas y bajadas de alimentadores eléctricos para motores y resistencias. Así mismo, se puede ver que las tuberías fueron delineadas de color magenta y se les agrego un número en color amarillo para identificar e indicar sus características. Por último en la Tabla 2.13 se colocó la cedula de cableado para todos los elementos eléctricos de ambos pisos, en ella se explica el grosor de cada tubería, calibre de alimentadores, número de hilos requeridos por elemento y a la zona o equipo que se está abasteciendo de energía eléctrica.

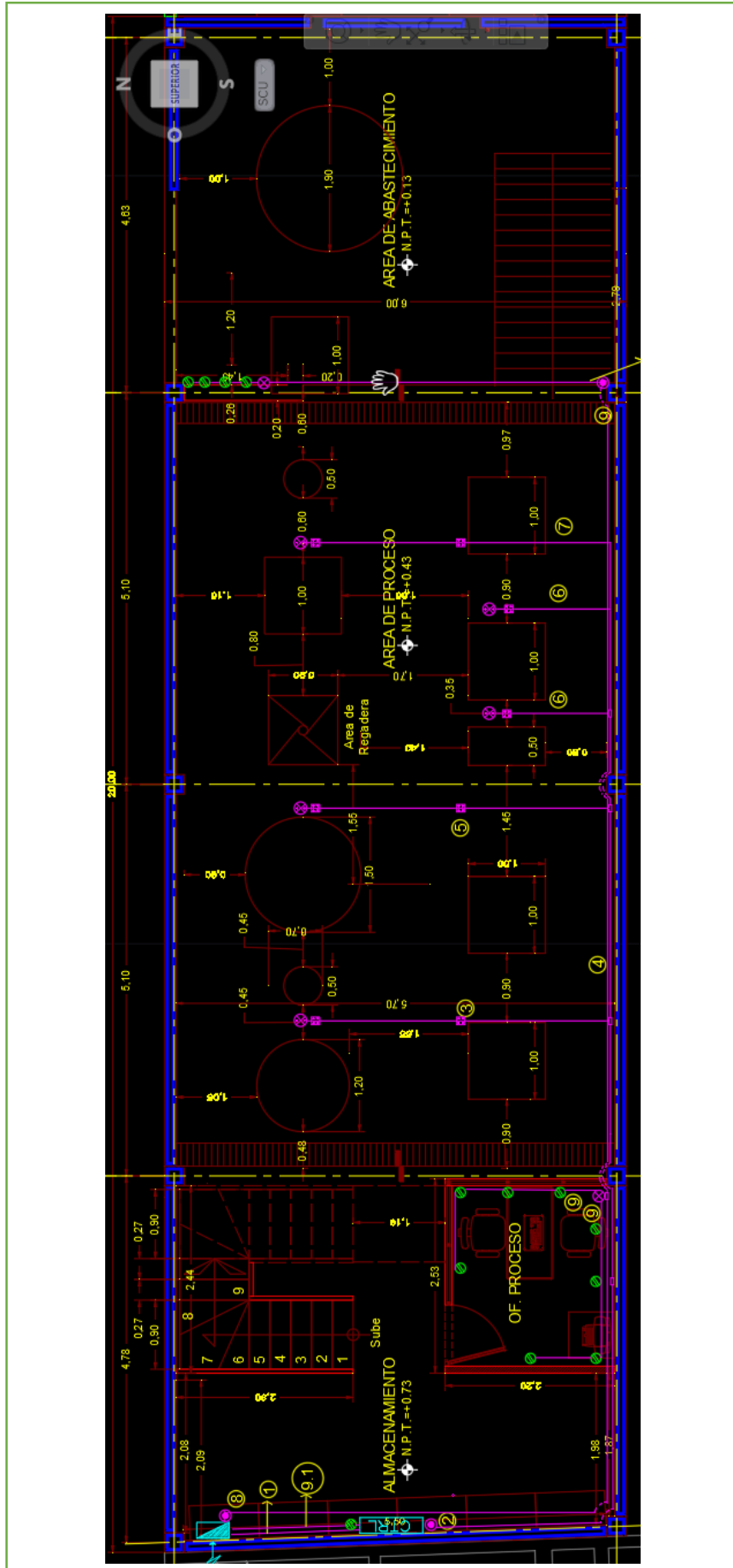


Figura 2.16 Plano planta baja contactos y fuerza

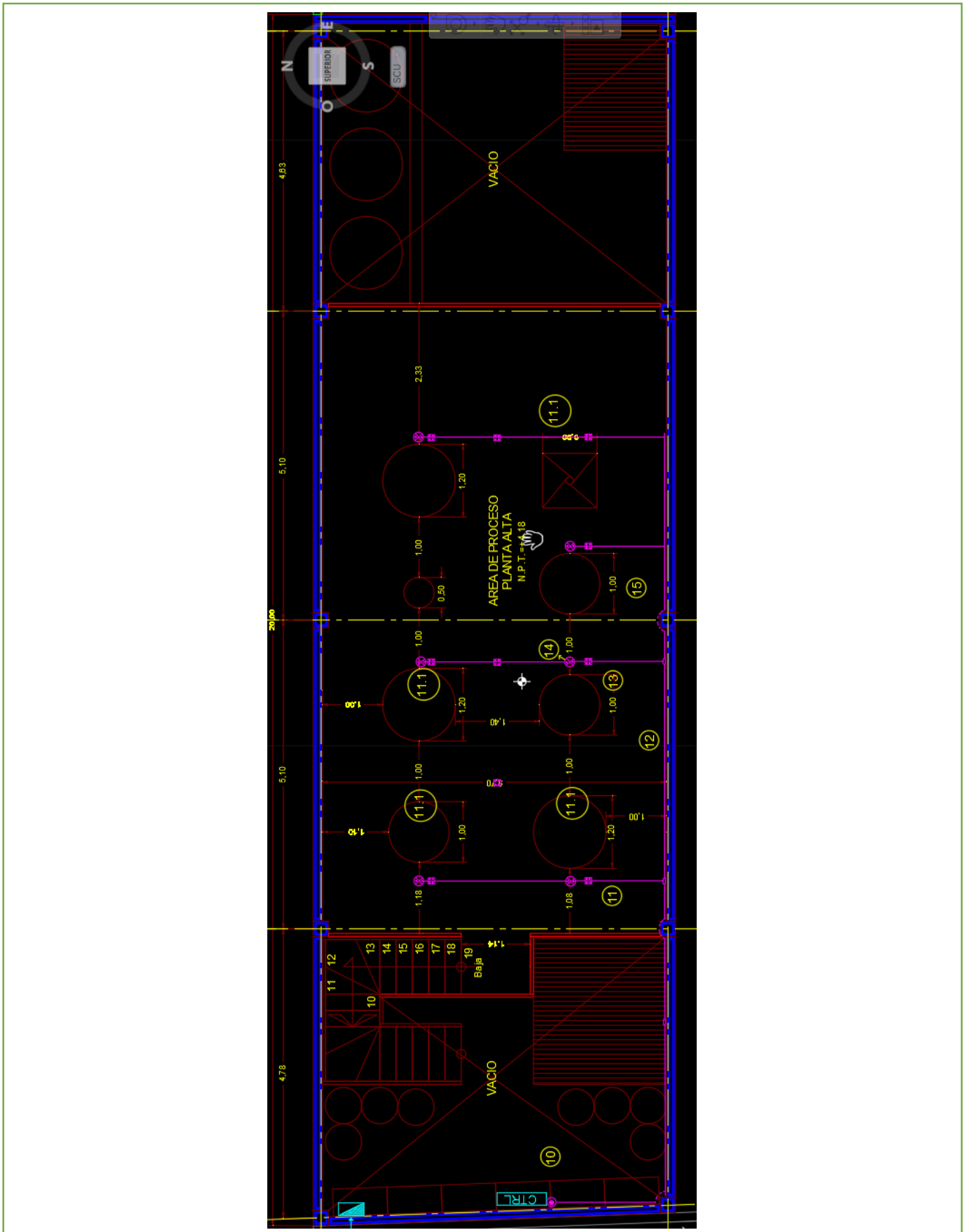


Figura 2.17 Plano planta alta contactos y fuerza

Tabla 2.13a Cedula de cableado contactos y fuerza para planta baja

Número	Alimentadores y grosor de tubería	Descripción	Especificaciones
①	3H-6AWG fase 1H-6AWG neutro 1H-10AWG TFD 1H-10AWG TFA TPD de 32 mm	Tubo que alimenta al tablero automatizado, encargado de controlar todos los procesos	Tablero automatizado colocado en circuitos 1, 3, 5
②	23H-10AWG fase 2H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD de 38 mm	Tubo principal encargado de alimentar toda la zona de motores de la planta baja	Tubo pegado a una altura de 2.60 m
③	12H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD de 32 mm	Primera derivación del tubo principal que alimentará 3 motores trifásico y un banco de resistencias 4 H fase A, 4 H fase B, 4 H fase C	Primera derivación realizada con condulet tipo T
④	13H-10AWG fase 2H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 32 mm	Continuación del tubo principal	Se realizó una reducción en el grosor del tubo de 38 mm a 32 mm
⑤	6H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD 32 mm	Segunda derivación que alimentara un motor trifásico y un banco de resistencias 2 H fase A, 2 H fase B, 2 H fase C	Segunda derivación realizada con condulet tipo T
⑥	1H-10AWG fase 1H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 32 mm	Tercera y cuarta derivación del tubo principal, encargados de alimentar un motor monofásico cada una	Tercera y cuarta derivación realizadas con condulet tipo T
⑦	3H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD 32 mm	Última derivación que alimentará un motor trifásico 1 H fase A, 1 H fase B, 1 H fase C	Última derivación realizada con condulet tipo LL
⑧	3H-10AWG fase 3H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 25 mm	Tubo pegado a la pared con una altura de 2.8 m, encargados de alimentar 12 contactos dúplex de 180 W cada uno, separados un metro del suelo	Contactos colocados en tablero eléctrico encircuitos 2, 4 y 6
⑨	1H-10AWG fase 1H-10AWG neutro 1H-10 AWG TFD TPD 19 mm	Derivación que alimentará 4 contactos dúplex de 180 W cada uno	Derivación realizada con condulet tipo LL

Tabla 2.13a (Continuación) Cedula de cableado contactos y fuerza para planta baja


Número	Alimentadores y grosor de tubería	Descripción	Especificaciones
9.1	1H-10AWG fase 1H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 19 mm	Tubo que alimentará contacto monofásico exclusivo para el tablero automatizado	Contacto colocados en tablero eléctrico en circuito 7
	3H-4AWG fase 1H-4AWG neutro 1H-8AWG TFD TPD 38 mm	Tubo que alimentará tablero eléctrico de la planta de biodiésel, el tubo vendrá de la acometida principal ubicada en el taller mecánico de la alcaldía	Alimentadores colocados en tablero eléctrico en circuitos 19, 21 y 23










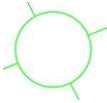
Tabla 2.13b Cedula de cableado contactos y fuerza para planta alta

Número	Alimentadores y grosor de tubería	Descripción	Especificaciones
10	30H-10AWG fase 1H-10 AWG TFD TPD 51 mm	Tubo principal para la planta alta, que alimentará 6 motores trifásicos y 4 bancos de resistencias 10 H fase A, 10 H fase B, 10 H fase C	Los alimentadores parten del tablero automatizado
11	12H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD 32 mm	Primera derivación que alimentará dos motores trifásicos y dos bancos de resistencias 4 H fase A, 4 H fase B, 4 H fase C	Primera derivación realizada con condulet tipo T
11.1	6H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD 25 mm	Derivación que alimentara un motor trifásico y un banco de resistencias 2 H fase A, 2 H fase B, 2 H fase C	Derivación realizada con condulet tipo T
12	18H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD 32 mm	Continuación del tubo	Reducción del tubo conduit metálico de 51 mm a 32 mm
13	9H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD 25 mm	Derivación que alimentará dos motores trifásicos y un banco de resistencias 3 H fase A, 3 H fase B, 3 H fase C	Derivación realizada con condulet tipo T
14	3H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD 19 mm	Derivación para motor trifásico 1 H fase A, 1 H fase B, 1 H fase C	Derivación realizada con condulet tipo T
15	3H-10AWG fase 1H-10AWG TFD TPD 19 mm	Reducción del tubo conduit	Reducción del tubo de 25 mm a 19 mm

Para la parte de iluminación, de igual forma se realizaron dos planos, uno para la planta baja y el otro para la planta alta. En la Tabla 2.14 se indica la simbología de los elementos eléctricos para

iluminación, que se utilizó para denotar cada elemento eléctrico, su función y de esta forma tener un entendimiento mayor a los planos.

Tabla 2.14 Simbología iluminación

Número	Símbolo	Uso
1		Símbolo que representa las tuberías eléctricas para poder ver que no haya choque entre tuberías de iluminación y de contactos y fuerza
2		Tubo conduit flexible para rodear columnas
3		Condulet tipo T
4		Condulet tupo x
5		Lámpara tecnolite de 67 W encargada de iluminar zonas de procesos
6		Bajada de conductores para realizar conexión con la iluminación
7		Sube tubería eléctrica
8		Tubería eléctrica para iluminación
9		Caja conduit para iluminación
10		Luminarias led de 150 W, encargada de iluminar zonas altas de la planta de biodiésel

En la Figura 2.18 se muestra el plano de iluminación para la planta baja, en él se muestra la trayectoria de tuberías y la ubicación de los equipos de iluminación, de igual forma en la Figura 2.19 se muestra el plano de iluminación de la planta alta.

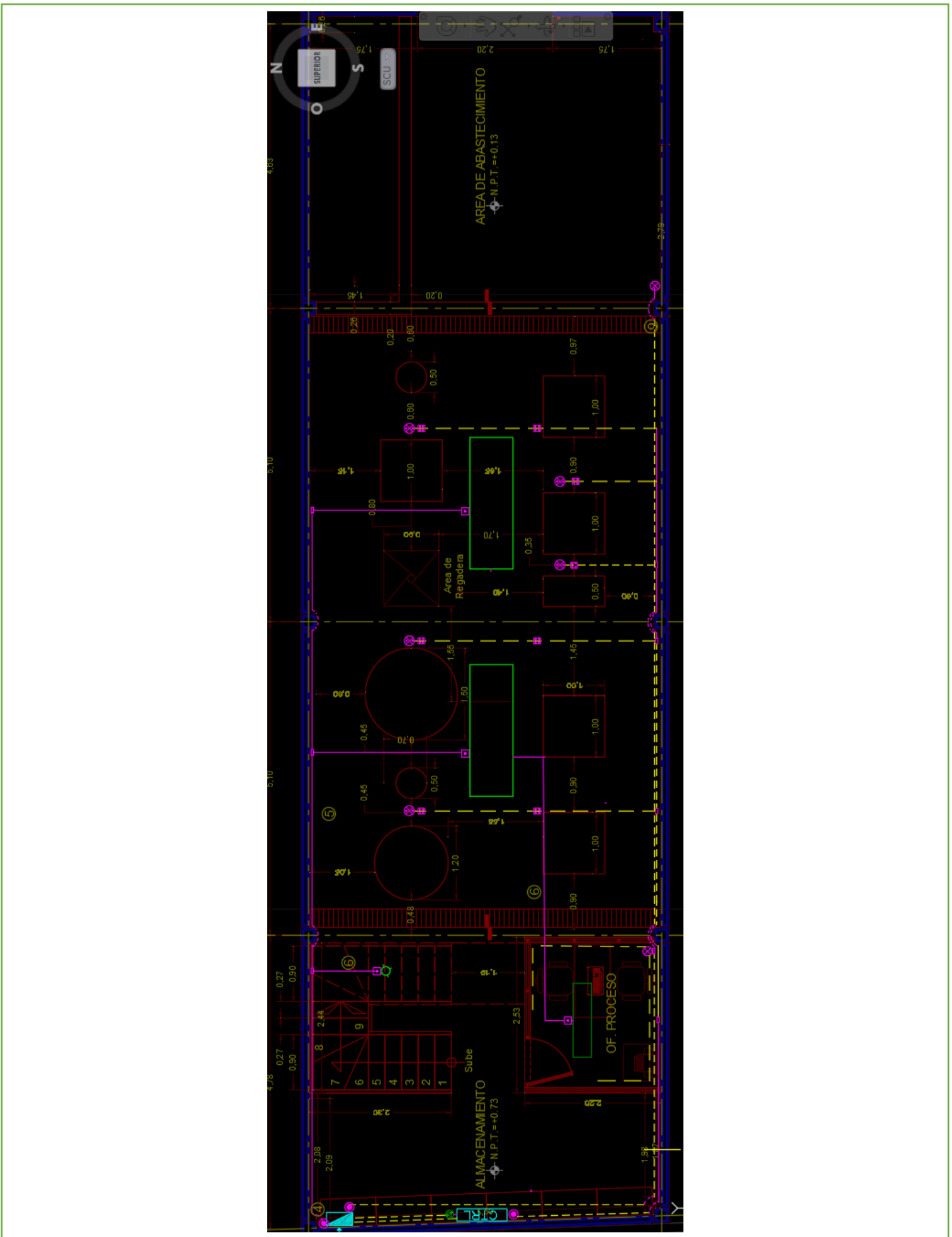


Figura 2.18 Plano iluminación planta baja

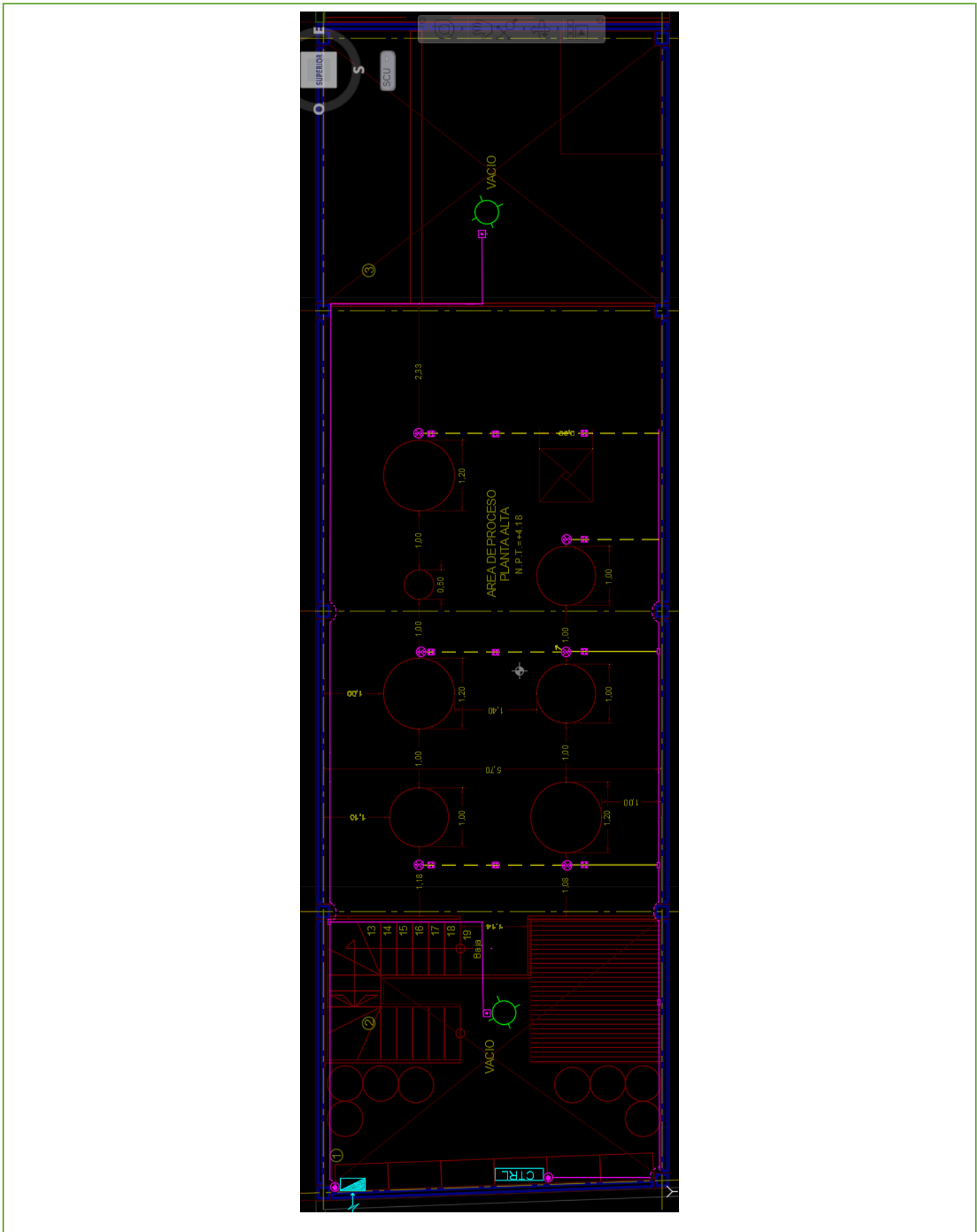


Figura 2.19 Plano iluminación planta alta

En la Tabla 2.15 se muestra la cedula de cableado de iluminación para la planta baja y alta de la planta de biodiésel, en ella se especifica el diámetro para cada una de las tuberías requeridas para poder realizar la instalación de la iluminación. Asimismo se especifica el tipo de iluminación utilizada en la planta, el calibre de los alimentadores eléctricos y la cantidad de hilos requeridos por cada elemento. Por último también se especifica al circuito que pertenece cada elemento de iluminación en el tablero eléctrico (Tabla 2.6).

Tabla 2.15 Cedula de cableado de iluminación, planta baja y alta

Número	Alimentadores y grosor de tubería	Descripción	Especificaciones
①	2H-10AWG fase 2 2H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 19 mm	Tubo pegado a la pared con una altura de 6 m, que alimentará dos iluminarias monofásicas de 127 V, de 150 W C/U	Iluminación conectada a tablero eléctrico en circuitos 9 y 10
②	1H-10AWG fase 1H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 19 mm	Derivación para alimentar un luminario monofásico led de 127 V y 150 W	Iluminación conectada a tablero eléctrico en circuitos 9
③	2H-10AWG fase 2H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 19 mm	Derivación para alimentar un luminario monofásico led de 127 V y 150 W	Iluminación conectada a tablero eléctrico en circuito 10
④	1H-10AWG fase 1H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 13 mm	Tubo pegado a la pared a una altura de 2.70 m, que alimentara 4 lámparas monofásicas led de 127 V	Iluminación conectada a tablero eléctrico en circuitos 11 y 12
⑤	1H-10AWG fase 1H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 13 mm	Derivación que alimentará una lámpara led de 127 V	Iluminación conectada a tablero eléctrico en circuito 11
⑥	1H-10AWG fase 1H-10AWG neutro 1H-10AWG TFD TPD 13 mm	Derivación que alimentará dos lámparas led de 127 V con apagador independiente	Iluminación conectada a tablero eléctrico en circuito 12

Capítulo 3 Instalación

3.1 Inventario de materiales

Un inventario se realiza para tener una relación detallada, ordenada y valorada de los elementos que componen el patrimonio de una empresa, en este caso se realizó para tener conocimiento del material requerido, asimismo contabilizar y ordenar los elementos que fueron utilizados para realizar la instalación eléctrica de la planta, estos materiales y precios se obtuvieron del catálogo de materiales eléctricos de truper (Truper, 2020).

Tomando en cuenta todos los materiales que fueron utilizados para realizar la instalación y poder satisfacer de energía eléctrica a la planta de biodiésel, en total fueron contabilizados 89 elementos. En la Tabla 3.1 se presenta un listado ordenado y clasificado de los materiales requeridos para la instalación. También contiene las dimensiones requeridas y la cantidad utilizada por cada uno. De igual forma cada material fue representado con una figura para poder identificar cada material de forma fácil.

Tabla 3.1 Inventario de materiales






Número		Material	Cantidad	
Tubo conduit de 3 metros cada uno				
1		Tubo conduit pared delgada 2 in	4	
2		Tubo conduit pared delgada 1- 1/2 in	3	
3		Tubo conduit pared delgada 1- 1/4 in	10	
4		Tubo conduit pared delgada 1 in	11	
5		Tubo conduit pared delgada 3/4 in	18	
6		Tubo conduit pared delgada 1/2 in	7	
7		Tubo conduit pared gruesa 1- 1/4 in	20	
Tubo liquid tight				
8		Tubo liquid tight 1 1/2 in	1	
9		Tubo liquid tight 1 1/4 in	1	
10		Tubo liquid tight 1	1	
Tubo unicanal				
11		Unicanal perforado 4 cm x 4 cm x 3 m	6	
Condulets				
12		Condulet tipo T 2 in	1	
13		Condulet tipo T 1 1/2 in	1	
14		Condulet tipo T 1 1/4 in	3	
15		Condulet tipo T 1 in	6	
16		Condulet tipo T 3/4 in	1	
17		Condulet tipo T 1/2 in	2	
18		Condulet tipo LB 2 in	1	
19		Condulet tipo LB 1 1/4 in	1	
20			Condulet tipo LR 2 in	2
21			Condulet tipo LR 1 in	3
22	Condulet tipo LR 1 1/4 in		2	
23	Condulet tipo LR 3/4 in		5	

Tabla 3.1 (Continuación) Inventario de materiales
















Número		Material	Cantidad
24		Condulet tipo c 1 1/2	2
25		Condulet tipo c 1 1/4	8
26		Condulet tipo c 3/4	2
27		Condulet tipo c 1/2	2
28		Condulet tipo LL 2 in	1
29		Condulet tipo LL 1 1/4 in	1
30		Condulet tipo LL 3/4 in	2
31		Condulet tipo LL 1/2 in	1
32		Condulet tipo fs 1 in	8
33		Condulet tipo fs 3/4 in	6
Codo 90° pared delgada			
34		Codo 90° pared delgada 2 in	1
35		Codo 90° pared delgada 1 1/2 in	2
36		Codo 90° pared delgada 1 1/4 in	4
37		Codo 90° pared delgada 1 in	1
Conector liquid tight recto			
38		Conector liquid tight recto 1 1/2 in	2
39		Conector liquid tight recto 1 1/4 in	2
40		Conector liquid tight recto 1 in	2
Abrazadera unicanal			
41		Abrazadera unicanal 2 in	6
42		Abrazadera unicanal 1 1/2 in	9
43		Abrazadera unicanal 1 1/4 in	42
44		Abrazadera unicanal 1 in	6
45		Abrazadera unicanal 3/4 in	2
46		Abrazadera unicanal 1/2 in	10
Cople tipo americano pared delgada			
47		Cople conduit pared delgada 2 in	6
47		Cople conduit pared delgada 1 1/2 in	6
48		Cople conduit pared delgada 1 1/4 in	10
49		Cople conduit pared delgada 1 in	6
50		Cople conduit pared delgada 3/4 in	10
52		Cople conduit pared delgada 1/2 in	6
Cople conduit pared gruesa			
53		Cople conduit pared gruesa 1 1/2 in	2
54		Cople conduit pared gruesa 1 1/4 in	12
55		Cople conduit pared gruesa 1 in	2

Tabla 3.1 (Continuación) Inventario de materiales

Número		Material	Cantidad
Conector conduit pared delgada			
56		Conector conduit pared delgada 2	9
57		Conector conduit pared delgada 1 1/2	5
58		Conector conduit pared delgada 1 1/4	17
59		Conector conduit pared delgada 1	30
60		Conector conduit pared delgada 3/4	27
61		Conector conduit pared delgada 1/2	11
Reducciones bushing			
62		Reducción de 2 in a 1 in	2
63		Reducción de 1 1/2 in a 1 1/4 in	1
64		Reducción de 1 in a 3/4 in	3
Abrazadera para tubo tipo omega y uña			
65		Abrazadera omega 1	10
66		Abrazadera omega 3/4	10
67		Abrazadera tipo uña 3/4	22
68		Abrazadera tipo uña 1/2	10
Interruptores termomagnéticos			
69		Interruptor termomagnético 3X70 A	1
70		Interruptor termomagnético 3X50 A	1
71		Interruptor termomagnético 1X30 A	8
Accesorios			
72		Placa duplex tipo fs con tapas	4
73		Placas con contactos duplex 2 polos + tierra	12
74		Contacto duplex 2 polos + tierra	4
75		Tablero eléctrico trifásico 24 polos	1
76		Cinta aislante	4
77		Dos apagadores	2
Elementos para fijación de 100 piezas			
78		Tornillos 1 1/2	2
79		Taquetes	2
Conductores por caja de 100 m			
80		Conductor calibre 10 AWG	12
81		Conductor calibre 4 AWG	2
82		Conductor desnudo calibre 10 AWG	1.5
Cable por metro			
83		Cable de uso rudo calibre 10 de 4 polos	68
84		Cable de uso rudo calibre 10 de 3 polos	8
85		Conductor calibre 6 AWG	8
Iluminación			
86		Tecnolite modelo Pan-led 60 w	2
87		Luminario solaled 150 w	2
88		Foco led	2
89		Socket portalámpara	2

3.2 Cotización

Una cotización se realiza para tener información, estimar y o establecer el precio de un producto o servicio. También determina el valor real de un bien. Por estas razones para la planta de biodiésel se realizó una cotización del material que fue utilizado para llevar a cabo la instalación, pues es necesario tener conocimiento del dinero invertido para la parte eléctrica de la planta.

La cotización se realizó investigando los precios por unidad de cada material. Al tener conocimiento de ellos, se contabilizó las unidades requeridas por cada uno. Lo siguiente fue realizar una tabla clasificada y organizada por tipo de materiales. En ella se colocó en columnas el precio unitario, la cantidad utilizada por elemento y el precio total por cada material. Por último se realizó la suma del total de cada uno de los elementos eléctricos, dando así el precio final de todo el material utilizado. En la Tabla 3.2 se muestra la cotización realizada para cada uno de los materiales, asimismo se conoce el total obtenido en el listado de materiales que es de \$78,585.33 (setenta y ocho mil quinientos ochenta y cinco pesos 33/100 M.N.) con IVA ya incluido.

Tabla 3.2 Cotización





Número		Material	Precio \$	Cantidad	Total (pesos)
Tubo conduit de 3 metros cada uno					
1		Tubo conduit pared delgada 2 in	210.00	4	840.00
2		Tubo conduit pared delgada 1- 1/2 in	182.00	3	546.00
3		Tubo conduit pared delgada 1- 1/4 in	165.00	10	1,650.00
4		Tubo conduit pared delgada 1 in	145.00	11	1,595.00
5		Tubo conduit pared delgada 3/4 in	99.00	18	1,782.00
6		Tubo conduit pared delgada 1/2 in	76.00	7	532.00
7		Tubo conduit pared gruesa 1- 1/4 in	245.00	20	4900.00
Tubo liquid tight					
8		Tubo liquid tight 1 1/2 in	65.96	1	65.96
9		Tubo liquid tight 1 1/4 in	62.00	1	62.00
10		Tubo liquid tight 1	35.00	1	35.00
Tubo unicanal					
11		Unicanal perforado 4 cm x 4 cm x 3 m	310.00	6	1,860.00
Condulets					
12		Condulet tipo T 2 in	169.00	1	169.00
13		Condulet tipo T 1 1/2 in	97.00	1	97.00
14		Condulet tipo T 1 1/4 in	95.50	3	286.50
15		Condulet tipo T 1 in	84.00	6	504.00
16		Condulet tipo T 3/4 in	72.00	1	72.00
17		Condulet tipo T 1/2 in	43.00	2	86.00
18		Condulet tipo LB 2 in	169.00	1	169.00
19		Condulet tipo LB 1 1/4 in	90.00	1	90.00
20		Condulet tipo LR 2 in	169.00	2	338.00
21		Condulet tipo LR 1 in	84.00	3	252.00
22	Condulet tipo LR 1 1/4 in	90.00	2	180.00	
23	Condulet tipo LR 3/4 in	72.00	5	360.00	

Tabla 3.2 (Continuación) Cotización
















Número		Material	Precio \$	Cantidad	Total (pesos)
24		Condulet tipo c 1 1/2	92.00	2	184.00
25		Condulet tipo c 1 1/4	90.00	8	720.00
26		Condulet tipo c 3/4	72.00	2	144.00
27		Condulet tipo c 1/2	43.00	2	86.00
28		Condulet tipo LL 2 in	169.00	1	169.00
29		Condulet tipo LL 1 1/4 in	90.00	1	90.00
30		Condulet tipo LL 3/4 in	72.00	2	144.00
31		Condulet tipo LL 1/2 in	43.00	1	43.00
32		Condulet tipo fs 1 in	100.00	8	800.00
33	Condulet tipo fs 3/4 in	89.00	6	534.00	
Codo 90° pared delgada					
34		Codo 90° pared delgada 2 in	150.00	1	150.00
35		Codo 90° pared delgada 1 1/2 in	95.50	2	191.00
36		Codo 90° pared delgada 1 1/4 in	82.00	4	328.00
37		Codo 90° pared delgada 1 in	62.00	1	62.00
Conector liquid tight recto					
38		Conector liquid tight recto 1 1/2 in	53.83	2	107.66
39		Conector liquid tight recto 1 1/4 in	45.00	2	90.00
40		Conector liquid tight recto 1 in	25.80	2	51.60
Abrazadera unicanal					
41		Abrazadera unicanal 2 in	10.10	6	60.60
42		Abrazadera unicanal 1 1/2 in	8.98	9	80.82
43		Abrazadera unicanal 1 1/4 in	7.90	42	331.80
44		Abrazadera unicanal 1 in	6.73	6	40.38
45		Abrazadera unicanal 3/4 in	5.72	2	11.44
46		Abrazadera unicanal 1/2 in	4.77	10	47.70
Cople tipo americano pared delgada					
47		Cople conduit pared delgada 2 in	24.00	6	144.00
47		Cople conduit pared delgada 1 1/2 in	22.50	6	135.00
48		Cople conduit pared delgada 1 1/4 in	19.50	10	195.00
49		Cople conduit pared delgada 1 in	13.00	6	78.00
50		Cople conduit pared delgada 3/4 in	9.80	10	98.00
52		Cople conduit pared delgada 1/2 in	6.00	6	36.00
Cople conduit pared gruesa					
53		Cople conduit pared gruesa 1 1/2 in	34.00	2	68.00
54		Cople conduit pared gruesa 1 1/4 in	30.00	12	360.00
55		Cople conduit pared gruesa 1 in	19.00	2	38.00
Conector conduit pared delgada					
56		Conector conduit pared delgada 2 in	26.50	9	238.50
57		Conector conduit pared delgada 1 1/2	23.50	5	117.50
58		Conector conduit pared delgada 1 1/4	21.30	17	362.10
59		Conector conduit pared delgada 1	19.00	30	570.00
60		conector conduit pared delgada 3/4	13.00	27	351.00
61		conector conduit pared delgada 1/2	9.00	11	99.00

Tabla 3.2 (Continuación) Cotización

Número		Material	Precio \$	Cantidad	Total (pesos)
Reducciones bushing					
62		Reducción de 2 in a 1 in	45.00	2	90.00
63		Reducción de 1 1/2 in a 1 1/4 in	42.00	1	42.00
64		Reducción de 1 in a 3/4 in	17.00	3	51.00
Abrazadera para tubo tipo omega y uña					
65		Abrazadera omega 1	2.70	10	27.00
66		Abrazadera omega 3/4	2.26	10	22.60
67		Abrazadera tipo uña 3/4	2.20	22	48.40
68		Abrazadera tipo uña 1/2	1.60	10	16.00
Interruptores termomagnéticos					
69		Interruptor termomagnético 3X70 A	1,398.69	1	1,398.69
70		Interruptor termomagnético 3X50 A	1,079.00	1	1,079.00
71		Interruptor termomagnético 1X30 A	129.00	8	1,032.00
Accesorios					
72		Placa duplex tipo fs con tapas	93.00	4	372.00
73		Placas con contactos duplex 2 polos + tierra	64.00	12	768.00
74		Contacto duplex 2 polos + tierra	39.00	4	156.00
75		Tablero eléctrico trifásico 24 polos	4,900.00	1	4,900.00
76		Cinta aislante	9.94	4	39.76
77		Dos apagadores	60.00	2	120.00
Elementos para fijación de 100 piezas					
78		Tornillos 1 1/2	53.00	2	106.00
79		Taquetes	45.00	2	90.00
Conductores por caja de 100 m					
80		Conductor calibre 10 AWG	1,240.00	12	14,880.00
81		Conductor calibre 4 AWG	5,184.00	2	10,368.00
82		Conductor desnudo calibre 10 AWG	1,100.00	1.5	1,650.00
Cable por metro					
83		Cable de uso rudo calibre 10 de 4 polos	80.74	68	5,490.32
84		Cable de uso rudo calibre 10 de 3 polos	72.50	8	580.00
85		Conductor calibre 6 AWG	45.00	8	360.00
Iluminación					
86		Tecnolite modelo Pan-led 60 w	1,922.00	2	3,844.00
87		Iluminario solaled 150 w	3,535.00	2	7,070.00
88		Foco led	40.00	2	80.00
89		Socket portalámpara	38.00	2	76.00
					78,585.33
Precio aproximado en pesos mexicanos de materiales utilizados					
78,585.33					

3.3 Primero trabajos de instalación

Primero, con la finalidad de dar una idea de la magnitud del proyecto de la planta de biodiésel ubicado en la Alcaldía Álvaro Obregón, es necesario mostrar algunas imágenes del inicio y fin de la obra civil. En la Figura 3.1 se muestra como lucía el lugar destinado para la construcción de la planta de biodiésel, cuando estaba siendo demolido. Anteriormente en el lugar destinado para la construcción de la planta, había un edificio que era utilizado como almacén del taller mecánico de la Alcaldía, este no cumplía con el espacio, características y necesidades eléctricas que eran requeridas para la planta, por lo que tuvo que ser demolido.



Figura 3.1 Demolición del edificio que ocupaba el lugar destinado para la planta de biodiésel

En la Figura 3.2 se muestra como lucía la parte interior del edificio de la planta de biodiésel prácticamente terminado, en ella se observa que faltan algunos detalles como pintura en el piso y pared.



Figura 3.2 Edificio para la planta de biodiésel

Una vez expuesto lo anterior, de la misma forma se muestran los trabajos que se realizaron para la instalación de la parte eléctrica, específicamente para fuerza e iluminación. Estos trabajos se realizaron con base a todo lo realizado en el capítulo 2, desde los cálculos realizados para obtener el cuadro de cargas, hasta los planos realizados para iluminación y fuerza.

Los tubos conduit galvanizados de pared delgada son utilizados para contener y proteger los conductores eléctricos usados en instalaciones eléctricas industriales ocultas o visibles. Algunas ventajas de utilizar este tipo de material son alta resistencia, durabilidad, uniformidad, ductilidad etc.

La tubería E.M.T. puede ser utilizada oculta o expuesta en todas las condiciones atmosféricas. Tiene un acabado galvanizado en su exterior que permite una alta resistencia a la corrosión a largo tiempo.

En la Figura 3.3 se muestra la colocación y trayectoria de los tubos conduit de pared delgada de diferentes calibres, como se especificó en el plano de contactos y fuerza (Figura 2.14). Estos serán utilizados para la alimentación de energía eléctrica de los motores, banco de resistencias y contactos de la planta baja y alta. Asimismo, se puede ver que los tubos conduit fueron fijados a la pared con tubos unicanal y sujetos con abrazaderas. Simultáneamente se puede observar que los conductores eléctricos ya fueron canalizados por las tuberías basándose en la cedula de cableado (Tabla 2.13).



Figura 3.3 Fijación de tubo conduit

En la Figura 3.4 se muestra uno de los componentes principales de toda la instalación eléctrica, que es el tablero eléctrico de la planta de biodiésel. Este gabinete contiene todos los dispositivos de conexión, maniobra y es el encargado de dar protección a todos los equipos y circuitos de la planta con interruptores termomagnéticos. Para la correcta instalación del tablero eléctrico, se siguieron las especificaciones dadas en el cuadro de cargas final de la planta (Tabla 2.6). De igual forma en la figura

se observa la fijación de los tubos conduit encargados de alimentar de energía eléctrica a los equipos de iluminación de planta baja y alta como se especificó el planos de iluminación (Figura 2.16). Para la correspondiente canalización de los conductores para la iluminación, fue necesario seguir las especificaciones dadas en la cedula de cableado de iluminación (Tabla 2.15).



Figura 3.4 Instalación del tablero eléctrico de la planta de biodiésel

Los condulets son utilizados como caja de empalme o derivación y proporcionan cambios de dirección en la tubería de manera fácil y sencilla, sin aumentar mayormente el diámetro de la curvatura. También son encargados de proteger los conductores eléctricos y permiten fácil acceso a los conductores para un mejor mantenimiento en el futuro (Romero y col, 2010).

Por otra parte, los conectores conduit son los encargados de sujetar y fijar el tubo conduit al condulet, tableros, cajas y otros accesorios que se estén utilizando, a través de la rosca que el conector ya contiene. De esta forma la instalación es más sencilla porque permite un montaje y desmontaje con mayor facilidad. El tubo flexible liquidtight también está diseñado para la protección de conductores eléctricos en las instalaciones eléctricas a la intemperie o donde se requiere de flexibilidad y facilidad de manejo, ya sea instalaciones comerciales

o industriales y en lugares donde hay humedad. Para la instalación de la planta de biodiésel este material fue utilizado para tener maniobra en las columnas y poder evitarlas de forma fácil. De igual forma el tubo flexible liquidtight requiere de su propio conector llamado conector liquidtight recto. Este conector es utilizado para conectar el tubo a una caja de salida de acero, en este caso a los condulets.

Por último cuando se trabaja con tubería conduit es común tener la necesidad de reducir en ciertas partes el tamaño de la tubería para utilizar otra de diferente grosor, dependiendo las necesidades requeridas. Este tipo de material tiene como nombre reducciones bushing y tienen ambos lados enroscados, con una rosca interior y una exterior.

En la Figura 3.5 se muestra un ejemplo de la colocación y fijación del tubo conduit al condulet tipo T, a través de conectores conduit. Al mismo tiempo se contempla como fue utilizado el condulet tipo T para dar maniobra y un cambio de dirección a la instalación, ya que esta tuvo una derivación en la parte superior para dar paso a los conductores utilizados para alimentar los equipos de iluminación de la plata alta. Con esto se puede observar que en la parte superior del condulet tipo T, fue utilizada una reducción bushing para poder reducir el grosor de la tubería de mayor a menor grosor, ya que la cantidad de conductores ingresados en esa derivación requerían de un menor grosor de la tubería.

Por otro lado se observa cómo se utilizó el tubo flexible liquidtight para rodear las columnas y dar seguimiento a la tubería utilizando los conectores liquidtight rectos. Finalizando también se contempla que los tubos conduit fueron fijados a la pared a través de tubos unicanal y sujetados con abrazaderas para darle mayor fijación.



Figura 3.5 Instalación de elementos eléctricos

En la Figura 3.6 se muestra una de las derivaciones que se realizaron para llevar la energía eléctrica a un motor trifásico de la planta alta como se especifica en la cedula de cableado para contactos y fuerza (Tabla 2.13). Al llegar al punto de bajada para alimentación de los motores, se colocó cable de uso rudo, este tiene que llegar hasta el suelo con un metro más de sobra para poder realizar maniobras y poder hacer las conexiones a los motores de forma fácil. Esto hace que el cable de uso rudo en total mida aproximadamente 4 m.

El cable de uso rudo es utilizado generalmente en condiciones adversas. Sus aplicaciones siempre estarán en medio de un ambiente agresivo, expuestos al sol, químicos, aceites, abuso mecánico, mojado o sumergido en agua, por ello estos cables siempre alimentan equipos como compresores, extensiones de poder, alimentación de motores etc. Por las razones dadas anteriormente se eligió este tipo de cable para alimentar en la parte final a los motores y bancos de resistencias.



Figura 3.6 Instalación de cable de uso rudo para alimentar motores y bancos de resistencias

El condelet tipo FS son utilizados en instalaciones eléctricas ya que su forma de cajetilla con rosca puede ofrecer una manera de proteger los contactos y conductores a exposiciones contra explosiones, inundaciones, y otros imprevistos. De igual forma la placa duplex tipo FS es un complemento que permite proteger los contactos contra agua y polvo. Este tipo de materiales son utilizados especialmente cuando el contacto queda a la intemperie o en lugares donde existe el riesgo de derrames de líquidos. Por estas razones en la zona de abastecimiento del biocombustible se colocaron los contactos requeridos con este tipo de materiales, principalmente para darle protección a los contactos y a toda la instalación (Romero y col, 2010).

En la Figura 3.7 se muestra la instalación de dos condelet tipo Fs protegidos con placas duplex tipo fs para 2 contactos duplex.



Figura 3.7 Instalación de contactos dúplex con condulet tipo Fs

El luminario solaled flat industry de 150 W, es utilizado en aplicaciones para iluminación de interiores como industria, bodegas, áreas de trabajo industrial y centros comerciales. Es por eso que se eligió este tipo de luminario para iluminar las zonas altas de la planta de biodiésel pues ofrece 120 lm/W y contiene 120 leds lo que lo hace una buena opción para iluminar la planta de biodiésel. En la Figura 3.8 se muestra el luminario solaled flat industry ya instalado. Asimismo se observa que el luminario fue abastecido a través de tubo conduit, en la parte final se colocó un condulet tipo t y para la alimentación se utilizó cable de uso rudo para darle mayor protección a la instalación.



Figura 3.8 Instalación de luminario solaled de 150 W

3.4 Iluminación

La planeación y diseño del sistema de iluminación principalmente tiene como objetivo dar una buena visibilidad para el desarrollo de actividades que se llevarán a cabo dentro de la planta. De esta manera permitir tener una visión completa, sin fatiga y al mismo tiempo poder evitar accidentes de trabajo dentro de la planta por falta de una buena iluminación.

La Alcaldía Álvaro Obregón contaba con un catálogo ya establecido con diferentes tipos de luminarias de las cuales se debían escoger las que mejor proporcionaran iluminación dentro de la planta. Para seleccionar las unidades de iluminación se realizó tomando en cuenta los criterios técnicos y económicos que sean apropiados para dar la iluminación requerida. Para ello se tomó a consideración las características arquitectónicas de la planta y de este modo seleccionar los equipos que cumplieran las características necesarias para dar una buena iluminación. Estos equipos elegidos cumplen con una serie de requerimientos como eficacia luminosa, bajo consumo de energía eléctrica en servicio normal y bajo costo de mantenimiento.

Como se especifica en las disposiciones en materia de instalaciones eléctricas emitida por la dirección general de obras y conservación de la UNAM, los inmuebles que forman parte de ella, el alumbrado de interiores y para alturas hasta de cuatro metros se debe utilizar alumbrado de diodos emisores de luz (LED), con las siguientes características:

- _ IRC al menos de 75
- _ Temperatura de color 4100 K
- _ Vida nominal de al menos 40,000 horas
- _ THD de corriente menor a 30%
- _ Factor de potencia de al menos 0.9
- _ Eficacia luminosa de 90 lúmenes/watt
- _ Sellos y/o certificaciones NOM, ANCE y FIDE
- _ Garantía mínima de 3 años


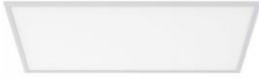
Para la instalación de las luminarias en las zonas altas de la planta se consideraron las siguientes especificaciones:

- a) *Todas las luminarias deben estar conectados al sistema de tierras.*
- b) *El calibre mínimo de los conductores a utilizar debe ser No. 12 AWG.*
- c) *La fijación de luminarias debe realizarse con soportes a base de varilla roscada, anclados a losa y/o estructura mediante taquetes expansivos o pernos de alta velocidad, todo galvanizado (se colocará un soporte en cada esquina de la luminaria).*
- d) *Las luminarias requeridas en cada una de las áreas del edificio, deben coordinándose con los responsables de las demás instalaciones (hidráulicas, sanitarias, aire acondicionado, voz y datos, etc.) para evitar interferencias.*

Lo anterior con la finalidad de hacer una buena instalación con conductores adecuados, selección de un buen equipo de iluminación y tener las luminarias bien fijadas al techo para evitar cualquier accidente en el futuro.

En la Tabla 3.3 se muestran las características de los equipos de iluminación que fueron utilizados en la planta de biodiésel para las zonas altas y zona de procesos de la planta baja.

Tabla 3.3 Características de equipos de iluminación

Iluminación	Características	Aplicación
Luminario solaled industry de 150 W 	<ul style="list-style-type: none"> - 50,000 hora de vida - 120 lúmenes/watt - TDH de 20 % - IRC superior a 70 - Temperatura de color de 5000 k - Cumplimiento de Sellos y certificaciones NOM y ANCE - Garantía 3 años - Altura máxima de colocación 6 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores de industria - Bodegas - Áreas de trabajo industrial - Centros comerciales
TecnoLite Modelo Pan-Led/60W 	<ul style="list-style-type: none"> - 25,000 hora de vida - 90 lúmenes/watt - Temperatura de color de 4100 k - Factor de potencia 0.9 - Garantía 3 años - Sellos de certificaciones NOM y ANCE 	<ul style="list-style-type: none"> - Luminario de interiores - Áreas de trabajo

3.4.1 Cálculo del DPEA

La Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la Nación.

La determinación de las DPEA del sistema de alumbrado de un edificio no residencial nuevo, ampliación o modificación de alguno ya existente, de los tipos cubiertos por esta Norma Oficial Mexicana, deben ser calculados a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo a la metodología indicada a continuación (SENER, 2014).

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado } W}{\text{Área total iluminada } m^2} \quad (\text{ec. 3.1})$$

La planta de biodiésel se considera como un laboratorio industrial por lo que de acuerdo a la norma se debe cumplir un DPEA de 19.48 W/m² máximo.

Para la iluminación de las zonas altas de la planta se cuenta con un luminario solaled industry de 150 W para cada lado. Tomando en cuenta un área de 25.43 m² de cada extremo de la planta el cálculo del DPEA para las zonas altas de la planta se realiza de la siguiente manera:

$$DPEA = \frac{150}{25.43} = 5.89 \frac{W}{m^2}$$

En la iluminación de la zona de la planta baja se utilizaron dos luminarios TecnoLite Modelo Pan-Led de 60 W y tomando en cuenta una área de 51.15 m² el cálculo del DPEA se realiza de la siguiente manera:

$$DPEA = \frac{120}{51.15} = 2.34 \frac{W}{m^2}$$

Las luminarias instaladas fueron elegidas del catálogo de iluminación que disponía la Alcaldía Álvaro Obregón, se eligieron las que brindaban mayor iluminación, pero se colocaron el número de luminarias que la Alcaldía pudo brindar, es decir, que en el diseño inicial en los planos de iluminación, se recomendaba poner 6 luminarias por piso, pero la misma Alcaldía se negó argumentando que con dos luminarias por piso serían suficientes. Asimismo el diseño arquitectónico de la planta permite la entrada de gran cantidad de luz natural y se mencionó que las labores en la planta finalizarían a más tardar a las 6 p.m. Por estas razones se decidió elegir estas luminarias que aparte de brindar mayor cantidad de iluminación que las otras en el catálogo, con la ayuda de la luz natural se podrá trabajar con mayor iluminación.

En la Figura 3.9 se muestra la instalación de las luminarias TecnoLite Modelo Pan-Led/60W que estarán encargadas de iluminar las zonas de procesos de la planta baja.



Figura 3.9 Instalación de luminaria TecnoLite Modelo Pan-Led/60W

3.5 Acometida

La acometida eléctrica es la conexión que se puede realizar de forma aérea o subterránea que conecta a la empresa con su red de distribución con los consumidores finales. Esta conexión se realiza a través de una caja general de protección. Esta es necesaria para dotar de suministro eléctrico a la instalación de un edificio, vivienda, nave industrial o local comercial.

En el artículo 230 de la NOM-001-SEDE, 2012 sobre instalaciones eléctricas, se menciona en la parte A de generalidades algunos puntos importantes que le acometida del taller mecánico de la Alcaldía Álvaro Obregón cumple, estos son los siguientes:

- a) *En general, un edificio u otra estructura a la que se le suministre energía debe tener solo una acometida.*
- b) *Los conductores de acometida de un edificio u otra infraestructura no deben pasar a través del interior de otro edificio o infraestructura*
- c) *No se deben instalar otros conductores en la misma canalización de la acometida.*

Par la parte B de conductores de acometida se mencionan otros puntos importantes que de igual forma la acometida cumple, estos son los siguientes:

- a) *Los conductores individuales encargados de alimentar la acometida deben estar aislados o tener cubierta.*
- b) *Los conductores no deben tener un tamaño menor que 8.87 mm^2 (8 AWG) si son de cobre.*
- c) *Los conductores deben tener una separación vertical no menor de 2.5 m por encima de la superficie de los techos*

En la Figura 3.10 se muestra el gabinete de la acometida principal ubicada en el taller mecánico de la alcaldía



Figura 3.10 Acometida principal del taller mecánico

Cabe mencionar que la acometida ubicada en el taller mecánico de la Alcaldía, encargada de alimentar en tablero eléctrico principal de planta de biodiésel, es de sistema trifásico de 220/127 v, los alimentadores a cada interruptor son de calibre 2 AWG, lo que hace que este tablero tenga capacidad disponible de 100 A por cada fase, cuenta con fusibles de 200 A, una frecuencia de funcionamiento de 60 Hz pero presenta falta de tierra física.

3.6 Tierra física

En una instalación eléctrica es necesario instalar un sistema de tierras con el objetivo de estabilizar la tensión a tierra en condiciones normales de operación de circuitos no balanceados. Por lo que es importante referir a tierra a los diferentes circuitos de la planta como lo son iluminación, cómputo, motores, contactos, bancos de resistencias, etc. a un plano equipotencial y evitar así el peligro de una descarga cuando existe una diferencia de potencial entre los circuitos. Por esta razón los sistemas de tierras son de gran importancia para la protección y correcto funcionamiento de los equipos.

Un electrodo de puesta a tierra vertical es un conductor metálico desnudo enterrado en forma vertical, con una profundidad y longitud variable que sirve para drenar corrientes de descarga atmosférica o de falla (CFE, 2017). Estos elementos se insertan en el terreno y sirven para encontrar zonas más húmedas y por lo tanto con menor resistividad eléctrica en el subsuelo. Los materiales empleados en la fabricación de varillas o electrodos de tierra son generalmente el acero, acero galvanizado, acero inoxidable y copperweld. El copperweld es el material más empleado en las varillas de tierra ya que combina las ventajas del cobre con la alta resistencia mecánica del acero, así mismo, proporciona buena conductividad, resistencia a la corrosión y buena resistencia mecánica para ser introducida en el terreno (Cardiel y Hernández, 2000).

La Alcaldía Álvaro Obregón se localiza al poniente de la Ciudad de México, cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 96.17 km^2 que hacen una forma alargada de noreste a sureste. En esta delegación la Litología, consiste en rocas volcánicas que forman las laderas montañosas y un extenso pie de monte, donde predominan capas de depósito de pómez, de derrame piroclástico y de ceniza volcánica.

Tomando en cuenta una investigación realizada por el ingeniero Jorge Ramírez Luna en su tesis "Estudio geofísico en cavidad de la delegación Álvaro Obregón usando tomografía de resistividad eléctrica", en promedio la resistividad del terreno en la Alcaldía es de $100 \text{ ohm}\cdot\text{m}$ (Ramírez, 2016).

En el Artículo 921 puesta a tierra de la NOM-001-SEDE, 2012 sobre instalaciones eléctricas, proporciona métodos prácticos de puesta a tierra, como un método para salvaguardar al público y a los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico en la líneas del servicio de energía eléctrica.

Para la planta de biodiésel, que por disposición de la delegación, solo se utilizó un electrodo de cobre enterrado verticalmente en el suelo. Utilizando la especificación CFE 00J00-52 "Red de puesta a tierra para estructura de líneas de transmisión aéreas de 69 kV a 400 kV en construcción", que aunque esta especificación es para alta tensión en un apartado nos proporciona la ecuación para calcular la resistencia de conexión a tierra de un electrodo vertical

Para realizar el cálculo del electrodo utilizado para la puesta a tierra que se colocó para aterrizar el tablero eléctrico principal de la planta de biodiésel, se utilizó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left(\frac{4l}{r} - 1 \right)$$

(ec.3.2)

Donde:

ρ (Ω/m)= Resistividad del terreno

l (m)= Largo del electrodo

r (m)= Radio del electrodo

Para un electrodo de longitud 3 m y un diámetro de 16 mm por lo que para el cálculo se utiliza un radio de 0.008 m y una resistividad del terreno de $100 \Omega * m$ se tiene:

$$R = \frac{100}{2\pi(3)} \ln \left(\frac{4(3)}{0.008} - 1 \right) = 38.79 \Omega$$

Los sistemas de tierras deben cumplir como mínimo con lo establecido en la NOM-001- SEDE-2012, se menciona que lo más aceptable son 25Ω en una instalación de puesta a tierra. Por lo anterior, la Alcaldía Álvaro Obregón decidió solo instalar un electrodo vertical para realizar el trabajo de tierra física. También hubo un rechazo por parte de la misma Alcaldía por realizar un estudio de resistividad del suelo, por lo que se tuvo que considerar el estudio antes mencionado donde se obtiene que en la Alcaldía hay una resistividad del suelo de $100 \Omega * m$. Esto puede variar dependiendo la zona por lo que en el cálculo realizado podría variar.

En la Figura 3.11 se muestra una imagen donde se observa el electrodo utilizado con longitud 3 m y de radio de 0.008 m para la instalación de la tierra física, el cual fue enterrado en un registro realizado al interior de la planta.



Figura 3.11 Electrodo utilizado para tierra física

3.7 Conductores

Los conductores eléctricos son de gran importancia en una instalación eléctrica porque son los encargados de distribuir la electricidad de un punto a otro para poder satisfacer de energía algún elemento que lo requiera. Estos materiales tienen poca resistencia al paso de la electricidad, generalmente están fabricados de cobre, debido a su excelente conductividad y están recubiertos de un material aislante para protegerlos (Harper, 2018).

El tamaño mínimo del conductor del circuito alimentador antes de la aplicación de cualquier ajuste o de factores de corrección, debe tener una ampacidad permisible no menor a la carga no continua, más el 125 por ciento de la carga (SENER, 2012).

Para seleccionar los conductores eléctricos adecuados que le dieran seguridad y protección a la instalación eléctrica de la planta de biodiésel, fue necesario realizar dos cálculos para determinar el calibre correcto para cada elemento. Para ejemplificar como se realiza los cálculos para determinar el calibre adecuado del conductor, a continuación se mostrara el cálculo de uno de los elementos de la planta de biodiésel.

Para empezar se selecciona una bomba monofásica que está incluida en los elementos de la planta (Tabla 2.3). Este elemento se llama bomba Fill-Rite, tiene una potencia de 249 W y un voltaje de funcionamiento de 127 V. Con ayuda de la ecuación 2.2 se prosigue a despejar la corriente, pues es el dato que se requiere determinar para determinar el calibre del conductor. El primer cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$I = \frac{P}{V}$$
$$I = \frac{249}{127} = 1.96 A$$

Como se especifica en la norma NOM-001-SEDE, 2012 a la corriente obtenida se le debe agregar el 125 por ciento de la carga, a esto se le llama corriente de protección y se realiza de la siguiente manera:

$$I_{protección} = I * 1.25$$

$$I_{protección} = 1.96 * 1.25 = 2.45$$

Tomando consideración la corriente de protección, la bomba monofásica demandara un máximo de corriente de 2.45 A. Lo siguiente es consultar la información de la tabla 2.1 la cual brinda los datos de cantidad de corriente que soporta cada calibre y la sección transversal del mismo. Resulta claro observar que incluso el calibre 14 AWG es capaz soportar la corriente demandada por esta bomba, pero como se trata de una instalación eléctrica industrial se decidió elegir calibre 10 para darle mayor seguridad a la instalación eléctrica de la planta.

Para saber cómo elegir el calibre correcto, se debe de tener en cuenta la corriente que demandará el equipo. De esta forma se tendrá que elegir un conductor que esté por encima de la corriente demandada por el elemento para que el conductor tenga la capacidad de cubrir las necesidades de demanda de energía y este no sufra algún daño al estar operando.

Para su protección de estos conductores se utilizó tubería eléctrica metálica, está diseñada especialmente para la conducción de cables eléctricos para zonas industriales, comerciales y residenciales, también es muy útil para cableado estructurado, manteniendo el cableado aislado, protegiéndolo contra todo tipo de amenazas que pudieran dañarlo. Para su instalación se siguieron las siguientes especificaciones que se mencionan en NOM-001-SEDE, 2012 sobre instalaciones eléctricas:

- a) No se permiten derivaciones ni empalmes dentro de tuberías y tableros.
- b) El calibre mínimo de los conductores para contactos a utilizar debe ser No. 10 AWG.
- c) Se permitirá instalar el tubo conduit metálico ligero ferroso o no ferroso, los codos, coplas y accesorios, en concreto, en contacto directo con la tierra, o en áreas expuestas a influencias corrosivas fuertes, si están protegidos con la corrosión y son aprobados como adecuados para esa condición.
- d) Todos los soportes, pernos, abrazaderas, coples, conectores, tornillos etc., deben ser materiales resistentes a la corrosión o deben estar protegidos por materiales resistentes a la corrosión.
- e) El tubo conduit metálico ligero se debe sujetar y asegurar en su lugar por lo menos cada 3 metros. Además cada tramo de tubo entre los puntos de terminación se debe sujetar y asegurar a una distancia no mayor de 90 centímetros de cada caja de salida, caja de empalme, caja de dispositivo u otra terminación de conduit.
- f) El tubo conduit metálico ligero no debe ser roscado y se deben utilizar coples integrales roscados en fábrica.

El tubo conduit metálico pared delgada se utilizará únicamente en Instalaciones aparentes (entre plafón y losa) donde la tubería no esté expuesta a daños mecánicos ni a la humedad o ambientes corrosivos; se usarán cajas registro galvanizadas o condulets, según se requiera o lo indique la DGOC.

Por otra parte, es importante mencionar la cantidad de conductores que pueden ser canalizados en una tubería metálica conduit con la finalidad de realizar un buen diseño y elegir el grosor adecuado para el número de conductores que se ingresaran por la tubería. En la Tabla 3.4 se muestra un listado ordenado por grosor, con el número de conductores que pueden ser canalizados en cada uno.

Tabla 3.4 Número de conductores permitidos por tubería conduit

Calibre mm	½ 13	¾ 19	1 25	1 ¼ 32	1 ½ 38	2 51	2 ½ 64
14	8	15	25	43	58	96	168
12	6	11	19	33	45	74	129
10	5	8	14	24	33	55	96
8	2	5	8	13	18	30	53
6	1	3	4	8	11	18	32
4	1	1	3	6	8	13	24
2	1	1	2	4	6	10	17
1	1	1	1	3	4	7	12

En la Figura 3.12 se muestra los trabajos de canalización de los conductores a través de los tubos conduit de pared delgada, estos conductores estarán encargados de alimentar los motores de la zona de procesos en la planta alta.



Figura 3.12 Trabajos de canalización de los conductores eléctricos

3.8 Mando y maniobra (tablero eléctrico)

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados (Harper, 2018).

Este equipo eléctrico es de los más importantes, pues es el encargado de darle protección a todos los elementos eléctricos incluidos en una instalación.

La protección se realiza con interruptores termomagnéticos colocados a cada uno de los circuitos requeridos en la instalación. Un Interruptor termomagnético es un dispositivo de protección de circuitos eléctricos que actúa ante dos distintos tipos de eventos, la parte térmica actúa ante una sobrecarga del circuito y la parte magnética lo hace ante un cortocircuito. Por otra parte un circuito está formado por una serie de conductores y elementos de consumo, estos elementos de consumo son en número limitado y dependiendo del consumo del elemento será el conductor que se colocara y también el interruptor como se explicó en el capítulo 2.

Para seleccionar un tablero que mejor se acople a las necesidades de la planta se deben considerar las siguientes especificaciones:

- Tipo de montaje del gabinete
- Tensión de operación
- Se debe considerar el 25% de espacios libres para cargas futuras
- Tomar en cuenta el número de circuitos que se necesitan
- La capacidad en amperes de las barras principales y del interruptor principal
- Tableros trifásicos (3 fases, 4 hilos, para evitar en lo posible desbalances en las líneas de alimentación), con barra de neutros y barra de tierra física y, en su caso, con kit de barra de tierra aislada para tableros de contactos regulados.

En función de lo planeado, el tablero utilizado para la instalación eléctrica de la planta de biodiésel fue un tablero trifásico de 24 polos, con un voltaje de 220/127 V, una frecuencia de funcionamiento de 60 Hz y una corriente máxima de operación de 200 A.

En la Figura 3.13 se muestra una representación de cómo se realizó el acomodo de los circuitos en el tablero eléctrico que fue utilizado en la planta de biodiésel. Asimismo se muestra el tamaño de cada interruptor termomagnético utilizado en cada circuito y al elemento que se está abasteciendo de energía eléctrica. Por último se puede observar que en el tablero eléctrico no se utilizaron todos los circuitos ya que la planta para su correcto funcionamiento solo requería los que están utilizados. En total quedaron 10 circuitos libres, con lo cual se respeta el 25 % de reserva de espacios que podrán ser utilizados en un futuro si la planta lo requiere.

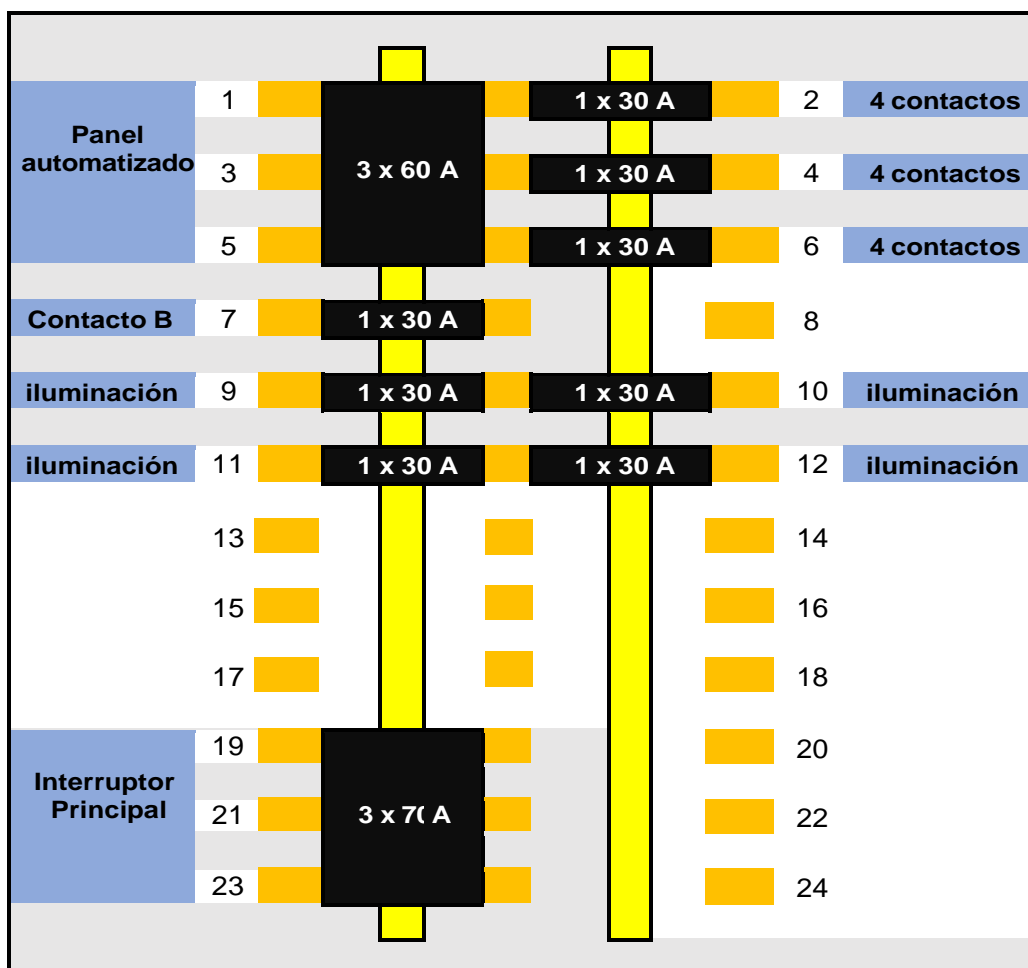


Figura 3.13 Representación gráfica del tablero eléctrico de la planta de biodiésel

3.9: Puntos de consumo

El consumo eléctrico es una cierta cantidad de energía demandada por un elemento eléctrico en un lapso determinado de tiempo, a ese consumo eléctrico es valorizado en kWh. En este punto se mostrara el consumo de energía eléctrica, para ello se considerara que todos los elementos de la planta se encuentran encendidos durante una hora. Utilizando la información de la Tabla 2.3 del capítulo 2, donde se muestran todos los elementos eléctricos incluidos en la planta, se realizara una tabla en la que se mostrara el consumo de energía eléctrica por elemento y el total consumido. Para poder calcular el consumo eléctrico se necesitara la siguiente ecuación:

$$CE = P * t$$

(ec.3.3)

Donde:

CE (kW/h): consumo eléctrico

P (W): potencia nominal

t (h): tiempo de uso

Utilizando la ecuación anterior se realizó la Tabla 3.5, donde se muestra el consumo eléctrico por cada elemento de la planta, esto suponiendo que todos los elementos de la planta estuvieran encendidos durante una hora se tendría un consumo eléctrico de 21,964 kWh como se muestra a continuación.

Tabla 3.5 Consumo eléctrico de la planta de biodiésel

Cantidad	Equipo	Potencia W	Horas de uso h	Consumo energético por elemento kW/h	Consumo energético total kW/h
9	Bomba	746	1	746	6,714
1	Centrífuga Westfalia	4,000	1	4,000	4,000
1	Bomba Fill-Rite	249	1	249	249
1	Bomba	373	1	373	373
1	Bomba Type Sk	860	1	860	860
6	Banco de resistencias	1,013	1	1,013	6,078
12	Contactos	180	1	180	2,160
2	Luminario soladed	150	1	150	300
2	Lámpara tecnolite	67	1	67	134
1	Bomba dispensadora	1,016	1	1,016	1,016
2	Foco led	40	1	40	80
					21,964

3.10: Elementos de seguridad

Los elementos de seguridad son parte importante que deben ser involucrados en cualquier instalación eléctrica. En consecuencia de que la planta de biodiésel se considera una zona industrial, la instalación para la planta debe realizarse con elementos de seguridad específicos, ya que para la elaboración del biodiésel se utilizarán tanques de calentamiento de líquidos que podrán exponer a los conductores eléctricos a temperaturas altas. Asimismo existe la posibilidad de derrames de líquidos y estos aspectos mencionados deben ser cuidados de forma rigurosa.

Cuando se diseña y se planea una instalación eléctrica, principalmente se desarrolla pensando en la seguridad de la misma, garantizando la protección y cuidado de los elementos eléctricos. Asimismo salva guardar la seguridad de los usuarios y de la infraestructura. Para ello, es que se realizan los cuadros de cargas donde se determina los tamaños adecuados de los materiales eléctricos para proteger al sistema contra cualquier percance. En la Tabla 3.6 se muestran algunos de los elementos de seguridad más importantes en la instalación eléctrica de la planta de biodiésel.

Tabla 3.6 Elementos de seguridad

Elemento de seguridad	Función
Instalación de puesta a tierra	Con esta instalación se pretende proteger a los equipos de las corrientes que pueden ser perjudiciales en la planta. Lo que hace la instalación de puesta a tierra es llevar la corriente de fuga a la tierra y evitar que causen daño al edificio y a sus ocupantes
Tablero eléctrico	Los tableros eléctricos son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente. La principal función del tablero eléctrico es controlar y proteger los circuitos de la instalación eléctrica, minimizando los riesgos por sobrecargas. Asimismo cuidar la integridad de los usuarios
Interruptores termomagnéticos	Este dispositivo de protección cuida los circuitos eléctricos. El interruptor termomagnético actúa ante dos tipos de eventos, la parte térmica que actúa ante una sobrecarga en el circuito y la parte magnética que se encarga de actuar ante un cortocircuito
Elección de conductores eléctricos	Los conductores son elegidos de acuerdo a la demanda de corriente eléctrica del elemento que se desea abastecer, por lo que si llega aparecer un exceso de corriente, este se calienta y este junto el interruptor termomagnético protegerán al circuito y al elemento eléctrico
Uso de conductores eléctricos para uso rudo	Estos serán los encargados de alimentar los motores eléctricos y bancos de resistencias. Dado que se ubican en el área de proceso, deben ser protegidos a las temperaturas altas a las que serán sometidos por los tanques de almacenamiento
Uso materiales diseñados para trabajar a la intemperie	Principalmente este tipo de materiales son elegidos para proteger contactos y circuitos eléctricos. Su uso primordial es proteger a los equipos ante posible derrame de líquidos
Canalización de conductores a través de tubería conduit	Esto se realiza para proteger a los conductores eléctricos ante cualquier derrame de líquidos o exposición ante vapores

3.11 Normatividad

Las Normas Oficiales Mexicanas son regulaciones técnicas que expiden determinada dependencia. Sus funciones serán establecer reglas, especificaciones y prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación sistema, actividad, servicio o método. La finalidad de una norma, es establecer las características que deben reunir los métodos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana. Estas deben de cumplirse y aplicarse para realizar un buen servicio y trabajo.

Otro punto que se desea obtener al utilizar las normas enfocadas al ramo eléctrico es garantizar un servicio continuo, confiable y seguro de energía eléctrica a los consumidores.

En la Tabla 3.7 se enlistan las normas que fueron utilizadas para la correcta planeación del proyecto eléctrico.

Tabla 3.7 Normas requeridas para planeación y diseño

Normas	Objetivo
Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION).	Dar a conocer las disposiciones de carácter técnico que deben cumplir y satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica. Esto con la finalidad de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad a personas, equipos eléctricos y propiedades contra descargas eléctricas, efectos térmicos, sobrecorrientes, sobretensiones etc.
Disposiciones en materia de instalaciones eléctricas, emitida por la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM	El objetivo de este documento es establecer los procedimientos adecuados para realizar una instalación eléctrica en los inmuebles de la UNAM, con una buena planeación, diseño y establecer criterios con la finalidad de hacer un uso eficiente de la energía. Asimismo estas disposiciones tienen como objetivo realizar instalaciones seguras para los usuarios y que permitan satisfacer de energía eléctrica a los inmuebles para el desarrollo de actividades dentro de los edificios.
NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales	Tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la Nación.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, sobre instalaciones eléctricas, fue la norma más utilizada para este proyecto porque esta norma tiene un campo de aplicación amplio, como los son instalaciones eléctricas industriales, residenciales comerciales o en cualquiera que sea de uso público y privadas. También es aplicada en instalaciones en edificios utilizados por las empresas suministradoras, tales como edificios de oficinas, almacenes, estacionamientos, talleres mecánicos y edificios para fines de recreación.

Para el diseño de una instalación eléctrica deben de tomarse en cuenta dos factores importantes, el primero proteger a las personas y animales contra dos tipos de riesgos mayores en una instalación, estos son las corrientes de choque y las temperaturas excesivas capaces de provocar quemaduras, incendios u otros efectos peligrosos. Por otra parte el segundo factor es que se debe lograr el funcionamiento de la instalación satisfactoriamente acorde a la utilización prevista.

Por otra parte, también se utilizó el documento Disposiciones en materia de instalaciones eléctricas, emitida por la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM. Estas disposiciones se realizan bajo las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 relativa al uso y utilización de la energía eléctrica, en ese sentido las Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas acatan las disposiciones de la referida NOM.

Estas normas fueron de gran ayuda, pues ayudaron a sentar las bases para la planeación y diseño de una instalaciones eléctrica segura, confiable y eficiente para la planta de biodiésel. Siguiendo los puntos más importantes para una buena planeación se obtuvieron resultados satisfactorios, dándole a la planta una instalación segura con protecciones adecuadas para proteger todo el sistema y cada uno de los circuitos. Asimismo se siguieron los criterios para la selección de los conductores encargados de satisfacer de energía todos circuitos dándole un rango adecuado de corriente de protección a cada uno de los equipos y estos pudieran funcionar de forma adecuada y eficiente. También se siguieron los puntos para una buena iluminación dictados en las disposiciones en materia de instalaciones eléctricas, con lo cual se escogieron los equipos de iluminación adecuados para la planta.

En conclusión estas normas permiten al diseñador planear instalaciones eléctricas adecuadas para un determinado lugar que lo requiera, porque siguiendo estos criterios se tiene la certeza que la instalación será segura para los usuarios.

3.12 Costo del proyecto

El costo del proyecto es una parte importante que se debe de obtener, ya que es un gasto involucrado que se debe realizar para que la planta pueda desempeñar sus actividades principales que es producir el combustible. Para determinar el valor total que tiene una unidad de instalación es necesario sumar todos los costos que están involucrados directamente e indirectamente en la instalación. En la Tabla 3.8 se detalla los gastos directos relacionados.

Tabla 3.8 Factores que intervienen en costo de instalación

Factores	Descripción
Materiales	Es el valor monetario necesario para adquirir todos los materiales que fueron requeridos para la instalación eléctrica
Equipo y herramienta	El valor monetario que se le asigna a las labores realizadas por un determinado equipo o maquina empleada para la realización del trabajo
Mano de obra	Pago de salarios por la mano de obra encargada de realizar la instalación de todo el equipo eléctrico
Transporte	Aquí se involucran los gastos realizados para el transporte de materiales, herramientas y mano de obra que fueron necesarios para realizar de la instalación

Los puntos anteriores serán desglosados para obtener el costo unitario de cada uno, estos son conocidos como costos directos y se consideran como los gastos aplicables a la obra, que se derivan de los materiales, mano de obra, herramientas o labores directamente involucrados en la construcción física de la misma.

a) Materiales utilizados

Para este punto se tomara en cuenta todos los materiales que se obtuvieron y se enlistaron previamente en la cotización mostrada en la Tabla 3.2. Dado que la instalación se puede dividir en secciones, en la Tabla 3.9 se exhibe la tabla de conceptos para fijar el precio por cada salida eléctrica que se realizó a partir del tablero eléctrico, acometida principal y panel automatizado. Asimismo se muestran las salidas eléctricas que fueron hechas para la iluminación de toda la planta y la salida utilizada para alimentar todos los contactos requeridos en la misma.

Tabla 3.9 Tabla de conceptos

Clave	Descripción	Materiales utilizados	Unidad	Cant.	Precio
PB-20210	Salida de acometida principal destinada a abastecer toda la planta de biodiésel	Tubería conduit pared gruesa, condulets tipo C, T, LR, LL, coples pared gruesa, abrazaderas unicanal, conductores de calibre 4 WG, tubo unicanal	PZA	1	8,255.00
PB-20211	Tablero eléctrico principal	Tablero eléctrico trifásico de 24 polos, interruptores termomagnéticos	PZA	1	8,410.00
PA-20212	Salida de tablero automatizado encargada de alimentar planta baja de procesos	Tubería conduit pared delgada, codos de 90°, coples tipo americano, condulets tipo C, T, LR, LL, coples pared gruesa, conector liquid tight recto, abrazaderas unicanal, conectores conduit pared delgada, reducciones bushing, cable de uso rudo, conductores de calibre 10 AWG, tubo unicanal, tubo liquid tight	PZA	1	17,758.40
PA-20213	Salida de tablero automatizado encargada de alimentar planta alta de procesos	Tubería conduit pared delgada, codos de 90°, coples tipo americano, condulets tipo C, T, LR, LL, coples pared gruesa, conector liquid tight recto, abrazaderas unicanal, conectores conduit pared delgada, reducciones bushing, cable de uso rudo, conductores de calibre 10 AWG, tubo unicanal, tubo liquid tight	PZA	1	17,467.90

Tabla 3.9 (Continuación) Tabla de conceptos

Clave	Descripción	Materiales utilizados	Unidad	Cant.	Precio
PB-20214	Salida de tablero eléctrico encargado de abastecer de energía eléctrica al panel automatizado	Tubería conduit pared delgada, coples tipo americano, condulets tipo C, LL, abrazaderas unicanal, conectores conduit pared delgada, reducciones bushing, conductores de calibre 6 AWG, tubo unicanal	PZA	1	1,250.00
PB-20215	Salida del tablero eléctrico encargada de alimentar 12 contactos duplex	Tubería conduit pared delgada, codos de 90°, coples tipo americano, condulets tipo C, T, LR, LL, FS, coples pared gruesa, conector liquid tight recto, abrazaderas unicanal, conectores conduit pared delgada, reducciones bushing, conductores de calibre 10 AWG, tubo unicanal, tubo liquid tight, contactos duplex de 180 W, placas con contactos duplex	PZA	1	6,781.00
PB-20216	Salida del tablero eléctrico encargada de alimentar iluminación de planta baja	Tubería conduit pared delgada, codos de 90°, coples tipo americano, condulets tipo C, T, LR, LL, coples pared gruesa, conector liquid tight recto, abrazaderas unicanal, conectores conduit pared delgada, reducciones bushing, cable de uso rudo, conductores de calibre 10 AWG, tubo unicanal, tubo liquid tight, 2 luminarias modelo Pan-Led/60W, foco led, socket portalámparas, apagadores, abrazadera de tubo tipo omega y uña	PZA	1	9,768.00
PA-20217	Salida del tablero eléctrico encargada de alimentar iluminación de planta baja	Tubería conduit pared delgada, codos de 90°, coples tipo americano, condulets tipo C, T, LR, LL, coples pared gruesa, conector liquid tight recto, abrazaderas unicanal, conectores conduit pared delgada, reducciones bushing, cable de uso rudo, conductores de calibre 10 AWG, tubo unicanal, tubo liquid tight, 2 luminarias solaled de 150 W			8,895.00

Tabla 3.9 (Continuación) Tabla de conceptos

Clave	Descripción	Materiales utilizados	Unidad	Cant.	Precio
PB-20216	Salida del tablero eléctrico encargada de alimentar iluminación de planta baja	Tubería conduit pared delgada, codos de 90°, coples tipo americano, condulets tipo C, T, LR, LL, coples pared gruesa, conector liquid tight recto, abrazaderas unicanal, conectores conduit pared delgada, reducciones bushing, cable de uso rudo, conductores de calibre 10 AWG, tubo unicanal, tubo liquid tight, 2 luminarias modelo Pan-Led/60W, foco led, socket portalámparas, apagadores, abrazadera de tubo tipo omega y uña	PZA	1	9,768.00
PA-20217	Salida del tablero eléctrico encargada de alimentar iluminación de planta baja	Tubería conduit pared delgada, codos de 90°, coples tipo americano, condulets tipo C, T, LR, LL, coples pared gruesa, conector liquid tight recto, abrazaderas unicanal, conectores conduit pared delgada, reducciones bushing, cable de uso rudo, conductores de calibre 10 AWG, tubo unicanal, tubo liquid tight, 2 luminarias solaled de 150 W	PZA	1	8,895.00
		TOTAL			78,585.33

b) Equipo y herramienta

La gran mayoría de empresas contratistas cuentan con herramienta y equipo propio. Por esta razón a veces estas no son sometidas a un análisis de costos y en este caso el valor viene a ser directo ya que el costo que se paga dependiendo prácticamente del tiempo de uso. En la Tabla 3.10 se muestra el costo de equipo y herramienta

Tabla 3.10 Costo de equipo y herramienta

Herramientas y equipo	Duración del proyecto	Costo total \$
Multímetro, amperímetro, escaleras, taladro, doblador de tubo conduit, equipo de pinzas, desarmadores etc.	3 semanas	4,500.00

c) Mano de obra

El costo de mano de obra está dado por el número de trabajadores contratados, el tiempo de duración del proyecto y el costo por jornada para cada uno. Para determinar el pago de jornada se fija a través de la actividad por la cual fue contratado para desempeñar en la obra. Considerado que la duración del proyecto fue de 3 semanas, en la Tabla 3.11 se desglosa el pago a los trabajadores durante su estancia en el proyecto.

Tabla 3.11 Costo de mano de obra

Trabajador	Jornadas trabajadas	Pago por jornada	Total \$
Eléctrico	18	600.00	10,800.00
Ayudante eléctrico 1	18	350.00	6,300.00
Ayudante eléctrico 2	18	350.00	6,300.00
Ayudante eléctrico 3	18	350.00	6,300.00

Para el pago de trabajadores por 18 jornadas de trabajo se tiene un total de \$ 29,700.00 (Veintinueve mil setecientos pesos) que fueron requeridos para poder realizar la instalación eléctrica.

d) Transporte

Para determinar el costo del transporte se considera el volumen y peso a transportar. Como la empresa destinada a realizar la instalación se encargó de llevar el material eléctrico a la planta, no se sabe con exactitud el peso y volumen transportado. Por otro lado tampoco se conoce la distancia recorrida para poder llevar el material, por lo que se decidió colocar un costo por un viaje estimando gasolina y pago de ayudantes. En la Tabla 3.12 se muestra el costo por transporte.

Tabla 3.12 Costo de transporte

Elementos considerados	Costo de transporte \$
2 Ayudantes	1,000.00
Gasolina	1,000.00

Para el costo de transporte del material considerando los dos puntos anteriores, se tiene un total de \$2,000.00 (Dos mil pesos) que fueron requeridos para poder transportar todo el material necesario para la planta.

Una vez desglosando todo los puntos anteriores en la Tabla 3.13 se muestra el costo total de proyecto, considerando todos los gastos que intervinieron directamente para poder realizar toda la instalación eléctrica.

Tabla 3.13 Costo total del proyecto eléctrico

Factores	Costo \$
Materiales	78,585.33
Equipo y herramienta	4,500.00
Mano de obra	29,700.00
Transporte	2,000.00
Total	114,785.33

La instalación eléctrica tuvo un precio total de \$ 114,785.33 (ciento catorce mil setecientos ochenta y siete mil pesos) considerando todos los puntos anteriores. Al saber que se trata de una instalación industrial el precio es razonable, por la cantidad de material requerido, el número de trabajadores y los costos necesarios para transporte y herramienta.

Por último en la Figura 3.14 se muestra una imagen donde se puede observar el tablero eléctrico principal terminado, listo para poder ser utilizado. Además se observa la salida de alimentación para el panel automatizado lista para que en el momento que se desee pueda ser utilizada para el fin que fue realizada.



Figura 3.14 Instalación eléctrica final

CONCLUSIONES

En resumen englobado, los objetivos se cumplieron, ya que la planta de biodiésel ubicada en la Alcaldía Álvaro Obregón fue un proyecto que fue planeado y diseñado en base a las normas oficiales mexicanas, respetando las especificaciones de planificación, con la finalidad de conseguir un sistema eléctrico seguro. Es importante mencionar que también al momento de la planificación, se tuvieron que acoplar algunas partes del diseño a materiales eléctricos que la misma Alcaldía nos pudo brindar. Dado que no se cumplieron en su totalidad las demandas requeridas en cuanto al diseño inicial, este proyecto fue realizado con las mejores intenciones de brindar un sistema seguro para operadores de la planta, estudiantes, investigadores, maestros etc.

En conclusión, tenemos que la instalación eléctrica de la planta de biodiésel trabaja con un sistema trifásico de baja tensión de 220/127 V a una frecuencia de 60 Hz. El tablero eléctrico de la planta, fue energizado por la acometida principal del taller mecánico de la Alcaldía Álvaro Obregón. En esta acometida al realizar las mediciones, se observó que está sería capaz de satisfacer las necesidades eléctricas de la planta, ya que la acometida estaba siendo utilizada a un 25 % aproximadamente de su capacidad.

Por otra parte, el tablero eléctrico principal de la planta tuvo una potencia total de 21,991 W, teniendo una corriente total del sistema de 72.14 A. Debido a que la planta trabaja por procesos para la elaboración del biodiésel, se consideró un factor de demanda de 0.6, es decir, que no pueden haber dos procesos trabajando simultáneamente. Por esta razón, tomando en cuenta la corriente total de 72.14 A y el factor de demanda de 0.6, se colocaron protecciones generales de 3X70 A y alimentadores generales de calibre 4 AWG, ya que considerando el factor de demanda se tendría una corriente de 43.28 A.

En cuanto a iluminación y contactos, para cada circuito se colocaron interruptores termomagnéticos de 1X30 A, conductores eléctricos calibre 10 AWG y para la tierra física un conductor desnudo de calibre 10 AWG para cada circuito. En síntesis se instaló un tablero eléctrico trifásico de 24 polos, de los cuales solo se utilizaron 14.

Con respecto al tablero automatizado, que está incluido en el tablero eléctrico principal, se tuvo una potencia total de 18,274 W, por lo que se tiene como resultado final una corriente total de 59.95 A. Este tablero automatizado tiene un factor de demanda de 0.5 por ello, se decidió colocar un interruptor termomagnético de 3X60 A y alimentadores de calibre 6 AWG.

Debe señalarse que para el sistema de puesta a tierra en la planta de biodiésel, la Alcaldía no tuvo interés de realizar un estudio de resistividad de suelo, ni nos permitió realizar un diseño apropiado para el sistema de puesta a tierra, por lo que solo se colocó un registro, en cual, se instaló un electrodo vertical de 3.05 m, con el cual realizando los cálculos correspondientes y tomando en cuenta una resistividad de terreno de $100 \Omega \cdot m$, se obtuvo una resistencia de 38.79 Ω . Esta resistencia obtenida puede variar, dado que el resultado obtenido fue teórico, por lo que para saber cuál es la resistencia real, se debe de realizar la medición correspondiente.

Por último, los gastos necesarios aproximados para el material eléctrico fueron de \$ 78,585 (Setenta y ocho mil quinientos ochenta y cinco pesos). Dado que se tuvieron que añadir gastos como mano de obra, herramienta de trabajo, transporte etc. el proyecto tuvo un gasto aproximado total de \$ 114,785 (ciento catorce mil setecientos ochenta y siete mil pesos) para su instalación.

En conclusión para la metodología, está nos sirvió para poder llevar un seguimiento ordenado en todo el proceso de diseño y planeación, dado que esta instalación es considerada industrial, se necesitaba realizar un anteproyecto seguro, bien elaborado y respetando el orden mencionado. De este modo la metodología fue una herramienta de planeación de gran ayuda en todo el proceso de diseño.

Siendo mi primer proyecto a nivel industrial y profesional que realice, considero que fue un reto importante en mi vida, dado que contaba con la teoría aprendida en la Facultad de Ingeniería me enfrente a un área desconocida en cuanto experiencia hablando. En definitiva, el poder participar en este proyecto me permitió no solo tener experiencia profesional, también me permitió saber lo que con lleva involucrarse en un proyecto real y de gran magnitud, pues tuve que trabajar de manera responsable y aplicar muchos de los conocimientos que obtuve a lo largo de mi carrera.

También tuve que enfrentarme a los problemas que con lleva este tipo de proyectos, como discusiones por desentendimiento en el diseño de la obra, en conjunto de la instalación eléctrica con los ingenieros civiles, hasta la suministración de material eléctrico no especificado en los planos por parte de la Alcaldía y tenerse que acoplar con ellos para el diseño. Puedo decir que a pesar de que fue una participación difícil, me llevo grandes experiencias no solo profesionales, si no también personales, que me serán de gran ayuda en mis trabajos futuros. Como instancia final, el proyecto eléctrico fue finalizado y con esto se da por concluida mi participación en el diseño de la instalación eléctrica para la planta de biodiésel.

BIBLIOGRAFÍA

- Cardiel, E. y Hernández, P. 2000. Tierra física sistemas de puesta a tierra. Editado por Consejo Editorial de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Pág. 1-32. Pub. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, D.F., México.
- CFE, 2017. Red de puesta a tierra para estructuras de líneas de Transmisión aéreas de 69 kV a 400 kV en construcción Especificación CFE 00J00-52. Publicación de Comisión Federal de Electricidad. México, CDMX., México.
- DGOC, 2015. Disposiciones en materia de instalaciones eléctricas. Publicación de Secretaría Administrativa Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM. Ciudad Universitaria, D.F., México.
- Harper, E. 2018. El abc de las instalaciones eléctricas industriales, segunda edición. Editado por Noriega. Pág. 16- 55. Grupo Noriega editores. México, CDMX., México.
- Hernández, S. 2008. Ante proyecto de la instalación eléctrica para una empresa que diseña y fabrica equipo para procesamiento de alimentos. Tesis de licenciatura en Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, D.F., México.
- Ramírez, J. 2016. Estudio geofísico en cavidad de la delegación Álvaro Obregón usando tomografía de resistividad eléctrica. Tesis de licenciatura en Ingeniería Geofísica. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, CDMX., México.
- Rodríguez, M. 2013. Corriente alterna monofásica y trifásica. Publicación del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. Santander, Cantabria, España.
- Romero J., Vázquez M. y Villa J., 2010. Propuesta para la optimización del sistema eléctrico en el laboratorio de procesos industriales del CECyT Wilfrido Massieu. Tesis de licenciatura en Ingeniería Eléctrica. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. México.
- SE, 2010. Guía de diseño de instalaciones eléctricas según normas internacionales. Publicación de Schneider Electric España. Barcelona, España.
- SENER, 2012. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas. Publicación del Diario Oficial de la Federación. México, D.F. México.
- SENER, 2014, Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. Publicación del Diario Oficial de la Federación. México, D.F. México.
- Truper, 2020. Catálogo de materiales eléctricos 2020, 2021. Publicación de truper. México, CDMX., México.