



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dimensionamiento, diseño y cálculo eléctrico, de una planta de
tratamiento de aguas residuales de 5 L/s del municipio de
Felipe Carrillo Puerto

TRABAJO MONOGRÁFICO
PARA OBTENER EL GRADO DE
Ingeniería en sistemas de energía

PRESENTA
EDDY FRANCISCO HERRERA WITZIL

SUPERVISORES

Dr. Freddy Ignacio Chan Puc

Dr. Homero Toral Cruz

M.M. Jesús Orifiel Álvarez Ruiz

Dr. Emmanuel Torres Montalvo

M.C. Juan Carlos Ávila Reveles





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO MONOGRÁFICO TITULADO

“Dimensionamiento, diseño y cálculo eléctrico, de una planta de tratamiento de aguas residuales de 5 L/s del municipio de Felipe Carrillo Puerto”

ELABORADO POR

EDDY FRANCISCO HERRERA WITZIL

BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

Ingeniería en sistemas de energía

COMITÉ SUPERVISOR

SUPERVISOR:

Dr. Freddy Ignacio Chan Puc

SUPERVISOR:

Dr. Homero Toral Cruz

SUPERVISOR:

M.M. Jesus Ornel Alvarez Ruiz

SUPERVISOR SUPLENTE:

Dr. Emmanuel Torres Montalvo

SUPERVISOR SUPLENTE:

M.C. Juan Carlos Ávila Revales



Indicé de contenido

Resumen	6
Capítulo 1. ANTECEDENTES	7
1.1 Plantas de tratamientos de aguas residuales.....	7
1.2 El sistema eléctrico en media tención.....	10
1.3 CAPA y las plantas de tratamiento del estado de Quintana Roo	17
1.4 Características y plantas de tratamiento de Felipe Carrillo Puerto	18
1.5 Objetivo general	20
1.6 Objetivos específicos	20
1.7 Justificación	20
Capítulo 2. METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TRABAJO	22
2.1 Dimensionamiento de lámparas en interiores.....	22
2.2 Dimensionamiento de lámparas en exteriores	27
2.3 Calibre de los conductores eléctricos.....	30
2.4 Cálculo de las canalizaciones.....	34
2.5 Dimensionamiento de contactos y apagadores	36
2.6 Dimensionamiento de la capacidad de la pastilla para proteger el circuito	37
2.7 Calculo de los alimentadores para motores eléctricos	37
2.8 Capacidad de la pastilla para proteger el circuito de un motor	40
2.9 Dimensionamiento del transformador.....	42
2.10 Desarrollo del trabajo.....	44
2.11 Calculo de la cantidad de lámparas a utilizar en el interior, método de lúmenes.....	45
2.12 Calculo de la cantidad de lámparas a utilizar en el exterior, método de lúmenes.	46
2.13Calculo del calibre de los conductores eléctricos para iluminación	47
2.14Calculo del calibre de los conductores eléctricos para iluminación exterior	50
2.15 Cálculo de los ductos de protección para iluminación.....	50
2.16 Para canalizaciones de los motores eléctricos.	51
2.17 Para canalizaciones de iluminación exterior	52
2.18 Cálculo de la capacidad de las pastillas termomagnéticas para proteger el circuito de iluminación interior	52
2.19 Cálculos de la capacidad de las pastillas termomagnéticas para proteger el circuito de iluminación exterior	53
2.20 Cálculo de los alimentadores para motores eléctricos	53

2.21 Cálculos de la pastilla termomagnéticas para proteger el circuito de un motor.....	54
2.22 Cálculo del transformador de pedestal.....	55
Capítulo 3. Conclusiones.....	57
Bibliografía	59

Indicé de ilustraciones

Ilustración 1. Esquema del proceso de funcionamiento de una planta de tratamiento	8
Ilustración 2. Esquema del funcionamiento de la planta de tratamiento	9
Ilustración 3. Ejemplo de interruptor de potencia	13
Ilustración 4. Ejemplo de interruptor magnetotérmico marca Schneider	14
Ilustración 5. Ejemplo de interruptor ID.....	15
Ilustración 6. Porcentajes de capacidad instalada por proceso de tratamiento	18
Ilustración 7. Dimensiones de un plano de trabajo	22
Ilustración 8. Altura entre plano de trabajo y luminarias	23
Ilustración 10. Área de iluminación	28
Ilustración 11. Plano del área a dimensionar	45

Indicé de tablas

Tabla 1. Características generales de plantas de tratamientos de aguas residuales	18
Tabla 2. Cálculo del índice K [3].....	23
Tabla 3. Factor de reflexión	24
Tabla 4. Ejemplo del factor d	24
Tabla 5. Factor de conservación [3]	25
Tabla 6. Criterios de uso [3].....	25
Tabla 7. Características de lámparas según el fabricante.....	26
Tabla 8. Altura recomendada de punto de luz [3].....	28
Tabla 9. Altura luminaria en relación con la anchura [3]	28
Tabla 10. Relación de separación de alturas [3]	28
Tabla 11. Valores orientativos [3].....	29
Tabla 12. Factor de demanda.....	31
Tabla 13. Factor de corrección basados en una temperatura ambiente de 30°C [6]	32
Tabla 14. Factor de corrección basados en la cantidad de conductores [6].....	33
Tabla 15. Ejemplo de fabricantes para conductores [10].....	33
Tabla 16. Dimensión de tubo conduit metálico tipo pesado, semipesado y ligero e áreas disponibles para los conductores [6]	35
Tabla 17. Factor de ajuste por cantidad de conductores [6].....	36
Tabla 18. Ejemplo de datos de fabricantes de conductor [10]	38
Tabla 19. Ejemplo de datos de fabricantes	39
Tabla 20. Ajustes para protección de pastillas termomagnéticas para motores	40
Tabla 21. Ejemplo de datos de fabricantes de interruptores [10]	41
Tabla 22. Tipo de número dependiendo de la capacidad del motor	41
Tabla 23. Factores de simultaneidad	43
Tabla 24. Cálculo de la cantidad de lámparas por área	46
Tabla 25. Descripción de la potencia a utilizar por área	48
Tabla 26. Potencia total de iluminación y contactos	48
Tabla 27. Cálculo del conductor por los tres métodos.....	49
Tabla 28. Cálculo del conductor por método de caída de tensión.....	49
Tabla 29. Cálculo del conductor de iluminación exterior.....	50
Tabla 30. Cálculo de los conductores de protección del área A.....	50
Tabla 31. Cálculo de ductos de protección por área	51
Tabla 32. Ejemplo de cálculo de la bomba de 1HP	51
Tabla 33. Cálculo de ductos de protección para bombas	51
Tabla 34. Cálculo de ductos de protección para iluminación exterior	52
Tabla 35. Cálculo de interruptores termomagnéticas	52
Tabla 36. Cálculo de interruptores termomagnéticos	53
Tabla 37. Cálculo de los conductores de alimentación de motores	53
Tabla 38. Cálculo de los conductores de alimentación de motores por caída de tensión	54
Tabla 39. Cálculo de las pastillas termomagnéticas.....	54
Tabla 40. Suma de las potencias instaladas en la planta de tratamiento	55

Nomenclatura	
L/s	Litros sobre segundos
Km	Kilómetros por metros
mm	Milímetros
mm²	Milímetros cuadrados
Lux	Lúmenes sobre metro cuadrado
Cd/m²	Candela por metro cuadrado
A	Amperes
W	Watts
V	Voltaje
VA	Voltaje por Amperes
cm	Centímetros
HP	Caballos de fuerza
kV	Kilovoltio.
lm	Lumen
K	Kelvin (unidad de medida temperatura)
Lm/W	Lúmenes entre Watts
In	Pulgadas
KVA	Kilo volts por Amper
VA	Volts por Amperes

Resumen

La modernización continua de la humanidad a lo largo de los años ha causado problemas irreversibles al medio ambiente, lo cual hasta hace pocos años se le tomo la importancia necesaria. Para contrarrestar los efectos de estos daños, se han implementado energías alternativas y tratamientos a los desechos humanos.

Las plantas de tratamiento han tomado un papel importante en estas situaciones, y es de vital importancia una adecuada instalación eléctrica para su correcto funcionamiento, debido a las grandes cantidades de cargas que demandan principalmente los motores y sopladores eléctricos para mover grandes cantidades de aguas residuales.

En la actualidad nuestros ríos y mares son contaminados por aguas residuales, debido a la falta de sistema de tratamiento, afectando tanto la parte social, ambiental y económica de estos lugares. Con el objetivo de contribuir a la solución de la problemática antes mencionada, en la presente monografía se documenta el dimensionamiento, diseño y cálculo eléctrico, de una planta de tratamiento de aguas residuales de 5 L /s del municipio de Felipe Carrillo Puerto, considerando que se cumplan los criterios de funcionalidad, seguridad y normatividad vigentes.

Capítulo 1. ANTECEDENTES

1.1 Plantas de tratamientos de aguas residuales

El tratamiento y las plantas de tratamiento de agua son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es eliminar o reducir la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales [1].

La finalidad de estas operaciones es obtener aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final. A continuación, se mencionan los tipos de aguas residuales:

Pretratamiento: Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejillas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

Tratamiento primario o tratamiento fisicoquímico: Busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química.

Tratamiento secundario o tratamiento biológico: Se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos fisicoquímicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.

Tratamiento terciario o tratamiento fisicoquímico-biológico: Desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización (reciclaje de efluentes).

En la Ilustración 1 se observa un pequeño ejemplo de los tipos de procesos de tratamientos de aguas residuales, tales como tratamientos primarios, secundarios y terciarios.

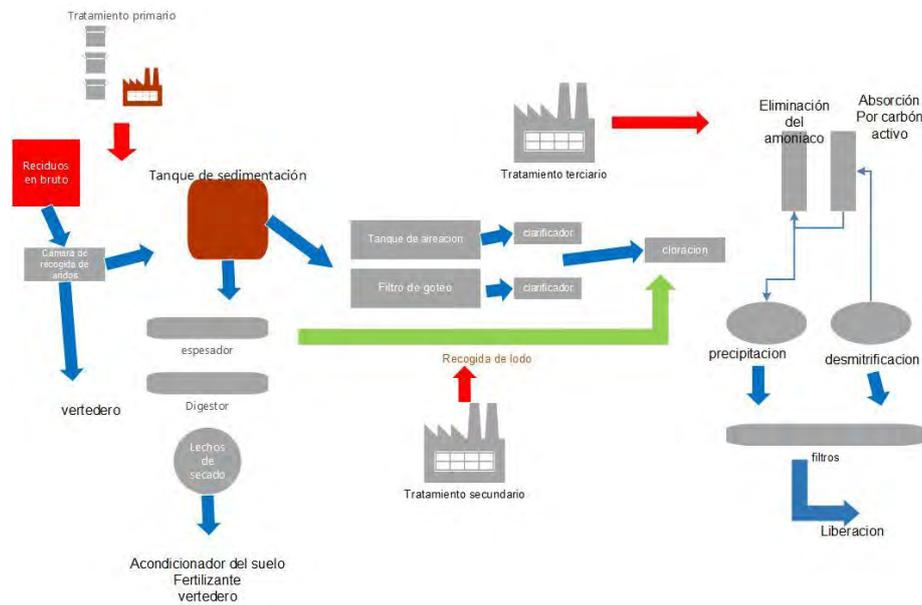


Ilustración 1. Esquema del proceso de funcionamiento de una planta de tratamiento

Funcionamiento de planta de tratamiento

Por lo general las plantas de tratamiento realizan tres procesos básicos para limpiar el agua residual. El agua recolectada es almacenada en grandes tanques donde los residuos sólidos se asientan para facilitar posteriormente el filtrado que termina de eliminar cualquier tipo de material sólido contenido en el agua.

Posteriormente se realizan procesos de oxigenación del agua y tratamiento a nivel químico para eliminar minerales contaminantes y otras impurezas, con lo que finalmente el resultado será la descontaminación del líquido.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden tener distintas maneras de funcionamiento. Esto depende del nivel de purificación que se realice del agua y de los procesos que se empleen durante el proceso. No obstante, hay ciertos procesos básicos que son realizados en el tratamiento de aguas residuales en los cuales la mayoría de las plantas tienen similitudes.

El primer paso es llevar el agua residual a una planta de tratamiento a través de tuberías de gran capacidad. En estas, tanto el agua como la basura que tiene acumulada pasan libremente hasta unos estanques en la planta tratadora. Allí es

almacenada para el posterior proceso de filtrado y descontaminación. Esta pasa por una serie de cámaras donde se llevan a cabo distintos niveles de filtrado.

En estos se separan las partículas cada vez más pequeñas. Esto con el objetivo de pasar a una etapa de estancamiento en la que mediante un proceso sea aeróbico o anaeróbico, se efectúa la sedimentación de los contaminantes que estén presente en el agua. Este es un paso imprescindible en el proceso.

El agua que se obtiene de estos procesos está clarificada y lista para el tratamiento final este es realizado a base de químicos que eliminan los residuos contaminantes que estén presentes en el agua. Una vez finalizados estos pasos, se revisa la composición del agua para ser comparada con la del afluente donde se liberar.

En la Ilustración 2 se observa una pequeña descripción del proceso de funcionamiento básico de una planta de tratamiento de aguas residuales [2].

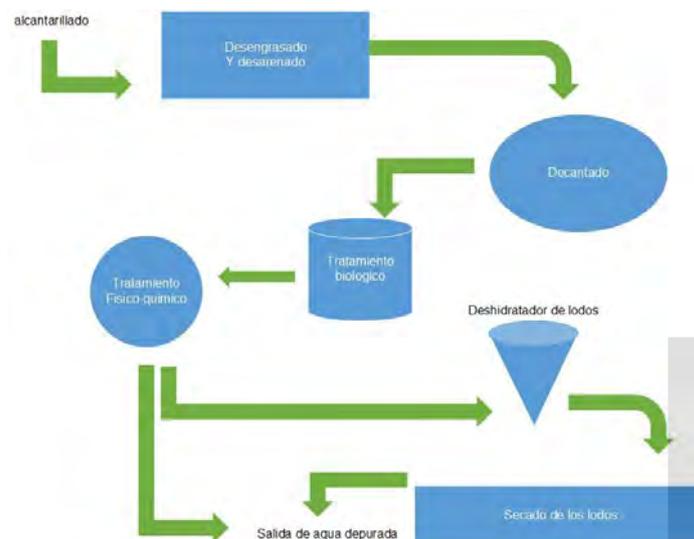


Ilustración 2. Esquema del funcionamiento de la planta de tratamiento

Composición del agua residual

Este es el primer elemento que se debe tomar en cuenta y es clave para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Esto sea que el agua residual provenga del uso humano, industrial o agrícola. En cada caso será diferente la composición del agua, lo que implica distintos modelos de tratamiento y operación de la planta.

Es importante tomar en cuenta la presencia de desechos orgánicos, elementos domésticos como material sólido y jabones. También, las sustancias presentes que

pueden imposibilitar el desarrollo de bacterias para un tratamiento biológico. Estas podrían ser productos químicos, pesticidas o venenos [2].

De tal manera se observa como una planta de tratamiento consta principalmente en mover grandes cantidades de líquidos de un lugar a otro y para ello se necesitan lo que son bombas eléctricas de gran capacidad, donde no solo son necesario las bombas si no son varios elementos donde un dimensionamiento adecuado es vital en este tipo de casos, por lo que en la siguiente sección se presenta los componentes eléctricos y la manera adecuada de su instalación respecto a normas ya establecidas y certificadas, necesarias para una instalación de este tipo.

1.2 El sistema eléctrico en media tensión

Conceptos y métodos básicos para una instalación de media tensión

El inicio y desarrollo de la electricidad se inició aproximadamente hace un siglo habiendo cambiado desde entonces nuestras formas de vida, a partir del desarrollo experimental de Thomas Alva Edison para obtener finalmente la lámpara incandescente, se observó un desarrollo notable en los requerimientos del uso de la electricidad, no sólo para alumbrado, también para otros usos distintos, con lo que quedó establecida la necesidad de producir volúmenes considerables de energía eléctrica y medios prácticos para su distribución. Similarmente a la gran cantidad de consumo de la electricidad aparecieron las centrales generadoras. Los sistemas de transmisión y distribución y las instalaciones eléctricas. Es decir, que para poder dar uso a la electricidad se requiere de todo un conjunto de instalaciones con distintas funciones, pero con un solo propósito, llevar la energía eléctrica a satisfacer necesidades.

La energía eléctrica tuvo una gran cantidad de aplicación a partir de su descubrimiento que se ha convertido en algo indispensable para la humanidad, pero como se observó que a causa de producir más energía se creó mucha contaminación que en pocos años comenzó a afectar a nuestro medio ambiente, abarcando contaminaciones del aire, suelo y agua.

De esta manera es como entramos para hablar de las plantas de tratamientos, el tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos

físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano. Para lo cual este comprende mover grandes cantidades de líquidos para su separación y filtración, por obstante se utilizan grandes bombas, e dispositivos que utilizan una gran demanda de energía. A continuación, se presentarán los métodos para calcular desde el tipo de conductor adecuado para utilizar, como el tipo de transformador que sea eficiente y apto para la instalación eléctrica.

La electricidad es la forma de energía más utilizada hoy en día en la industria y en los hogares. La electricidad es una forma de energía relativamente fácil de producir en grandes cantidades, de transportar a largas distancias, de transformar en otros tipos de energía y de consumir de forma aceptablemente limpia. Está presente en todos los procesos industriales y en prácticamente todas las actividades humanas por lo que se puede considerar hoy en día como un bien básico insustituible. Para que la electricidad pueda ser utilizada es necesario, como en cualquier otra actividad industrial, un sistema físico que permita y sustente todo el proceso desde su generación hasta su utilización y consumo final. Este sistema es el sistema eléctrico [3].

Antecedentes históricos de la tecnología eléctrica

A pesar de la importancia que tiene hoy en día la energía eléctrica en prácticamente todas las actividades del hombre, tanto industriales como residenciales y domésticas, su historia sin embargo es relativamente reciente ya que el inicio de la Tecnología Eléctrica está aceptado situarlo en el último cuarto del siglo XIX. Esa tecnología se desarrolla a partir de la base científica, experimental y teórica, que sobre la electricidad se había elaborado y formulado a lo largo de todo ese siglo.

La gran ventaja que supuso el poder transportar la energía eléctrica en corriente alterna desde las centrales generadoras, situadas a muchos kilómetros de los consumidores, gracias a poder elevar la tensión mediante los transformadores, y el desarrollo y la utilización en la industria de los motores de inducción a partir de la patente de Tesla, dieron finalmente la victoria a los sistemas de corriente alterna. Con la presentación en 1891, en la Exposición de Frankfurt, del primer sistema trifásico entre Frankfurt y Lauffen y la construcción de la central de las Cataratas del Niagara en 1895, la corriente alterna queda definitivamente aceptada como la forma de generar, transportar y distribuir la energía eléctrica.

La industria eléctrica es uno de los protagonistas del cambio revolucionario que sufrió la vida social del mundo entero a partir de las últimas décadas del siglo XIX.

A la vuelta de siglo ambas industrias habían influido decisivamente en la esfera de la producción de bienes de la más variada especie -textil, construcción, minería- y de la prestación de servicios públicos y privados -transporte, provisión de agua, alumbrado, especialmente en las localidades urbanas de mayor jerarquía.

De igual modo la vida en los hogares y en las familias mostraba registro de esos cambios. En Estados Unidos los apellidos Rockefeller y Ford se vincularon con ese nuevo movimiento económico. Igual ocurrió con las empresas General Electric y Westinghouse en ese país, y con Siemens en Alemania. Eran nuevos ramos económicos, campos atractivos para los negocios privados, que muy pronto atrajeron la atención de los gobiernos.

La expansión del consumo eléctrico obligó a los gobiernos a tomar cartas en el asunto añade. Primero para sacar provecho mediante impuestos a la actividad, más tarde para lidiar con los conflictos obrero-patronales y luego, ante las protestas del público que ya había hecho suyas las ventajas de la electricidad, para producir energía.

Recuerda Aboites Aguilar que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) nació en 1933 y que en 1937 empezó a funcionar debidamente; que en 1940 la CFE inició la construcción de su primera central eléctrica -la de Valle de Bravo, en el Estado de México. "Allí está la semilla de la nacionalización de la industria ocurrida 20 años después. Sólo por el creciente involucramiento gubernamental puede entenderse la construcción de Infiernillo entre 1959 y 1965, en el ahora alicaído Michoacán, y luego las sucesivas presas chiapanecas" [4].

Partes funcionales de las instalaciones receptoras

Las instalaciones eléctricas receptoras, cualquiera que sea su tipo, disponen de cinco partes bien diferenciadas, y con características relacionadas.

Alimentación: Las protecciones son los dispositivos o sistemas encargados de garantizar la seguridad de las personas y los bienes en el contexto de la instalación eléctrica

Protecciones: Es la parte de la instalación que recibe energía del exterior. Generalmente esta energía es eléctrica, pero en el caso de las centrales eléctricas, puede ser energía térmica, mecánica, química o radiante, Destinadas a la seguridad de las instalaciones:

Fusibles: Se denomina fusible a un dispositivo constituido por un soporte adecuado y un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda esto es a partir del efecto joule, cuando la intensidad de corriente supere un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

Interruptor de control de potencia: Es un interruptor magnetotérmico instalado después del contador eléctrico, al inicio de la instalación eléctrica en cada sede, ya fuese residencial, comercial o industrial, que tenía como objetivo que una instalación eléctrica no superase la potencia contratada, además de proteger el dimensionamiento de la red eléctrica de distribución local.

Interruptor magnetotérmico: Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.



Ilustración 3. Ejemplo de interruptor de potencia



Ilustración 4. Ejemplo de interruptor magnetotérmico marca Schneider

Partes destinadas a la seguridad de las personas

Esquemas de conexión a tierra: Es la conexión de las superficies conductoras expuestas a algún punto no energizado; comúnmente es la tierra sobre la que se posa la construcción, de allí el nombre. Al sistema de uno o varios electrodos que proveen la conexión a tierra se le llama “toma de tierra”. Las puestas a tierra se emplean en las instalaciones eléctricas como una medida de seguridad. En caso de un fallo donde un conductor energizado haga contacto con una superficie conductora expuesta o un conductor ajeno al sistema hace contacto con él, la conexión a tierra reduce el peligro para humanos y animales que toquen las superficies conductoras de los aparatos

Interruptor diferencial (ID): Es un dispositivo de protección muy importante en toda instalación, tanto doméstica, como industrial, que actúa juntamente con la puesta a tierra de enchufes y masas metálicas de todo aparato eléctrico. De esta forma, el ID desconectará el circuito en cuanto exista una derivación o defecto a tierra mayor que su sensibilidad. Si no existe la conexión a tierra y se produce un contacto de un cable u elemento activo a la carcasa de una máquina, por ejemplo, el ID no se percatará hasta que una persona no aislada de tierra toque esta masa.



Ilustración 5. Ejemplo de interruptor ID

Conductores: Son los encargados de dirigir la corriente a todos los componentes de la instalación eléctrica. Sin ellos, la instalación como tal, no podría existir.

Los hilos y los cables se diferencian por su construcción. Un hilo consiste en un solo alambre que suele ser de cobre o, a veces, de aluminio. Un cable está constituido por varios hilos. La ventaja del segundo sobre el primero es que es capaz de conducir más cantidad de corriente para la misma sección; su desventaja es que es más caro (la corriente no emplea toda la sección del mismo modo: emplea principalmente la superficie del conductor, de modo que el cable, para la misma sección, tiene más superficie). Para empotrar, se emplean normalmente solo hilos, salvo en algunos usos de pequeñas corrientes [5].

Normas: La Norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2018, es la norma vigente que tienen relación con las instalaciones eléctricas industriales. Esta norma fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas y por la Dirección General de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica, y Vinculación Social de la Secretaría de Energía con el apoyo de las siguientes instituciones:

- Asociación Mexicana de directores Responsables de Obra y Corresponsables, A.C., AMDROC

- Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, A.C., AMERIC
- Asociación de Normalización y Certificación, A.C., ANCE
- Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda, CANADEVI
- Cámara Nacional de la Industria de Transformación, CANACINTRA
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- Confederación de Cámaras Nacionales de Comercio, Servicios y Turismo, CONCANACO
- Comisión Federal de Electricidad, CFE
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE
- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, CONCAMIN
- Comisión Nacional de Vivienda, CONAVI
- Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, A.C., CIME
- Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, A.C., FECIME
- Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL
- Instituto Politécnico Nacional, IPN
- Petróleos Mexicanos, PEMEX
- Procuraduría Federal del Consumidor, PROFECO
- Secretaría de Economía, SE
- Secretaría de Gobernación, SEGOB
- Secretaría de Salud, SALUD
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS
- Secretaría de Turismo, SECTUR [6].

Teniendo en mente todos estos parámetros se dimensionará el sistema eléctrico, a partir de la estructura civil construida, calculando los adecuados componentes eléctricos de la instalación. No solo tomando en cuenta el sistema eléctrico, de igual manera los parámetros donde se hará la instalación de la planta, factores como la población, clima, suelo e impacto ambiental, por lo que todos estos datos fueron tomados de la Comisión de aguas potables y alcantarillado (CAPA) del estado de

Quintana Roo y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) como se ve a continuación.

1.3 CAPA y las plantas de tratamiento del estado de Quintana Roo

La CAPA es una organización pública que tiene como misión administrar eficientemente el recurso hídrico entregando con equidad, cantidad, calidad, competitividad y sustentabilidad, los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento a los quintanarroenses.

Plantas de tratamiento

La cobertura de alcantarillado es de casi el 69% del total de aguas residuales producidas en la entidad. A finales del 2011, se recibieron 1,725.15 L/s en promedio de agua residual en 33 instalaciones ubicadas en 9 de los 10 municipios de la entidad que es el Municipio de José María Morelos, al interior del estado, carece de infraestructura para saneamiento.

La mayor parte de las instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales están concentradas en las zonas urbanas más importantes y pobladas del estado, destacando las ciudades de Cancún, Playa del Carmen, Cozumel, Chetumal y Tulum; se incluyen las cabeceras municipales y las localidades de Huay Pix, Subtte. López, Mahahual, Bacalar, Puerto Morelos, Puerto Aventuras, Chemuyil, Akumal, Holbox y Chiquilá cuya cercanía con cuerpos superficiales de agua susceptibles a la contaminación o actividad turística relevante, han propiciado la instalación de infraestructura para su saneamiento. Las plantas del Estado tienen capacidad conjunta de tratamiento de hasta 2,349 lps; un 36% adicional del caudal que actualmente reciben.

El 77.2% del agua residual tratada es reutilizada para el riego de áreas ajardinadas públicas y, en algunos campos de golf para el riego de áreas verdes y relleno de lagos artificiales. En Cozumel 95.1% del agua residual tratada se reutiliza; en Isla Mujeres, el 100%; en Benito Juárez, el 98.7%; y en Solidaridad, el 19.3%.

Como se aprecia en la Ilustración 6 la gráfica acerca de la capacidad instalada por proceso de tratamiento, de las 33 instalaciones en el estado, 20 operan con Lodos Activados como proceso principal de tratamiento, lo que representa el 43% de la

capacidad instalada total de tratamiento en el estado. Lo que representa el mayor volumen de agua tratada en el estado con el 67%, y el mayor volumen de agua reutilizado en riego de áreas ajardinadas y campos de golf con 1,147.72 L/s [7].

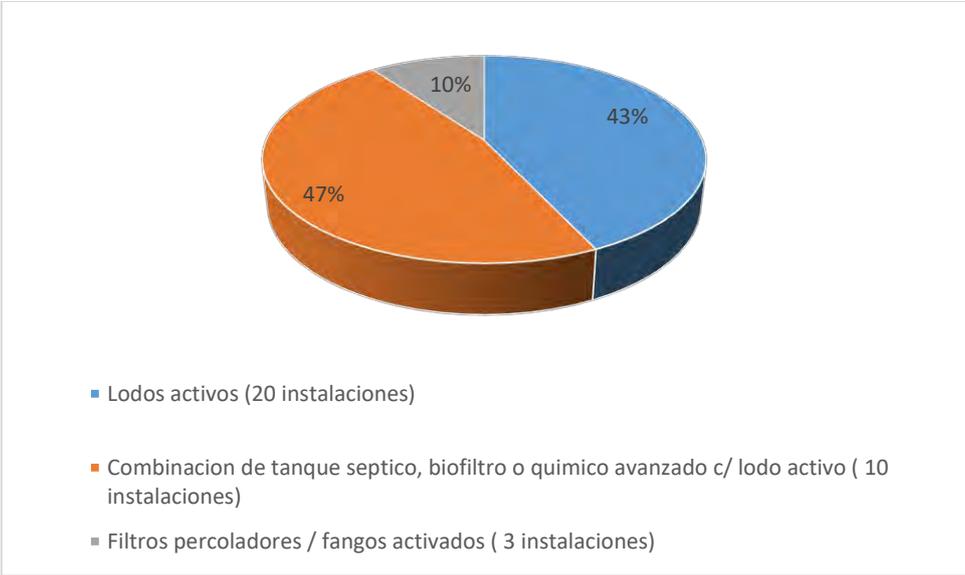


Ilustración 6. Porcentajes de capacidad instalada por proceso de tratamiento

1.4 Características y plantas de tratamiento de Felipe Carrillo Puerto

En la actualidad se cuenta con 33 plantas de tratamiento de aguas residuales, ubicadas principalmente en centros de población urbanos, turísticos y/o cercanos a la costa o cuerpos de agua operando con estándares que se apegan a las normas establecidas, sin embargo, demandan grandes inversiones y gastos para mantenerlas en condiciones óptimas de operación. Como se observa en la Tabla 1, las características principales de las plantas de tratamiento de aguas residuales en Quintana Roo.

Tabla 1. Características generales de plantas de tratamientos de aguas residuales

Municipio	No. de plantas operando	Capacidad de tratamiento Lps	Volumen tratado
Cozumel	2	130	102.67
Felipe carrillo Puerto	1	5	0.91
Isla Mujeres	1	30	26.34
Othón P. Blanco	6	149	102.59
Benito Juárez	11	1422	1162.01
José María Morelos	0	0	0
Lázaro Cárdenas	2	10	5.9

Solidaridad	5	432	310.58
Tulum	4	141	13.75
Bacalar	1	30	0.4
Quintana Roo	33	2349	1725.15

En la Tabla 1 se muestra la cantidad de plantas de tratamiento operando, en la actualidad la ciudad de Felipe Carrillo Puerto se localiza en el Municipio del mismo nombre, y junto con los municipios de José María Morelos y Lázaro Cárdenas pertenece a la región denominada Zona Maya. El municipio de Felipe Carrillo Puerto Colinda al Norte con Estado de Yucatán y con el municipio de Tulum, al Este con el mar Caribe, al Sur con el municipio de Bacalar y al Oeste con el municipio de José María Morelos; posee una superficie territorial de 13, 806 km cuadrados con una altura media de 25 metros sobre el nivel del mar.

Hidrología superficial y subterránea

En la ciudad se presente un sustrato geológico calizo altamente permeable. El abasto de agua se realiza a través de lagunas, cenotes y pozos profundos conectados al manto freático, cuyo proceso de formación se liga a la disolución de las rocas calizas y con fenómenos de plegamientos que han dado lugar a pequeñas cuencas o cenotes dentro de la ciudad.

La ciudad se asienta sobre una topografía relativamente plana, con ligeras ondulaciones del relieve donde localmente se aprecian elevaciones aisladas de poca pendiente y altitud. Esta topografía depende mayormente de la disposición geológica del lugar y de las características estratigráficas que la componen.

Drenaje y calidad del agua

Uno de los inconvenientes por el tipo de suelo en el municipio es que propician que los escurrimientos superficiales sean nulos o de muy corto recorrido. Gran parte de la precipitación se infiltra al subsuelo a través de oquedades, fracturas y conductos cársticos, por lo cual, el escurrimiento medio anual es de 0 mm.

Es inevitable mencionar que la mayor parte del drenaje de la ciudad de Felipe Carrillo Puerto consiste en la construcción de pozos de absorción y fosas sépticas cercanas o en la parte posterior de las viviendas. Sin embargo, muchas de las viviendas de la

ciudad no cuentan con fosos o pozos de absorción, limitándose a la disposición de los desechos a través de un agujero en la tierra a manera de pozo de absorción, pero con una alta probabilidad de contaminar el manto freático con heces humanas.

Considerando lo señalado anteriormente y tomando en cuenta a la naturaleza geológica de la zona, la escorrentía superficial se encuentra en riesgo de contaminar el flujo de agua subterránea por la elevada capacidad de infiltración en los suelos por contaminantes domésticos e industriales como aguas negras, aceites, grasas y pinturas [8].

Por lo visto anterior mente es más que indispensable una planta de tratamiento de aguas residuales, tomando en cuenta el impacto ambiental que tienen estas aguas negras, contemplando que es una región turística cerca de lagos y mares, que afectan tanto en la parte social, ambiental y económica. Ya que el objetivo principal es el dimensionamiento eléctrico de este, como se muestra a continuación en los objetivos y justificación.

1.5 Objetivo general

Documentar el dimensionamiento, diseño y cálculo eléctrico, de una planta de tratamiento de aguas residuales de 5 L/s del municipio de Felipe Carrillo Puerto.

1.6 Objetivos específicos

- Diseñar el sistema eléctrico del edificio.
- Calcular los elementos eléctricos del complejo.
- Calcular el sistema de fuerzas a utilizar de acuerdo con distribución de cargas.
- Determinar el calibre de conductores que alimentaran a las cargas.
- Determinar el tamaño de las protecciones ideales para las cargas.
- Dimensionar el transformador adecuado para la instalación eléctrica.

1.7 Justificación

La realización de este proyecto tiene como propósito el dimensionamiento del sistema eléctrico de la planta de tratamiento de Felipe carrillo puerto, la instalación comprende

desde el dimensionamiento de luminarias, contactos, apagadores, bombas, protecciones y el transformador.

Una adecuada instalación eléctrica en viviendas como en instalaciones industriales, no solo te asegura un suministro constante de corriente que mantenga tu consumo mensual nivelado, también brinda un flujo de corriente adecuado para tus aparatos electrónicos, beneficiando su desempeño y su vida útil, como una Reducción de riesgo de accidentes por causas eléctricas.

En este caso se dimensiona una planta de tratamiento de aguas residuales que cumplen un propósito importante para el cuidado de la naturaleza y un funcionamiento sostenible para la sociedad, igual garantiza la inexistencia de efectos peligrosos para la salud por entrar en contacto con el agua tratada.

Para la realización del dimensionamiento se realizará de acuerdo con criterios establecidos justificado a partir de investigación y libros de instalaciones eléctricas de media y baja tensión.

Capítulo 2. METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TRABAJO

En el siguiente capítulo se explicará paso por paso el proceso de dimensionamiento del sistema eléctrico de una planta de tratamiento, considerando que se trabaja con la Comisión de aguas potables y alcantarillado (CAPA), quienes proporcionaron los datos necesarios para el dimensionamiento, sin dejar de tomar en cuenta que fue dimensionado para el municipio de Felipe Carrillo Puerto.

2.1 Dimensionamiento de lámparas en interiores

El cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores es bastante sencillo. A menudo bastará con obtener el valor medio del alumbrado general usando el método de los lúmenes. Para los casos en que se requiere una mayor precisión o necesite conocer los valores de las iluminancias en algunos puntos concretos como pasa en el alumbrado localizado recurriremos al método del punto por punto. Pero en este caso se trabaja con el método de lúmenes, ya que no se requiere una gran precisión de iluminación.

Método de lúmenes

Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo como se muestra en la Ilustración 7 (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.

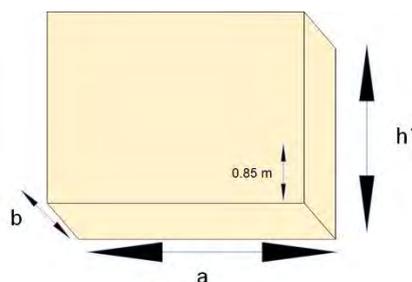


Ilustración 7. Dimensiones de un plano de trabajo

Determinar el nivel de iluminancia media (E_m): Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y se encuentra tabulado en las normas y recomendaciones que aparecen.

Seleccionar el tipo de lámpara: Seleccionar la más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.

Seleccionar el sistema de alumbrado: Seleccionar el que mejor se adapte a las necesidades y las luminarias correspondientes.

Determinar la altura de suspensión de las luminarias: Determinar según el sistema de iluminación escogido. Como se observa en la Ilustración 8 la h como como la altura del plano de trabajo y las luminarias.



Ilustración 8. Altura entre plano de trabajo y luminarias

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h'': altura del local

d: altura del plano de trabajo al techo

d'': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Calcular el índice del local (K): Calcular el índice K a partir de la geometría de este, como se observa a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Cálculo del índice K [3]

	Sistema de iluminación	Índice local
	Iluminación directa, semi directa, directa indirecta y general difusa.	$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$
	Iluminación directa y semi indirecta	$K = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2(h + 0.85)(a + b)}$

Donde K es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la Ecuación de la Tabla 2, no se considera la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable [9].

Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo: Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no se encuentran, se obtienen de la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Factor de reflexión

Factor de Reflexión										
Techo	0.80		0.70				0.50		0.30	
Paredes	0.70		0.70		0.50		0.30	0.30	0.1	0.30
Plano útil	0.30	0.10	0.30	0.10	0.3	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Índice del local	Rendimiento del local									
0.60	0.72	0.66	0.70	0.65	0.58	0.56	0.50	0.55	0.49	0.49
0.80	0.83	0.76	0.81	0.74	0.70	0.66	0.60	0.64	0.59	0.59
1.00	0.91	0.81	0.88	0.80	0.77	0.72	0.66	0.71	0.66	0.65
1.25	0.98	0.87	0.95	0.85	0.85	0.79	0.73	0.77	0.73	0.72
1.50	1.02	0.90	0.99	0.88	0.90	0.82	0.77	0.81	0.76	0.75
2.00	1.08	0.94	1.05	0.94	0.97	0.88	0.83	0.86	0.82	0.81
2.50	1.12	0.97	1.09	0.95	1.02	0.91	0.87	0.89	0.86	0.85
3,00	1.15	0.99	1.11	0.97	1.05	0.93	0.90	0.91	0.89	0.87
4.00	1.19	1.01	1.14	0.99	1.09	0.96	0.94	0.94	0.92	0.90
5.00	1.21	1.02	1.16	1.01	1.12	0.98	0.96	0.96	0.94	0.92

Tabla 4. Ejemplo del factor d

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local K	Factor de utilización													
		Factor de relleno del techo													
		0.8		0.7		0.5		0.3		0					
		Factor de reflexión de las paredes													
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	
0%	0.60	0.37	0.32	0.29	0.37	0.32	0.29	0.37	0.32	0.29	0.32	0.29	0.29	0.28	
	0.80	0.47	0.42	0.38	0.46	0.42	0.38	0.46	0.41	0.38	0.41	0.38	0.38	0.37	
	1.00	0.54	0.48	0.45	0.54	0.48	0.45	0.53	0.48	0.45	0.48	0.45	0.45	0.43	
	1.25	0.6	0.56	0.52	0.60	0.55	0.52	0.6	0.55	0.52	0.54	0.52	0.52	0.50	
	1.50	0.66	0.61	0.57	0.65	0.60	0.57	0.64	0.6	0.57	0.59	0.56	0.56	0.55	
	2.00	0.72	0.67	0.64	0.71	0.67	0.64	0.7	0.66	0.63	0.68	0.63	0.63	0.62	
85%	2.50	0.76	0.71	0.68	0.75	0.71	0.68	0.73	0.71	0.68	0.7	0.67	0.67	0.65	
	3.00	0.79	0.75	0.72	0.78	0.75	0.71	0.77	0.73	0.71	0.72	0.71	0.71	0.69	
	$D_{max} = 1.1H_m$	4.00	0.82	0.79	0.77	0.81	0.79	0.76	0.8	0.77	0.75	0.76	0.75	0.75	0.73
f_m	0.55	0.600	0.650	5.00	0.84	0.82	0.79	0.83	0.81	0.78	0.82	0.79	0.77	0.75	

Determinar el factor de utilización (η): Determinar el factor de utilización a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas se obtiene para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local.

Determinar el factor de mantenimiento (f_m): Determinar el factor de conservación de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual se toma los siguientes valores:

Tabla 5. Factor de conservación [3]

Tipo de local	Factor de conservación (f_m)
Acerías y fundiciones	0.65
Soldadura y mecanizado	0.7
Oficinas industriales	0.75
Patios y locales públicos	0.8
Despachos y oficinas	0.85

Tabla 6. Criterios de uso [3]

E(lux)	Criterios de uso	Local
50-75-100	Solamente orientación para visitas breves y esporádicas	Almacenes, estacionamiento de coches, cuartos de máquinas, basuras o contadores
100-150-200	Locales no utilizados continuamente para trabajar	Vestíbulos, escaleras, ascensores, pasillos, salas de espera, vestuarios, aseos y cuartos de baño, cocinas en vivienda, cuartos de estar, comedores, dormitorios, archivos, salas de actos, cine, teatros o salas de conciertos.
200-300-500	Trabajos con requerimiento visuales limitados	Oficinas generales, aulas, grandes cocinas, estaciones de servicio, gimnasios, salas de lectura, reuniones o exposiciones, locales industriales con requerimientos visuales limitados.

500-750-1000	Trabajos con requerimiento visuales normales	Laboratorios, salas de contabilidad, mecanografía o cálculo, aulas para trabajos manuales, costura o dibujo, locales industriales con requerimientos visuales normales.
1000-150-2000	Trabajos con requerimientos visuales especiales	Salas de delineación, locales industriales para trabajos de precisión.

La iluminación adecuada deseada es muy necesario para distintos locales en función de la actividad a realizar, a continuación, se indican los valores de iluminación recomendados según la norma técnica de edificación (NTE IEI).

La Tabla 7 muestra las características de lámparas de vapor de mercurio según el fabricante para elección de lámparas.

Tabla 7. Características de lámparas según el fabricante

Potencia (watts)	Flujo (lumen)	Luminancia máxima	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Eficiencia (lumen/watt)
50	2000	4	55	130	32
80	3850	5	70	155	42
125	6500	7.5	75	180	46
250	14000	10.5	90	225	52
400	24000	11.5	120	290	56

Cálculos

Cálculo del flujo luminoso total necesario para ello se aplica la Ecuación 1.

$$\Phi_T = \frac{E * S}{\eta * f_m} \quad (1)$$

Donde:

- Φ_T es el flujo luminoso total
- E es la iluminancia media deseada
- S es la superficie del plano de trabajo
- η es el factor de utilización
- f_m es el factor de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} \quad (2)$$

Donde:

- N es el número de luminarias
- Φ_T es el flujo luminoso total
- Φ_L es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

2.2 Dimensionamiento de lámparas en exteriores

Método de los lúmenes o del factor de utilización

La finalidad de este método es calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel de iluminancia medio determinado. Mediante un proceso iterativo, sencillo y práctico, se consiguen unos valores que, aunque no son muy precisos, sí sirven de referencia para empezar a aplicar otros métodos.

Se utiliza el método del rendimiento de la iluminación, igual que en el alumbrado de interiores, considerando la superficie S iluminada por cada foco.

$$\phi_t = \frac{\phi_u}{\eta} = \frac{E * S}{\eta} \quad (3)$$

El rendimiento de la iluminación o coeficiente de utilización se halla en las tablas en función de las características de las luminarias y de las vías públicas, como valores orientativos pueden considerarse lo siguiente:

Colocación axial de los focos: $\eta = 0.5$

colocación lateral de los focos: $\eta = 0.4$

La colocación axial de los focos según el eje de la vía no se suele utilizar. En las vías de comunicación con media central se utilizan dos focos, iluminando cada una la mitad de la vía. Las colocaciones laterales más utilizadas son tresbolillo, unilateral, y bilateral pareada.

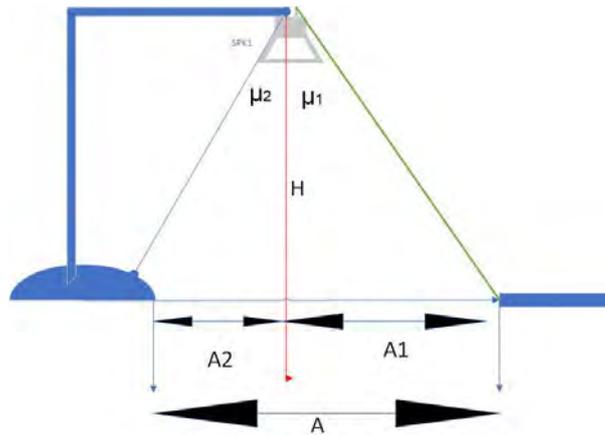


Ilustración 9. Área de iluminación

La altura recomendada del punto de luz es función del flujo de la lámpara, como se observa en la Tabla 8

Tabla 8. Altura recomendada de punto de luz [3]

Altura del punto de luz (m)	Flujo de la lámpara (lm)
< 7.5	<15000
7.5 - 9	15 000 - 20 000
9 -- 12	20000 - 40 000
> 12	>40000

La altura de la luminaria está también en relación directa con la anchura de la Vía para iluminar y la disposición de los focos, como se observa en la Tabla 9

Tabla 9. Altura luminaria en relación con la anchura [3]

Tipo de colocación	Relación altura/ancho
Unilateral	0.85 - 1
Tresbolillo	0.5 – 0.85
Pareada	0.33 – 0.5

Tabla 10. Relación de separación de alturas [3]

Iluminación media E_m (lux)	Relación separación/altura
$2 \leq E_m < 7$	5-4
$7 \leq E_m < 15$	4 – 3.5
$15 \leq E_m \leq 30$	3.5 - 2

La relación de la separación a la altura de la iluminaria es función de la iluminación media para conseguir sobre la vía, como se observa en la Tabla 10.

En la Tabla 11 se indican valores orientativos de iluminación exterior y deportiva.

Tabla 11. Valores orientativos [3]

Tipo	E(lux)
Autopistas, autovías y carreteras principales.	35
Vías urbanas de tráfico rápido.	30
Vías urbanas y provinciales.	25-28
Campos de tenis.	100-300
Campos de baloncesto	300-500
Campos de fútbol.	300-1000

La iluminación recomendada por la CIE (Comisión Internacional de iluminación)

Para la importancia de las vías de comunicación, varía de 18 a 35 Lux, con

Un factor de uniformidad medio de 0.35 a 0.65 y una luminancia de 1.1 a 2 cd/m^2

A partir de los datos obtenidos por fabricante se encuentra la distancia y altura óptima para su colocación.

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \Phi_L}{A * d} \quad (4)$$

Despejando la distancia de la Ecuación 4 se obtiene:

$$d = \frac{\eta * f_m * \Phi_L}{A * E_m} \quad (5)$$

- η : es el factor de utilización de la instalación.
- f_m : es el factor de mantenimiento.
- Φ_L : es el flujo luminoso de la lámpara.
- A : es la anchura para iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad ($A/2$) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo
- E_m : es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.

2.3 Calibre de los conductores eléctricos

El cálculo eléctrico de una línea básicamente consiste en calcular la sección transversal del conductor de manera que satisfaga unas condiciones o habiendo escogido una norma oficial verificar que estas se cumplan, para el cálculo del conductor se consideran tres criterios:

- Por capacidad de conducción de corriente la capacidad de conducción de un conductor (ampacidad) se encuentran limitadas por dos factores: conductividad del metal conductor y capacidad térmica del aislamiento.
- Calentamiento del conductor: la densidad de corriente del conductor debe ser limitada para disminuir el calentamiento producido al circular la corriente eléctrica, este criterio fija la máxima intensidad de corriente por el conductor.
- La caída de tensión (diferencia entre la tensión al principio y al final de la línea), se limita para evitar el efecto que la disminución de la tensión de utilización tiene sobre el funcionamiento de los receptores, los cuales deben estar conectados a la tensión nominal para su correcto funcionamiento.

Cálculo por capacidad de conducción de corriente

Existen varios métodos para calcular el calibre de los alimentadores principales de una instalación eléctrica residencial, a saber: por ampacidad de corriente, por caída de tensión y por resistencia de los conductores. Puede haber más formas, pero los tres métodos especificados son los más comunes. De los tres métodos señalados el más utilizado es el de corrientes. Método de ampacidad de corrientes para calcular el calibre de los alimentadores principales.

Calculo:

- Se determina la *carga total* de la residencia o lugar a la cual se calculará el calibre de los alimentadores principales.
- Se aplica la Ecuación 6 para un sistema monofásico.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} \quad (6)$$

En donde:

- I es la corriente que pasará por los conductores (A);
- P es la carga total (W);

- V es el voltaje que llega a la residencia por medio de la acometida (127 Volts-ca para el caso de una instalación que no rebasa los 5,000 W); y,
- fp : es 0.9 es el denominado factor de potencia el cual regularmente es del 90% por la combinación de cargas resistivas e inductivas existentes en la instalación eléctrica.

Con la I , se determina una I_C (corriente corregida) multiplicándola por un factor de demanda o factor de utilización (f.d.) el cual tiene un valor que varía de la siguiente manera en la Tabla 12 [6].

$$I_C = I * fd \quad (7)$$

Tabla 12. Factor de demanda

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Almacenes	Primeros 12500 o	100
	menos a partir de 12500	50
Hospitales	Primeros 50000 o	40
	Menos a partir de 50000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloqueos de apartamentos sin cocinas	primeros 20000 o menos	50
	de 200001 a 100000	40
	a partir 100000	30
Unidad de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	de 3001 a 120000	35
	a partir de 120000	25
Todos los demás	Total, VA	100
Los factores de demanda de esta tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.		

Calculo por calentamiento del conductor

Cuando circula corriente por un conductor se produce un calentamiento de este es debido fundamentalmente a la pérdida de energía en forma de calor o Efecto Joule, aumentando su temperatura hasta que llega al equilibrio térmico cuando todo el calor producido es cedido al exterior. La temperatura de equilibrio térmico es directamente proporcional al volumen del conductor y al cuadrado de la densidad de

corriente dependiendo de las condiciones de enfriamiento. Para mantener una determinada temperatura, la densidad de corriente admisible debe disminuir al aumentar la sección del conductor. En los conductores aislados el calor puede deteriorar los aislamientos y las máximas temperaturas admisibles dependen del material aislante. En los conductores desnudos o sin aislamiento utilizados en líneas aéreas.

- Cuando se determina el calibre del conductor apropiado para una instalación eléctrica, se debe considerar también el Factor de Temperatura, de la siguiente manera.
- Después que se ha determinado el calibre del conductor se multiplica la cantidad de amperes que soporta dicho conductor, por el factor correspondiente que corresponda a la temperatura de operación. Como se muestra en la Tabla 12 [6].

Tabla 13. Factor de corrección basados en una temperatura ambiente de 30°C [6]

Para temperatura ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades predecibles por el efecto correspondiente de los que se indica a continuación:			
Temperatura ambiente °C	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.2	1.15
nov-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1	1	1
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	.	0.58	0.71
61-65	.	0.47	0.65
66-70	.	0.33	0.58
71-75	.	.	0.5
76-80	.	.	0.41
81-85	.	.	0.29

Cuando se introducen varios conductores en una tubería (sobre todo metálica) se presentan fenómenos de inducción hacia las mismas ya sea de calor y de inductancia. En estos casos debe considerarse una disminución de la corriente eléctrica que soporta cualquier conductor de la siguiente manera. Factores de ajuste como se muestra en la Tabla 14 [6].

Tabla 14. Factor de corrección basados en la cantidad de conductores [6]

Número de conductores	Porcentaje de los valores en las tablas ajustadas para temperatura ambiente si es necesario
4--6	80
7--9	70
10--20	50
21--30	45
31--40	40
41 y mas	35

Este factor de corrección por temperatura se toma a partir de la corriente corregida ya previamente calculada de la ampacidad de corriente, teniendo este valor buscamos el número de conductor adecuado y a partir de este su corriente máxima que este soporta tomando en cuenta la temperatura. A continuación, se presenta un ejemplo de un fabricante de conductores con sus especificaciones, ver Tabla 15.

Tabla 15. Ejemplo de fabricantes para conductores [10]

Calibre	Área nominal de la sección transversal	Numero de hilos	Espesor nominal de aislamiento	Espesor nominal de nylon	Diámetro exterior aproximado	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente Amperes		
							60°C	75° C	90° C
AWG/kc mil	mm ²		mm	mm	mm	kg/100m			
14	2,082	19	0,38	0,10	2,9	3	20	20	25
12	3,307	19	0,38	0,10	3,4	4	25	25	30
10	5,260	19	0,51	0,10	4,3	6	30	35	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,7	10	40	50	55
6	13,30	19	0,76	0,13	6,7	15	55	65	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,5	24	70	85	95
2	33,62	19	1,02	0,15	10,1	36	95	115	130
1	42,41	19	1,27	0,18	11,6	46	110	130	150
1/0	53,48	19	1,27	0,18	12,7	56	125	150	170
2/0	67,43	19	1,27	0,18	13,9	70	145	175	195
3/0	85,01	19	1,27	0,18	15,2	87	165	200	225
4/0	107,2	19	1,27	0,18	16,7	108	195	230	260
250	126,7	37	1,52	0,20	18,5	128	215	255	290
300	152,0	37	1,52	0,20	19,9	152	240	285	320
350	177,3	37	1,52	0,20	21,3	177	260	310	350
400	202,7	37	1,52	0,20	22,5	201	280	335	380
500	253,4	37	1,52	0,20	24,7	249	320	380	430

La caída de tensión: es un fenómeno que se presenta en los conductores eléctricos cuando se alimenta a una carga a cierta distancia del punto de alimentación. Esto quiere decir que cuando se va a suministrar energía eléctrica por ejemplo a un foco (lámpara incandescente), no es lo mismo que el foco esté a tres metros del alimentador que a cincuenta metros.

Calculo Para sistema Monofásico:

$$S = \frac{(4)(L)(Ic)}{(Vn)(e\%)} \quad (8)$$

Para sistema Trifásico:

$$S = \frac{(2)(L)(Ic)}{(Vf)(e\%)} \quad (9)$$

- S : se denomina la sección transversal o Área del conductor (mm^2)
- Vn : Voltaje entre fase y neutro (127 V)
- Vf : Voltaje entre fase y fase (220 V)
- $e\%$: Si la distancia es aproximadamente de 40 m; entonces $e\%=1$ (no afecta). Si la distancia es mayor de 40 m hasta 80 m, entonces $e\%=2$. Mayor de 80 m
- Ic : es la ya conocida Corriente Corregida, para calcularla sigue el mismo procedimiento del método de corrientes donde se considerará un fp de 0.9 y un fd de 0.7 donde se alcanza el 3% que marca [6].

2.4 Cálculo de las canalizaciones

Se utiliza el factor de relleno para calcular el tubo de protección en una Instalación Eléctrica. Para instalaciones eléctricas residenciales mayores de 5,500 W con combinaciones de varios calibres de conductores, deben realizarse cálculos utilizando la Tabla 16 (obvio, se utiliza para aquellas que son menores de 5,500 W). Factor de relleno para determinar el número de conductores posibles de alojarse en una tubería, de acuerdo con la NOM [6].

Para encontrar el diámetro de conductor dependiendo de su tamaño se toman los valores a partir del fabricante del conductor.

Tabla 16. Dimensión de tubo conduit metálico tipo pesado, semipesado y ligero e áreas disponibles para los conductores [6]

Diámetro Interior mm	Área Interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
		Un Conductor <i>fr</i> = 53%	Dos conductores <i>fr</i> = 31%	Mas de dos conductores <i>fr</i> = 40%
15,8	196	103	60	78
20,9	344	181	106	137
26,6	557	294	172	222
35,1	965	513	299	387
40,9	1313	697	407	526
52,5	2165	1149	671	867
62,7	3089	1638	956	1236
77,9	4761	2523	1476	1904
90,1	6379	3385	1977	2555
102,3	8213	4349	2456	3282
128,2	12907	6440	4001	5163
154,1	18639	9879	5778	7456

La Tabla 16 que se presenta es para encontrar el tipo de tubería de canalización a usar dependiendo de la cantidad de conductores que se alojaran en ella, por lo tanto, se sacara el área de cada uno de los conductores y se sumaran para saber el área total a utilizar

Área para conductores:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (10)$$

Cuando se introducen varios conductores en una tubería (sobre todo metálica) se presentan fenómenos de inducción hacia las mismas ya sea de calor y de inductancia. En estos casos debe considerarse una disminución de la corriente eléctrica que soporta cualquier conductor de la siguiente manera [6]. Factores de ajuste, después de haber obtenido nuestra intensidad a partir de la suma de sus áreas en el factor de corrección se ajusta el tipo de ducto de protección.

Tabla 17. Factor de ajuste por cantidad de conductores [6]

Número de conductores portadores de corriente	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

De 1 a 3 conductores en la misma tubería 100% = 1

2.5 Dimensionamiento de contactos y apagadores

Para la instalación de contactos y apagadores las especificaciones serán apegadas a la norma [6].

- Para las salidas de los contactos la distancia mínima es de 1.80 m entre contactos y no debe ser interrumpida por puertas y ventanas, consideradas como interrupciones de continuidad.
- En cocinas se deben instalar cuando menos dos contactos de 20 A o 1500 VA para conectar aparatos (licuadoras, batidora, extractor, entre otros).
- Las salidas de contactos en baños se deben instalar muy cerca del lavabo, generalmente a unos 20 cm.
- Los apagadores deben instalarse en un lugar muy visible y cuando menos debe haber uno por cada cuarto o área habitable.
- Los contactos para la conexión de aparatos portátiles deben tener una capacidad nominal de cuando menos 15 A para 125 V y de 10 A para 250 V para soportar la energía demandada.
- Los contactos que se instalen en pisos deben encerrarse en cajas construidas para este fin, excepto cuando dichos contactos estén colocados en pisos elevados.
- Los contactos deben estar contruidos de tal manera que no acepten clavijas y corrientes diferentes para los cuales fueron diseñados.

De igual forma Para saber cuántos Amperes circulan por un aparato puedes verificarlo en sus datos de placa. Si no encuentras el dato, puedes determinarlo con suficiente aproximación utilizando la Ecuación $I = P/V$ también conocida como Ley de Watt.

2.6 Dimensionamiento de la capacidad de la pastilla para proteger el circuito

El interruptor de seguridad en una instalación eléctrica es el medio de desconexión principal de toda la instalación. Su función principal es la de proteger a todo el sistema para lo cual utiliza cartuchos fusibles que incluyen listones o elementos fusibles.

La capacidad de los cartuchos fusibles de un interruptor de seguridad se calcula con un 25% adicional de la carga total de la instalación eléctrica que se va a proteger.

Dependiendo nuestra carga total en la suma de contactos, lámparas, bombas etc., y el factor de potencia y el factor de demanda buscamos lo que es la corriente corregida

Calculo:

- Aplicando la Ecuación 6 conocida para un sistema monofásico
- Luego, considerando el factor de demanda antes mencionado de 70%
- Buscamos la corriente corregida (ver Ecuación 7)
- Después, considerando un 25% adicional a la capacidad instalada queda como se muestra a continuación

$$I_{INT} = AMP \times 1.25 \quad (11)$$

2.7 Calculo de los alimentadores para motores eléctricos

Cuando se alimenta a un motor en forma individual, la capacidad de conducción de corriente (ampacidad) de los conductores del circuito derivado debe ser amenos 125% de la corriente a plena carga o nominal del motor. Las cargas adicionales o

bien otros motores se agregan a esta suma de forma directa.

Calculo:

Se calcula la corriente nominal o a plena carga, a partir de la Ecuación 12, tomando en cuenta que es para un sistema trifásico.

$$I_{\text{a plena carga}} = \frac{HP * 746}{1.732 * E * N * fp} \quad (12)$$

Donde:

- E : voltaje que se maneja en el sistema (127V, 220V, 320V)
- N : eficiencia nominal a plena carga.
- fp : factor de potencia a plena carga.
- HP : potencia del motor a partir de caballos de fuerza.

Estos valores se encuentran en la placa de fabricantes que se encuentran en los motores o los manuales del fabricante a continuación se presentan un pequeño ejemplo como se observa en la Tabla 18.

Obtenido la corriente a plena carga se calcula con 1.25 veces la corriente, con este valor de corriente se busca en el catálogo de fabricante de su elección el número de cable según la temperatura, a continuación, un pequeño ejemplo en la Tabla 18.

Tabla 18. Ejemplo de datos de fabricantes de conductor [10]

Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Espesor nominal de Nylon	Diámetro exterior aproximado	Peso total Aproximado	Capacidad de conducción de corriente Amperes		
							60°C	75°C	90°C
AWG/kcmil	mm ²		mm	mm	mm	kg/100m			
14	2,082	19	0,38	0,10	2,9	3	20	20	25
12	3,307	19	0,38	0,10	3,4	4	25	25	30
10	5,260	19	0,51	0,10	4,3	6	30	35	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,7	10	40	50	55
6	13,30	19	0,76	0,13	6,7	15	55	65	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,5	24	70	85	95

Tabla 19. Ejemplo de datos de fabricantes

HP	Velocidad		Armazón	Corriente (A) 460			kVA/HP	Eficiencia nominal %			Factor de potencia %			Par			
	Sincroniza	Asincr. Plena carga		En vacío	Plena carga	Arranque		1/2.	3/4.	Plena Carga	1/2.	3/4.	Plena carga	Ib-pie	Rotor Bloq.	Max.	Conexión
0.5	900	870	143T	1.2	1.3	6.3	M	62	69	72	0.31	0.41	0.5	3.0.	1.5	2.3	Y
0.8	1800	1750	143T	0.8	1.1	10.0	M	77	81	82.5	0.55	0.67	0.75	2.3	3.30	4.3	Y
	1200	1150	145T	0.7	1.2	6.5	J	78.8	80.7	80.0	0.54	0.67	0.75	3.4	1.80	3.0	Y
	900	860	145T	1.5	2.1	9	K	67.0	71.2	72.0	0.34	0.51	0.61	4.5	1.80	2.5	Y
1	3600	3520	143 T	0.8	1.4	14	N	75.5	79.0	80.0	0.63	0.74	0.81	1.5	2.40	4.6	Y
	1800	1750	143T	1	1.5	13	M	80.0	82.5	82.5	0.53	0.66	0.76	3.0	2.9	4.1	Y
	1200	1170	145T	0.95	1.6	9	J	79.5	81.0	80.0	0.53	0.66	0.73	4.6	1.9	3.0	Y
	900	865	182T	1.5	2.1	9	J	77.0	80.0	81.5	0.36	0.47	0.56	6.0	2.1	3.9	Y
15	3600	3490	143T	0.9	2	16	L	81.5	83.5	82.5	0.69	0.81	0.85	2.3	2.2	3.8	Y
	1800	1750	145T	1.4	2.2	20	M	82.0	84.0	84.0	0.55	0.69	0.76	4.5	3.4	4.2	Y
	1200	1170	182T	1.4	2.4	15	K	84.0	85.5	85.5	0.52	0.64	0.68	6.7	2.2	4.2	Y
	900	865	184T	2.3	3.0	17	H	78.5	82.5	82.5	0.35	0.47	0.56	9.1	2.2	3.8	Y
2	3600	3495	145T	1.2	2.6	23	L	82.5	84.5	84.0	0.66	0.78	0.85	3.0	2.3	4.0	Y
	1800	1740	145T	1.8	3.0	25	L	83.0	84.5	84.0	0.54	0.68	0.77	6.0	3.7	4.4	Y
	1200	1170	184T	1.8	3.1	25	K	85.0	87.0	86.5	0.49	0.61	0.70	9.0	3.6	4.0	Y
	900	870	213T	2	3.3	16	H	84.0	84.5	84.0	0.51	0.63	0.68	12.1	3.1	3.4	Y
3	3600	3515	182T	1.5	3.7	32	K	83.0	85.5	85.5	0.67	0.8	0.85	4.5	1.7	3.4	Y
	1800	1750	182T	2	4	32	K	86.5	88.0	87.5	0.59	0.72	0.78	9.0	2.1	3.7	Y
	1200	1170	213T	2.2	4.2	32	K	86.5	87.5	87.5	0.57	0.70	0.76	13.5	2.2	3.6	Y
	900	870	215T	3	4.8	25	H	85.5	86.5	85.5	0.45	0.59	0.68	18.1	2.0	3.1	Y
5	3600	3505	184T	2.3	6.2	46	J	87.0	88.0	87.5	0.72	0.82	0.85	7.5	1.9	4.0	Y
	1800	1735	184T	2.9	6.7	46	J	88.5	88.5	87.5	0.64	0.75	0.79	15.1	1.9	3.2	Y
	1200	1165	215T	3.3	6.8	46	J	88.0	88.5	87.5	0.62	0.74	0.79	22.5	2.0	3.4	Y
	900	875	254T	5.5	8.8	33	F	85.5	87.0	86.5	0.43	0.54	0.62	30.0	1.9	2.0	Y
75	3600	3520	213T	3.5	9	63	H	86.5	88.5	88.5	0.75	0.84	0.89	11.2	1.9	3.6	Y
	1800	1750	213T	4.1	9.5	63	H	89.5	90.0	89.5	0.66	0.77	0.82	22.5	2.0	3.4	Y
	1200	1175	254T	5.5	10.5	63	H	88.5	90.0	89.5	0.55	0.68	0.78	33.5	1.6	2.8	Y
	900	875	256T	7.9	13	50	G	87.0	88.0	87.5	0.44	0.55	0.62	45.0	1.9	2.0	Y

2.8 Capacidad de la pastilla para proteger el circuito de un motor

El medio de protección del circuito derivado es común que sea un interruptor termomagnéticas o bien fusibles instalados en la misma caja que las cuchillas desconcertadoras.

El dispositivo de protección del circuito derivado, cualquiera que esta sea, está diseñado para desconectar al motor del circuito, en caso de cambios bruscos en la corriente que demanda, o bien corriente de arranque excesivo a este tipo de protección se le conoce frecuentemente como protección contra circuitos.

Calculo

Primeramente, se calcula la corriente a plena carga con la Ecuación 12, para un sistema trifásico, como se mostró anteriormente.

A partir de la corriente a plena carga se multiplica por un factor de dimensionamiento dependiendo de la letra de código de cada motor (ver Tabla 18), con este valor obtenemos el interruptor comercial que se acerque, sin que sea menor al que se obtuvo.

Tabla 20. Ajustes para protección de pastillas termomagnéticas para motores

Capacidad máxima o ajuste del dispositivo de protección contra cortos circuitos y falla a tierra para el circuito derivado del motor				
Tipo de motor	Porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retraso de tiempo	Elemento dual (fusible con retraso)	Interruptor con disparo instantáneo	Interruptor de tiempo inverso
Monofásico, todos los tipos sin letra de código	300	175	700	250
Sin letra de código	300	175	700	250
Letra de código de F a V	300	175	700	250
Letra de código de B a E	250	175	700	200
Letra de código A	150	150	700	150
Todos los motores de jaula de ardilla y sincros por arranque por autotransformador no mayores de 30A.	250	175	700	200
Mayores de 30A sin letra de código	200	175	700	200
Letra de código de F a V	252	175	700	200
Letra de código de B a E	200	175	700	200
Letra de código A	150	150	700	150

Tabla 21. Ejemplo de datos de fabricantes de interruptores [10]

Interruptor tipo	Modelo	Corriente nominal de servicio	Número de Catalogo
QP 1° 1 polo 120/240 V CA	Q115	15	Q115
	Q120	20	Q120
	Q130	30	Q130
	Q140	40	Q140
	Q150	50	Q150
	Q160	60	A7810000005610
QP 1° 2 polos disparo simultaneo 120/240 V CA	Q215	15	Q215
	Q220	20	Q220
	Q230	30	Q230
	Q240	40	Q240
	Q250	50	Q250
	Q260	60	Q260
	Q270	70	Q270
	Q280	80	Q280
	Q290	90	Q290
	Q2100	100	Q2100
Q2125	125	Q2125	
QP 1° 3 polos disparo simultaneo 240 V CA	Q315	15	Q315
	Q320	20	Q320
	Q330	30	Q330
	Q340	40	Q340
	Q350	50	Q350
	Q360	60	Q360
	Q370	70	Q370
	Q380	80	Q380
	Q390	90	Q390
	Q3100	100	Q3100

Tabla 22. Tipo de numero dependiendo de la capacidad del motor

Datos de los motores a instalar				
Número	Potencia en HP	Letra de código	Voltaje de operación (V)	Corriente a plena carga (A)
1	3	A	220	10
2	3	A	220	10
3	2	A	220	7.1
4	7 1/2	C	220	23
5	10	C	220	29
6	15	G	220	44
7	20	G	220	56

2.9 Dimensionamiento del transformador

La potencia necesaria para una determinada instalación viene dada por la potencia que consumen los receptores instalados p_{ins} , teniendo en cuenta su coeficiente de utilización k_u y de simultaneidad k_s . El coeficiente de utilización de un receptor es la relación entre la potencia absorbida en la utilización y la absorbida a plena carga. El coeficiente de simultaneidad en una instalación viene dado por el estudio de los receptores que funcionarán simultáneamente. Depende del número y tipo de receptores, y en las instalaciones de edificios dedicados fundamentalmente a viviendas el R.B.T. instrucción 010 indica el coeficiente de simultaneidad. En las instalaciones industriales o singulares con más de 10 receptores suele utilizarse un factor de simultaneidad del 0.4.

La potencia necesaria:

$$p = p_{ins} * k_u * k_s \quad (13)$$

La potencia aparente necesaria S , considerando un factor de potencia de 0.9 y un factor de ampliación de 1.3 (ampliación de un 30% de la potencia instalada) del tipo de utilización.

$$S = \frac{1.3 * P}{0.9} \quad (14)$$

Se suele utilizar en el centro de transformación solamente un transformador, pero para potencias mayores de 1500 KV se emplea en ocasiones dos unidades de transformación, teniendo en cuenta la división del consumo y la economía de la instalación.

Tabla 23. Factores de simultaneidad

Tabla de factores de simultaneidad para distintos tipos de servicios	
Motores	Coefficiente de simultaneidad
Maquinas, Herramientas, elevadores, grúas.	0.30
Ventiladores, compresoras, bombas	0.30 – 0.60
Procesos semicontinuos, canteras, refinerías	0.60
Procesos continuos, industria textil	0.90
Hornos eléctricos	0.80
Hornos eléctricos de inducción	0.80
Hornos de arco	1.0
Instalaciones de iluminación (alumbrado)	
Soldadoras de arco	0.30
Soldadoras de resistencias	0.20

Relación de transformación: es la relación entre los números de espiras de primario y secundario, que coincide con la relación de fuerzas electromotrices y con la relación de tensiones.

$$m = \frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} \quad (15)$$

Si N_1 es mayor que N_2 , el transformador es reductor, Si N_1 es menor que N_2 , el transformador es elevador.

Relación entre las potencias primaria y secundaria: las potencias activas, Reactivas y aparentes suministradas por el secundario y las absorbidas por el primario son iguales.

$$\begin{aligned} V_1 I_1 \cos \theta_1 &= V_2 I_2 \cos \theta_2 & (16) \\ V_1 I_1 \sin \theta_1 &= V_2 I_2 \sin \theta_2 \\ V_1 I_1 &= V_2 I_2 \end{aligned}$$

Relación entre intensidades primaria y secundaria: las intensidades primarias I_1 y secundaria I_2 están en relación inversa a la relación de transformación [5].

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{M} = \frac{N_2}{N_1} \quad (17)$$

2.10 Desarrollo del trabajo

Para llevar a cabo este proyecto se realizaron investigaciones que comprenden desde la localización de cada elemento de la planta de tratamiento hasta el transformador que debe llevar, de igual forma se verificó la potencia de los componentes eléctricos conectados al sistema lo que permite conocer la carga total.

Posteriormente se realizarán los cálculos necesarios para determinar desde el calibre de los conductores hasta el sistema a tierra y tipo de control que se deben utilizar de acuerdo con la NOM [6].

- Descripción del lugar y características de la instalación ya fijadas.

Instalaciones fijadas:

- 2 bombas horizontales de 1 HP
- 2 bombas sumergibles de 5 HP
- 2 sopladores de 7.5 HP

De las siguientes áreas se dimensiona el sistema eléctrico:

- Área (a): 7m x 5m
- Área (b): 4m x 3.26m
- Área (c): 5.1m x 4m
- Área (d): 7.3m x 4.3m
- Área (e): 4m x 3.8m

De las siguientes áreas cuadradas se dimensiona la iluminación exterior:

- Área: $671m^2$

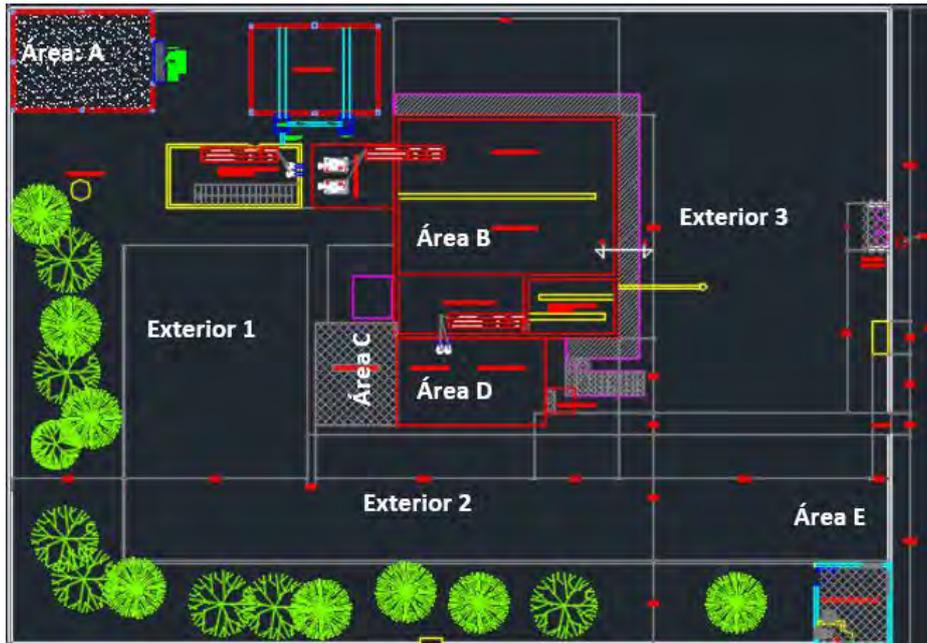


Ilustración 10. Plano del área a dimensionar

2.11 Calculo de la cantidad de lámparas a utilizar en el interior, método de lúmenes

Descripción de áreas

Área A:

- Dimensiones del local: 7m x 5m
- Altura: 3.8m
- Altura luminaria: 0.50m
- Altura del plano del trabajo: 0.80m
- Color de las paredes y techo: café claro
- Nivel de iluminación deseado: 300 lux de acuerdo con la Tabla 6
- Superficie del local: 35
- Índice del local(H): 3.5 de acuerdo con la altura de trabajo

Aplicando Ecuación de la Tabla 2. Respecto a los datos de entrada

$$k = \frac{a * b}{H(a + b)} \quad k = \frac{7 * 5}{3.5(7 * 5)} = 0.833$$

De acuerdo con el color de techo y paredes se selecciona un coeficiente de reflexión de 30%. De acuerdo con la Tabla 3.

- Tipo de lámpara: vapor de mercurio a 127V
- Luminaria: reflector de haz medio, bulbo fluorescente
- Factor utilización (η): 0.46 de acuerdo con la k y al factor de reflexión de techos y paredes. Ilustración 9
- Tipo de mantenimiento (f_m): 0.85 de acuerdo con la Tabla 5
- De acuerdo con la Tabla 6, se tomaron valores de acuerdo con los lux requeridos
- Flujo total: aplicando la Ecuación 1

$$\Phi_T = \frac{E * S}{\eta * f_m} = \frac{300 * 35}{0.46 * 0.85} = 26854.21 \text{ lm} \quad (1)$$

Se dimensiona para lámparas de 125W a 127V el flujo por lámpara es de 6500 lm aplicando la Ecuación 2.

$$N = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} \quad N = \frac{26854,21}{1 * 6500} = 4.13 \text{ lámparas} \quad (2)$$

Tabla 24. Cálculo de la cantidad de lámparas por área

Áreas	Cantidad lámparas	Potencia (lámparas)	Potencia (total)
Áreas A	5	125	625
Áreas B	2	125	250
Áreas C	3	125	375
Áreas D	4	125	500
Áreas E	2	125	250

2.12 Cálculo de la cantidad de lámparas a utilizar en el exterior, método de lúmenes.

Para el cálculo de iluminación exterior se toma a partir de una vialidad pública con iluminación de postes donde la altura y luminosidad se toma a partir del usuario.

Descripción del área exterior

Las lámparas tubulares rectangulares de inducción electromagnética con arillos inductores externos que se pueden utilizar en luminarios para alumbrado público de vialidades tienen las siguientes características:

- Potencias de lámpara de 80 y 120 W
- Flujo luminoso inicial fotópico de 6400 lúmenes (80W) y 9600 lm (120 W).
- Relación S/P de 1.96
- Flujo luminoso inicial efectivo visual de 12544 lúmenes verdaderos (80W) y 18816 lúmenes verdaderos (120W)
- Vida útil promedio de 100 mil horas
- Índice de rendimiento de color de 80
- Temperatura de color de 5.000 K
- Eficacia promedio de 80 Lm/W

A partir de los datos obtenidos por fabricante se encontrará la distancia y altura óptima para su colocación (ver Ecuación 4).

Despejando la distancia de la Ecuación 4, obtenemos:

$$d = \frac{\eta * f_m * \Phi_L}{A * E_m} \frac{0.8 * 0.5 * 6400}{13 * 30} = 6.56 \quad (5)$$

- η : 0.5 este valor es obtenido a partir del catálogo de fabricante
- f_m : 0.8 es el valor para la Tabla 5
- Φ : 6400 lm para 80W
- A : 13m
- E_m : con una iluminación media de 30 lx

Para lo cual se puede observar que tiene aproximadamente un área de $85m^2$ de iluminación por lo que con cinco postes será suficiente para iluminar el exterior.

2.13 Cálculo del calibre de los conductores eléctricos para iluminación

Para lo consiguiente habiendo obtenido la cantidad de lámparas como su potencia, se obtiene la potencia total requerida por área tomando en cuenta una cierta cantidad de contactos polarizados puestos estratégicamente, para la cual se presenta una tabla con la potencia total por área a requerir.

Tabla 25. Descripción de la potencia a utilizar por área

Plantas	Cantidad de lámparas	Potencia(lámparas)	Potencia(total)
Área A	5	125	625
Área B	2	125	250
Área C	3	125	375
Área D	4	125	500
Área E	2	125	250

Tabla 26. Potencia total de iluminación y contactos

Contactos	Cantidad contactos	Potencia(contactos)	Potencia(total)	Potencia (iluminación y contactos)
Policontactos polarizados	5	180	900	1525
Policontactos polarizados	4	180	720	970
Policontactos polarizados	4	180	720	1095
Policontactos polarizados	8	180	1440	1940
Policontactos polarizados	4	180	720	970

Cálculo del área A

A partir de la potencia a necesitar por área se determina el calibre del conductor por capacidad de corriente.

- Factor de potencia: 0.9 (ver Tabla 11)
- Factor de demanda: 0.7 (ver Tabla 12)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} \quad I = \frac{1525}{\sqrt{3} * 127 * 0,9} = 7.7030 \text{ A} \quad (6)$$

Aplicada corrección de la corriente corregida obtenemos:

$$I_C = I * fd \quad I_C = 7.7030 * 0.7 = 5.39 \text{ A} \quad (7)$$

Con la corriente corregida obtenida seleccionamos el conductor de 12 AWG, ya que este soporta hasta 25 amperes a 75°C (ver Tabla 15).

Corrección por temperatura promedio de 30 a 35°C para una temperatura de 75°C es 0.94 (ver Tabla 13).

$$I_t = 25A * 0.94 = 23.5A \quad (18)$$

Para la corrección por el factor de relleno se tiene una cantidad de 7 a 9 conductores, lo cual da un factor de: 70% (ver Tabla 14).

$$I_{relleno} = 23.5A * 0.70 = 16.45A \quad (19)$$

Observa que el calibre 12 Viakon debido a las condiciones de temperatura y agrupamiento reduce drásticamente su capacidad de conducción hasta 16.45 A por lo cual el calibre es el apropiado para transportar los amperes antes calculado.

Tabla 27. Cálculo del conductor por los tres métodos

Áreas	W (iluminación y contactos)	V	I	I_C (corregida)	I (para el conductor a 25A)	I (corrección por temperatura)	I (factor de relleno)	S (mm ²)
Área A	1525	127	7.70	5.39	25	23.5	16.45	3.31
Área B	970	127	4.90	3.43	25	23.5	16.45	3.31
Área C	1095	127	5.53	3.87	25	23.5	16.45	3.31
Área D	1940	127	9.80	6.86	25	23.5	16.45	3.31
Área E	970	127	4.90	3.43	25	23.5	16.45	3.31

Cálculo del conductor por caída de tensión:

- L: la distancia aproximada del conductor del tablero a las luminarias 16m.
- I_C : 5.39A calculado anteriormente (ver Tabla 27)
- V_n : voltaje de línea 127V
- e%: la distancia entre el interruptor principal y el centro de carga es aproximadamente de 40 m; entonces $e\% = 1$

$$S = \frac{4 * L * I_C}{V_n * e\%} \quad s = \frac{4 * 16 * 5.39}{127 * 1} = 2.71mm^2 \quad (8)$$

Tabla 28. Cálculo del conductor por método de caída de tensión

Plantas	Potencia (iluminación y contactos)	V_n (voltaje nominal)	I	I_C (corregida)	Longitud (m)	fd (factor de demanda)	fp (factor de potencia)	e%	S (mm ²)
Área A	1525	127	7.70	5.39	16	0.7	0.9	1	2.72

Área B	970	127	4.90	3.43	7.6	0.7	0.9	1	0.82
Área C	1095	127	5.53	3.87	1.1	0.7	0.9	1	0.13
Área D	1940	127	9.80	6.86	2.9	0.7	0.9	1	0.63
Área E	970	127	4.90	3.43	28.2	0.7	0.9	1	3.05

2.14 Cálculo del calibre de los conductores eléctricos para iluminación exterior

Tabla 29. Cálculo del conductor de iluminación exterior

Cálculo del conductor										
Postes	Potencia (postes de 80w)	5 postes de 80w	V	I	I _c (corregida)	I (para el conductor a 25A)	I (corrección por temperatura)	I (factor de relleno)	S (mm ²)	AWG
Postes	80	400	127	2.02	1.41	25	23.5	16.45	3.307	12

2.15 Cálculo de los ductos de protección para iluminación

Se determinó el tamaño de los ductos a partir del método de agrupamiento, tomando en cuenta la cantidad de conductores en ellos y el tamaño de estos, a partir de la suma de las áreas y el factor de corrección.

Cálculo del área A

- Número de cable, y diámetro exterior (ver Tabla 28)
conductores número 12 diámetro exterior: 3.4 mm
1 conductor número 10 diámetro exterior: 4.3 mm
- Se determina el área de cada conductor para después sumar todos.
- Área total de los cinco cables: 50.83mm²
- Después se multiplica por un factor de corrección de 40% debido a que son más de dos conductores: 71.162 (ver Tabla 6)

Tabla 30. Cálculo de los conductores de protección del área A

Planta A				
Tipo de cable	Diámetro exterior	Área (mm ²)	Cantidad	Área total
12	3.4	9.07	4	36.31
10	4.3	14.52	1	14.52
Total				50.83
más un 40 %				71.17

Para este caso se utilizará un ducto de 1/2 in, debido al total de 71,17 a un que en estas últimas fechas la tubería de 3/4 de in es la utilizada como mínimo diámetro en instalaciones eléctricas.

Tabla 31. Cálculo de ductos de protección por área

Plantas	Potencia (Iluminación y contactos)	Calibre (AWG)	S (mm ²)	Ducto (in)
Área A	1775	12	3.307	(3/4)
Área B	1095	12	3.307	(3/4)
Área C	1220	12	3.307	(3/4)
Área D	2190	12	3.307	(3/4)
Área E	1095	12	3.307	(3/4)

2.16 Para canalizaciones de los motores eléctricos.

Tabla 32. Ejemplo de cálculo de la bomba de 1HP.

1 hp				
Tipo de cable	Diámetro exterior	Área (m ²)	Cantidad	Área total
12	3.4	9.07	3	27.23
10	4.3	14.52	1	14.52
total				41.75
más un 40 %				58.46

Para este caso se utilizará un ducto de 1/2 in, debido al total de 58.46 a un que en estas últimas fechas la tubería de 3/4 de in es la utilizada como mínimo diámetro en instalaciones eléctricas (ver Tabla 15)

Tabla 33. Cálculo de ductos de protección para bombas

HP	Según las tablas (mm ²)	Calibre (AWG/Kcmil)	Ducto (Pulgada)
5	2.5	12	(3/4)
5	2.5	12	(3/4)
1	2.5	12	(3/4)
1	2.5	12	(3/4)
7,5	4	10	(3/4)
7,5	4	10	(3/4)

2.17 Para canalizaciones de iluminación exterior

Se tomó en cuenta un aproximado de 5 conductores por ducto, 4 cables de 12, 1 cable de 10.

Tabla 34. Cálculo de ductos de protección para iluminación exterior

Iluminación exterior				
Tipo de cable	Diámetro exterior	Área (m ²)	Cantidad	Área total
12	3.4	9.07	4	36.31
10	4.3	14.52	1	14.52
total				50.83
40% mas				71.17

Para este caso se utilizará un ducto de 1/2 in, debido al total de 71.17 a un que en estas últimas fechas la tubería de 3/4 de in es la utilizada como mínimo diámetro en instalaciones eléctricas.

2.18 Cálculo de la capacidad de las pastillas termomagnéticas para proteger el circuito de iluminación interior

Se calcula a partir de la corriente que va circular através del alumbrado y los contactos, es decir la corriente corregida para un sistema monofásico (127V), el cual se dimensionara un 25%.

Calculó del área A

- I_c : 5.39 A (ver Tabla 26)

$$I_{AL\ 25\%} = I_c * 1.25 \quad I_{AL\ 25\%} = 5.39A * 1.25 = 6.73A \quad (11)$$

- Se necesita una pastilla de 15A número comercial (ver Tabla 21)

Tabla 35. Cálculo de interruptores termomagnéticas

Plantas	I_c	I (al 25%)	Interruptor (v) comercial (1)
Planta A	5.39	6.74	15

Planta B	3.42	4.28	15
Planta C	3.87	4.83	15
Planta D	6.85	8.57	15
Planta E	3.42	4.28	15

2.19 Cálculos de la capacidad de las pastillas termomagnéticas para proteger el circuito de iluminación exterior

- Datos previamente calculados (ver Tabla 28)

Tabla 36. Cálculo de interruptores termomagnéticos

Cálculo de interruptor termomagnético			
Postes	I_c	I (al 25%)	Interruptor (V) comercial 1
Postes	1.41	1.76	15

2.20 Cálculo de los alimentadores para motores eléctricos

- HP : 5HP
- E : 220V
- N : 0.875 (ver Tabla 17)
- fp : 0.85 (ver Tabla 17)

A partir de los valores que se obtienen se calcula sustituyendo en la Ecuación 11.

La NOM dice que los conductores que alimentan los motores deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor.

Para este caso se utiliza el conductor 12 AWG, ya que este soporta desde 25 A y 75°C, ver Tabla 15.

Tabla 37. Cálculo de los conductores de alimentación de motores

N (eficiencia)	HP	W	fp	$E(V)$	I_n	I (con 125 %)	Según las tablas (mm ²)	Calibre (AWG/Kcmil)
0.87	5	3728.5	0.85	220	13.24	16.55	2.5	12
0.87	5	3728.5	0.85	220	13.24	16.55	2.5	12
0.8	1	745.7	0.81	220	3.02	3.78	2.5	12
0.8	1	745.7	0.81	220	3.02	3.78	2.5	12
0.88	7.5	5592.75	0.89	220	18.75	23.44	4	10

0.88	7.5	5592.75	0.89	220	18.75	23.44	4	10
------	-----	---------	------	-----	-------	-------	---	----

A continuación, se presenta el cálculo del calibre del conductor de un motor por caída de tensión (para una instalación trifásica):

- L : la distancia aproximada del conductor del tablero a las luminarias 14.64m.
- I_c : 9.21 A, teniendo calculada ya la corriente se busca la corriente corregida (ver Ecuación 7)
- V_f : voltaje entre fase y fase 220V
- $e\%$: la distancia entre el interruptor principal y el centro de carga es aproximadamente de 40 m; entonces $e\% = 1$

Tabla 38. Cálculo de los conductores de alimentación de motores por caída de tensión

HP	fd (factor de corrección)	Longitud (m)	fp	W	V	I	I_c	V_n	$e\%$	S (mm ²)
5	0.7	14.64	0.85	3728.5	220	13.16	9.21	220	1	1.23
5	0.7	14.4	0.85	3728.5	220	13.16	9.21	220	1	1.21
1	0.7	3.95	0.81	745.7	220	3.02	2.11	220	1	0.08
1	0.7	4.32	0.81	745.7	220	3.02	2.11	220	1	0.08
7.5	0.7	12.07	0.89	5592.75	220	18.64	13.05	220	1	1.43
7.5	0.7	12.86	0.89	5592.75	220	18.64	13.05	220	1	1.53

2.21 Cálculos de la pastilla termomagnéticas para proteger el circuito de un motor.

Se determina a partir de la corriente que va circular a través del motor, es decir la corriente para un sistema trifásico la cual es la corriente nominal que es multiplicado por un factor dependiendo de su número y a partir de este se calcula el factor de potencia a plena carga (ver Tabla 21).

- HP : 5HP
- I_n : 13.6 (ver Tabla 37)
- Ajuste de protección, fusible sin retaso de tiempo 2.50 (ver Tabla 20)

$$I_{interruptor} = I_n * 2.50 \quad I_{interruptor} = 13.6A * 2.50 = 32.9 A \quad (11)$$

Tabla 39. Cálculo de las pastillas termomagnéticas

HP	I_n	I (ajuste de protección)	interruptor (v) comercial (3 polos)
5	13.16	32.9	40

5	13.16	32.10	40
1	3.02	4.53	15
1	3.02	4.53	15
7,5	18.64	46.6	50
7,5	18.64	46.6	50

2.22 Cálculo del transformador de pedestal

La potencia instalada se muestra en la Tabla 40. A partir de esta se trabaja el cálculo:

Tabla 40. Suma de las potencias instaladas en la planta de tratamiento

Nombre del equipo	Potencia (w)
Bomba sumergible	3728.5
Bomba sumergible	3728.5
Bomba horizontal	745.7
Bomba horizontal	745.8
Soplador centrifugo	5592.75
Soplador centrifugo	5592.75
Policontactos polarizados y planta A	1525
Policontactos polarizados y planta B	970
Policontactos polarizados y planta C	1095
Policontactos polarizados y planta D	1940
Policontactos polarizados y planta E	970
Postes exteriores	400
total (W)	25542,5
total (kW)	25.5425

La potencia necesaria en la alimentación para un factor de utilización promedio de 0.75 y un coeficiente de simultaneidad de 0.60, ver Tabla 22.

Se trabaja con un factor de potencia de 0.9, ver Tabla 12 y un factor de ampliación de 1.3 (ampliación de un 30% de la potencia instalada.)

Potencia necesaria:

$$P = 25.54 * 0.75 * 0.60 = 11.49KW \quad (13)$$

Potencia aparente:

$$S = \frac{1.3 * 11.49}{0.9} = 16.59\text{KVA} \quad (14)$$

La potencia normalizada para transformador de distribución inmediatamente superior es de 17 KVA, por lo que trabajare con un transformador monofásico, a continuación, se calculara la intensidad del lado primario y secundario.

Un transformado trifásico de relación de transformación de 220/127V suministra a una carga de 25542.5W de potencia a 220V, considerando un factor de potencia de 0.9 inductivo.

Con una relación de transformación de:

$$m = \frac{v_1}{v_2} = \frac{220}{127} = 1.73 \quad (14)$$

Intensidad que suministra el transformador:

$$I_2 = \frac{P_2}{V_2 * \cos \theta} = \frac{25542.5}{220 * 0.9} = 129.00\text{A} \quad (15)$$

La intensidad que circula por el primario se calcula partiendo de la relación de transformación:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{M}; \quad I_1 = \frac{I_2}{m} = \frac{129}{1.73} = 74.56\text{A} \quad (16)$$

Se determina que se usara un transformador tipo pedestal monofásico de 220/127V de 25 KVA según el fabricante, con una corriente de 129 A del lado secundario y de 74.56 del lado primario.

Capítulo 3. Conclusiones

Para este proyecto el objetivo más importante y laborioso fue el explicar la manera en que se realizaron los cálculos de cada uno de los componentes eléctricos, porque no se trata solo de instalar, si no de saber que es lo más adecuado, seguro y útil dentro de una instalación eléctrica industrial.

Uno de los grandes inconvenientes en la instalación fue el diseño de la estructura e instalación eléctrica por medio del programa AutoCAD, ya que se diseña a partir de medidas y datos obtenidos por CAPA, comenzando con el diseño de la obra civil, para conocer la manera en que se establecen cada uno de los componentes eléctricos ya previamente dimensionados, tomando en cuenta que los sistemas de fuerzas están instalados en lugares ya establecidos.

Para la instalación de los componentes eléctricos como son lámparas, contactos, apagadores, etc., se dimensiono a partir de la carga máxima a utilizar, como el espacio que se tiene; por ejemplo, para la cantidad de lámparas a utilizar es de acuerdo con lo que se realiza en el trabajo se determina las especificaciones, uno de los inconvenientes fue la colocación de cada uno de los componentes ya que físicamente no se conoce la estructura por lo tanto se supuso la ubicación.

Para el caso del sistema de fuerzas que son seis bombas con diferente potencia, se dimensiono desde el conductor y protecciones debido a los picos de corriente que implica su arranque, ya que estas se encuentran distribuidas en diferente lugar, tomando en cuenta que son líneas subterráneas y que conectan a un cuarto de tableros. Debido a esto fue complicado especificar la instalación de los registros, concluí que fuese mejor un cuarto solo para el control de las bombas.

Siguiendo con los objetivos para el dimensionamiento de los conductores eléctricos se dividió por circuitos donde se tenían cinco áreas que incluyen contactos, apagadores e iluminación donde para estos casos se determinó a partir de tres métodos, método de corrección de la corriente, por factor de agrupamiento, por factor de temperatura y por el método de caída de tensión. Para el caso de los conductores de las bombas se dimensiono a partir de la corriente a plena carga del motor para motores trifásicos de igual manera se determinó a partir de los cuatro métodos mencionados anteriormente. Donde para cada caso no se instaló lo que fue la tierra física para ninguno de los sistemas eléctricos, que pienso que fue algo muy

imprudente debido que es la única manera de protección para los equipos causados por grandes descargas eléctricas debido a cualquier causa.

Para el caso de la protección del sistema eléctrico se incluye lo que es el tubo de protección y los interruptores termomagnéticas, para el cual se instaló un interruptor por cada circuito donde se derivó dos interruptores principales y uno general con el fin de obtener una protección adecuada sobre cualquier carga o descarga de corriente. Para los tubos de protección se tomó a partir de la cantidad de conductores en el tubo y multiplicado por un factor dependiendo la cantidad de conductores que hubiera en ella. Se tendría menos gasto si en el tubo de protección se hubiera utilizado más circuitos ya que se tuvo un dimensionamiento muy grande para el propuesto.

Para este tipo de obras eléctricas se aplicó todos los conocimientos que se fueron obteniendo con el paso de los años en la ingeniería de la UQROO como en las que se aplicaron en la vida real, en donde fue necesario obtener experiencia de diferentes opiniones de ingenieros, cabe mencionar que el apoyo por parte de CAPA fue fundamental para el desarrollo de este proyecto ya que se obtuvo experiencias y recomendaciones útiles que no son lo mismo trabajarlo teóricamente que aplicarlo ya en un caso real.

Bibliografía

- [1] Bettys Farias. M (26/09/16), Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales 15 de septiembre del 2019, (<https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-modulo-iii>)
- [2] Organización de tratamiento de aguas residuales (2016), Etapas del proceso de tratamiento, 15 de septiembre del 2019, (<https://tratamientodeaguasresiduales.net/etapas-del-tratamiento-de-aguas-residuales/>).
- [3] José García T. (2003), Instalaciones Eléctricas de Media y Baja Tensión, 3a edición, 2a reimpresión, Magallanes, 25; 28015 Madrid ESPAÑA, Mónica Elvira San Cristóbal.
- [4] Fabiola Trelles R. (15 de mayo de 2015), La historia de la electricidad en México, una asignatura pendiente, 15 de septiembre del 2019, (<http://www.luz2015.unam.mx/leer/120/la-historia-de-laelectricidad-en-mexico-una-asignatura-pendiente>)
- [5] Enríquez Harper (2005), El ABC de las instalaciones eléctricas industriales, Balderas, México. D.F, Grupo NORIEGAS editorial.
- [7] comisión de agua potable y alcantarillado del estado de quintana roo, Programa de desarrollo institucional de infraestructura hidráulica y sanitaria (2011-2016), p.15
- [8] H. Ayuntamiento de Felipe Carrillo Puerto programa de desarrollo urbano (2017 – 2025), pp.64.
- [9] Javier García Fernández, Oriol Boix (2013), Iluminación en interiores, 15 de septiembre del 2019, (<https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint.html>)
- [10] Conductores VIAKON, Copyright © 2012 Conductores Monterrey S.A. de C.V. Derechos reservados. www.viakon.com
- [11] Norma oficial mexicana nom-001-sede-2018, instalaciones eléctricas.