



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

“Diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión según las normas establecidas
NEC y NFPA para el área de dosificación, empaque y transporte del producto
terminado de balanceado de camarón en la empresa ALIBAL S.A ubicada en la
ciudad de Durán-Ecuador”

AUTOR:

Herrera Garaví, Fernando Camilo

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA
Con Mención en Gestión Empresarial Industrial**

TUTOR

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **HERRERA GARAVÍ FERNANDO CAMILO**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico – Mecánica**.

TUTOR

f. _____

ING. ROMERO ROSERO, CARLOS BOLÍVAR, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA



DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Herrera Garaví, Fernando Camilo**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión según las normas establecidas NEC y NFPA para el área de dosificación, empaque y transporte del producto terminado de balanceado de camarón en la empresa ALIBAL S.A ubicada en la ciudad de Durán-Ecuador** previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2019

EL AUTOR

f. _____
HERRERA GARAVÍ, FERNANDO CAMILO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, Herrera Garaví, Fernando Camilo

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión según las normas establecidas NEC y NFPA para el área de dosificación, empaque y transporte del producto terminado de balanceado de camarón en la empresa ALIBAL S.A ubicada en la ciudad de Durán-Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2019

EL AUTOR

f. _____
HERRERA GARAVÍ, FERNANDO CAMILO

REPORTE URKUND

Informe del Trabajo de Titulación de la Carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica, con **3%** de coincidencias perteneciente al estudiante, **HERRERA GARAVÍ FERNANDO CAMILO**.

URKUND

Documento: TT-FH-B-2018-Finalizado-4ta. revisión final 14-02-19.docx (D47953838)

Presentado: 2019-02-15 00:06 (-05:00)

Presentado por: Carlos Bolivar Romero Rosero (carlos.romero@cu.ucsg.edu.ec)

Recibido: edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: [TT-FH-B-2018] [Mostrar el mensaje completo](#)

3% de estas 39 páginas, se componen de texto presente en 7 fuentes.

Lista de fuentes	Bloques
http://www.javierbotero.com/Javier_Botero/SUBESTACIONES.html	<input type="checkbox"/>
1436828769_19. MOLINA ALAY TESIS FINAL 09 julio 2015.docx	<input type="checkbox"/>
- Tesis Capítulos.doc	<input type="checkbox"/>
https://www.ensa.com.pa/sites/default/files/no.com_08.01_transform...	<input type="checkbox"/>
http://www.directindustry.es/prod/erjiez-magnetics-europe-limited/pro...	<input checked="" type="checkbox"/>
http://www.reporteroindustrial.com/temas/Recomendaciones-para-la-a...	<input checked="" type="checkbox"/>

1 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

82% # 1 Activo **Archivo de registro Urkund:** Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / T... **82%**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO

MECÁNICA

TEMA: "Diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión según las normas establecidas NEC y NFPA para el área de dosificación, empaque y transporte del producto terminado de balanceado de camarón en la empresa ALIBAL S.A ubicada en la ciudad de Durán-Ecuador"

AUTOR: Herrera Garaví, Fernando Camilo Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TUTOR Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar

Guayaquil, Ecuador

Atentamente,

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar, M.Sc.

DOCENTE – TUTOR

AGRADECIMIENTO

Al concluir este objetivo, esta meta, este sueño; quiero recalcar mi profundo agradecimiento a Dios y a la santísima Virgen María por guiar siempre mis decisiones y mis pasos.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y al personal docente de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo por permitirme culminar mi carrera a través de sus enseñanzas y experiencias.

A mi tutor Ing. Carlos Romero Rosero, M.Sc. y al Director de Carrera Ing. Miguel Heras Sánchez, M.Sc., por todo su apoyo, colaboración y disponibilidad para poder culminar mi trabajo de titulación.

A mi familia que de manera directa o indirecta siempre estuvieron pendiente de mi formación académica y profesional.

Fernando Camilo

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico con todo mi corazón a mi familia, que siempre estuvo a mi lado con su apoyo incondicional.

A mi amada esposa Vanessa, que siempre me brindó sus consejos y juntos sacamos este sueño adelante, eres mi pilar fundamental junto a mi hijo Fernando, son mi inspiración.

A mis padres Aurelio y Aurora, ustedes que siempre me enseñaron a cumplir mis metas y sueños de forma correcta y honesta.

A mis hermanos Diana, Luis Alberto (+) y Valeria; porque siempre tuve ese apoyo que solo un hermano lo puede dar.

Fernando Camilo



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.

ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.

DECANO

f.

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f.

ING. GALARZA CHACÓN, LUIS CARLOS, Mgs.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT.....	XIX
CAPÍTULO 1 . EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Hecho científico o situación problemática.....	3
1.3. Formulación del problema de investigación	3
1.4. Justificación y alcance del tema de investigación.....	3
1.5. Objetivo general	4
1.6. Objetivos específicos	4
1.7. Tipo de investigación	4
1.8. Metodología	5
CAPÍTULO 2 . FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1. Generalidades de la electricidad.....	6
2.1.1. Simbología eléctrica.....	6
2.1.2. Acometida	6
2.1.3. Ampacidad	6
2.1.4. Breaker	6
2.1.5. Circuito eléctrico	6
2.1.6. Corriente eléctrica	7
2.1.7. Corriente nominal.....	7
2.1.8. Corriente de cortocircuito	7
2.1.9. Corriente alterna.....	7
2.1.10. Diferencial de potencial.....	7
2.1.11. Impedancia	7
2.1.12. Resistencia eléctrica	7
2.1.13. Reactancia	8
2.1.14. Reactancia inductiva.....	8

2.1.15.	Reactancia capacitiva	8
2.1.16.	Transformador eléctrico	9
2.1.17.	Banco de Transformadores.....	9
2.1.18.	Potencia eléctrica.....	9
2.2.	Criterios para un diseño e instalación eléctrica.....	9
2.2.2.	Confiabilidad.....	9
2.2.3.	Flexibilidad	9
2.2.4.	Selectividad.....	9
2.2.5.	Fácil operación	10
2.2.6.	Estética	10
2.3.	Instalaciones eléctricas en alta y media tensión.....	10
2.3.1.	Componentes de una subestación eléctrica de distribución.	10
2.3.2.	Transformador.....	12
2.3.3.	Interruptor de potencia	12
2.3.4.	Restaurador o Reconectador	13
2.3.5.	Aisladores.....	14
2.4.	Instalaciones eléctricas en baja tensión	15
2.4.1.	Instalaciones eléctricas para iluminación industrial.....	16
2.4.2.	Esquemas eléctricos de instalaciones de alumbrado industrial.....	17
2.4.3.	Puesta a tierra	18
2.4.3.1.	Varilla de puesta a tierra.....	20
2.4.3.2.	Geometría de la puesta a tierra	21
2.4.3.3.	Resistividad de la tierra	21
2.4.3.4.	Criterio para el cálculo del sistema a tierra	22
2.4.3.5.	Voltaje de paso	22
2.4.3.6.	Tensión de contacto	23
2.4.3.7.	Cálculo de la resistencia de la puesta a tierra	23
2.4.3.8.	Cálculo del número de varillas de puesta a tierra.....	23
2.4.3.9.	Selección del conductor de la malla	24
2.4.3.10.	Sistema de malla de puesta a tierra para una industria	24
2.5.	Motores asíncronos.....	26
2.5.1.	Clases de diseño de los motores de inducción	27
2.5.2.	Clase de eficiencia de motores y su equivalencia en las normas NEMA e IEC	28

2.6.	Motores síncronos	28
2.7.	Factor de potencia	30
2.7.1.	Factor de potencia en adelanto y retraso	32
2.7.2.	Fórmulas para calcular la corrección del factor de potencia.....	32
2.7.3.	Causas para tener un factor de potencia bajo	33
2.7.4.	Legislación del factor de potencia.....	33
2.7.5.	Tablero de condensadores	34
2.7.6.	Paso fijo y paso variable	35
2.8.	Panel principal de distribución	35
2.9.	Paneles secundarios de distribución	36
2.10.	Factor de servicio.....	36
2.1.	Demanda requerida.....	37
2.11.1.	Demanda.....	37
2.11.2.	Carga instalada	37
2.11.3.	Factor de simultaneidad.....	37
2.11.4.	Factor de coincidencia.....	37
2.11.5.	Selección de conductores según NEC 2011.....	37
2.11.6.	Cálculos utilizados en el diseño eléctrico.....	39
2.12.	Componentes del proceso de producción	39
2.12.1.	Silos	39
2.12.2.	Tubería de hierro	40
2.12.3.	Esclusa o válvula rotativa.....	41
2.12.4.	Transportador de cadena.....	42
2.12.5.	Sensor tipo paleta vibratoria.....	43
2.12.6.	Compuerta tipo cuchilla	44
2.12.7.	Cribas de limpieza de impurezas	44
2.12.8.	Rotoimán	45
2.12.9.	Detector de metales tipo tubular.....	46
2.12.10.	Elevador de canguilones.....	47
CAPÍTULO 3 .DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		48
3.1.	Ubicación de la empresa ALIBAL S. A.....	49
3.2.	Proceso de producción	49
3.3.	Levantamiento de la carga eléctrica instalada en el edificio #1	52

3.3.1.	Compresor de tornillo	53
3.3.2.	Esclusa del silo de producto terminado.....	54
3.3.3.	Criba de limpieza	55
3.3.4.	Roto imán.....	56
3.3.5.	Esclusa de la báscula de dosificación.....	57
3.3.6.	Transportador de cadena	58
3.3.7.	Elevador de canguilones	59
3.3.8.	Levantamiento de la carga eléctrica instalada de una línea de proceso del edificio #1.....	60
3.3.9.	Levantamiento de carga de la iluminación del edificio #1	60
3.3.10.	Levantamiento de carga instalada de tomacorrientes del edificio #162	
3.4.	Cálculo de la demanda requerida en el edificio #2.....	62
3.5.	Diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión	63
3.5.1.	Cálculo de la corrección del factor de potencia del edificio #1	63
3.5.2.	Cálculo de la corrección del factor de potencia del edificio #2	68
3.5.3.	Esquema de conexión de banco de condensadores para la corrección del factor de potencia	73
3.5.4.	Cálculo de la acometida hacia la carga instalada.....	74
3.5.5.	Cálculo del disyuntor de la carga.....	74
3.5.6.	Cálculo de la acometida hacia el PD Auxiliar	75
3.5.7.	Cálculo del disyuntor principal del PD Auxiliar.....	75
3.5.8.	Cálculo del breaker principal del PPD.....	75
2.5.9.	Cálculo de la acometida hacia el panel principal de disyuntores.....	75
3.5.10.	Cuarto de transformadores	76
3.5.11.	Esquema de conexiones del banco de transformadores para el edificio #2.....	76
3.5.12.	Acometida en media tensión	77
3.5.13.	Celda de media tensión.....	78
3.5.14.	Cálculo de la malla de tierra.....	78
3.5.15.	Cálculo del número de varillas.....	78
3.5.16.	Cálculo del conductor de la puesta a tierra.....	80
3.6.	Presupuesto aproximado del sistema eléctrico en baja	80
3.7.	Resumen de resultados de los cálculos del sistema eléctrico para el edificio #1 y #2.....	86

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
4.1. Conclusiones	87
4.2. Recomendaciones	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: <i>COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE 4 TECNOLOGÍAS COMERCIALES DE ILUMINACIÓN</i>	17
TABLA 2.2: <i>RESISTIVIDAD DE LOS TIPOS DE SUELOS TÍPICOS</i>	21
TABLA 2.3: <i>EQUIVALENCIAS DE LA EFICIENCIA DE MOTORES DE INDUCCIÓN EN NORMAS NEMA E IEC</i>	28
TABLA 2.4: <i>AMPACIDAD DE CONDUCTORES SEGÚN SU CALIBRE, AISLANTE Y MÁXIMA TEMPERATURA AMBIENTE</i>	38
TABLA 3.1: <i>DATOS DE PLACA DEL COMPRESOR DE TORNILLO</i>	53
TABLA 3.2: <i>DATOS DE PLACA DE LA ESCLUSA DE PRODUCTO TERMINADO</i>	54
TABLA 3.3: <i>DATOS DE PLACA DE LA CRIBA DE LIMPIEZA</i>	55
TABLA 3.4: <i>DATOS DE LA PLACA DEL ROTO IMÁN</i>	56
TABLA 3.5: <i>DATOS DE PLACA DE LA ESCLUSA DE BÁSCULA DE DOSIFICACIÓN</i>	57
TABLA 3.6: <i>DATOS DE LA PLACA DEL TRANSPORTADOR DE CADENA</i>	58
TABLA 3.7: <i>DATOS DE LA PLACA DEL ELEVADOR DE CANGUILONES</i>	59
TABLA 3.8: <i>CARGA INSTALADA DE UNA LÍNEA DE PROCESO DEL EDIFICIO #1</i>	60
TABLA 3.9: <i>CARGA INSTALADA DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO #1</i>	61
TABLA 3.10: <i>CARGA INSTALADA DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO #2</i>	61
TABLA 3.11: <i>CARGA INSTALADA DE TOMACORRIENTES DEL EDIFICIO #1</i>	62
TABLA 3.12: <i>DEMANDA DE POTENCIA ACTIVA EN EL EDIFICIO #2</i>	62
TABLA 3.13: <i>PRESUPUESTO APROXIMADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO #1</i>	80
TABLA 3.14: <i>PRESUPUESTO APROXIMADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO #2</i>	81
TABLA 3.15: <i>COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA SECTOR INDUSTRIAL NEGOCIO GUAYAS-LOS RÍOS</i>	82
TABLA 3.16: <i>AHORRO MENSUAL DE UN EQUIPO DE LA LÍNEA DE PROCESO</i>	84

TABLA 3.17: <i>AHORRO ENERGÉTICO MÁXIMO ANUAL DEL EDIFICIO#2</i>	84
TABLA 3.18: <i>AHORRO ENERGÉTICO ANUAL DEL EDIFICIO #2</i>	85
TABLA 3.19: <i>COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO</i> <i>#1 y #2</i>	86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: PARTES DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	11
FIGURA 2.2: TRANSFORMADOR DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	12
FIGURA 2.3: INTERRUPTOR DE POTENCIA DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	13
FIGURA 2.4: RECONECTADOR DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	14
FIGURA 2.5: AISLADORES DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	15
FIGURA 2.6: ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONTROL DE LUMINARIAS EXTERNA MEDIANTE RELOJ PROGRAMABLE	18
FIGURA 2.7: ESQUEMA ELÉCTRICO DE CONTROL DE LUMINARIAS EXTERNAS MEDIANTE FOTOCELIDAS	18
FIGURA 2.8: SIMBOLOGÍA DE PUESTA A TIERRA	19
FIGURA 2.9: VARILLA PUESTA A TIERRA	20
FIGURA 2.10: MALLA CUADRADO CON ELECTRODOS O VARILLAS	25
FIGURA 2.11: MALLA RECTANGULAR CON ELECTRODOS	25
FIGURA 2.12: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN MOTOR ASÍNCRONO	26
FIGURA 2.13: SECCIÓN TRANSVERSAL DEL MOTOR SÍNCRONO Y SUS PARTES	30
FIGURA 2.14: TRIÁNGULO DE POTENCIAS	30
FIGURA 2.15: CURVAS DE CORRIENTE Y VOLTAJE EN ADELANTO Y RETRASO	32
FIGURA 2.16: TABLERO DE CONDENSADORES EN SU VISTA FRONTAL	34
FIGURA 2.17: TABLERO DE CONDENSADORES EN VISTA INTERNA DE SUS ELEMENTOS	35
FIGURA 2.18: GEOMETRÍA DEL SILO A DISEÑAR	40
FIGURA 2.19: MONTAJE DE TUBERÍAS PARA EL LLENADO DE SILOS DE EXTERIOR	41
FIGURA 2.20: PARTES DE UNA VÁLVULA ROTATIVA	42
FIGURA 2.21: TRANSPORTADOR DE CADENA	43
FIGURA 2.22: SENSOR DE NIVEL TIPO PALETAS VIBRATORIAS	44

FIGURA 2.23: <i>COMPUERTA TIPO CUCHILLA</i>	44
FIGURA 2.24: <i>CRIBA DE TAMBOR Y SUS PARTES</i>	45
FIGURA 2.25: <i>TAMBOR MAGNÉTICO</i>	46
FIGURA 2.26: <i>DETECTOR DE METALES</i>	47
FIGURA 2.27: <i>ELEVADOR DE CANGUILONES</i>	48
FIGURA 3.1: <i>LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADO DE CAMARÓN</i>	50
FIGURA 3.2: <i>NUEVO TRIÁNGULO DE POTENCIAS DEL EDIFICIO #1</i>	65
FIGURA 3.3: <i>NUEVO TRIÁNGULO DE POTENCIAS DEL EDIFICIO #2</i>	70
FIGURA 3.4: <i>ESQUEMA DE CONEXIONES DE CAPACITORES CON LAS CARGAS</i>	73
FIGURA 3.5: <i>DIAGRAMA UNIFILAR DE LA ACOMETIDA HACIA PPD</i>	75
FIGURA 3.6: <i>CUADRO DE DIMENSIONES PARA CUARTOS DE TRANSFORMADORES</i>	76
FIGURA 3.7: <i>ESQUEMA DE CONEXIONES DE UN BANCO DE TRANSFORMADORES ESTRELLA - ESTRELLA 460/240V</i>	77
FIGURA 3.8: <i>DISEÑO DE MALLA A INSTALAR EN EDIFICIO #2</i>	79
FIGURA 3.9: <i>AHORRO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO #2 [USD]</i>	85

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se basa en el diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión de las líneas de producción de la empresa ALIBAL S.A. ubicada en el cantón Durán provincia del Guayas, que tiene la meta de duplicar su producción neta diaria de 30 a 60 Ton/horas. Donde se aportará en el mejoramiento de la producción de balanceado de camarón conforme a los estudios realizados en la carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica, para lo cual se plantea un levantamiento de la información de campo de los equipos de producción, luminarias y servicios generales dentro de parámetros técnicos existentes para luego proceder con los respectivos cálculos de demanda y corrección del factor de potencia con la aplicación de criterios técnicos en la utilización de motores de alta eficiencia. El desarrollo de este trabajo de titulación está dividido en dos partes una teórica y una de aportes de cálculos y diseños. En la primera parte se detalla la parte teórica que es la base de los cálculos de este sistema eléctrico. En las aportaciones se aprecian los datos obtenidos del levantamiento de información de las cargas para continuar con los cálculos, diseños y un presupuesto aproximado en comparación con el edificio existente, mostrando un ahorro con el actual sistema eléctrico en baja tensión.

PALABRAS CLAVES: PRODUCCIÓN, DEMANDA REQUERIDA, FACTOR DE POTENCIA, EFICIENCIA, BAJA TENSIÓN, BALANCEADO

ABSTRACT

The present titulation work is based on the design and calculation of the low voltage electrical system of the production lines of the company ALIBAL S.A. located in the province of Durán Canton of Guayas, which has the goal of doubling its daily net production from 30 to 60 Ton / hours. Where will be contributed in the improvement of the production of shrimp balanced according to the studies made in the Mechanical Electrical Engineering career, for which a survey of the field information of the production equipment, luminaries and general services within of existing technical parameters to then proceed with the respective calculations of demand and correction of the power factor with the application of technical criteria in the use of high efficiency motors. The development of this degree work is divided into two parts, one theoretical and one of contributions of calculations and designs. In the first part is detailed the theoretical part that is the basis of the calculations of this electrical system. In the contributions we can appreciate the data obtained from the information survey of the loads to continue with the calculations, designs and an approximate budget in comparison with the existing building, showing a saving with the current low voltage electrical system.

KEY WORDS: PRODUCTION, REQUIRED DEMAND, POWER FACTOR, EFFICIENCY, LOW VOLTAGE

CAPÍTULO 1 . EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

INTRODUCCIÓN

La acuicultura trata del conjunto de tareas, conocimientos y metodologías que se orientan al desarrollo de especies acuáticas, estas pueden ser de origen animal o vegetal, por ello se trata de una actividad económica muy importante que se encuentra en crecimiento de forma significativa en los países de Sudamérica.

En Ecuador la mayor cantidad de productos acuícolas son para el consumo de la especie de tilapia y camarón debido a su gran demanda al exportar estas especies. La importancia de la producción de este tipo de producto como el balanceado es debido a que en el balanceado estarán los nutrientes necesarios para el desarrollo de la especie animal, al tener un producto de calidad se garantiza su excelente precio al momento de la exportación hacia los mayores consumidores mundiales.

El aporte a la economía de los países exportadores de camarón se encuentra en un notorio crecimiento debido a la gran demanda del producto por su excelente calidad. Siendo el continente asiático la región de mayor consumo ya que representa el 61% de exportaciones de camarón en el mes de agosto del 2018 según el CNA (Cámara Nacional de Acuicultura).

En Ecuador el Instituto Nacional de Pesca se encuentra realizando trabajos en el marco de la acuicultura, todo orientado a la búsqueda de la diversificación de los productos obtenidos por esta actividad.

1.1. Antecedentes

La empresa ALIBAL S.A. ubicada en la provincia del Guayas y encargada de producir alimentos balanceados para el sector acuícola ecuatoriano, se encuentra en este año con una producción neta diaria de 30 Ton/Horas de balanceado para camarón.

La empresa para el año 2019 desea duplicar su producción con el fin de generar más ingresos y a su vez colaborar con la sociedad brindando oportunidades laborales.

1.2. Hecho científico o situación problemática

Alta demanda insatisfecha del producto de balanceado de camarón de la empresa ALIBAL S. A. ubicada en la ciudad de Durán actualmente.

Posibles causas

- Falta del sistema eléctrico en baja tensión.
- Máquinas eficientes pero limitadas en su producción.
- Crecimiento del negocio de camarón en el país.

1.3. Formulación del problema de investigación

Analizando la situación problemática y las posibles causas que afectan en ella, se ha escogido la primera causa, la cual sería la futura variable dependiente y el problema de la investigación es:

¿Cómo afecta la falta del sistema eléctrico en baja tensión ante la demanda insatisfecha del producto de balanceado de camarón de la empresa ALIBAL S.A ubicada en la ciudad de Durán actualmente?

1.4. Justificación y alcance del tema de investigación

El tema en presentación responde a una necesidad de lograr duplicar la producción que se produce actualmente en la empresa ALIBAL S.A, esta empresa tiene una alta demanda del producto de balanceado de camarón y para el año 2019 tiene trazada la meta de aumentar significativamente su producción con líneas de producción de última generación que permita a su vez el ahorro de energía eléctrica.

Los principales beneficiados serán tantos los accionistas, propietarios así como los propios colaboradores de la empresa, la misma que al tener una mayor producción se generarán mayores ventas que a su vez se transformarán en ingresos significativos para la empresa otorgando a sus colaboradores beneficios económicos así como estabilidad laboral.

La apertura de una nueva línea de producción creará un impacto social en la comunidad al crearse nuevas plazas laborales, colaborando con el desarrollo de su entorno.

El impacto ambiental que generará la implementación del sistema eléctrico así como la construcción del nuevo edificio de producción serán gestionados en su totalidad por las normas ambientales ISO 14001 la cual garantizará una reducción significativa en el tema de contaminación y generación de desperdicios. Las normas ISO 45001 que es el sistema de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo permitirán al colaborador ejecutar su trabajo con la mayor seguridad posible, con el fin de precautelar la integridad física del trabajador.

El impacto académico que se aplicará en esta investigación será el aporte de los conocimientos adquiridos tanto teóricos como prácticos en el área eléctrica para realizar un diseño eléctrico íntegro y de calidad.

1.5. Objetivo general

- Diseñar un sistema eléctrico de baja tensión mediante un análisis de demanda en la nueva línea de producción de balanceado de camarón de la empresa ALIBAL S. A.

1.6. Objetivos específicos

1. Levantar información acerca de los equipos de la línea de producción de balanceado de camarón actualmente.
2. Calcular la demanda requerida que necesitarán las máquinas de producción y de servicios generales de la nueva línea de proceso con el estudio de motores de alta eficiencia.
3. Diseñar el sistema eléctrico de baja tensión para la nueva línea de producción utilizando las normas NEC y NFPA.
4. Elaborar un presupuesto aproximado del diseño propuesto.

1.7. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizará en este trabajo será de tipo descriptiva y correlacional con un enfoque de diseño cuantitativo, por lo que se dará uso de técnicas de investigaciones de campo, que se aplicarán para realizar este trabajo.

1.8. Metodología

La metodología de investigación es un enfoque de tipo cuantitativo, que es un proceso ordenado y sistemático ligado al diseño del sistema eléctrico que se tratará de implementar en la empresa con la finalidad de crear en la nueva línea de producción un ahorro de energía.

CAPÍTULO 2 . FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se detallarán diversos conceptos básicos de la electricidad, componentes y criterios eléctricos en baja y media tensión.

Así como los componentes y elementos de la línea de producción de este sector de la acuicultura.

2.1. Generalidades de la electricidad

2.1.1. Simbología eléctrica

En este trabajo de titulación se utilizará la simbología NEMA que es utilizada diariamente por el personal eléctrico.

2.1.2. Acometida

Es la instalación eléctrica que deriva desde el suministro eléctrico hasta el medidor o breaker principal de la propiedad.

2.1.3. Ampacidad

Es la corriente máxima que un conductor puede transportar continuamente en condiciones de uso sin superar su temperatura nominal y capacidad de soportar corriente eléctrica.

2.1.4. Breaker

También llamado disyuntor, es un dispositivo eléctrico de protección tanto para el personal que lo manipula como para las maquinarias.

Es capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico al detectar que la corriente eléctrica que circula a través de él es mayor al valor nominal en el dispositivo.

2.1.5. Circuito eléctrico

El circuito eléctrico es el recorrido establecido a través de un diseño que tendrá la corriente eléctrica, lo componen elementos de control que garantizan el flujo de la corriente a través de los diferentes elementos eléctricos según sea las necesidades del lugar a instalarse.

Los circuitos pueden ser representados en circuitos simples, en serie, en paralelo o mixtos.

2.1.6. Corriente eléctrica

Es una magnitud física que circula a través de un material conductor o semiconductor durante un determinado tiempo, su unidad es el amperio.

2.1.7. Corriente nominal

Es corriente eléctrica expresada en amperios, que refleja la cantidad de corriente que circula en un equipo a plena carga y en condiciones normales.

2.1.8. Corriente de cortocircuito

Posible corriente eléctrica de falla a voltaje nominal a la cual un sistema o equipo eléctrico es sometido y que puede causar daños en él, también es conocida por poseer una gran magnitud de corriente al producirse.

2.1.9. Corriente alterna

Es el tipo de corriente eléctrica que cambia constantemente de polaridad, es decir, cambia de la polaridad positiva a la polaridad negativa, su curva característica es una señal senoidal.

2.1.10. Diferencial de potencial

También llamado voltaje o tensión, es una magnitud física que permite que un flujo de electrones que se desplacen a través del conductor, su unidad es el voltio

2.1.11. Impedancia

Es el valor de oposición a la corriente eléctrica en un conductor, es similar al concepto de resistencia eléctrica, pero la impedancia toma su valor como una fase y no como una magnitud como la resistencia.

2.1.12. Resistencia eléctrica

Es el valor de la oposición que presenta un material conductor al paso de la corriente eléctrica dentro de un circuito eléctrico, su unidad es el Ohm.

2.1.13. Reactancia

Es el valor de la oposición a la corriente alterna creada en bobinas y condensadores, junto la resistencia eléctrica conforman la impedancia total de un circuito eléctrico.

$$Z = R + Xj$$

Donde:

Z = Impedancia

R = Resistencia

X = Reactancia

j = Número imaginario

2.1.14. Reactancia inductiva

Producida en las bobinas del sistema, es representada por X_L y su valor es dado de la siguiente fórmula:

$$x_L = \omega L = 2\pi f L$$

Donde:

X_L = Reactancia inductiva (Ω)

ω = Velocidad angular (rad/seg)

f = Frecuencia (Hz)

L = Inductancia (H)

2.1.15. Reactancia capacitiva

Producida en las bobinas del sistema, es representada por X_C y su valor es dado de la siguiente fórmula:

$$x_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Donde:

X_C = Reactancia capacitiva (Ω)

ω = Velocidad angular (rad/seg)

f = Frecuencia (Hz)

C = Capacidad eléctrica (F)

2.1.16. Transformador eléctrico

Es un dispositivo utilizado en el área eléctrica para reducir o aumentar el voltaje de un sistema eléctrico, manteniendo su potencia.

2.1.17. Banco de Transformadores

Dos o más transformadores monofásicos conectados de manera tal que proporcionan energía trifásica.

2.1.18. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es la cantidad de energía que se entrega a un receptor durante un determinado tiempo, su unidad es el Watt.

2.2. Criterios para un diseño e instalación eléctrica

Todo sistema eléctrico debe ser altamente seguro para operadores y equipos.

2.2.2. Confiabilidad

Un sistema es confiable y está presente cuando trabaja en óptimas condiciones.

2.2.3. Flexibilidad

Es la posibilidad de un sistema en realizar varias tareas sin modificar considerablemente su estructura.

- Depende del dueño
- Margen de tolerancia del 20 al 30%

2.2.4. Selectividad

El sistema debe ser selectivo, es decir, sólo ejecutar la tarea para la cual fue diseñada, que sea independiente de cualquier otro sistema.

2.2.5. Fácil operación

- Seguro en operación
- Rotulación de equipos

2.2.6. Estética

Este criterio depende solo de la habilidad del trabajador.

2.3. Instalaciones eléctricas en alta y media tensión

Las instalaciones eléctricas en alta tensión en una empresa generalmente empiezan en la subestación eléctrica de la empresa proveedora del suministro eléctrico.

Empiezan con la llegada de la acometida trifásica de 69 Kv para luego pasar por los diferentes componentes hasta llegar a un nivel de voltaje de media tensión generalmente de 13.2 Kv.

Este nivel de voltaje de media tensión es el que alimentará a la subestación propia de la empresa, en donde se distribuirá según la necesidad de la misma.

2.3.1. Componentes de una subestación eléctrica de distribución.

Una subestación eléctrica es una instalación utilizada exclusivamente para recibir altos y medios voltajes.

Una subestación eléctrica es un punto dentro del sistema de potencia en el cual se cambian los niveles de tensión y corriente con el fin de reducir pérdidas y optimizar la distribución de la potencia eléctrica por todo el sistema.

Es además el núcleo donde se recibe y reparte la energía eléctrica producida en las centrales generadoras, maniobrando y controlando su destino final a los diferentes centros de consumo, con la calidad que debe ser entregada la energía eléctrica.

(Botero, 2013)

En la figura 2.1 se detallaran los diferentes componentes que integran a una subestación eléctrica.

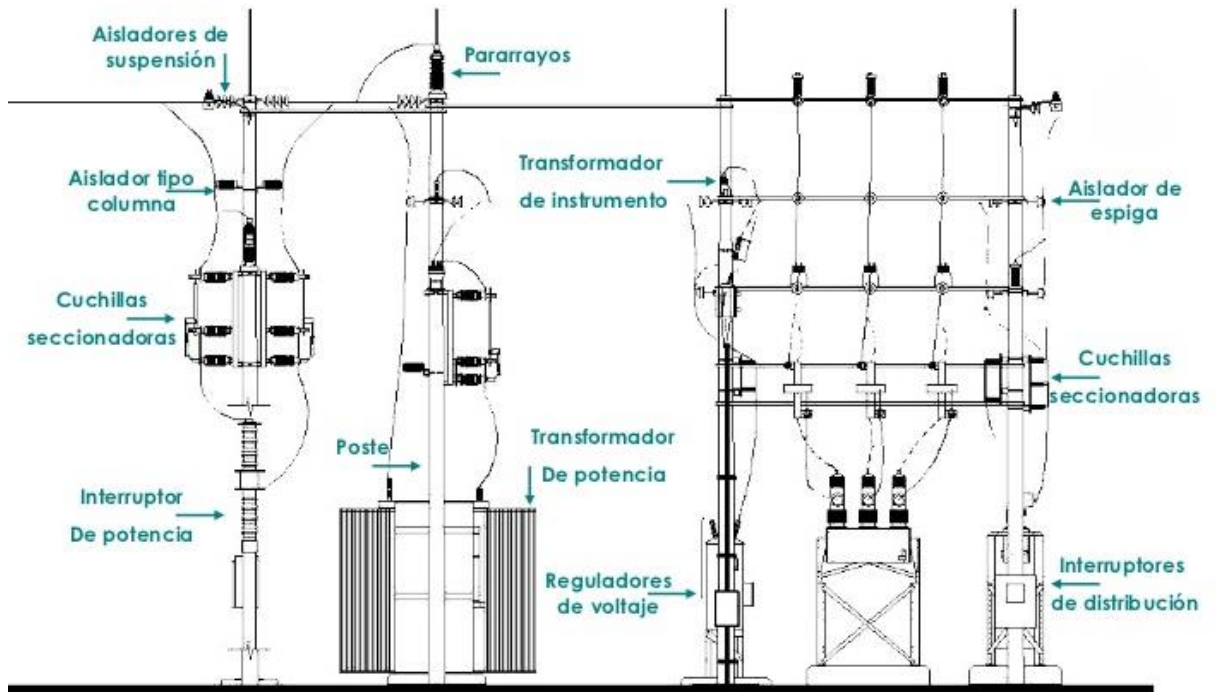


Figura 2.1: Partes de una subestación eléctrica
Fuente: (Paredes, 2017)

Se denomina subestación eléctrica a la instalación que se realiza con el fin de establecer los niveles de tensión que sean necesarios para distribuir y transmitir la energía eléctrica hacia diferentes puntos.

La subestación eléctrica se compone principalmente del transformador y se divide en tres secciones principales, las cuales son cuchillas de paso, interruptor y medición. Las secciones derivadas suelen tener interruptores de diferentes tipos hasta los transformadores.

(Paredes, 2017)

Sus partes:

- Transformador
- Interruptor de potencia
- Restaurador
- Cuchillas fusibles
- Cuchillas seccionadoras

- Aparta rayos
- Tableros dúplex de control
- Condensadores
- Transformadores de instrumento

2.3.2. Transformador.

Es el componente eléctrico de una subestación que permite la reducción del nivel de alto voltaje (69000 voltios) al nivel de media tensión (13800 voltios) manteniendo su potencia.

En la figura 2.2 se puede observar a un transformador desde la subestación eléctrica.



Figura 2.2: Transformador de una subestación eléctrica
Fuente: Autor

2.3.3. Interruptor de potencia

Este componente eléctrico de alta tensión de gran capacidad de ruptura, es decir, soporta el arco eléctrico abrir sus contactos, generalmente tiene un gas llamado SF₆ (gas de hexafluoruro de azufre) como medio de mitigar el arco eléctrico y también como aislante.

Su principal función es la de abrir y cerrar sus contactos ya sea en condiciones normales de maniobra o de falla.

En la figura 2.3 se observara al interruptor desde la subestación eléctrica.



Figura 2.3: *Interruptor de potencia de una subestación eléctrica*
Fuente: *Autor*

2.3.4. Restaurador o Reconectador

El reconectador es el componente eléctrico encargado de abrir o cerrar sus contactos en caso de una falla, así como se observa en la figura 2.4.

El reconectador es su aparato electromecánico que funciona para interrumpir y sensibilizar en cierto tiempo las sobre intensidades de un circuito cuando se presenta una falla eventual o temporal. También se utiliza cuando se hacen recierres de manera automática y cuando se reenergiza el circuito eléctrico. En caso de que la falla continúe, el proceso que se lleva a cabo es abrir y volver a cerrar nuevamente.

La secuencia operacional que se produce tiene hasta cuatro operaciones de apertura, lo que trae como consecuencia que al final quede bloqueado. La secuencia consiste en dos funciones importantes las cuales son probar la línea para confirmar si la condición de falla ha terminado, y también discriminar las fallas temporales y las fallas permanentes.

(Paredes, 2017)



Figura 2.4: *Reconectador de una subestación eléctrica*
Fuente: *Autor*

2.3.5. Aisladores

Los aisladores en una subestación eléctrica tienen la finalidad de soportar en nivel de voltaje en el cual está instalado y de soportar los esfuerzos mecánicos de la línea de alimentación, además de evitar el contacto directo entre la línea energizada y la estructura.

Son contruidos de cerámica, vidrio y de materiales polímeros, esto depende del factor económico y según donde van a ser utilizados.

En la figura 2.5 se muestra a un grupo de aisladores del lado de alto voltaje



Figura 2.5: Aisladores de una subestación eléctrica
Fuente: Autor

2.4. Instalaciones eléctricas en baja tensión

Esta sección del trabajo de titulación abarcará información sobre los esquemas y simbología en instalaciones eléctricas en iluminación industrial de tipo externa e internas, instalaciones eléctricas para servicios generales dentro de la planta a 110 v, 220 v y 440 v.

Así como el mallado de tierra, tipos de conductores, y las diferentes normas como las NEC y NFPA utilizadas en las instalaciones eléctricas.

Este tipo de instalaciones eléctricas aunque son aparte de los tableros eléctricos de control de las máquinas y equipos son de mucha importancia porque en ellas estará el

suministro para el funcionamiento de toda la planta en lo que se refiere a iluminación, laboratorio, cuartos de control y servicios generales de planta.

2.4.1. Instalaciones eléctricas para iluminación industrial

El tema de iluminación industrial actualmente se encuentra en una fase de transición debido a la implementación de la tecnología LED, la cual representa un ahorro energético significativo y además es amigable con el medio ambiente al emitir menor radiación que las lámparas de halogenuros metálicos.

Debido a este hecho esta sección tratará sobre las instalaciones eléctricas industriales de tecnología tipo LED.

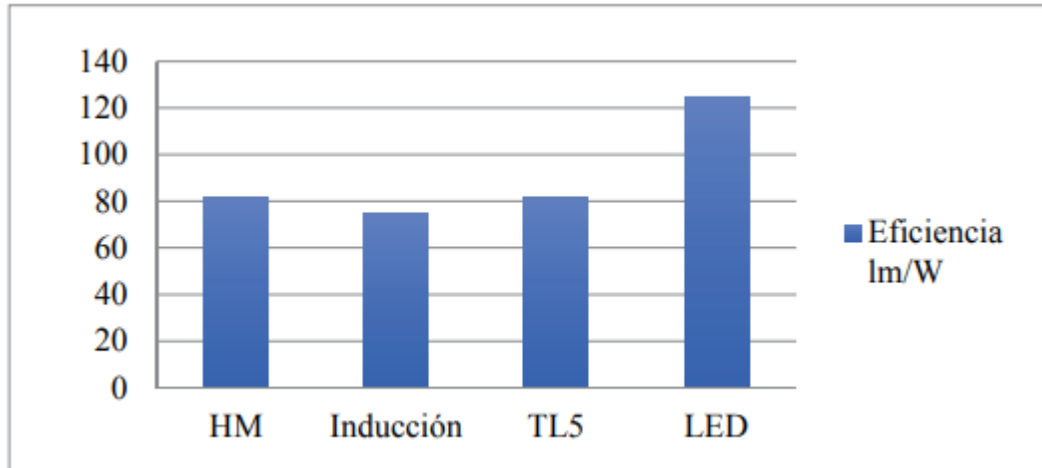
Se predice que para el año 2020 el 75% de la iluminación esté basada en tecnología LED. Hay que apuntar también que esta tecnología contribuye directamente a combatir el cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de acuerdo con la decisión adoptada por el Parlamento Europeo el 17 de junio de 2010 que ha fijado como objetivo para el año 2020, ahorrar un 20% de su consumo de energía primaria. Así creando concienciación ciudadana ante el peligro del calentamiento global y los efectos negativos que tendría el planeta, sumado a una conducta más responsable en el consumo eléctrico y la reducción de residuos tóxicos y peligrosos, han favorecido que desde los estratos políticos se impulsen medidas que ayuden a preservar el medio ambiente y favorezcan la implantación de tecnología más ecológica o amigable con la naturaleza que resulte eficiente gracias al ahorro en el uso de los recursos naturales y la reducción de emisiones de CO₂.

(Serrano-Tierz, Martínez-Iturbe, Guarddon-Muñoz, & Santolaya-Sáenz, 2015)

La tabla 2.1 muestra la eficiencia (lm/W) de cuatro tecnologías disponibles en el mercado. Los valores de la figura muestran una diferencia significativa de más del 50% entre la eficiencia lumínica del LED respecto al resto de tecnologías analizadas. Actualmente tan solo algunos tipos de lámparas de vapor de sodio pueden alcanzar eficiencias comparables al LED, aunque su aplicación principal es la iluminación vial, también es muy usada residencial, comercial e industrialmente...

(Serrano-Tierz et al., 2015)

Tabla 2.1: Comparación de la eficiencia de 4 tecnologías comerciales de iluminación



Fuente: (Serrano-Tierz et al., 2015)

Donde:

HM: Halogenuro metálico

Inducción: luminaria de inducción

TL5: Luminaria tipo tubo PHILIPS

LED: Luminaria tipo LED

2.4.2. Esquemas eléctricos de instalaciones de alumbrado industrial

Las instalaciones eléctricas de alumbrado industrial se dividen en alumbrado externo e interno.

Siendo las de alumbrado externo generalmente controlado su encendido y apagado mediante un reloj (figura 2.6) o en su defecto con fotoceldas (figura 2.7)

410.8 Inspección. Las luminarias se deben instalar de tal forma que las conexiones entre los conductores de la luminaria y los conductores del circuito se puedan inspeccionar sin que haya que desconectar alguna parte del alambrado, a menos que las luminarias estén conectadas mediante clavijas de conexión.

(NEC, 2011)

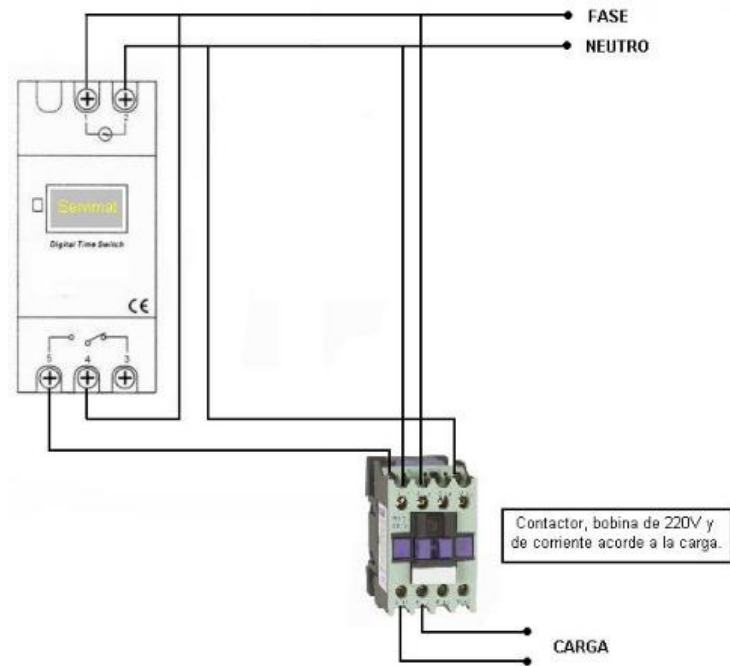


Figura 2.6: Esquema eléctrico de control de luminarias externa mediante reloj programable
Fuente: (Agescimarche, 2016)

En la figura 2.7 podemos observar un esquema de conexiones básico para el control de una luminaria mediante la utilización de una fotocelda.

Su principio de funcionamiento es abrir el suministro de energía que recibe la luminaria mediante contactos internos que son activados por un sensor de luz, es decir, cuando haya luz la luminaria permanecerá apagada y durante la noche la luz encenderá.

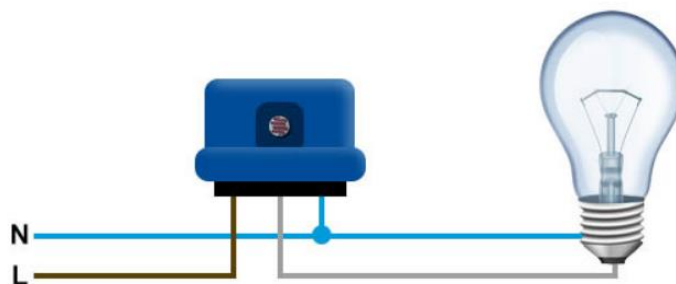


Figura2.7: Esquema eléctrico de control de luminarias externas mediante fotoceldas
Fuente:(Martinez, 2014)

2.4.3. Puesta a tierra

Toda instalación eléctrica por norma del código eléctrico nacional (NEC) debe contar con una instalación de puesta a tierra. Que es el medio por donde la corriente eléctrica descargará en caso de algún contacto indirecto o defecto de algún equipo

debido a que la corriente sigue el camino de menor resistencia, y el cuerpo humano al tener mayor resistividad que la puesta a tierra, la corriente seguirá la vía más fácil.

La puesta a tierra además de proteger al equipo o maquinaria, su principal objetivo es resguardar la integridad física de las personas que intervengan en el manejo de la electricidad. La simbología estándar de la puesta a tierra es el detallado en la siguiente figura 2.8.

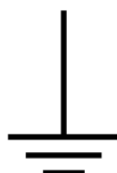


Figura2.8: *Simbología de puesta a tierra*
Fuente: (ISO 7000 / IEC 60417 - *Graphical Symbols for Use on Equipment*, 2002)

200.2 Generalidades. Todas las instalaciones eléctricas en un inmueble, diferentes de los sistemas y circuitos exentos o prohibidos en las secciones 210.10, 215.7, 250.21, 250.22, 250.162, 503.155, 517.63, 668.11, 668.21, y la excepción de la Sección 690.41, deben tener conectado un conductor puesto a tierra que se identifique de acuerdo con la sección 200.6. El conductor puesto a tierra debe cumplir con lo mostrado en las secciones 200.2 (A) y (B).

(A) Aislamiento. El conductor puesto a tierra, cuando esté aislado, debe tener un aislamiento: que sea adecuado y de diferente color a cualquier conductor no puesto a tierra del mismo circuito, en circuitos de menos de 1000 voltios o para sistemas de 1 kV o más, con neutro puesto a tierra a través de impedancia, o de tensión nominal no inferior a 600 voltios para sistemas de 1 kV y más, con neutro sólidamente puesto a tierra, tal como se describe en la sección 250.184(A).

(B) Continuidad. La continuidad de un conductor puesto a tierra no debe depender de una conexión a un Gabinete metálico, una canalización ni del cable armado.

(NEC, 2011)

2.4.3.1. Varilla de puesta a tierra

El conductor o varilla de puesta a tierra debe ser de cobre o de otro material resistente a la corrosión, puede ser macizo o prensado, aislado o desnudo de preferencia, no debe tener en toda su longitud ningún empalme. La instalación de una varilla a tierra no representa a un tema estético, sino que responde a una cuestión de seguridad tanto para la inversión del dueño como para las personas involucradas en el proceso industrial. A continuación en la figura 2.9 se mostrará la forma transversal de una instalación de una varilla de puesta a tierra.

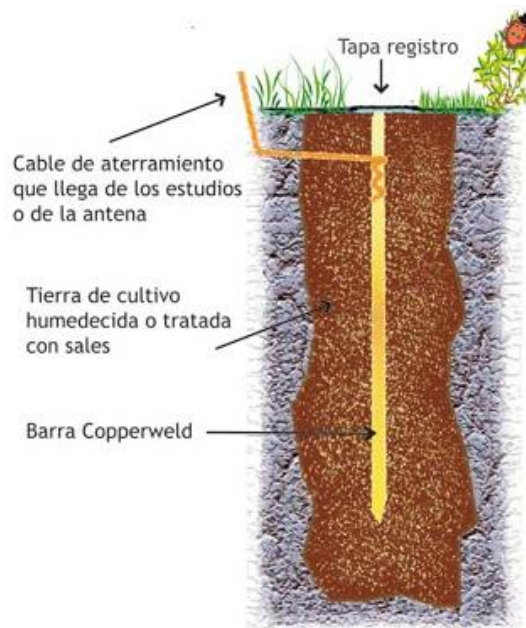


Figura 2.9: Varilla puesta a tierra
Fuente: (García, 2008)

Un pozo a tierra es básicamente eso, un pozo, un hueco que rellenamos con tierra (puede servir la que se usa para plantas o cultivos) donde conectamos el conductor de puesta a tierra que viene de la instalación eléctrica.

Existen diferentes maneras de hacerlo, pero todas se basan en un principio que consiste en enterrar una barra o jabalina de cobre. Comercialmente, esta barra se llama *Copperweld*.

Es conveniente que la tierra esté siempre algo húmeda, ya que de esta manera atraerá más fácilmente la descarga eléctrica.

También puedes echar sal en el hueco donde clavas la barra, eso mejora la conductividad. Otra fórmula eficaz es añadir *bentonita*, un tipo de roca

arcillosa compuesta por varios minerales. Asegúrate de colocar en la parte de arriba del pozo una tapa o caja de registro para su fácil visibilidad y conexión. (García, 2008)

2.4.3.2. Geometría de la puesta a tierra

A continuación se mostrará diversos rangos y criterios al momento de instalar la puesta a tierra.

- Los espaciamientos típicos entre conductores (D) están en el rango: $15m > D > 3m$
- Las profundidades típicas (h) están en el rango: $1.5m > h \geq 0.5 m$
- Los calibres típicos de conductores (ACM) están en el rango: $500 MCM > ACM \geq 2/0 AWG$
- El diámetro del conductor de la malla tiene un efecto despreciable sobre la tensión de malla.
- El área del sistema de puesta a tierra (A) es el factor más importante en la determinación de la resistencia de malla (Rg). Entre mayor sea A, menor será Rg y por lo tanto, es menor la elevación del potencial de tierra (GPR).

(Ramírez Castaño & Cano Plata, 2010)

2.4.3.3. Resistividad de la tierra

En la tabla 2.2 se observa los diferentes rangos de valor óhmico que tienen los diferentes tipos de suelo típicos.

Tabla 2.2: Resistividad de los tipos de suelos típicos

TIPO DE SUELO	RANGO DE RESISTIVIDAD ($\Omega - m$)
Lama	5 – 100
Humus	10 – 150
Limo	20 – 100
Arcillas	80 – 330
Tierra de jardín	140 – 480

Caliza fisurada	500 – 1000
Caliza compacta	1000 – 5000
Granito	1500 – 10000
Arena común	3000 – 9000
Basalto	10000 – 20000

Fuente: (Ramírez Castaño & Cano Plata, 2010)

2.4.3.4. Criterio para el cálculo del sistema a tierra

Sirve para la protección de equipos y personas, facilitar el paso de la corriente durante un disturbio o falla. La ubicación de ésta malla estará ubicada en el cuarto de transformadores, se utilizará varilla COPPERWELD 5/8” Ø X 1,5m, cada nodo será una varilla enterrada a una profundidad de 0,5m y el enmallado se lo realizará mediante un cable desnudo de cobre mínimo # 2/0. El número de varillas serán calculadas bajo el siguiente criterio: área, voltaje y voltaje de paso (es el voltaje que se genera al caminar ya que en este hay un gradiente de potencial).

La conexión de puesta a tierra, lo compondrán los siguientes equipos:

- Todos los paneles de distribución
- Todos los estatores de los motores
- Todos los electro canales
- Todas las estructuras

2.4.3.5. Voltaje de paso

Es el voltaje que existe entre la pisada o los dos pies de la persona y se expresa con la siguiente fórmula:

$$E_p = \frac{165 + \rho s}{\sqrt{t}}$$

Donde:

Ep: Voltaje de paso

ps: Resistividad de la superficie del terreno

t: Tiempo de duración máxima de la falla

2.4.3.6. Tensión de contacto

Es la diferencia de potencial entre un punto de la superficie del terreno y cualquier otro punto que puede ser tocado simultáneamente por una persona, y se expresa en la siguiente fórmula.

$$E_c = \frac{165 + 0.25\rho s}{\sqrt{t}}$$

Donde:

Ec: Tensión de contacto

ρ s: Resistividad de la superficie del terreno

t: Tiempo de duración máxima de la falla

2.4.3.7. Cálculo de la resistencia de la puesta a tierra

El siguiente cálculo será a través del método Laurent – Niemann mediante la siguiente fórmula.

$$R = 0.443\rho \left[\frac{1}{\sqrt{A}} + \frac{1}{L} \right]$$

Donde:

R: Resistencia (Ω)

A: Área total (m²)

ρ : Resistividad del suelo (Ω *m)

L: Longitud total del conductor (m)

2.4.3.8. Cálculo del número de varillas de puesta a tierra

El número de varillas de puesta a tierra a utilizar es en función del área total de terreno, como lo indica la siguiente fórmula:

$$N_v = 0.6 * \sqrt{A_t}$$

Donde:

Nv: Número de varillas

At: Área total

2.4.3.9. Selección del conductor de la malla

Se debe considerar como sección mínima para el conductor de tierra el # 2/0 para toda la malla y con diámetro de 5/8 para las varillas de a cuerdo a las prácticas internacionales observadas.

La selección del conductor la encontraremos con la siguiente fórmula:

$$Ac = I \left[\frac{33t}{\log \left[\frac{Tm-Ta}{234+Ta} + 1 \right]} \right]^{1/2}$$

Donde:

Ac: Sección del conductor (Circular Mil)

I: Corriente max de falla

Tm: Temperatura máxima en nodos de malla (450° C con soldadura y 250° C empernado)

Ta: Temperatura ambiente

t: Tiempo máximo de falla

2.4.3.10. Sistema de malla de puesta a tierra para una industria

Los sistemas de malla de puesta a tierra generalmente están caracterizados por el grupo de conexiones entre conductores y varillas de puesta a tierra según el área de la vivienda, edificio o industria en la que se vaya a instalar.

Existen tipos de mallas, a continuación se mostrarán los más comunes:

- Malla cuadrada con electrodos, según la figura 2.10.

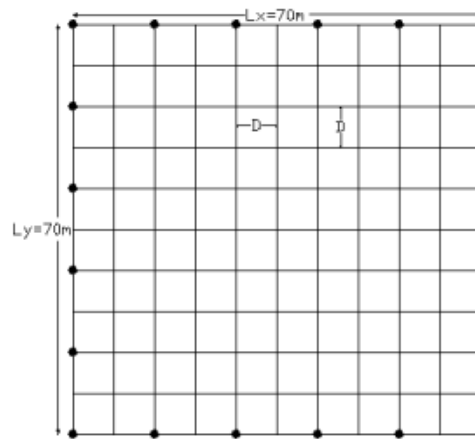


Figura2.10: Malla cuadrado con electrodos o varillas
Fuente: (Ramírez Castaño & Cano Plata, 2010)

Donde:

Ly: Largo del terreno

Lx: Ancho

D = distancia entre conductores de puesta a tierra

- Malla rectangular con electrodos, según la figura 2.11.

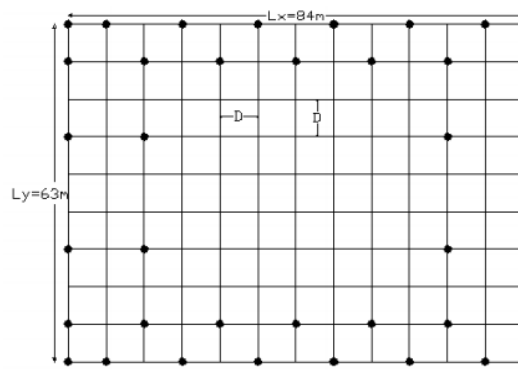


Figura2.11: Malla rectangular con electrodos
Fuente: (Ramírez Castaño & Cano Plata, 2010)

Donde:

Ly: Largo del terreno

Lx: Ancho

D = distancia entre conductores de puesta a tierra

2.5. Motores asíncronos

Los motores asíncronos son los de mayor utilización dentro del área industrial debido a su versatilidad en arrancadores, sencillez de instalación y economía.

Las principales partes del motor asíncrono son el estator que es donde se encontrará el embobinado, y el rotor que es la parte móvil del motor, su sección transversal la podemos observar en la figura 2.12.

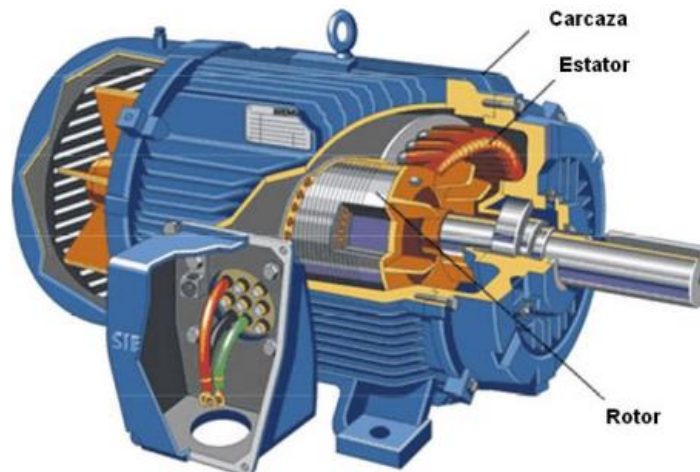


Figura 2.12: Sección transversal de un motor asíncrono
Fuente: (UTN FRMza, 2010)

El funcionamiento de los motores asíncronos empieza cuando se produce el campo magnético que envuelve al rotor haciendo que el rotor gire produciendo un campo rotórico, la velocidad estática y la velocidad rotórica tienen una leve diferencia de sincronismo que se los conoce como desplazamiento y nunca son iguales de ahí su nombre asíncronos.

Los tipos de arrancadores más utilizados con los motores asíncronos son:

- Arranque Directo
- Arranque con variador de frecuencia
- Arrancador suave
- Inversor de giro
- Estrella Delta

2.5.1. Clases de diseño de los motores de inducción

Una manera de guiar al usuario en la selección de los motores de inducción la NEMA en Estados Unidos y la IEC en Europa han definido una serie de diseños estándar de modo que se pueda elegir a un motor en base a sus características y aplicaciones.

Diseño clase A. Los motores de diseño de clase A son de modelo estándar: con un par de arranque normal, intensidad de arranque normal y bajo deslizamiento. El deslizamiento a plena carga en los motores de clase A debe ser menor al 5% y menor que el motor de tamaño equivalente de diseño clase B. El problema principal de esta clase de diseño es la extremadamente alta intensidad de irrupción en el arranque. Los picos de intensidad en el arranque equivalen a entre 500 y 800% de la corriente nominal.

Diseño clase B. Los motores de diseño de clase B tienen par de arranque normal, baja intensidad de arranque y bajo deslizamiento. Este motor produce casi el mismo par de arranque que el motor de clase A con cerca de 25% menos intensidad. Las aplicaciones son similares a los de diseño de clase A, pero los de clase B son preferidos debido a que requieren poca intensidad de arranque.

Diseño clase C. Los motores de diseño clase C tienen un alto par de arranque con bajas intensidades de arranque y bajo deslizamiento a plena carga. Estos motores son construidos con rotores de doble jaula, por lo tanto, son más costosos que los motores de las clases ya indicadas. Se utilizan para cargas de alto par de arranque como bombas, compresores y transportadores.

Diseño clase D. Los motores de diseño de clase D tienen alto par de arranque (275% o más del par nominal) y una baja intensidad de arranque pero también un alto deslizamiento a plena carga. En esencia son motores de diseño de clase A comunes pero las barras del rotor son más pequeñas y la resistencia del material es más elevada.

(Chapman, 2004)

2.5.2. Clase de eficiencia de motores y su equivalencia en las normas NEMA e IEC

En mayo del 2014 la IEC expidió la norma IEC 60034-30-1. Esta norma establece una equivalencia entre los niveles de eficiencia dadas en la normas NEMA con la IEC da tos que serán mostrados en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: *Equivalencias de la eficiencia de motores de inducción en normas NEMA e IEC*

Niveles de Eficiencia	Clases de Eficiencia	
	IEC (Internacional)	NEMA (USA)
Standard	IE1	-
High	IE2	EPAct-92
Premium	IE3	Premium
Super-Premium	IE4	Super-Premium

Fuente: (Quispe, 2015)

2.6. Motores síncronos

Los motores síncronos son llamados así, porque la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator se encuentran en fase o son iguales. Los motores síncronos se han usado en máquinas grandes que tienen una carga variable y necesitan una velocidad constante. Su arranque ha sido de cierto modo complicado, por lo que su uso ha estado muy limitado. Actualmente se han encontrado nuevos sistemas de arranque de los motores síncronos y nuevos diseños, por lo que el motor síncrono comienza a tener un nuevo auge debido a sus ventajas de disminuir las pérdidas en el motor.

(Cembrano, 2014)

En los tipos de arranque de los motores síncronos podemos mencionar los siguientes:

- Como un motor asíncrono.
- Como un motor asíncrono pero sincronizado.

- Utilizando un motor secundario o auxiliar en el arranque.
- Como un motor asíncrono, usando un tipo de arrollamiento diferente: llevará unos anillos rozantes que conectarán la rueda polar del motor con el arrancador.

Con respecto al efecto con el factor de potencia podemos mencionar lo siguiente:

Los motores sincrónicos pueden ayudar a reducir los costos de energía eléctrica y mejorar el rendimiento del sistema de energía, corrigiendo el factor de potencia en la red eléctrica donde están instalados. En pocos años, el ahorro de energía eléctrica puede igualarse al valor invertido en el motor, por lo que son una inversión a corto plazo.

(Cembrano, 2014)

Y con respecto al alto rendimiento de los motores síncronos podemos referenciar lo siguiente:

En la conversión de energía eléctrica en mecánica es más eficiente, generando mayor ahorro de energía. Los motores sincrónicos son proyectados para operar con alto rendimiento en un amplio rango de velocidad y para proveer un mejor aprovechamiento de energía para una gran variedad de cargas.

(Cembrano, 2014)

Los motores síncronos más comunes son los siguientes:

- Motor síncrono de imán permanente.
- Motor síncrono de imán permanente sin escobillas.
- Motor de reluctancia variable.
- Motor paso a paso

Un ejemplo del motor síncrono podemos observar en la figura 2.13.

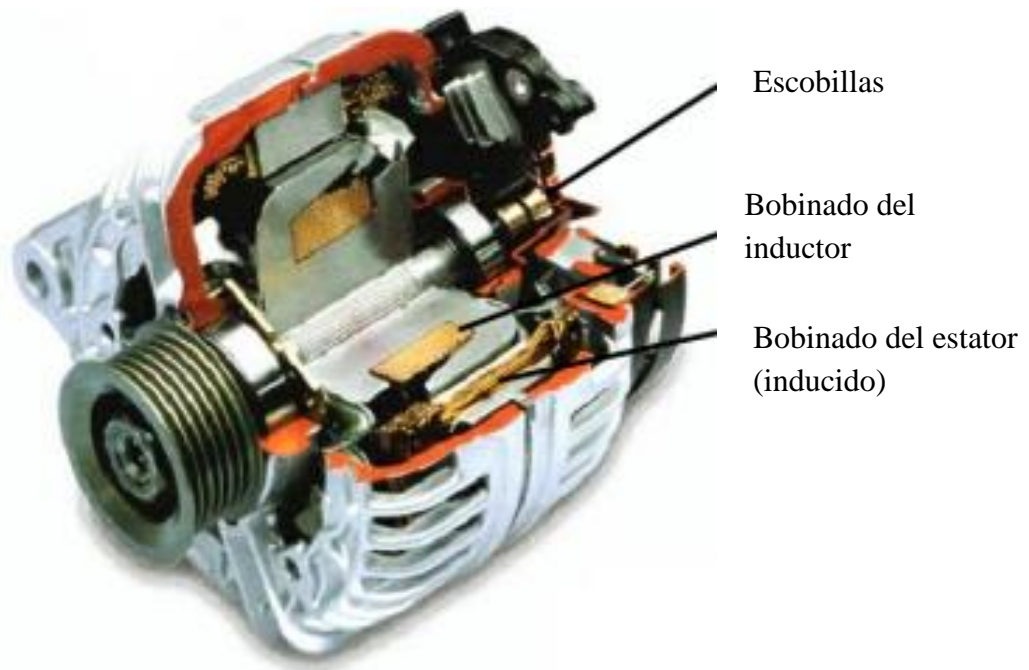


Figura 2.13: *Sección transversal del motor síncrono y sus partes*
Fuente: (Cembrano, 2014)

2.7. Factor de potencia

El factor de potencia es el coseno del ángulo formado por el triángulo de potencias, en donde interactúan entre sí la potencia activa (KW), la potencia aparente (KVA) y la potencia reactiva (KVAR).

$$Fp = \cos \varphi$$

Esto lo podemos visualizar en la figura 2.14 con el triángulo de potencias.

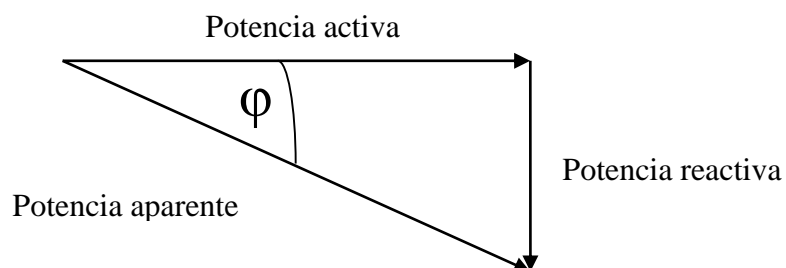


Figura 2.14: *Triángulo de potencias*
Fuente: Autor

Físicamente el factor de potencia representa el coseno del ángulo de desfase entre la onda senoidal de tensión y la onda de corriente.

Si la onda de corriente está retrasada en relación con la onda de tensión, el factor de potencia es inductivo, caso contrario es capacitivo.

Determinados equipos como motores eléctricos, hornos a arco, transformadores, etc., necesitan para su operación una cierta cantidad de potencia reactiva que puede ser suministrada por diversas fuentes conectadas al sistema eléctrico, funcionando individual o simultáneamente.

Estas fuentes son:

- Generadores
- Motores Síncronos
- Motores de inducción de alta eficiencia
- Capacitores

Se puede considerar también que las líneas de transmisión y de distribución de energía eléctrica son fuentes de energía reactiva, debido a su reactancia.

Esta energía comprende dos diferentes partes, o sea:

- Energía reactiva inductiva
- Energía reactiva capacitiva

Es fácil concluir que para evitar el transporte de energía reactiva desde lugares distantes a la carga, se hace necesario que se instalen en las proximidades de los consumidores las referidas fuentes de energía reactiva.

De esta forma se reducen las pérdidas en transmisión de este bloque de energía, que da como resultado un mejor rendimiento del sistema eléctrico.

(Fernández, 2002)

2.7.1. Factor de potencia en adelanto y retraso

El factor de potencia en adelanto trata cuando la corriente adelanta al voltaje en un circuito capacitivo. Pero cuando la corriente retrasa al voltaje en un circuito inductivo, se denomina factor de potencia en retraso tal como lo muestra la figura 2.15.

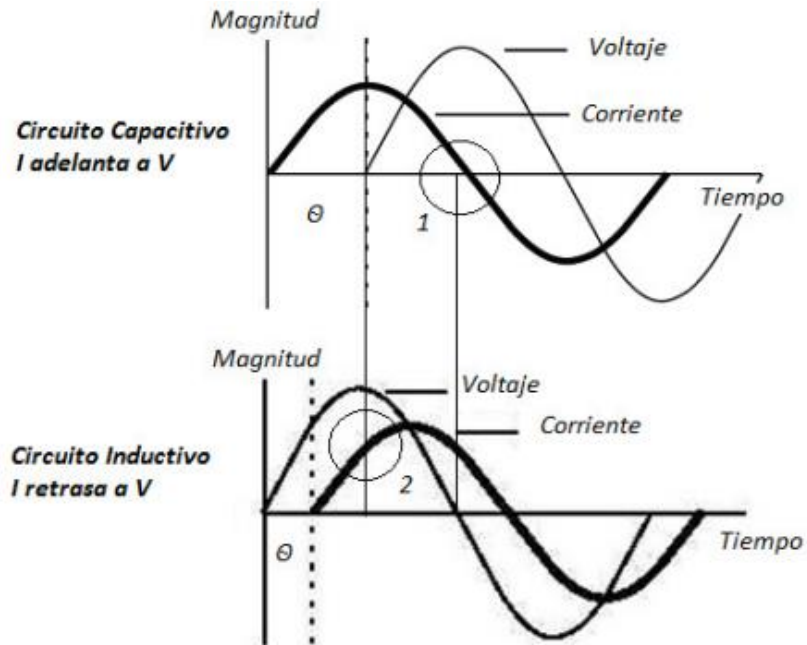


Figura 2.15: Curvas de corriente y voltaje en adelanto y retraso
Fuente:(Nuñez, 2014)

2.7.2. Fórmulas para calcular la corrección del factor de potencia

Para determinar la corrección del factor de potencia en un industria podemos dar utilización de formulas con relaciones trigonométricas como las mostradas a continuación.

Potencia Activa:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi$$

$$P = S * \cos \varphi$$

Potencia Aparente:

$$S = \sqrt{3} * V * I$$

Potencia Reactiva:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Capacidad de potencia reactiva para los condensadores:

$$QC = Q - Q2$$

Valor en micro faradios del condensador:

$$C(\mu f) = \frac{QC}{V^2 * 2\pi * f * 10^{-6}}$$

2.7.3. Causas para tener un factor de potencia bajo

Generalmente en una instalación industrial se presentan las siguientes causas para tener un factor de potencia bajo:

- Motores de inducción operando en bajo vacío por un prolongado tiempo.
- Motores sobredimensionados para las máquinas en las que están instaladas.
- Transformadores operando en vacío o con carga mínima.
- Hornos a arco.
- Maquinas de soldar con transformador
- Gran número de motores de baja potencia trabajando por largos periodos de tiempo.

En la industria existe un gran número de motores eléctricos a inducción trabajando constantemente que abarcarán la mayor parte de la carga de la industria, por lo que implica que sea necesario realizar una corrección del factor de potencia debido a la ley que nos rige cuya consecuencia de trabajar fuera de esta ley incurre en una multa económica.

2.7.4. Legislación del factor de potencia

Se penaliza con un recargo adicional en la factura eléctrica a las empresas que tengan un factor de potencia inferior a 0.9 o 0.95 según su consumo mensual.

Cuando se tiene un bajo factor de potencia, se tienen costos adicionales que repercuten negativamente en la facturación del cliente, por lo que debe solucionarse el

problema mediante la instalación de equipos especiales llamados bancos de capacitores eléctricos.

Corregir el bajo factor de potencia en una instalación es un buen negocio, no sólo porque se evitarán las multas en las facturas eléctricas, sino porque los equipos operarán más eficientemente, reduciendo los costos por consumo de energía.

2.7.5. Tablero de condensadores

Es el tablero en donde se encontrarán instaladas las botellas de condensadores con el valor previamente calculado para ejecutar la corrección del factor de potencia, este tablero consta de:

- Fusibles
- Contactores
- Condensadores

Los bancos de condensadores pueden configurarse como pasos fijos y automáticos, un ejemplo de un tablero de condensadores ya ensamblado se observa en la figura 2.16 y 2.17.



Figura 2.16: *Tablero de condensadores en su vista frontal*
Fuente: (TEI MEXICO, 2018)



Figura 2.17: *Tablero de condensadores en vista interna de sus elementos*
Fuente: (TEI MEXICO, 2018)

2.7.6. Paso fijo y paso variable

El tablero de condensadores de paso fijo está siempre conectado a la carga aportando los KVAR necesarios para mejorar el factor de potencia y además para contrarrestar las pérdidas del transformador principal como el efecto Joule o en el bobinado y así aprovechar de mejor forma la potencia aparente del transformador.

El paso variable se da en efecto cuando la carga no es constante y varía en el tiempo por lo que se utiliza bancos de condensadores de uno o varios pasos que son controlados de forma automática para entregar los KVAR en forma la carga lo necesite para corregir el factor de potencia.

2.8. Panel principal de distribución

Es un panel que recibe el voltaje en baja tensión del banco de transformadores. La mejor ubicación del PPD (Panel principal de distribución) es cercana al cuarto de transformadores.

El PPD no debe ir instalado dentro del cuarto de transformadores, si puede estar al exterior cerca al edificio.

Contenido del PPD

- Breaker principal
- Barras de distribución – tierra
- Breakers secundarios
- Voltímetros
- Amperímetros
- Señalización

2.9. Paneles secundarios de distribución

Son los tableros eléctricos que reciben alimentación del panel principal de distribución y alimentan a un grupo de cargas. Su ubicación en la planta debe ser la más cercana a la carga.

Contiene:

- Breaker principal
- Juego de barras
- Breakers secundarios

2.10. Factor de servicio

Es el valor que indica la placa del motor que muestra que porcentaje de potencia va a aumentar sobre la potencia nominal durante pocos segundos ya sea en el arranque o durante su funcionamiento y luego se obstruya, este factor ayudará al motor a librarse del atoramiento.

Ejemplo:

Factor de servicio (placa del motor): 1.15

Motor: 100 Kw

Cálculo de factor de servicio: 100×1.15

Entonces tendré una potencia de 115Kw solo por pocos segundos

2.1. Demanda requerida

La demanda requerida es un valor calculado que tiene unidades de potencia (Kw). En el estudio que se hace para el diseño eléctrico se calcula la demanda requerida con la siguiente fórmula.

$$D req = Ct * Fs$$

Donde:

$$Ct = \sum \text{ de todas las cargas o carga total (Kw)}$$

$$Fs \text{ (factor de simultaneidad)} = Fc \text{ (factor de coincidencia)}$$

2.11.1. Demanda

Es variable en función del uso de motores.

2.11.2. Carga instalada

Son los motores o la carga instalada en el diseño.

2.11.3. Factor de simultaneidad

Es un factor que está a criterio del ingeniero, por ejemplo:

Si tengo motores alimentados de 6 tableros diferentes y todos trabajan a plena carga, entonces el factor de simultaneidad es 1. Si es lo contrario, es decir, que el Fs será menor a 1.

En una fábrica por lo general el Fs es de 0.8 a 0.9 aproximadamente.

2.11.4. Factor de coincidencia

Es el criterio que utiliza la persona que realiza el diseño y cálculo del sistema eléctrico en el caso si todos los paneles trabajan al mismo tiempo.

2.11.5. Selección de conductores según NEC 2011

La selección del conductor es un punto muy importante al momento de un diseño eléctrico, pues debe tener las características necesarias para soportar la corriente que fluye a través de ella y además con las afectaciones externas.

A continuación se muestra la tabla 2.4 en donde el NEC detalla la Ampacidad de los conductores según su calibre, aislante y temperatura máxima ambiente

Tabla 2.4: Ampacidad de conductores según su calibre, aislante y máxima temperatura ambiente

AWG o kcmil	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	AWG o kcmil
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
Cobre			Aluminio				
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Fuente: *Tabla 310.5 (NEC, 2011)*

2.11.6. Cálculos utilizados en el diseño eléctrico

Para los cálculos de un sistema eléctrico se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Para breakers de motores:
 $I_{\text{diseño}} = 1,5 \times I_{\text{nominal}}$.
- Para breakers del panel principal de distribución y para los paneles auxiliares se tomó el siguiente criterio:
 $I_{\text{diseño}} = (1,5 \times I_{\text{nominal max.}}) + \sum \text{de demás } I_{\text{nominales}}$.
- Para el cálculo del conductor del motor se tomó el siguiente criterio:
 $I_{\text{diseño}} = 1,25 \times I_{\text{nominal}}$ y luego buscamos en la tabla respectiva el conductor a utilizar.
- Para el cálculo de la acometida que alimenta al panel de distribución se tomó el siguiente criterio:
 $I_{\text{diseño}} = (I_{\text{max}} \times 1,25) + \sum \text{de demás } I_{\text{nominales}}$.
- Para el cálculo del banco de transformadores tomamos el siguiente criterio:
 $D_{\text{requerida}} = P_{\text{total}} \times F_{\text{coincidencia}}$ a eso le agregamos un 20% de flexibilidad, buscamos en transformadores comerciales y elegimos el indicado.

2.12. Componentes del proceso de producción

2.12.1. Silos

Son estructuras metálicas generalmente de forma cilíndrica que tiene la finalidad de almacenar y conservar cualquier tipo de alimento o material según la necesidad a la que se encuentre destinada.

En la figura 2.18 podemos observar la geometría del silo a diseñar según el material a utilizar, por ello es muy importante conocer el tipo de producto a trabajar para realizar el diseño previo del silo de almacenamiento.

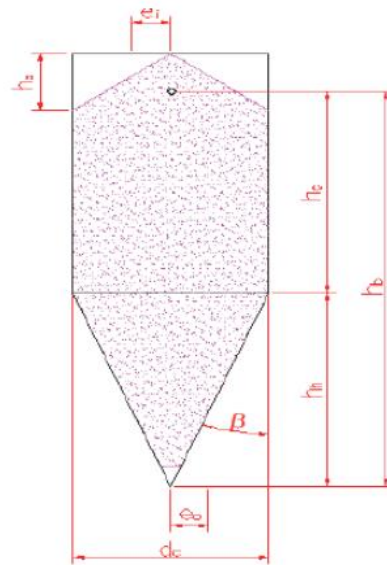


Figura 2.18: Geometría del silo a diseñar
Fuente:(Useche-Vivero & Bayona-Carvajal, 2015)

Donde:

d_c = Diámetro del silo

h_b = Es la altura que tiene el material

h_c = Altura del material en la parte cilíndrica

h_h = Es la altura que tiene la tolva

h_s = Altura del cono superior que forma el material

β = ángulo entre la pared de la tolva

e_i = Excentricidad del llenado

e_o = Excentricidad del vaciado

2.12.2. Tubería de hierro

Es un elemento metálico de sección transversal circular que tiene la finalidad de transportar cualquier tipo de materiales o alimentos según la utilidad a la que haya sido instalada.

En este proceso la tubería de hierro tiene el objetivo de transportar los granos de balanceado de camarón hacia la tolva de dosificación mediante el sistema de soplado que tiene adaptado

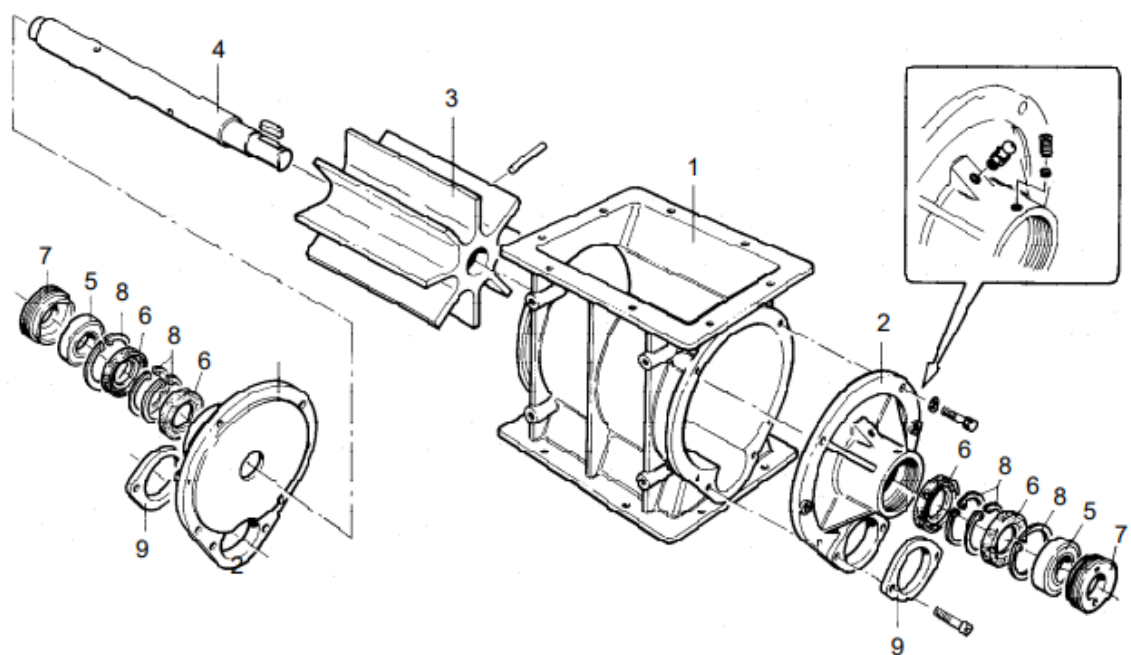
En la figura 2.19 podemos observar una tubería de similares características utilizadas en este proceso.



Figura 2.19: Montaje de tuberías para el llenado de silos de exterior
Fuente:(Kongsilde, 2017)

2.12.3. Esclusa o válvula rotativa

Es un elemento metálico conformado principalmente por un eje y acoplado el cuerpo o aletas, según el giro de la válvula dosificará producto en la tubería de



transporte de granos hacia el silo de almacenamiento, así lo podemos observar en la figura 2.20.

Figura2.20: *Partes de una válvula rotativa*
Fuente: (TeCom, 2015)

Donde:

1. Cuerpo
2. Cubierta
3. Rotor
4. Árboles o eje
5. Rodamiento
6. Junta
7. Anillo
8. Anillo elástico
9. Brida

2.12.4. Transportador de cadena

Es un equipo que tiene la finalidad de transportar materiales a través de un sistema de arrastre utilizando una cadena con paletas las cuales arrastran el producto, el transportador de cadena está conformado de un eje conductor, un eje conducido, la cadena de arrastre, rodillos guías de cadena y las paletas de arrastre principalmente.

Además el transportador de cadena tiene una compuerta de sobre producto tanto en la parte del eje conducido como en la parte del eje conductor, dependiendo del sentido de alimentación que tenga el transportador.

Un punto de seguridad en caso de un atoramiento en el ducto de descarga, al producirse un atoramiento el producto no seguirá por el ducto de descarga y empezará a salir por la compuerta de sobre producto activando a un sensor inductivo el cual alertará al personal operativo sobre una eventualidad que suceda.

En la figura 2.21 se observará al transportador de cadena con un corte para detallar la cadena de arrastre, rodillos de guía y las paletas de arrastre.

El producto ingresará por la tolva de alimentación y el transportador se encargará de trasladar el producto hacia la tolva de dosificación.

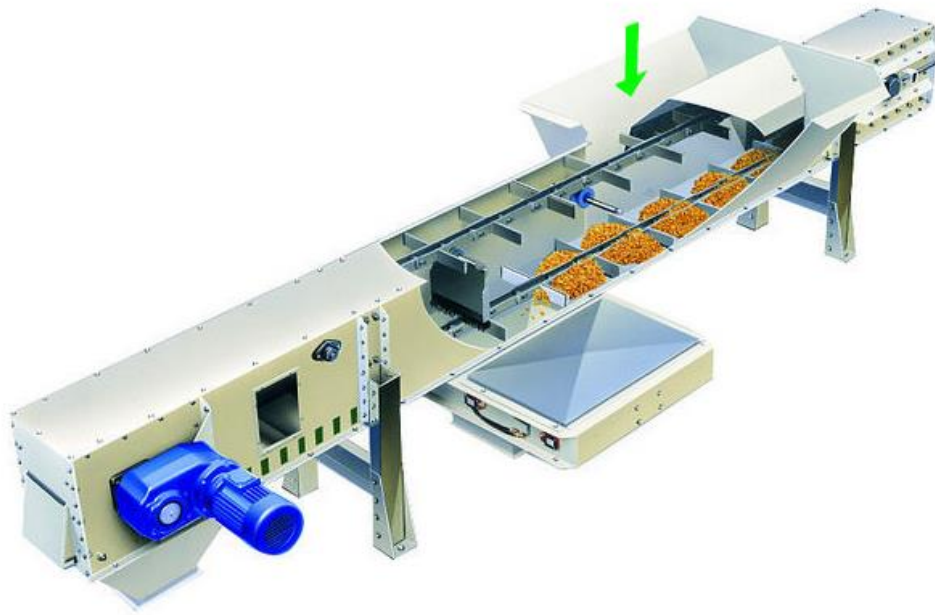


Figura 2.21: *Transportador de cadena*
Fuente: (CIMBRIA A/S, 2014)

2.12.5. Sensor tipo paleta vibratoria

Este sensor utiliza una vibración para detectar líquidos y sólidos, el principio de funcionamiento de este tipo de sensor radica en el cambio de frecuencia en la vibración que tendrán las paletas, esto hará cambiar de estado los contactos de control para el funcionamiento deseado.

El sensor es alimentado por 24 Vdc y consta de dos pares de juegos de contactos normalmente cerrados y dos juegos de contactos normalmente abiertos.

En la figura 2.22 se podrá observar a un sensor de paletas vibratorias, el cual tiene la finalidad de detectar el nivel de la tolva de dosificación y dependiendo del nivel activará o detendrá al transportador neumático el cual dejará de alimentarlo con producto.

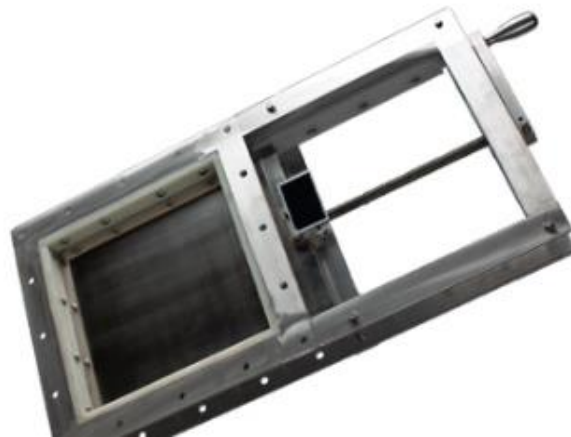
Cabezal de
conexiones



Figura2.22: Sensor de nivel tipo paletas vibratorias
Fuente: (INSTRUMART, 2013)

2.12.6. Compuerta tipo cuchilla

Es un elemento metálico que permite el paso total o parcial del producto hacia el empaclado en el saco semi formado, esta compuerta está conformada por una cuchilla manual, con esta compuerta el personal operativo controlará el llenado del saco con producto de camarón, balanceado de



de según la figura 2.23.

Figura2.23: Compuerta tipo cuchilla
Fuente: (GRACIDA, 2016)

2.12.7. Cribas de limpieza de impurezas

Es una máquina que consiste principalmente de un tambor giratorio en donde caerá el producto en las cribas, pasando el producto y quedándose en las cribas cualquier

tipo de impureza no deseada en el proceso de producción, como lo indica la figura 2.24.

Diseño conceptual de una máquina cribadora de tierra de lombricomposta:

Esta máquina tipo tambor o trómel fue diseñada por Mendoza en el año 2008. Con los cálculos y pruebas realizadas se determinó que el flujo másico a un 8 % de relleno, lograría una producción de 3109 kg/h, a un ángulo de inclinación de 6 grados con una velocidad de 25 rpm del cilindro cribador.

(Álvarez, 2013)

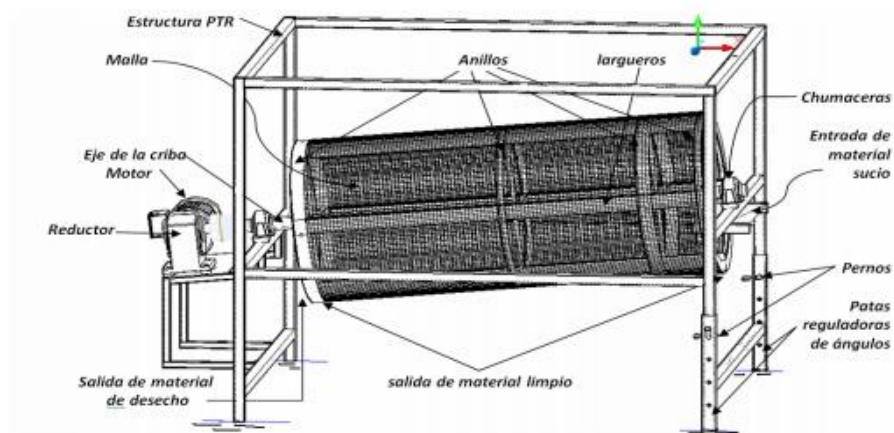


Figura 2.24: Criba de tambor y sus partes
Fuente: (Mendoza, 2008)

2.12.8. Rotoimán

El roto imán o separador magnético, según la figura 2.25, es un tambor magnetizado encargado de contener en su superficie todo tipo de material metálico, desde la pequeña viruta hasta una gran pieza metálica, con la finalidad de que alguna contaminación metálica no llegue al empaque final. “*Los tambores magnéticos permanentes de Eriez se utilizan para recuperar con eficacia el vagabundo y el hierro fino de los materiales a granel secos*”.(ERIEZ, 2014)



Figura2.25: Tambor magnético
Fuente:(ERIEZ, 2014)

2.12.9. Detector de metales tipo tubular

En el proceso de producción es un equipo instalado a la salida del rotoimán con la finalidad de rechazar todo producto contaminado con residuos metálicos, cuando el roto imán se sature de virutas o partículas metálicas.

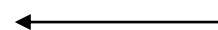
Estos residuos pueden pasar este filtro pero luego en el detector serán rechazados, en la figura 2.26 observaremos al detector de metales.

Un equipo tan crítico debe tener personal capacitado como metrólogos para realizar la calibración de estos equipos fijando una frecuencia para sus respectivos mantenimientos preventivos y correctivos.

El sistema de detección de metales de caída VistusGravity garantiza la inspección y eliminación fiables de cuerpos metálicos extraños de todos los tipos de productos alimenticios en polvo o granulados cuando se transportan por gravedad a través de una manguera. Esto se refiere, por ejemplo, a la leche en polvo, trigo, nueces o cereales.

(Minebea intec, 2016)

Ingreso de producto
proveniente del roto
imán.



Controlador del
detector de metales.



Figura 2.26: *Detector de metales*
Fuente: (Minebea Intec, 2016)

2.12.10. Elevador de canguilones

El elevador de canguilones es un equipo muy utilizado en la industria alimenticia que sirve para transportar verticalmente o elevar materia prima al granel, lo podemos observar en la figura 2.27.

Están compuestos por un tambor inferior, una banda transportadora, canguilones y un tambor superior que cuenta con recubrimiento para ejercer fricción en la banda.

Su principio de funcionamiento empieza en la tolva de alimentación, al ingresar la materia prima por la tolva, ésta caerá en los canguilones que a través de una banda, serán elevados hasta el tambor superior, en donde el canguilón cambiará de ángulo y dejara caer la materia prima en la tolva de descarga en donde continuará con su proceso.

El elevador por seguridad contará con sensores de alineación en caso la banda transportadora se desplace hacia la izquierda o derecha y también contará con un sensor de rotación el cual indicará al personal operativo que el motor no gira indicando

una posible rotura de banda, éste de sensor de rotación será instalado en el tambor inferior.

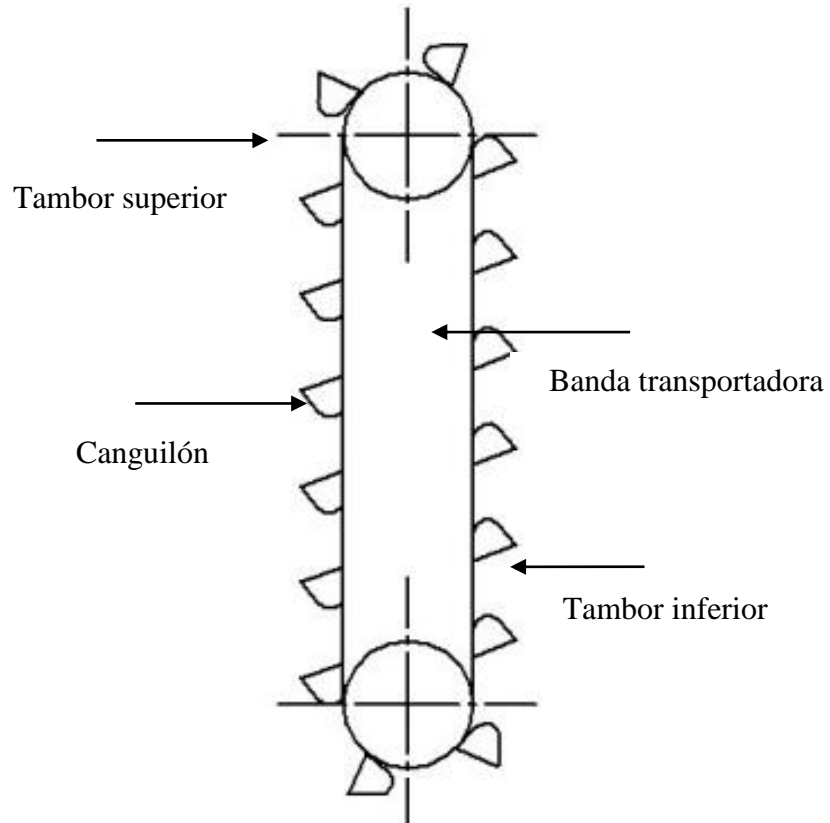


Figura 2.27: Elevador de canguilones
Fuente: (Garofoldi & Garofoldi, 2014)

CAPÍTULO 3 .DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación de la empresa ALIBAL S. A.

Para el presente trabajo de titulación se ha escogido a una empresa del sector alimenticio, dedicada a la producción de balanceado de camarón para el sector acuícola ecuatoriano.

La empresa ALIBAL S.A. se encuentra ubicada en el sector industrial de la ciudad de Durán provincia del Guayas. La misma que se encuentra suministrada de energía eléctrica por la unidad de negocios de CNEL Guayas-Los Ríos (EMELGUR).

Desde el punto de vista de las normas NFPA clasifica a este tipo de industrias alimenticias como riesgo ordinario en donde se detalla que *“los contenidos de riesgo ordinarios se deberán clasificar como aquellos que tienen la posibilidad o riesgo de arder con moderada rapidez o de generar un volumen de humo considerable”*(National Fire Protection Association, 2016)

3.2. Proceso de producción

Una explicación breve del proceso de producción a partir del transporte, dosificación y transporte del producto terminado es como se detalla a continuación:

De acuerdo al primer objetivo específico se levantó la información acerca de los equipos que conforman la línea de producción de balanceado de camarón para lo cual se realizó una visita de campo a la fábrica.

En la figura 3.1 podemos observar de forma más amplia las 3 líneas de producción del proceso de balanceado de camarón.

El producto en grano de balanceado de camarón que se encuentra en los silos de producto terminado es transportado a través de tuberías de hierro mediante un sistema neumático realizado por un motor de inducción o jaula de ardilla acoplado a un compresor de tornillo, el cual transporta al grano de balanceado de camarón hacia las cribas de limpieza.

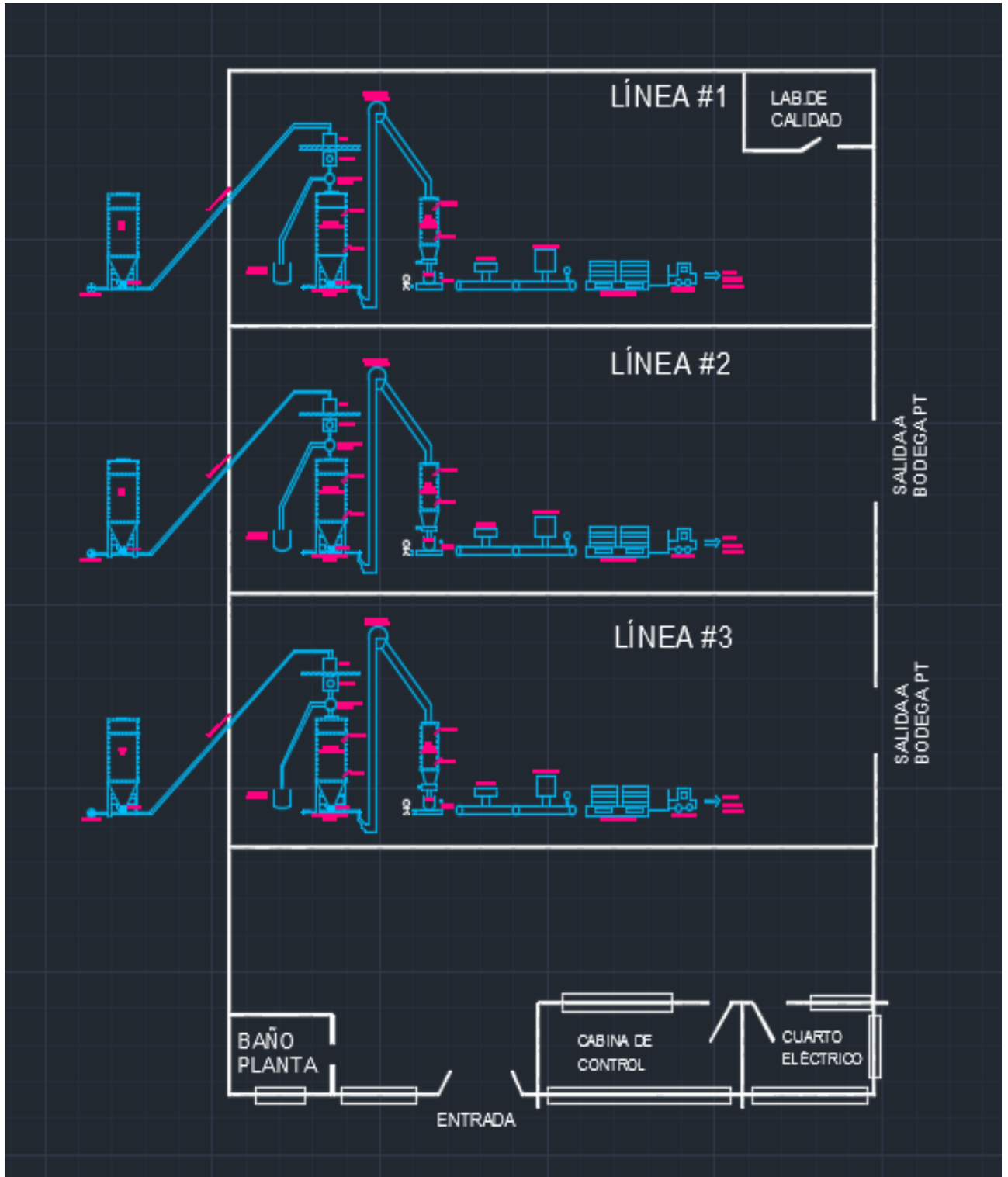


Figura 3.1: Líneas de producción de balanceado de camarón
Fuente: Autor

Luego de pasar por esta etapa de limpieza que son las cribas, el producto debe pasar por un roto imán, este equipo consta de un cilindro metálico con perfiles

magnetizados, el producto al caer sobre este cilindro giratorio se desplazará dejando en el cilindro cualquier tipo de elemento metálico, para luego pasar por un punto de control de inocuidad alimentaria.

Este punto es el detector de metales, el cual rechazará parte del producto terminado que se encuentre contaminado con algún cuerpo metálico reduciendo significativamente la contaminación del producto asegurando su inocuidad.

Después de pasar el detector de metales el producto es trasladado por gravedad a la báscula de dosificación, la cual consta con cuatro celdas de cargas para proporcionar al personal interesado el peso que tiene el silo.

En la parte inferior de la báscula se encuentra una válvula rotativa y un transportador de cadena, el cual alimentará a un elevador de canguilones el que a su vez llenará con producto de balanceado de camarón al bin de pre empaque en función de los sensores de nivel tipo paleta ubicados en este bin.

En el bin de pre empaque se depositará el producto terminado totalmente limpio y sin cuerpos metálicos listos para ser empacados.

El producto ingresará al sistema de empaque mediante compuertas metálicas tipo cuchillas, que permitirán el paso del producto, estas cuchillas son accionadas neumáticamente a través de un cilindro de simple efecto y un pedal neumático que el operador controlará con facilidad con sus pies, al quitar el pie del accionamiento las cuchillas volverán a su estado de reposo.

Luego el operador debe ingresar un saco semi formado, es decir, sellado en una parte inferior para proceder a abrirlas manualmente y empezar el llenado del saco con el producto, debajo del saco semi formado se encontrará una balanza tipo pedestal, la cual indicará al operador el peso deseado.

A continuación del llenado del saco, el operador procede a colocar el saco en la banda transportadora en donde se encontrará una cosedora de sacos para sellar el saco por ambas partes.

Finalmente el saco pasará a su respectiva codificación y posterior traslado hacia los pallets plásticos los cuales van a ser transportados hacia la bodega de producto terminado.

3.3. Levantamiento de la carga eléctrica instalada en el edificio #1

Según el primer objetivo específico en este levantamiento de carga del edificio #1 estarán presentes los equipos que integran la línea de proceso de balanceado de camarón desde los silos de producto terminado hasta las líneas de empaque.

En las siguientes tablas se detallará los datos de placa de las respectivas cargas del proceso.

ALIBAL S. A. al momento cuenta en el edificio #1 con tres líneas de empaque, en su objetivo de duplicar su producción de 30 a 60 Ton/horas se realizará la construcción del edificio #2 en donde serán instaladas 3 líneas nuevas de empaque con sus respectivos silos y equipos.

La siguiente información corresponde a una de las tres líneas del edificio #1, por lo que para conocer la demanda requerida total, se deberá considerar las 3 líneas de empaque, iluminación y servicios generales.

3.3.1. Compresor de tornillo

Tabla 3.1: Datos de placa del compresor de tornillo

FOTO DE PLACA	
	
DATO DE PLACA	
Marca:	SIEMENS
Modelo:	1LA7 – 2YA70
Potencia (Kw):	15
Cos ϕ :	0.67
Corriente nominal (A):	53.6 / 26.6
Voltaje (V):	220 / 440
RPM:	3600
FOTO DECAMPO	
	

Fuente:

Autor

3.3.2. Esclusa del silo de producto terminado

Tabla 3.2: Datos de placa de la esclusa de producto terminado

FOTO DE PLACA	
	
DATO DE PLACA	
Marca:	SEW EURODRIVE
Modelo:	FA47 DRS71M4
Potencia (Kw):	1.1
Cos ϕ :	0.68
Corriente nominal (A):	2.25/ 1.31
Voltaje (V):	220/420
RPM:	1700
FOTO DECAMPO	
	

Fuente: Autor

3.3.3. Criba de limpieza

Tabla 3.3: Datos de placa de la criba de limpieza

FOTO DE PLACA	
	
DATO DE PLACA	
Marca:	SEW
Modelo:	SA67 DT 80K4
Potencia (Kw):	1
Cos ϕ :	0.63
Corriente nominal (A):	3 / 1.73
Voltaje (V):	226 / 460
RPM:	1660
FOTO DECAMPO	
	

Fuente: Autor

3.3.4. Roto imán

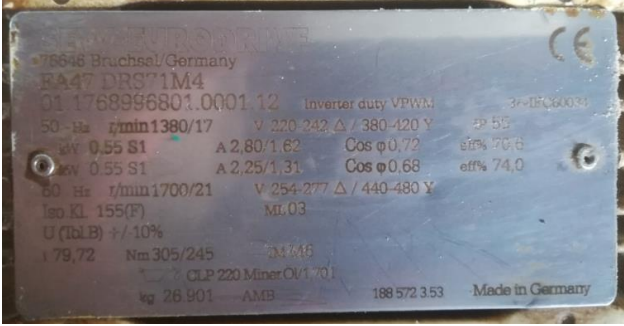

Tabla 3.4: Datos de la placa del roto imán

FOTO DE PLACA	
	
DATO DE PLACA	
Marca:	NORD
Modelo:	*****
Potencia (Kw):	0.44
Cos ϕ :	0.76
Corriente nominal (A):	1.82 / 1.05
Voltaje (V):	253 / 440
RPM:	1665
FOTO DECAMPO	
	

Fuente: Autor

3.3.5. Esclusa de la báscula de dosificación

Tabla 3.5: Datos de placa de la esclusa de báscula de dosificación

FOTO DE PLACA	
	
DATO DE PLACA	
Marca:	SEW EURODRIVE
Modelo:	FA47 DRS71M4
Potencia (Kw):	1
Cos ϕ :	0.68
Corriente nominal (A):	2.25/ 1.31
Voltaje (V):	220/420
RPM:	1700
FOTO DECAMPO	
	

Fuente: Autor

3.3.6. Transportador de cadena



Tabla 3.6: Datos de la placa del transportador de cadena

FOTO DE PLACA	
	
DATO DE PLACA	
Marca:	SEW
Modelo:	FHZ77 DV112M4
Potencia (Kw):	6
Cos ϕ :	0.64
Corriente nominal (A):	15.9 / 8
Voltaje (V):	220 / 440
RPM:	1720
FOTO DECAMPO	
	

Fuente: Autor

3.3.7. Elevador de canguilones

Tabla 3.7: Datos de la placa del elevador de canguilones

FOTO DE PLACA	
	
DATO DE PLACA	
Marca:	SEW
Modelo:	FA67DRS9014
Potencia (Kw):	5.2
Cos ϕ :	0.64
Corriente nominal (A):	8.6 / 4.3
Voltaje (V):	220 / 440
RPM:	53
FOTO DECAMPO	
	

Fuente: Autor

3.3.8. Levantamiento de la carga eléctrica instalada de una línea de proceso del edificio #1

En la presente tabla 3.8 se mostrará la carga instalada de una sola línea de proceso tomando en consideración los elementos que la componen trabajan a 460v.

Tabla 3.8: Carga instalada de una línea de proceso del edificio #1

CARGA INSTALADA DE UNA LINEA DE PROCESO EN EL EDIFICIO #1				
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	POTENCIA INDIVIUAL	POTENCIA TOTAL (W)
1	1	Compresor de tornillo	15000	15000
2	2	Esclusas	1100	2200
3	1	Criba	1000	1000
4	1	Rotoimán	852	852
5	1	Detector de metales	822	822
6	1	Transportador de cadena	6000	6000
7	1	Elevador de canguilones	5200	5200
8	2	Transportador de banda	1000	2000
				35274

Fuente: *Autor*

Para conocer la totalidad de la carga instalada del edificio #1, debemos considerar las otras dos líneas de proceso, es decir, la carga instalada del edificio #1 está conformada por tres líneas de proceso.

3.3.9. Levantamiento de carga de la iluminación del edificio #1

En la siguiente sección se detallará mediante el anexo E un levantamiento del esquema del sistema eléctrico de alumbrado de la parte externa e interna del edificio #1, el mismo esquema será instalado en el edificio #2 con la diferencia de la tecnología utilizada que será LED.

A continuación se muestra en la tabla 3.9 la carga instalada de alumbrado del edificio #1.

Tabla 3.9: Carga instalada de iluminación del edificio #1

CARGA INSTALADA DE ALUMBRADO EN EL EDIFICIO #1			
ITEM	CANTIDAD	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA TOTAL (W)
1	37	Campana(250W)	9250
2	8	Cobra o externa (400W)	3200
3	12	Ojo de buey(100W)	1200
4	7	Apliques de pared (150)	1050
			14700

Fuente: Autor

En la tabla 3.9 se encuentran las luminarias utilizadas en el edificio #1 las cuales son alimentadas con un voltaje de 220v.

A continuación se muestra en la tabla 3.10 la carga instalada de alumbrado que tendrá el edificio #2 con tecnología LED.

Tabla 3.10: Carga instalada de iluminación del edificio #2

CARGA INSTALADA DE ALUMBRADO EN EDIFICIO #2			
ITEM	CANTIDAD	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA TOTAL (W)
1	37	CAMPANA (100W)	3700
2	8	COBRA O EXTERNA (150W)	1200
3	12	OJO DE BUEY (30W)	360
4	7	APLIQUES DE PARED (44)	308
			5568

Fuente: Autor

Podemos observar un menor consumo en la carga instalada del edificio #2 debido a la utilización en su totalidad de tecnología LED.

3.3.10. Levantamiento de carga instalada de tomacorrientes del edificio #1

En la siguiente sección se detallará mediante el anexo D el levantamiento del esquema del sistema eléctrico de tomacorrientes de servicio general de la parte interna del edificio #1, el mismo esquema será instalado en el edificio #2.

A continuación se muestra en la tabla 3.11 la carga instalada de tomacorrientes de servicio general del edificio #1.

Tabla 3.11: *Carga instalada de tomacorrientes del edificio #1*

CARGA INSTALADA DE TOMACORRIENTES DE SERVICIO GENERALES EN EL EDIFICIO #1			
ITEM	CANTIDAD	TIPO DE TOMACORRIENTE	POTENCIA TOTAL (W)
1	11	Doble general (100W - 110V)	1100
2	15	Doble polarizado(150W - 110V)	2250
3	6	Clavija monofásica (220v)	10000
4	6	Clavija trifásica (220v)	18000
			31350

Fuente: *Autor*

Obteniendo una carga instalada total de 151873 w entre las 3 líneas de proceso, alumbrado de planta y los servicios generales edificio#1

3.4. Cálculo de la demanda requerida en el edificio #2

Según el segundo objetivo específico procedemos a investigar y calcular la demanda requerida utilizando un factor de coincidencia de 1 en el edificio #2, es decir, de servicios generales, del alumbrado interno – externo y de las tres líneas de proceso, según la tabla 3.12.

Tabla 3.12: *Demanda de potencia activa en el edificio #2*

DEMANDA DE CARGA DEL EDIFICIO #2 CON MOTORES DE ALTA EFICIENCIA	
DESCRIPCION	W
Demanda de potencia activa total de producción, 3 líneas de proceso	75570
Demanda de potencia activa para servicios generales	31350
Demanda de potencia para el alumbrado interno y externo de la planta	5568
TOTAL	112488

Fuente: *Autor*

3.5. Diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión

Según el tercer objetivo específico se procedió a realizar los diferentes cálculos correspondientes para diseñar el sistema eléctrico en baja tensión para el edificio #2 de la empresa ALIBAL S.A.

Todos los cálculos serán detallados en el diseño del diagrama unifilar del edificio #2 en el que se adjunta como anexo F.

A continuación se realizarán los cálculos para la corrección del factor de potencia en el edificio #1 y en el #2 con los motores de alta eficiencia para una posterior comparación.

3.5.1. Cálculo de la corrección del factor de potencia del edificio #1

Paso 1. Calcular la corriente nominal

Los únicos datos con los que contamos son la Potencia activa (KW), el voltaje (V) nominal de trabajo que es 460v, el factor de coincidencia es 1 y el factor de potencia de 0.72 del edificio #1 al desconectar el banco de capacitores, según la siguiente fórmula de potencia trifásica obtendremos la corriente.

Datos:

$$P = 112488 \text{ W}$$

$$V = 460 \text{ V}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0.72$$

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{cos } \varphi$$

Al despejar “I” nos queda la formula de la siguiente manera:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{cos } \varphi}$$

Reemplazando valores nos da el siguiente resultado.

$$I = \frac{112488}{\sqrt{3} * 460 * 0.72}$$

$$I = 196.32 A$$

Paso 2. Calcular la Potencia Aparente (S)

Con el valor de la corriente nominal del edificio #1 podemos calcular la potencia aparente (S) mediante la siguiente fórmula.

$$S = \sqrt{3} * V * I$$

Donde al reemplazar los valores tendremos el siguiente resultado.

$$S = \sqrt{3} * 460 * 196.32$$

$$S = 156.23 KVA$$

Paso 3. Calcular la Potencia Reactiva (Q)

Con los valores de la potencia activa y con la potencia aparente podemos encontrar el valor de la potencia reactiva utilizando teorema de Pitágoras, mediante la siguiente fórmula:

$$P^2 + Q^2 = S^2$$

Despejando Q y reemplazando los valores tendremos el siguiente resultado.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{156.23^2 - 112.4^2}$$

$$Q = 108.5 KVAR$$

Paso 4. Calcular el nuevo triángulo de potencias del edificio #1

Para calcular el nuevo triángulo de potencias debemos encontrar la nueva potencia aparente y la nueva potencia reactiva. La potencia activa no cambia y el factor de potencia deseado será de 0.95.

A continuación el nuevo triángulo de potencias será mostrado en la figura 3.2.

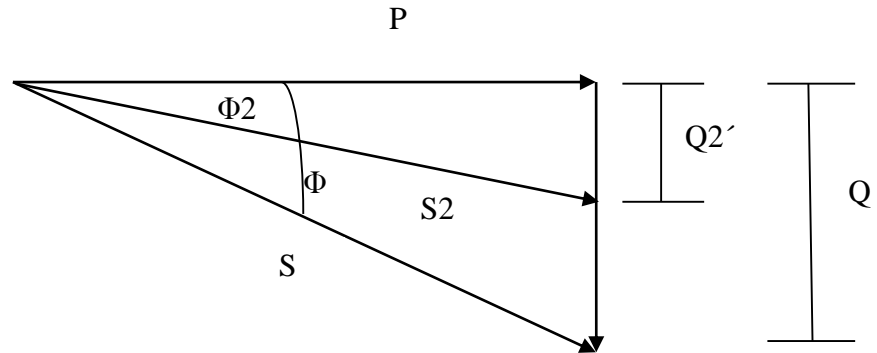


Figura 3.2: Nuevo triángulo de potencias del edificio #1
Fuente: Autor

Donde:

P: Potencia activa

S: Potencia aparente inicial

S2: Potencia aparente corregida

Q: Potencia reactiva inicial

Q2': Potencia reactiva corregida

Φ : Ángulo phi inicial

Φ_2 : Ángulo phi deseado

Paso 5. Calcular las potencias aparentes y reactivas corregidas

Aplicamos la fórmula de la potencia aparente corregida relacionada al factor de potencia y reemplazamos por valores conocidos.

$$S_2 = \frac{P}{\cos \varphi}$$

$$S_2 = \frac{112.4 \text{ Kw}}{0.95}$$

$$S2 = 118.31 \text{ KVA}$$

Aplicando la fórmula relacionada al teorema de Pitágoras y reemplazando por valores conocidos podemos encontrar la potencia reactiva corregida.

$$Q2 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q2 = \sqrt{118.32^2 - 112.4^2}$$

$$Q2' = 37.87 \text{ KVAR}$$

Paso 6. Calculamos el valor de los condensadores

Mediante la siguiente fórmula vamos a calcular el valor de los condensadores o de la potencia reactiva restante para realizar mediante un banco de condensadores la corrección del factor de potencia de la empresa.

$$QC = Q - Q2$$

$$Q = 108.5 - 37.87$$

$$QC = 70.63 \text{ KVAR}$$

Donde

QC: Valor de la potencia reactiva del condensador

Pero comercialmente no podemos obtener un condensador mediante QC ya que su valor se encuentra expresado normalmente en micro y nano faradios, entonces

procedemos a aplicar la siguiente fórmula para encontrar a los condensadores con su valor comercial de faradios.

$$C(\mu f) = \frac{QC}{V^2 * 2\pi * f * 10^{-6}}$$

$$C(\mu f) = \frac{70.63 \text{ KVAR}}{460^2 * 2\pi * 60 * 10^{-6}}$$

$$C(\mu f) = 885.40 \mu f$$

Donde

C: Valor del condensador en micro faradios

Este valor en micro faradios no es comercial, por lo que tendremos que encontrar comercialmente un capacitor de 100 μ f y armar un banco con 9 capacitores de dicho valor con una conexión de tipo paralelo entre ellos y de la misma forma conectados con la carga.

Paso 7. Calcular la nueva corriente con el factor de potencia corregido

Aplicaremos nuevamente la fórmula de corriente trifásica para determinar la nueva corriente y observar el ahorro de corriente comparado con el factor de potencia anterior de 0.7.

Donde:

I anterior:

$$I = 196.32 \text{ A}$$

I corregida:

$$I = \frac{112488}{\sqrt{3} * 460 * 0.95}$$

$$I = 148.79 A$$

Podemos observar una diferencia de 47.53 amperios, lo que se traduce en la utilización de un menor calibre de conductor de no corregir el factor de potencia permitiendo un ahorro para la empresa y evitar conjuntamente con la penalización de bajo factor de potencia.

3.5.2. Cálculo de la corrección del factor de potencia del edificio #2

Paso 1. Calcular la corriente nominal

Los únicos datos con los que contamos son la Potencia activa (KW), el voltaje (V) nominal de trabajo que es 460v, el factor de coincidencia es 1 y el factor de potencia de 0.85 del edificio #2 debido al uso de motores de inducción de alta eficiencia, según la siguiente fórmula de potencia trifásica obtendremos la corriente.

Datos:

$$P = 112488 W$$

$$V = 460 V$$

$$\text{Cos } \varphi = 0.85$$

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{cos } \varphi$$

Al despejar "I" nos queda la fórmula de la siguiente manera:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{cos } \varphi}$$

Reemplazando valores nos da el siguiente resultado.

$$I = \frac{112488}{\sqrt{3} * 460 * 0.85}$$

$$I = 166.29 A$$

Paso 2. Calcular la Potencia Aparente (S)

Con el valor de la corriente nominal del edificio #2 podemos calcular la potencia aparente (S) mediante la siguiente fórmula.

$$S = \sqrt{3} * V * I$$

Donde al reemplazar los valores tendremos el siguiente resultado.

$$S = \sqrt{3} * 460 * 166.29$$

$$S = 132.33 KVA$$

Paso 3. Calcular la Potencia Reactiva (Q)

Con los valores de la potencia activa y con la potencia aparente podemos encontrar el valor de la potencia reactiva utilizando teorema de Pitágoras, mediante la siguiente fórmula:

$$P^2 + Q^2 = S^2$$

Despejando Q y reemplazando los valores tendremos el siguiente resultado.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{132.33^2 - 112.4^2}$$

$$Q = 69.84 KVAR$$

Paso 4. Calcular el nuevo triángulo de potencias

Para calcular el nuevo triángulo de potencias debemos encontrar la nueva potencia aparente y la nueva potencia reactiva. La potencia activa no cambia y el factor de potencia deseado será de 0.95.

A continuación el nuevo triángulo de potencias será mostrado en la figura 3.3.

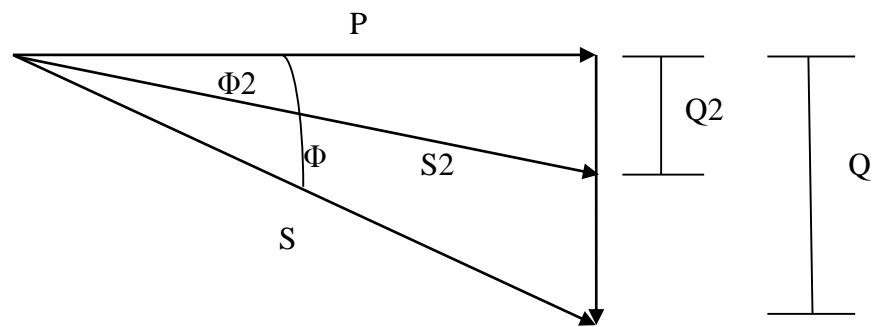


Figura 3.3: Nuevo triángulo de potencias del edificio #2
Fuente: Autor

Donde:

P: Potencia activa

S: Potencia aparente inicial

S2: Potencia aparente corregida

Q: Potencia reactiva inicial

Q2: Potencia reactiva corregida

Φ : Ángulo phi inicial

Φ_2 : Ángulo phi deseado

Paso 5. Calcular las potencias aparentes y reactivas corregidas

Aplicamos la fórmula de la potencia aparente corregida relacionada al factor de potencia y reemplazamos por valores conocidos.

$$S_2 = \frac{P}{\cos \varphi}$$

$$S_2 = \frac{112.4 \text{ Kw}}{0.95}$$

$$S2 = 118.31 \text{ KVA}$$

Aplicando la fórmula relacionada al teorema de Pitágoras y reemplazando por valores conocidos podemos encontrar la potencia reactiva corregida.

$$Q2 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q2 = \sqrt{118.32^2 - 112.4^2}$$

$$Q2 = 37.87 \text{ KVAR}$$

Paso 6. Calculamos el valor de los condensadores

Mediante la siguiente fórmula vamos a calcular el valor de los condensadores o de la potencia reactiva restante para realizar mediante un banco de condensadores la corrección del factor de potencia de la empresa.

$$QC = Q - Q2$$

$$QC = 69.84 - 37.87$$

$$QC = 31.97 \text{ KVAR}$$

Donde

QC: Valor de la potencia reactiva del condensador

Pero comercialmente no podemos obtener un condensador mediante QC ya que su valor se encuentra expresado normalmente en micro y nano faradios, entonces

procedemos a aplicar la siguiente fórmula para encontrar a los condensadores con su valor comercial de faradios.

$$C(\mu f) = \frac{QC}{V^2 * 2\pi * f * 10^{-6}}$$

$$C(\mu f) = \frac{31.97 \text{ KVAR}}{460^2 * 2\pi * 60 * 10^{-6}}$$

$$C(\mu f) = 400.76 \mu f$$

Donde

C: Valor del condensador en micro faradios

Este valor en micro faradios no es comercial, por lo que tendremos que encontrar comercialmente un capacitor de 100 μf y armar un banco con 4 capacitores de dicho valor, con una conexión de tipo paralelo entre ellos y de la misma forma conectados con la carga.

Paso 7. Calcular la nueva corriente con el factor de potencia corregido

Aplicaremos nuevamente la fórmula de corriente trifásica para determinar la nueva corriente y observar el ahorro de corriente comparado con el factor de potencia anterior de 0.85.

Donde:

I anterior:

$$I = 166.29 \text{ A}$$

I corregida:

$$I = \frac{112488}{\sqrt{3} * 460 * 0.95}$$

$$I = 148.79 A$$

Podemos observar una diferencia de 17.5 amperios, no significa la utilización de un menor calibre con respecto al edificio #1 pero el banco de condensadores se redujo a la mitad ahorrando en nuestro nuevo sistema eléctrico.

Además que la utilización de los motores de alta eficiencia en nuestro nuevo sistema eléctrico agrega varias ventajas y grandes cantidades de ahorro a la empresa.

3.5.3. Esquema de conexión de banco de condensadores para la corrección del factor de potencia

En la figura 3.4 podremos visualizar los diferentes tipos de conexiones que tienen los condensadores ya sea para una corrección individual, corrección por grupos de carga o para una corrección general.

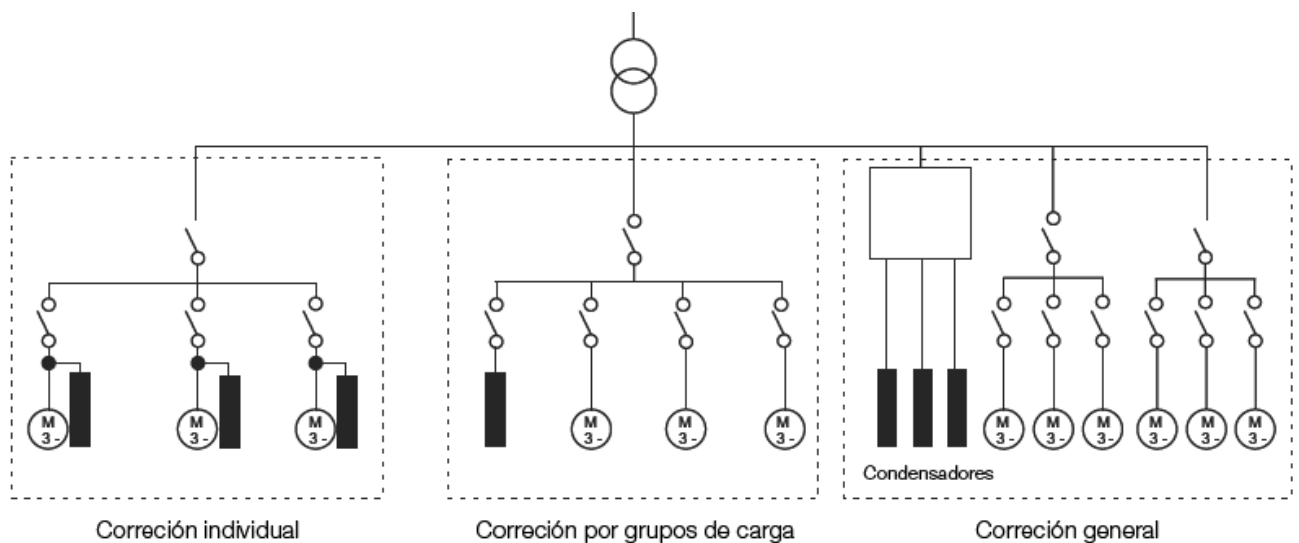


Figura 3.4: Esquema de conexiones de capacitores con las cargas
Fuente: (Hidalgo, 2017)

Pero debemos agregar nuestro paso fijo del banco de condensadores para aprovechar la capacidad de nuestro banco de transformadores de 375 KVA, se considerará un 5% adicional de los 375 KVA y se los adicionará al banco de condensadores.

Quedando un banco de condensadores de 50.72 KVAR y el valor de los condensadores serán los siguientes:

$$C(\mu f) = \frac{QC}{V^2 * 2\pi * f * 10^{-6}}$$

$$C(\mu f) = \frac{50.72 \text{ KVAR}}{460^2 * 2\pi * 60 * 10^{-6}}$$

$$C(\mu f) = 635.81 \mu f$$

Por lo que diseñamos el banco de condensadores con 7 botellas de 100 μf , con una conexión de tipo paralelo entre ellos y de la misma forma conectados con la carga

3.5.4. Cálculo de la acometida hacia la carga instalada

Según los criterios mencionados en el capítulo 2, sección 2.11.6 y utilizando la tabla 2.4 del mismo capítulo tendremos una acometida de las siguientes características utilizando como ejemplo al compresor como una de nuestras carga, para el resto de acometidas solo se debe variar la carga y realizar el mismo procedimiento.

- 3 cables # 8 - cobre - TW + 1 cable # 12 – cobre – TW

3.5.5. Cálculo del disyuntor de la carga

Según los criterios mencionados en el capítulo 2, sección 2.11.6 y utilizando la tabla 2.4 del mismo capítulo tendremos el valor del disyuntor que protegerá a nuestro motor. A continuación se realizará un ejemplo con el motor compresor, pero el mismo criterio será aplicado al resto de cargas.

$$I: 1.5 * I_n$$

Donde:

Id: Corriente de diseño

In: Corriente nominal

Teniendo como resultado un disyuntor de 40 A para el motor del compresor

3.5.6. Cálculo de la acometida hacia el PD Auxiliar

Según los criterios mencionados en el capítulo 2, sección 2.11.6 y utilizando la tabla 2.4 del mismo capítulo tendremos una acometida de las siguientes características.

- 3 cables # 3 - cobre - TW + 1 cable # 8 – cobre – TW

3.5.7. Cálculo del disyuntor principal del PD Auxiliar

Según los criterios mencionados en el capítulo 2, sección 2.11.6; el valor de nuestro breaker principal será de 91.95 A, instalando un breaker comercial de 100 A.

3.5.8. Cálculo del breaker principal del PPD

Según los criterios mencionados en el capítulo 2, sección 2.11.6; el valor de nuestro breaker principal será de 595.5 A, instalando un breaker comercial de 600 A.

2.5.9. Cálculo de la acometida hacia el panel principal de disyuntores

Según los criterios mencionados en el capítulo 2, sección 2.11.6 y utilizando la tabla 2.4 del mismo capítulo tendremos una acometida de las siguientes características y graficado en la figura 3.5.

- 6 cables # 400 MCM -cobre- THHN + 2 cable # 300 MCM -cobre -TW

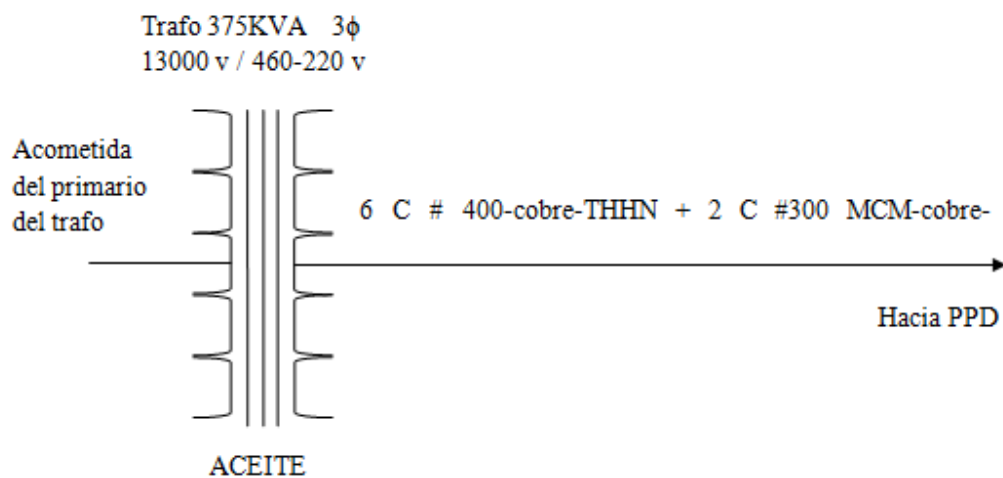


Figura 3.5: Diagrama unifilar de la acometida hacia PPD
Fuente: Autor

3.5.10. Cuarto de transformadores

Este cuarto tiene las dimensiones de 5 x 4 m, en el cual se instalará 1 banco de transformadores trifásicos de 13.2KV / 440-240V a una potencia aparente de 375 KVA de tipo ACEITE el cual proveerá energía a las cargas de baja tensión.

14.3 Características Constructivas: El cuarto de transformadores será construido con paredes de hormigón o de mampostería y columnas de hormigón armado. Los cuartos por razones de seguridad, deberán tener una losa superior de hormigón, a una altura libre mínima de 2.5 metros, diseñada para soportar una carga máxima de acuerdo a su utilización. (NATSIM, 2012)

En la figura 3.6 se muestra la elección de nuestro cuarto de transformadores según su capacidad de 375 KVA.

DIMENSIONES	CAPACIDAD
2,0 x 2,5m	Hasta 100 KVA (1 solo transformador 1□)
3,0 x 2,5m	Hasta 150 KVA (Banco de 2 o 3 transformadores)
4,0 x 3,0m	Hasta 300 KVA (Banco de 3 transformadores)
5,0 x 4,0m	Hasta 750 KVA (Banco de 3 transformadores)
6,0 x 4,0m	Hasta 1.000 KVA (Banco de 3 transformadores)

Figura 3.6: Cuadro de dimensiones para cuartos de transformadores
Fuente: (NATSIM, 2012)

3.5.11. Esquema de conexiones del banco de transformadores para el edificio #2

Según los cálculos mostrados en el literal 3.5.8 procedemos a calcular el banco de condensadores. Por lo que necesitaremos un banco de transformadores conformado por 3 transformadores monofásicos de 125 KVA cada uno. Considerando un 20% de flexibilidad para futuras cargas en el edificio #2

A continuación en la figura 3.7 se mostrará la conexión estrella – estrella con la que tendremos un voltaje de línea-línea de 460v y un voltaje de línea-tierra de 240v.

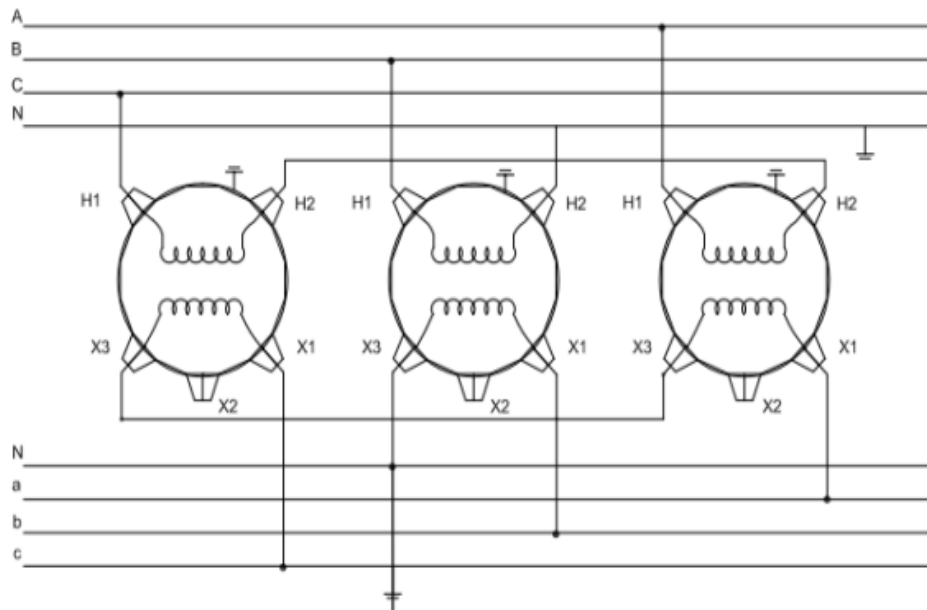


Figura 3.7: Esquema de conexiones de un banco de transformadores estrella - estrella 460/240v
Fuente: (ENSA, 2011)

Donde:

A: Fase del lado del primario del transformador

H1 y H2: Terminales del transformador del lado primario

X1, X2 y X3: Terminales del lado del secundario del transformador

a: Fase del lado del secundario del transformador

3.5.12. Acometida en media tensión

La acometida de M/T se encuentra cerca al cuarto de transformadores, ésta proviene de la celda de M/T ubicada en la casa de fuerza de la planta, ésta acometida tiene pararrayo tipo válvula de 15KV y una caja de fusible de 10 KV. La acometida tiene colocadas puntas deflectoras de tipo exterior, ésta acometida está conformada por 3C#2 - 15KV – Cu + 1C#4 – 600V – Cu.

La misma que ingresa a una tubería rígida de 4” de diámetro hasta una caja de paso subterránea de dimensiones 80x80x80cm, ésta tubería ingresa al cuarto de

transformadores a una altura de 1,5 metros, la acometida sale de la tubería para ser colocadas en un cable tensor de acero de ¼” de diámetro que posteriormente serán sujetas por correas plásticas, ésta acometida terminará con puntas deflectoras tipo interna (1 por fase) según normas NEC.

3.5.13. Celda de media tensión

La celda de M/T constará de las siguientes partes:

- Barras de llegada de 13,2 KV
- Seccionador con fusibles 3Ø
- Mecanismo para desconexión y conexión tipo manual y automático

3.5.14. Cálculo de la malla de tierra

El siguiente cálculo se tomará como referencia la figura 2.11 del capítulo 2 y se utilizará el método Laurent - Niemann, la ubicación de la malla a tierra tendrá lugar en el área total del edificio #2.

3.5.15. Cálculo del número de varillas

Utilizaremos la información de la sección 2.4.3.8 del capítulo 2, para encontrar el número de varillas a utilizar.

$$Nv = 0.6 * \sqrt{At}$$

Donde:

Nv: Número de varillas

At: Área total

Entonces reemplazamos por los valores conocidos del terreno del edificio #2 que es de 1050 m².

$$Nv = 0.6 * \sqrt{1050}$$

$$N = 19.4$$

Redondearemos a 20 varillas de puesta a tierra a utilizar en la figura 3.8 que detalla el área de terreno del edificio #2.

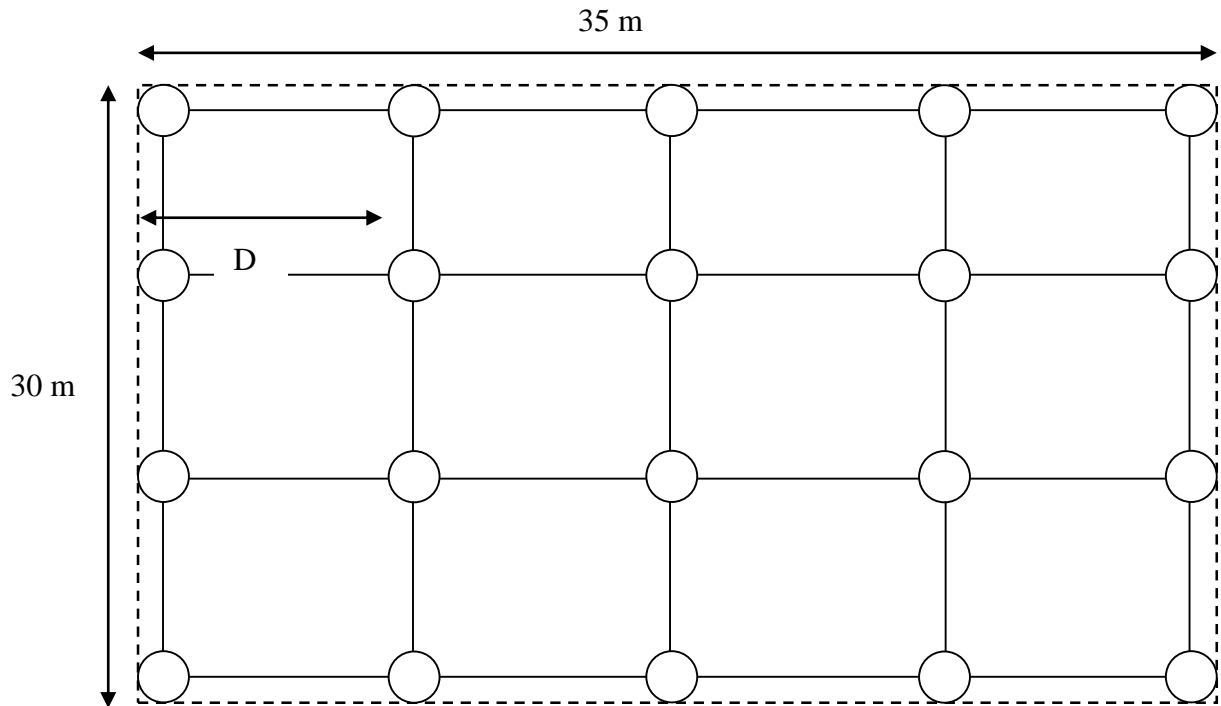


Figura 3.8: Diseño de malla a instalar en edificio #2
Fuente: Autor

Donde:

- Punto de varilla de puesta a tierra
- Conductor de puesta a tierra
- - - Área del terreno del edificio #2
- D Distancia entre varillas

La distancia entre varillas es la distancia entre ejes de 2 varillas que puede ser 3 veces la longitud de una varilla.

3.5.16. Cálculo del conductor de la puesta a tierra

Utilizaremos la información de la sección 2.4.3.9 del capítulo 2, para encontrar el calibre del conductor de la puesta a tierra.

Resolviendo la fórmula tenemos un conductor número 1/0 a utilizar en nuestra malla de puesta a tierra.

Y calculando por el ancho y largo del terreno por sus divisiones tenemos una longitud del conductor de varilla a tierra de 290 m.

3.6. Presupuesto aproximado del sistema eléctrico en baja

En base al presupuesto que se utilizó en el sistema eléctrico del edificio #1 que tuvo un valor de \$94,572.08; se procede a mostrar en la tabla 3.13 el presupuesto del edificio #1 limitado a la utilización para el sistema eléctrico y la tabla 3.14 con el presupuesto aproximado del edificio #2 cuyas bases tuvieron referencia con SIEMENS con la lista de precios de productos industriales (SIEMENS, 2018)

Tabla 3.13: Presupuesto aproximado del sistema eléctrico del edificio #1

PRESUPUESTO APROXIMADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO # 1					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
1	Conductor #2 AWG 15Kv	150	metro	27,47	4120,5
2	Conductor #4 AWG 15Kv	150	metro	15,68	2352
3	Transformador monofásico 150KVA	3		5000	15000
4	Conductor #500 MCM Cu 600V 90° C	85	metro	70,25	5971,25
5	Conductor #400 MCM Cu 600V 90° C	25	metro	51,35	1283,75
6	Disyuntor trifásico de 800 A	1		2400	2400
7	Conductor #2 600v Cu TW	40	metro	10,5	420
8	Conductor #6 600v Cu TW	20	metro	4,25	85
9	Disyuntor trifásico de 150 A	3		350	1050
10	Disyuntor trifásico de 175 A	1		425	425
11	Disyuntor trifásico de 50 A	1		85	85
12	Disyuntor trifásico de 100 A	1		300	300
13	Concéntrico 4x14 600v Cu TW	500	metro	3,5	1750
14	Motor 15 KW 460V 3φ 3600 rpm baja eficiencia	3		1635	4905
15	Motor 0,55 KW 460V 3φ 1700 rpm baja eficiencia	21		186	3906
16	Motor 2,2 KW 460V 3φ 1700 rpm baja eficiencia	3		387	1161
17	Motor 4 KW 460V 3φ 1720 rpm baja eficiencia	3		569	1707
19	Tablero con banco de condensadores	1		6300	6300
20	Tablero principal de disyuntores	1		8600	8600
21	Tablero auxiliar de disyuntores	5		27500	27500
22	Luminarias del edificio #1	64	luminarias	27,35	1750,4
23	Toma corrientes de servicios generales	38	TC y clavijas	92,11	3500,18
Total					94572,08

Fuente: Autor

Tabla 3.14: Presupuesto aproximado del sistema eléctrico del edificio #2

PRESUPUESTO APROXIMADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO # 2					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
1	Conductor #2 AWG 15Kv	150	metro	27,47	4120,5
2	Conductor #4 AWG 15Kv	150	metro	15,68	2352
3	Transformador monofásico 125KVA	3		4000	12000
4	Conductor #400 MCM Cu 600V 90° C	75	metro	63,27	4745,25
5	Conductor #300 MCM Cu 600V 90° C	10	metro	46,93	469,3
6	Disyuntor trifásico de 600 A	1		1910	1910
7	Conductor #3 600v Cu TW	30	metro	8,53	255,9
8	Conductor #8 600v Cu TW	10	metro	3,32	33,2
9	Disyuntor trifásico de 100 A	3		225	675
10	Disyuntor trifásico de 150 A	1		300	300
11	Disyuntor trifásico de 25 A	1		75	75
12	Disyuntor trifásico de 70 A	1		300	300
13	Concéntrico 4x14 600v Cu TW	500	metro	3,5	1750
14	Motor 15 KW 460V 3φ 3600 rpm alta eficiencia	3		2350	7050
15	Motor 0,55 KW 460V 3φ 1700 rpm alta eficiencia	21		269	5649
16	Motor 2,2 KW 460V 3φ 1700 rpm alta eficiencia	3		525	1575
17	Motor 4 KW 460V 3φ 1720 rpm alta eficiencia	3		736	2208
19	Tablero con banco de condensadores	1		5000	5000
20	Tablero principal de disyuntores	1		8000	8000
21	Tablero auxiliar de disyuntores	5		20000	20000
22	Luminarias LED del edificio #2	64	luminarias	39,06	2499,84
23	Toma corrientes de servicios generales	38	TC y clavijas	78,95	3000,1
Total					83968,09

Fuente: Autor

La comparación del valor de \$94,572.08 invertido en el edificio #1 con el valor de \$83,968.09 invertido en el edificio #2 da un ahorro de \$10,603.99; significando un pequeño ahorro para la empresa, pero el factor que le da una mayor confiabilidad en el sistema eléctrico de baja tensión es incluir motores de alta eficiencia que ahorrarán a la empresa en gastos de mantenimiento correctivo a mediano y largo plazo.

Algunas ventajas de tener motores de alta eficiencia en el sistema eléctrico de baja tensión como detalla la siguiente referencia:

- Por ser de un motor con menos pérdidas, se reduce considerablemente el aumento de temperatura del motor, factor determinante en la vida útil del motor.
- Por tener factores de servicio superiores, permite operaciones en regímenes intermitentes, con picos de carga superiores al nominal tolerando leves atoramientos.
- Tienen mayor reserva de potencia para operar en ambientes con temperaturas superiores a 40°C y en zonas de altitudes superiores.
- Son más adecuados en las aplicaciones con variadores de frecuencia

- Reducido coste de mantenimiento correctivo y preventivo
(Roydisa, 2017)

Según el pliego tarifario de periodo Enero – Diciembre del 2019 del ARCONEL, la tarifa de energía eléctrica para el negocio CNEL EP GUAYAS – LOS RÍOS con horario diferenciado, de sector industrial y de media tensión de demanda tenemos los siguientes valores según la tabla 3.15.

Tabla 3.15: Costo de energía eléctrica sector industrial negocio Guayas-Los Ríos

HORARIO DIFERENCIADO	SECTOR INDUSTRIAL
	Energía (USD/KW-horas)
Lun-Vie desde 08:00 hasta 18:00 horas	0,0897
Lun-Vie desde 18:00 hasta 22:00 horas	0,1037
Lun-Vie desde 22:00 hasta 08:00 horas	0,0501
Sáb-Dom-Fer desde 18:00 hasta 22:00 horas	0,0897

Fuente: (ARCONEL, 2019)

Con los valores mostrados en la tabla anterior se puede demostrar el verdadero ahorro de tener motores de alta eficiencia con respecto al uso de eficiencia baja o estándar, aplicando la formula de potencia trifásica.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi$$

Tomando por ejemplo al motor de mayor potencia en nuestra línea de proceso del edificio #1, tenemos al compresor con los siguientes datos:

P: 15 KW

V: 440 V

I: 26.6 A

cos φ : 0.60

Aplicando la fórmula para un motor ideal, es decir, con cos φ igual a 1 tenemos el siguiente valor:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi$$

$$P = \sqrt{3} * 440 * 26.6 * 1$$

$$P = 20,247.92 \text{ w}$$

Aplicando la misma fórmula, pero con un $\cos \varphi$ de un motor de alta eficiencia (0.85) para el edificio #2, tenemos el siguiente valor:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi$$

$$P = \sqrt{3} * 440 * 26.6 * 0.85$$

$$P = 17,210.73 \text{ w}$$

Y finalmente aplicando nuevamente la fórmula, pero con un $\cos \varphi$ de un motor de baja eficiencia (0.60) del edificio #1, tenemos el siguiente valor:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi$$

$$P = \sqrt{3} * 440 * 26.6 * 0.60$$

$$P = 12,148.75 \text{ w}$$

Ahora con estos tres valores podemos detallar la diferencia, la cual es traducida en pérdidas de potencia lo que refleja en desperdicio de dinero para la compañía, al pagarla por energía eléctrica desperdiciada.

Diferencia 1:

$$P_{des1} = 20,247.92 \text{ w} - 17,210.73 \text{ w}$$

$$P_{des1} = 3,037.19 \text{ w}$$

Diferencia 2:

$$P_{des2} = 20,247.92 \text{ w} - 12,148.75 \text{ w}$$

$$P_{des2} = 8,099.17 \text{ w}$$

Donde:

$$P_{des} = \text{Potencia desperdiciada}$$

Aplicando el pliego tarifario tenemos el ahorro mensual y de un solo equipo de la línea de proceso de la compañía en la siguiente tabla 3.16.

Tabla 3.16: Ahorro mensual de un equipo de la línea de proceso

SECTOR INDUSTRIAL (ARCONEL 2019)	POTENCIA DES 1	POTENCIA DES 2	POTENCIA DES 1* Hora	POTENCIA DES 2* Hora	POTENCIA DES 1* MES	POTENCIA DES 2* MES	AHORRO MENSUAL
Energía (USD/KW*horas)	KW	KW	USD / KW*hora	USD / KW*hora	USD	USD	DES 2 - DES 1
0,0897	3	8	0,2691	0,7176	53,82	143,52	89,7
0,1037	3	8	0,3111	0,8296	24,888	66,368	41,48
0,0501	3	8	0,1503	0,4008	30,06	80,16	50,1
0,0897	3	8	0,2691	0,7176	8,6112	22,9632	14,352

Fuente: Autor

Se puede observar un ahorro máximo para el compresor de tornillo de alta eficiencia trabajando en un horario diferenciado de lunes a viernes de 18:00 hasta las 22:00 horas durante un mes es de \$41.48.

Realizando un similar cálculo con los demás motores de la línea de producción tenemos un considerable ahorro económico al utilizar motores de alta eficiencia en nuestro diseño eléctrico en baja tensión.

A continuación se muestra la tabla 3.17 en donde se observa el ahorro que tendrá la empresa a corto plazo (1 año) con respecto a la energía que consumirá una línea de proceso en el edificio #2 con un factor de coincidencia igual a 1, con lo que observaremos un ahorro anual máximo.

Tabla 3.17: Ahorro energético máximo anual del edificio#2

HORARIO DIFERENCIADO	SECTOR INDUSTRIAL (ARCONEL 2019)	POTENCIA EDIF 1	POTENCIA EDIF 2	ENERGÍA EDIF 1	ENERGÍA EDIF 2	ENERGÍA EDIF 1 MENSUAL	ENERGÍA EDIF 2 MENSUAL	ENERGÍA EDIF 1 ANUAL	ENERGÍA EDIF 2 ANUAL	AHORRO ANUAL EDIF 2	AHORRO ANUAL EDIF 2
	Energía (USD/KW*horas)	KW	KW	KW/hora	KW/hora	KW/mes	KW/mes	KW/año	KW/año	KW/año	USD
Lun-Vie desde 08:00 hasta 18:00	0,0897	151,873	112,488	1518,73	1124,88	303746,00	224976,00	3644952,00	2699712,00	945240,00	84788,03
Lun-Vie desde 18:00 hasta 22:00	0,1037	151,873	112,488	607,49	449,95	48599,36	35996,16	583192,32	431953,92	151238,40	15683,42
Lun-Vie desde 22:00 hasta 08:00	0,0501	151,873	112,488	1518,73	1124,88	303746,00	224976,00	3644952,00	2699712,00	945240,00	47356,52
Sáb-Dom-Fer desde 18:00 hasta 22:00	0,0897	151,873	112,488	607,49	449,95	19439,74	14398,46	233276,93	172781,57	60495,36	5426,43
TOTAL								8106373,25	6004159,49	2102213,76	153254,41

Fuente: Autor

Podemos apreciar un ahorro máximo anual energético de 2.10 MW/año y su equivalente económico en \$153,254.41

Y en la figura 3.18 se puede apreciar un ahorro energético anual del edificio #2 aplicando el cálculo de la demanda con un factor de coincidencia de 0,7 con base a la producción actual del edificio#1

Tabla 3.18: Ahorro energético anual del edificio #2

HORARIO DIFERENCIADO	SECTOR INDUSTRIAL (ARCONEL 2019)	POTENCIA EDIF 1	POTENCIA EDIF 2	ENERGÍA EDIF 1	ENERGÍA EDIF 2	ENERGÍA EDIF 1 MENSUAL	ENERGÍA EDIF 2 MENSUAL	ENERGÍA EDIF 1 ANUAL	ENERGÍA EDIF 2 ANUAL	AHORRO ANUAL EDIF 2	AHORRO ANUAL EDIF 2	
	Energía (USD/KW*horas)	KW	KW	KW/hora	KW/hora	KW/mes	KW/mes	KW/año	KW/año	KW/año	USD	
Lun-Vie desde 08:00 hasta 18:00	0,0897	106,31	78,74	1063,10	787,40	212620,00	157480,00	2551440,00	1889760,00	661680,00	59352,70	
Lun-Vie desde 18:00 hasta 22:00	0,1037	106,31	78,74	425,24	314,96	34019,20	25196,80	408230,40	302361,60	105868,80	10978,59	
Lun-Vie desde 22:00 hasta 08:00	0,0501	106,31	78,74	1063,10	787,40	212620,00	157480,00	2551440,00	1889760,00	661680,00	33150,17	
Sáb-Dom-Fer desde 18:00 hasta 22:00	0,0897	106,31	78,74	425,24	314,96	13607,68	10078,72	163292,16	120944,64	42347,52	3798,57	
TOTAL									5674402,56	4202826,24	1471576,32	107280,03

Fuente: Autor

Podemos observar un ahorro energético anual del edificio #2 de 1.47 MW/año y este valor transformado en su equivalente económico tenemos un ahorro de \$107,280.03

En la figura 3.9 Se observa un diagrama en donde se puede apreciar con mayor detenimiento el ahorro obtenido en el edificio#2, representado por un 26% con respecto al edificio #1.

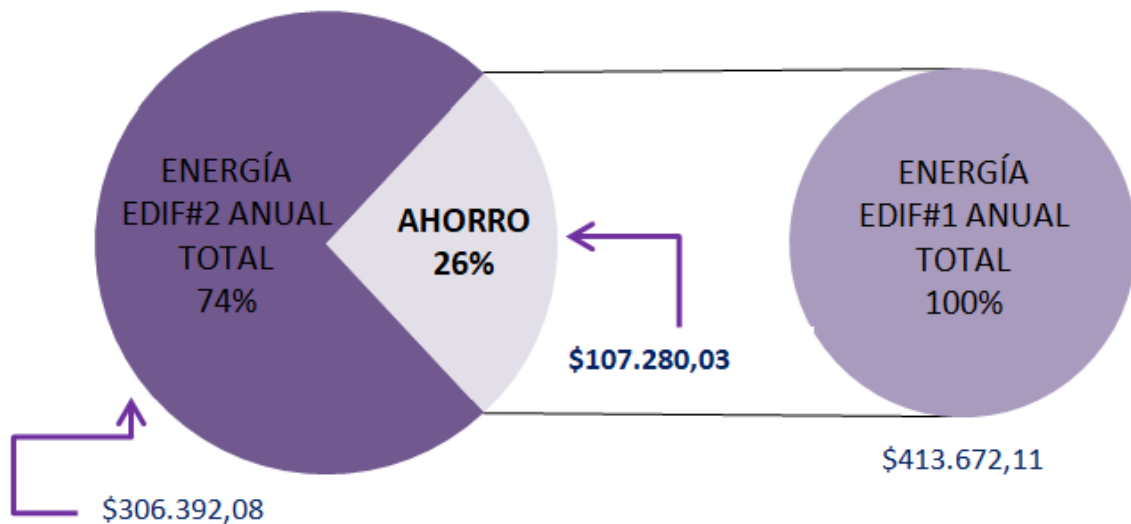


Figura 3.9: Ahorro Energético del Edificio #2 [USD]

Fuente: Autor

3.7. Resumen de resultados de los cálculos del sistema eléctrico para el edificio #1 y #2

A continuación en la tabla 3.19 se muestra un cuadro comparativo con el resumen de los resultados que se obtuvieron en el edificio #1 y #2.

Tabla 3.19: Comparativo de los resultados del sistema eléctrico del edificio #1 y #2

COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS CÁLCULOS DEL DISEÑO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO #1 Y #2			
Item	Criterio técnico utilizado	Edificio #1	Edificio #2
Carga instalada de una línea de proceso	Levantamiento de información	25190 W	25191 W
Carga instalada de alumbrado	Levantamiento de información	14700 W	5568 W
Carga instalada de los servicios generales	Levantamiento de información	31350 KW	31350 KW
Cálculo de la acometida hacia el panel principal de disyuntores	$I \text{ diseño} = (I \text{ max} \times 1,25) + \sum \text{ de demás } I \text{ nominales.}$	6 C# 500 MCM-cu-TW +2 C#300 MCM-cu-TW	6 C# 400 MCM-cu-TW +2 C#200 MCM-cu-TW
Cálculo del disyuntor principal del PPD	$I \text{ diseño} = (1,5 \times I \text{ nominal max.}) + \sum \text{ de demás } I \text{ nominales.}$	800 A	600 A
Cálculo del disyuntor principal del PD Auxiliar	$I \text{ diseño} = (1,5 \times I \text{ nominal max.}) + \sum \text{ de demás } I \text{ nominales.}$	100 A	100 A
Cálculo de la acometida hacia el PD Auxiliar	$I \text{ diseño} = (I \text{ max} \times 1,25) + \sum \text{ de demás } I \text{ nominales.}$	3 C# 2-cu-TW +1 C# 6- cu-TW	3 C# 3-cu-TW +1 C# 8- cu-TW
Cálculo del disyuntor de la carga (Compresor)	$I \text{ diseño} = 1,5 \times I \text{ nominal.}$	40 A	40 A
Cálculo de la acometida hacia la carga instalada (Compresor)	$I \text{ diseño} = 1,25 \times I \text{ nominal}$	3 C# 8-cu-TW +1 C# 12- cu-TW	3 C# 8-cu-TW +1 C# 12- cu-TW
Banco de transformadores	D requerida = P total x F coincidencia a eso le agregamos un 20% de flexibilidad	450 KVA	375 KVA
Presupuesto aproximado del sistema eléctrico	Proveedores	\$94,572.08	\$83,968.09
Presupuesto aproximado de la mano de obra	Proveedores (35% del sistema eléctrico)	\$33,250.00	\$29,750.00

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

En el presente trabajo de titulación se cumplió con el primer objetivo específico realizando un levantamiento en campo del 100% de los equipos que conforman la línea de producción de balanceado de camarón en el edificio#1 con la finalidad de obtener información de las cargas y empezar con los cálculos correspondientes.

En cuanto al segundo objetivo específico que trata del cálculo de la demanda requerida, donde se obtuvo un resultado de 25190 W por línea de proceso línea de proceso dando como resultado un total de 112488 W, entre las 3 líneas de proceso, alumbrado y servicios generales. Consideramos un factor de coincidencia 0.7, obteniendo un valor total de demanda del edificio #2 de 78.74Kw, valor del cual procedimos a realizar los cálculos con el pliego tarifario para obtener el ahorro energético anual.

Con varios artículos de las normas NFPA (literal 3.1) y NEC (en los literales 2.4.2, 2.4.3 y 2.11.5) logramos cumplir con el tercer objetivo específico, porque se obtuvieron resultados que permitieron no sobredimensionar las protecciones y las acometidas del sistema eléctrico del edificio #2.

Además de incluir en este sistema motores de alta eficiencia que por sus características alargarán la vida útil de los equipos y del sistema eléctrico en sí, debido al aprovechamiento de su potencia, que se transformará en un ahorro económico considerable de \$107,280.03 a corto plazo (1 año) para la empresa y un ahorro energético anual total del edificio #2 de 2.11 MW/año con respecto a la situación actual del edificio #1, representando una ahorro energético del 26%.

Muestra del ahorro mencionado deriva en el cumplimiento del cuarto objetivo específico al colocar un presupuesto aproximado de la inversión a realizar en el edificio #2 por un valor total de \$83,968.09, que con respecto a la inversión del edificio #1 representa un ahorro del 11,21%.

El presente trabajo de titulación va a garantizar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico de un proceso de elaboración de balanceado de camarón en sus etapas

de transporte, dosificación y empaque; así como un ahorro económico a corto y mediano plazo para la compañía debido a los resultados y equipos utilizados en el sistema eléctrico.

4.2. Recomendaciones

Al usuario de este trabajo de titulación se recomienda seguir paso a paso con el proyecto, levantando información de campo, calculando bajo criterios y normas eléctricas; para luego dar paso al diseño del sistema eléctrico con el respectivo diagrama unifilar; considerado las normas establecidas NEC y NFPA.

Cuando se requiera instalar los motores de alta eficiencia se recomienda leer con detenimiento los catálogos informativos para una mejor selección del motor deseado. Ya que una indebida selección del motor a utilizar provoca un desaprovechamiento de la energía eléctrica causando pérdidas dentro del sistema.

Implementar un nuevo plan de mantenimiento debido al uso de motores de alta eficiencia permite que la frecuencia de sus mantenimientos preventivos y correctivos sean mayores.

Con respecto al diseño eléctrico en baja tensión se debe dejar en detalle el número de conductores que tendrán las diferentes acometidas así como una correcta simbología para la correcta interpretación del diseño eléctrico unifilar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agescimarche. (2016). ESQUEMAS ELÉCTRICOS. Recuperado de <https://agescimarche.it/yoreparo-solucionado-como-conecto-un-timer-digital-zurich-a-una-bomba-de-agua.html>
- Álvarez, L. (2013). DISEÑO CONCEPTUAL DE UN CILINDRO CRIBADOR PARA LOMBRICOMPOSTA. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1997/T19830%20ALVAREZ%20VELASCO%2c%20LEANDRO%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ARCONEL. (2019). Pliego tarifario 2019. Recuperado de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/Pliego-Tarifario-SPEE-2019.pdf>
- Botero, J. (2013). CONCEPTOS BASICOS DE SUBESTACIONES ELECTRICAS. Recuperado de http://www.javierbotero.com/Javier_Botero/SUBESTACIONES.html
- Cembrano, F. (2014). Motores Síncronos. Recuperado de https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/029001.pdf
- Chapman, S. J. (2004). *Máquinas eléctricas*. México: McGraw-Hill.
- CIMBRIA A/S. (2014). TRANSPORTADOR PARA CEREALES / CON CADENA. Recuperado de <http://www.agriexpo.online/es/prod/cimbria-s/product-168710-35595.html>
- ENSA. (2011). Criterio de Construcción, Operación y Mantenimiento de Transformadores. Recuperado de

https://www.ensa.com.pa/sites/default/files/no.ccom_.08.01_transformadores_ver_01.docx.pdf

ERIEZ. (2014). SEPARADOR MAGNÉTICO DE TAMBOR / CON IMÁN PERMANENTE / DE VIRUTAS / AUTOLIMPIANTE. Recuperado de <http://www.directindustry.es/prod/eriez-magnetics-europe-limited/product-7282-1033117.html>

Fernández, D. (2002). INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES I.

García, S. (2008). ¿CÓMO HACER UN POZO A TIERRA? Recuperado de <https://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=8>

Garofoldi, J., & Garofoldi, A. (2014). ELEVADORES A CANGILONES DE DESCARGA CENTRÍFUGA. PÉRDIDAS OCASIONADAS POR PROBLEMAS DE DISEÑO. *6 de marzo 2014*. Recuperado de <https://www2.uned.es/ribim/volumenes/Vol18N2Octubre2014/V18N2A04%20Garofoli.pdf>

GRACIDA. (2016). VÁLVULAS DE CUCHILLA Y MANGAS RETRÁCTILES. Recuperado de <http://www.gracidaprosesos.com/valvulas-cuchilla-y-mangas-retractiles.html>

Hidalgo, Y. (2017). METODOLOGÍA PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA. Recuperado de <http://cubaelectronica.blogspot.com/2017/08/factor-de-potencia-fondo.html>

INSTRUMART. (2013). Krohne OPTISWITCH 3100 C Compact Vibration Level Switch. Recuperado de <https://www.instrumart.com/products/38524/krohne-optiswitch-3100-c-compact-vibration-level-switch>

ISO 7000 / IEC 60417 - Graphical Symbols for Use on Equipment. (2002). Earth (ground). Recuperado de <https://inacal.isolutions.iso.org/obp/ui#iec:grs:60417:5017-1985>

Kongskilde. (2017). Transporte neumático de grano. Recuperado de <http://www.kongskilde.com/~media/DLG/Kongskilde/DownloadLib/Brochures/Industry/System%20solutions/Kongskilde%20De-Dusting%20and%20Separation%20systems/123001492%20HI%20E%20De-Dusting%20and%20separation%200516.ashx?la=es-ES>

Martinez, J. (2014). Fotocelda – Control de dispositivos con la luz. Recuperado de <https://tuelectronica.es/fotocelda-control-de-dispositivos-con-la-luz/>

Mendoza, N. (2008). DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA MAQUINA CRIBADORA DE TIERRA DE LOMBRICOMPOSTA. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1923/T16662%20MENDOZA%20RIVERA,%20NAHUM%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Minebea intec. (2016). DÉTECTEUR DE MÉTAUX GRAVITAIRE / POUR CÉRÉALES / POUR POUDRE / À GRANDE SENSIBILITÉ. Recuperado de http://www.directindustry.fr/prod/minebea-intec/product-193552-1942050.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=SimilarProduct&utm_campaign=CA

National Fire Protection Association. (2016). *National electrical code*.

NATSIM. (2012). CUARTOS DE TRANSFORMADORES Y SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA EL SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD. Recuperado de https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/162/f27/NATSIM-2012.pdf

NEC. (2011).

- Nuñez. (2014). El Factor de Potencia. Recuperado de
<http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2014%20MAY%20-%20Factor%20de%20Potencia.pdf>
- Paredes, M. (2017). Partes de la subestación eléctrica. Recuperado de
https://www.partesdel.com/partes_de_la_subestacion_electrica.html
- Quispe, E. (2015). Recomendaciones para la aplicación de motores de alta eficiencia. Recuperado de <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Recomendaciones-para-la-aplicacion-de-motores-de-alta-eficiencia+105646?pagina=3>
- Ramírez Castaño, J. S., & Cano Plata, E. A. (2010). *Sistemas de puesta a tierra: diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Roydisa. (2017). Motores eléctricos IE2, IE3 de alta eficiencia – Mejore su eficiencia y ahorre. Recuperado de <https://www.roydisa.es/motore-electrico-alta-eficiencia-ie2-ie3/>
- Serrano-Tierz, A., Martínez-Iturbe, A., Guarddon-Muñoz, O., & Santolaya-Sáenz, J. L. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49639089029.pdf>
- SIEMENS. (2018). Lista de Precios Productos Industriales Eléctricos. Recuperado de <https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/lista%20de%20precios.pdf>
- TeCom. (2015). LIBRETTO USO E MANUTENZIONE: VALVOLE ROTATIVE. Recuperado de http://www.te-com.it/downloads/tecom_manuale_ghisa.pdf

TEI MEXICO. (2018). Banco de capacitores y filtros armónicos en media tensión en gabinete en media tensión. Recuperado de

https://grupoteimexico.com.mx/bancos_de_capacitores.php

Useche-Vivero, J., & Bayona-Carvajal, W. (2015). Estimación de esfuerzos inducidos durante el llenado y vaciado de silos metálicos para almacenamiento de cemento. Recuperado de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532015000600029

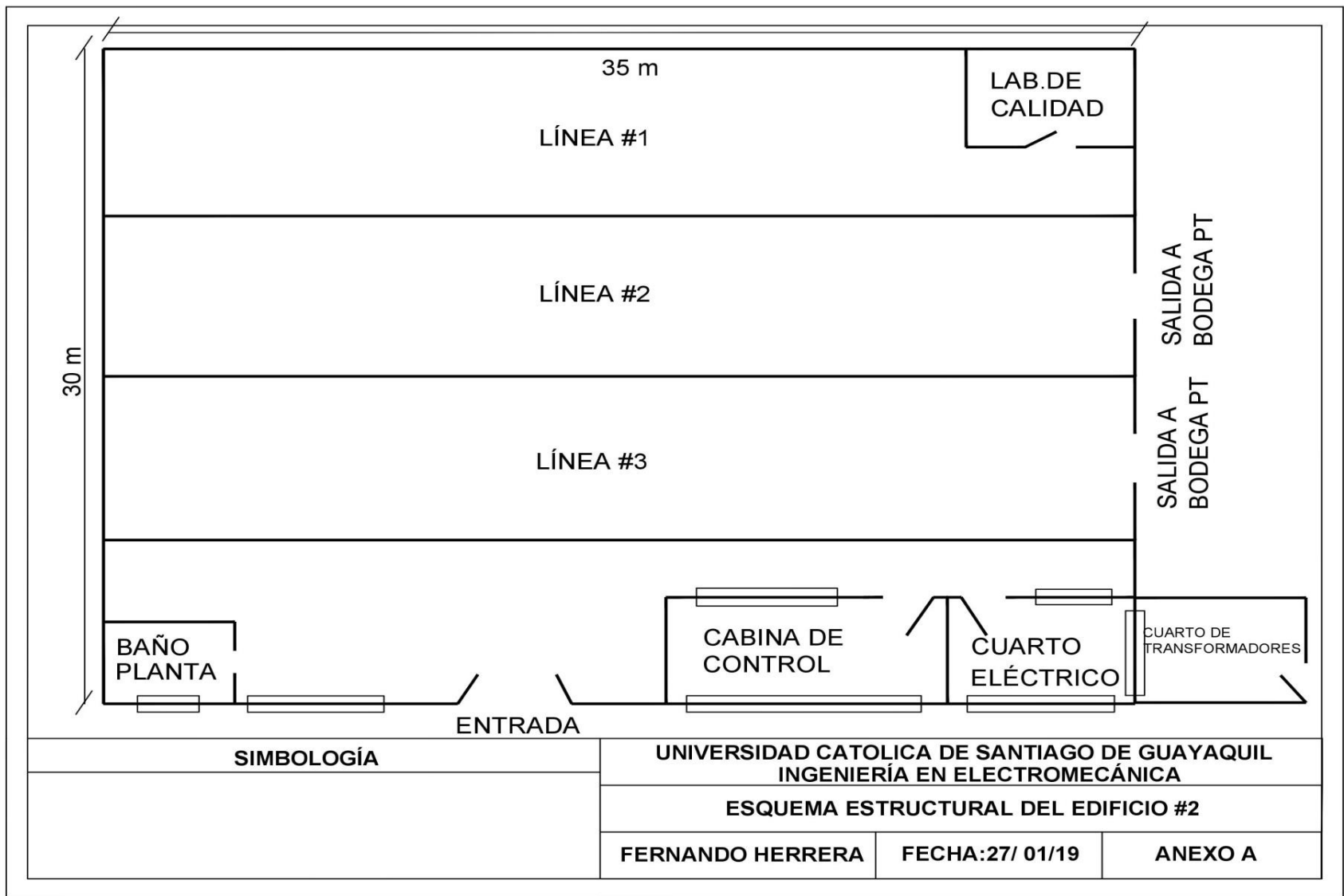
UTN FRMza. (2010). Máquinas e Instalaciones Eléctricas. Recuperado de

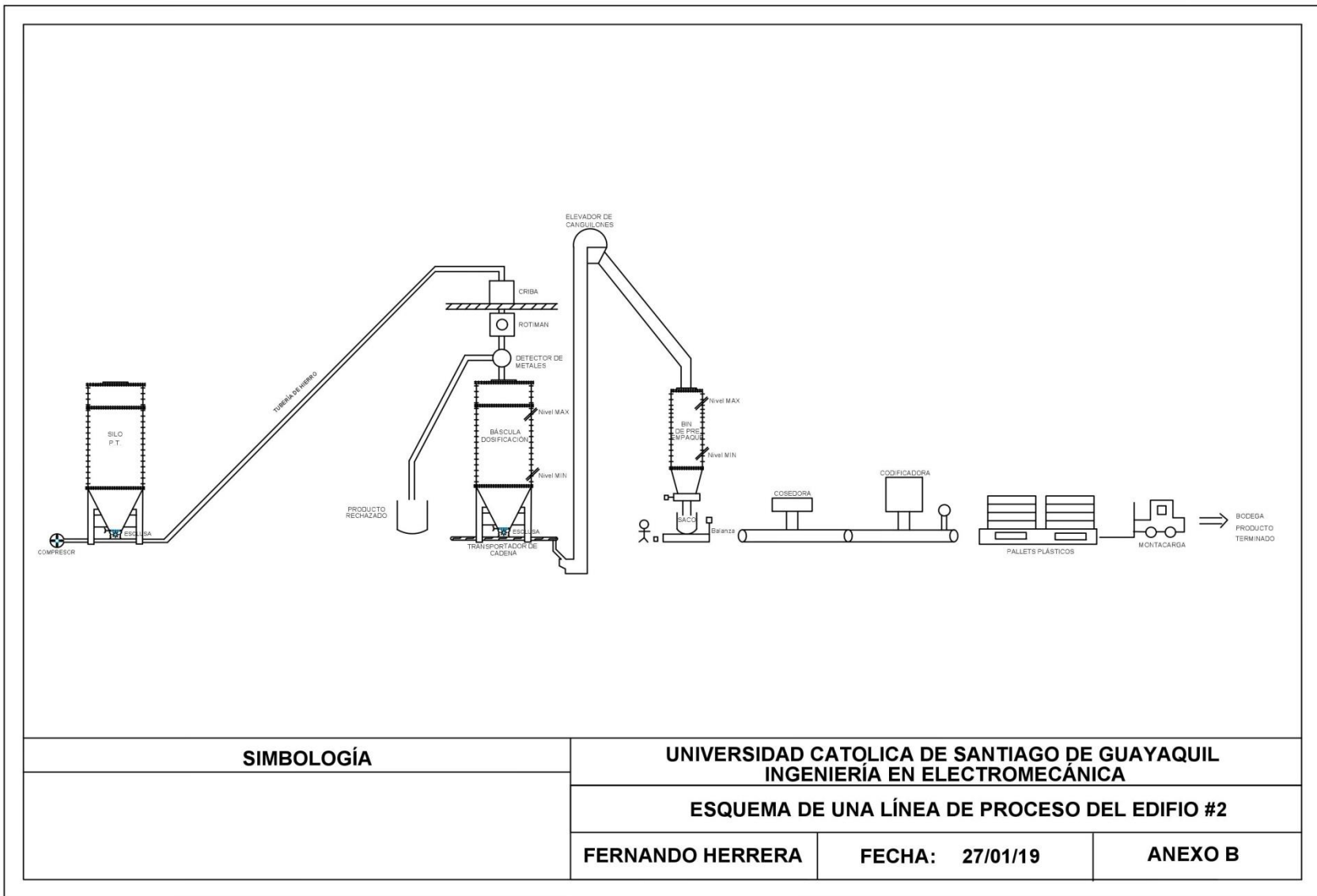
http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs/APUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-_U_3_v1.1.pdf

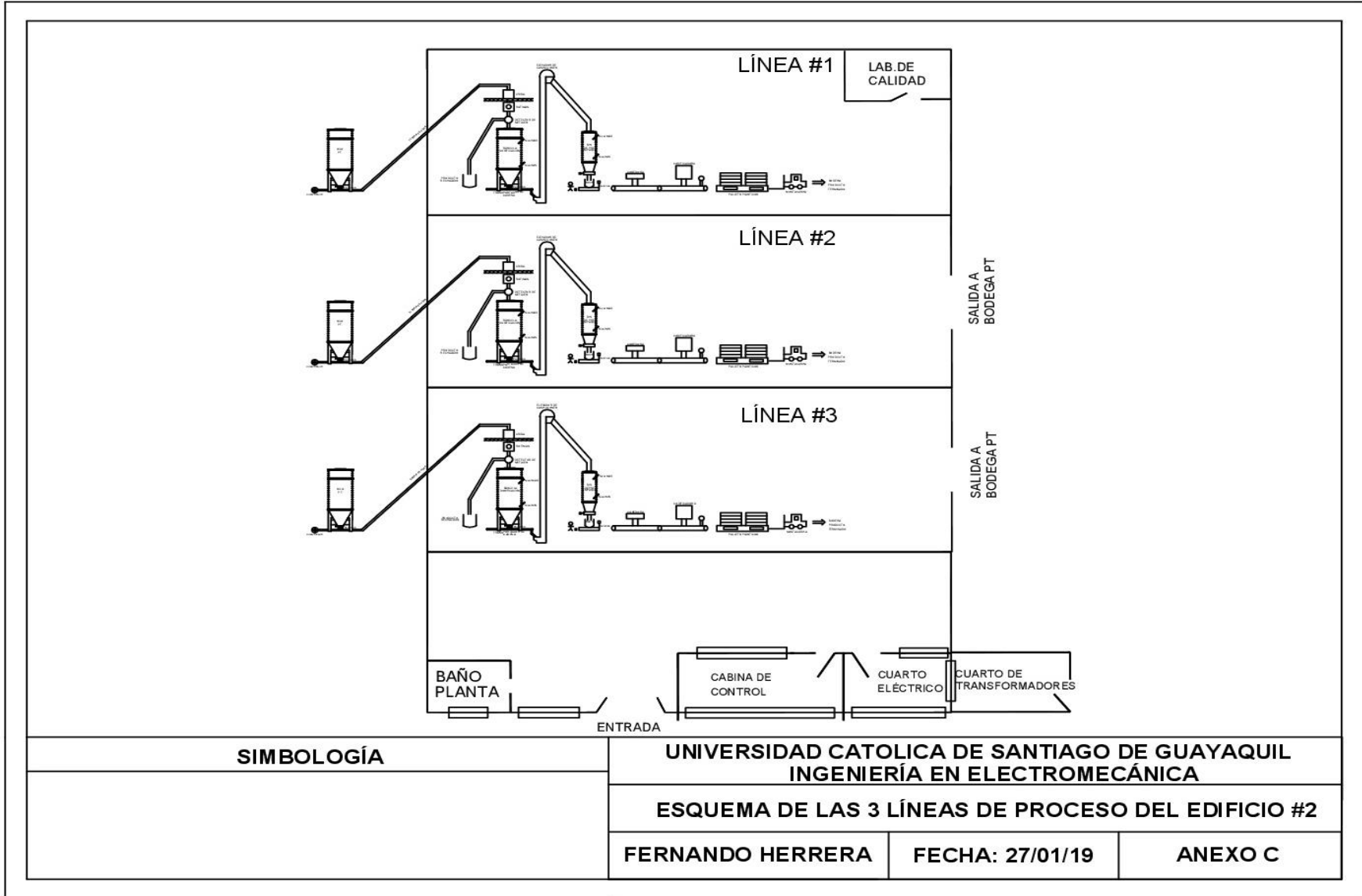
ANEXOS

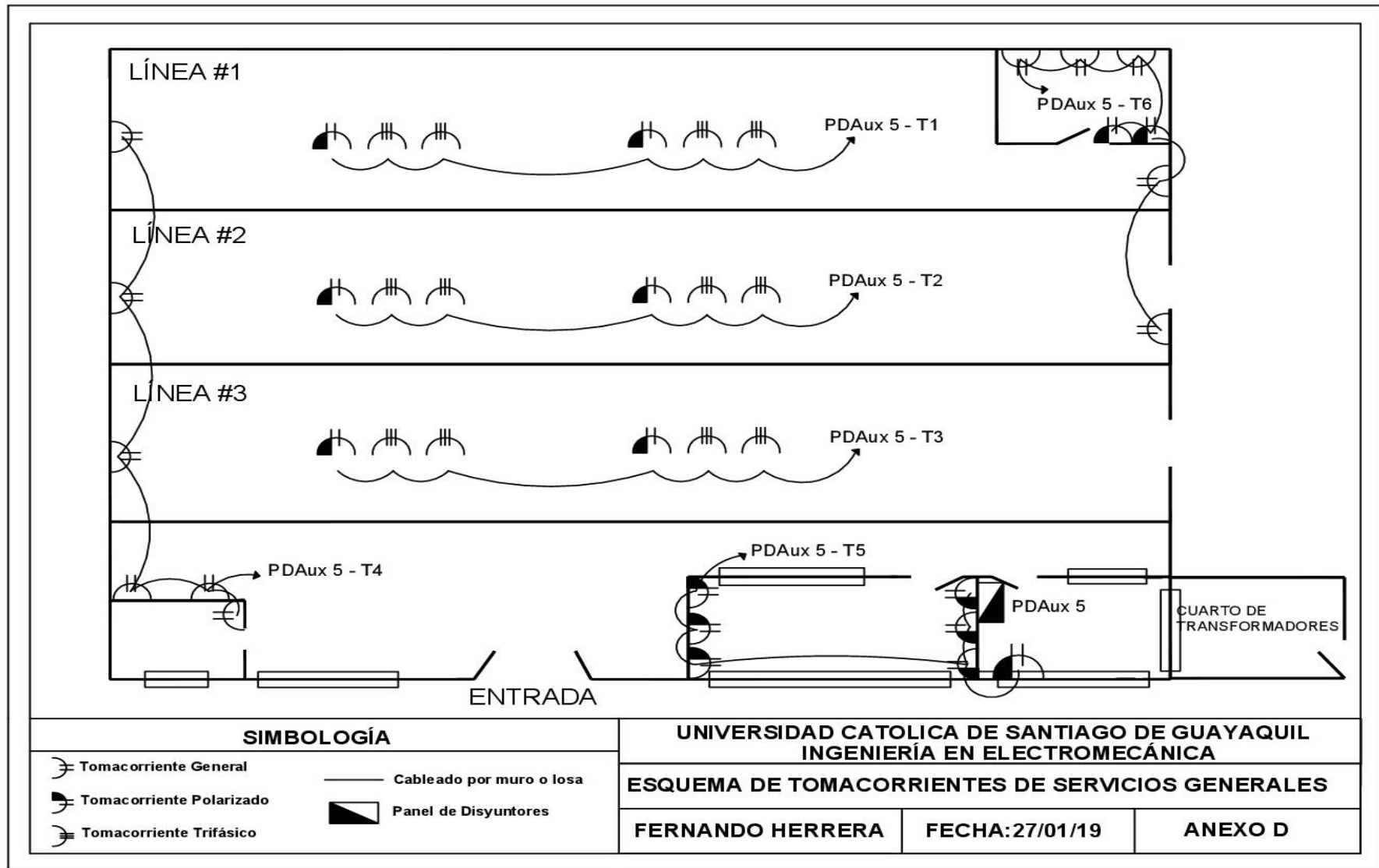
En esta sección del trabajo de titulación se muestran los diseños planteados de los esquemas del edificio # 2 los cuales son detallados de la siguiente forma:

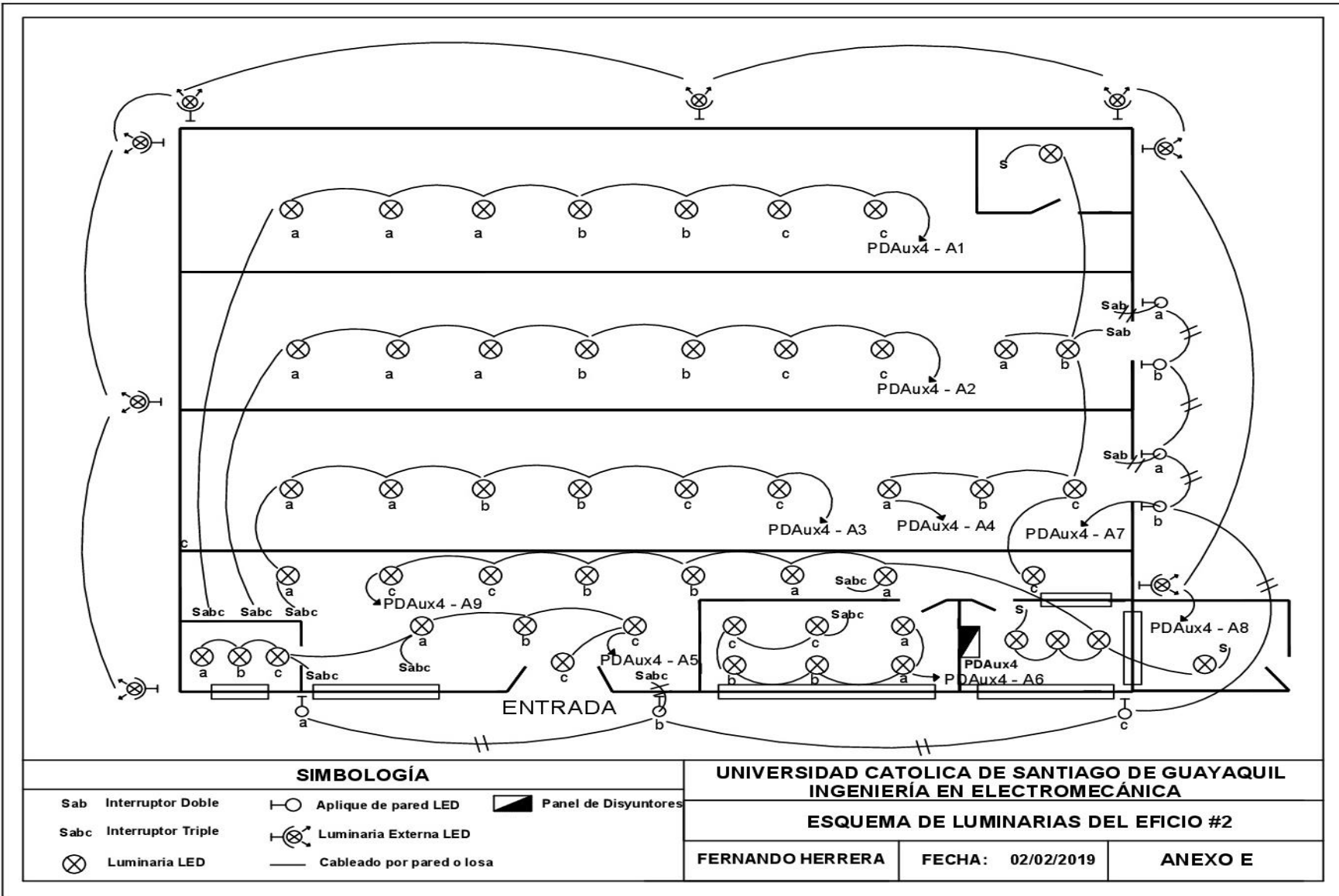
- Anexo A: Esquema estructural del edificio #2
- Anexo B: Esquema de una línea de proceso del edificio #2
- Anexo C: Esquema de las 3 líneas de proceso del edificio #2
- Anexo D: Esquema de tomacorrientes de servicios generales del edificio #2
- Anexo E: Esquema de luminarias del edificio #2
- Anexo F: Diagrama unifilar del edificio #2.



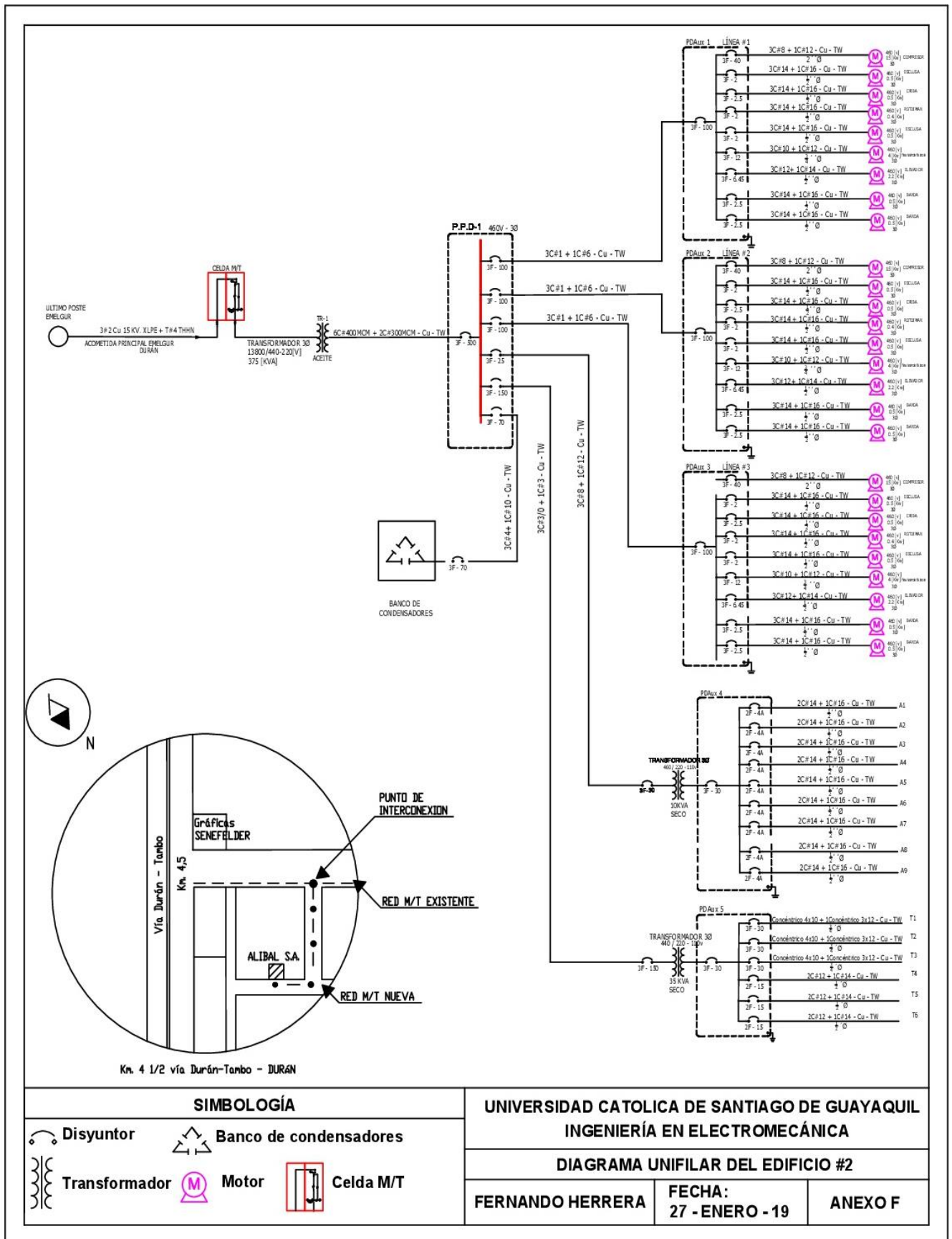








ANEXO E: *Esquema de luminarias del edificio #2*
Fuente: *Autor*



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Herrera Garaví, Fernando Camilo**, con C.C: # **0924283922** autor del trabajo de titulación: “Diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión según las normas establecidas NEC y NFPA para el área de dosificación, empaque y transporte del producto terminado de balanceado de camarón en la empresa ALIBAL S.A ubicada en la ciudad de Durán-Ecuador” previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de Marzo del 2019

f. _____

Herrera Garaví, Fernando Camilo

C.C: 0924283922

A1

A3
A2

A5
A4

A6
A7

A8

A9



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	“Diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión según las normas establecidas NEC y NFPA para el área de dosificación, empaque y transporte del producto terminado de balanceado de camarón en la empresa ALIBAL S.A ubicada en la ciudad de Durán-Ecuador”		
AUTOR(ES)	Fernando Camilo Herrera Garaví		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Carlos Bolívar Romero Rosero		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de Marzo de 2019	No. DE PÁGINAS:	(119 de páginas)
ÁREAS TEMÁTICAS:	Diseño, industrial, eficiencia		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Producción, demanda requerida, factor de potencia, balanceado, eficiencia, proceso		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>El presente trabajo de titulación se basa en el diseño y cálculo del sistema eléctrico en baja tensión de las líneas de producción de la empresa ALIBAL S.A. ubicada en el cantón Durán provincia del Guayas, que tiene la meta de duplicar su producción neta diaria de 30 a 60 Ton/hrs. Donde se aportará en el mejoramiento de la producción de balanceado de camarón conforme a los estudios realizados en la carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica, para lo cual se plantea un levantamiento de la información de campo de los equipos de producción, luminarias y servicios generales dentro de parámetros técnicos existentes para luego proceder con los respectivos cálculos de demanda y corrección del factor de potencia con la aplicación de criterios técnicos en la utilización de motores de alta eficiencia. El desarrollo de este trabajo de titulación está dividido en dos partes una teórica y una de aportes de cálculos y diseños. En la primera parte se detalla la parte teórica que es la base de los cálculos de este sistema eléctrico. En las aportaciones se aprecian los datos obtenidos del levantamiento de información de las cargas para continuar con los cálculos, diseños y un presupuesto aproximado en comparación con el edificio existente, mostrando un ahorro con el actual sistema eléctrico en baja tensión.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0981782819	E-mail: ferherre999@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):::	Nombre: Philco Quispe, Luis Orlando		
	Teléfono: (04) 2 20933 ext 2007		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec / ute@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			