



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE  
CONTROL Y MONITOREO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EDIFICIOS**

**German Leonel De León Trinidad**

Asesorado por el MSc. Ing. César Adrián Estrada Duque

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE CONTROL Y MONITOREO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EDIFICIOS**

PROTOCOLO DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**GERMAN LEONEL DE LEON TRINIDAD**

ASESORADO POR EL MSc. ING. CÉSAR ADRIÁN ESTRADA DUQUE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Ing. José Luis Herrera Gálvez
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

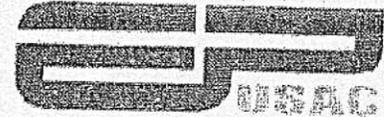
**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE CONTROL Y MONITOREO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EDIFICIOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 28 de agosto de 2014.

  
**German Leonel De León Trinidad**



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado  
 Facultad de Ingeniería  
 Teléfono 2418-9142 / 2418-8000 Ext. 86226

AGS-MGIPP-0030-2014

000694

Guatemala, 28 de agosto de 2014.

Director  
 Guillermo Puentes  
 Escuela de Ingeniería Eléctrica  
 Presente.

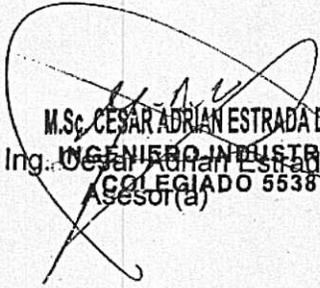
Estimado Director:

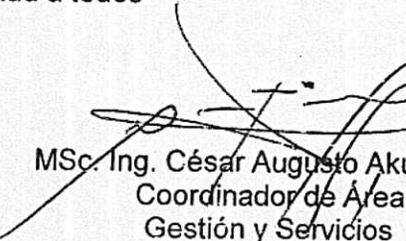
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **German Leonel de León Trinidad** carné número **84-16675**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

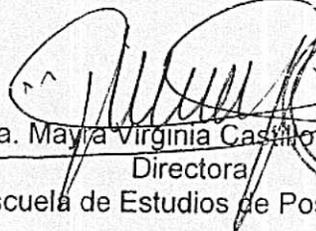
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

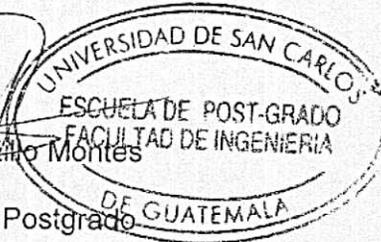
Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"

  
 M.Sc. CESAR ADRIAN ESTRADA DUQUE  
 INGENIERO INDUSTRIAL  
 MSc. Ing. Cesar Adrian Estrada Duque  
 COLEGIADO 5538  
 Asesor(a)

  
 César Akú Castillo MSc.  
 INGENIERO INDUSTRIAL  
 MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
 COLEGIADO No. 4,073  
 Coordinador de Área  
 Gestión y Servicios

  
 Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
 Directora  
 Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
 /la



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 65.2014.

Guatemala, 25 de marzo 2014.

Doctora

Mayra Virginia Castillo Montes

Directora Escuela de Postgrado

Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimada Doctora Castillo:

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el protocolo del Diseño de Investigación, en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado Titulado: **DESARROLLO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE CONTROL Y MONITOREO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EDIFICIOS**, presentado por el estudiante universitario **German Leonel De León Trinidad**, considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

*TO Y ENSEÑAR A TODOS*

Ing. Guillermo Antonio Puentes Romero

DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE CONTROL Y MONITOREO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EDIFICIOS**, presentado por el estudiante universitario: **German Leonel De León Trinidad** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, septiembre de 2014

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Mi Señor y Salvador, dueño de mi vida, que sea este logro para su mayor honra y gloria. Bendito seas Señor, gracias por tu misericordia.
<b>Mi esposa</b>	Rosamaría Arévalo amor de vida.
<b>Mis hijos</b>	Fayzel Fabricio, Karem Ivette, Kevin Leonel y German Andreé.
<b>Mis padres</b>	Consuelo Trinidad y German De León (q.e.p.d.)
<b>Mis hermanos</b>	Con todo mi cariño.
<b>Mi amigo</b>	Mario Hernández, por su amistad y apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Dios del amor, creador Supremo, a quien debo mi existencia en su misericordia infinita.
<b>Mi esposa</b>	Mi amor, regalo de Dios, que sea colmada de bendiciones por su incansable apoyo y razón de todos mis éxitos.
<b>Mis hijos</b>	Por ser mi inspiración, mi alegría, gracias por su amor, y darle sentido a mi vida.
<b>Mis padres</b>	Todo mi amor y respeto. A mi madre, Consuelo Trinidad, especialmente, por su entrega, dedicación y esfuerzo para brindarme lo mejor de su vida y a quien debo mi educación. A mi padre, German De León, por su respetada memoria.
<b>Mis hermanos y familia</b>	Por su amor fraterno y solidaridad.
<b>Mis amigos</b>	Por su amistad sincera y momentos inolvidables.
<b>Mis centros de estudio</b>	Universidad de San Carlos, Comercio Central, Instituto Simón Bolívar y Escuela Panamericana.
<b>Mis catedráticos</b>	Por su entrega, dedicación y sabiduría.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XV
1. INTRODUCCIÓN .....	01
2. ANTECEDENTES .....	05
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	09
4. JUSTIFICACIÓN .....	15
5. OBJETIVOS .....	19
6. ALCANCES .....	21
7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	23
7.1. Instalaciones eléctricas de un edificio .....	23
7.1.1. Definición .....	23
7.1.2. Tipos de instalaciones eléctricas .....	23
7.1.3. Instalaciones eléctricas de un edificio .....	24
7.1.3.1. Equipos eléctricos de un edificio .....	24
7.1.3.2. Materiales eléctricos de un edificio .....	28

7.1.4.	Planos y especificaciones de las instalaciones eléctricas de un edificio .....	31
7.1.4.1.	Planos de las instalaciones eléctricas de un edificio .....	31
7.1.4.2.	Clasificación .....	32
7.1.5.	Presupuestos y cotizaciones de las instalaciones eléctricas .....	33
7.1.5.1.	Presupuestos .....	33
7.1.5.2.	Cotizaciones.....	34
7.1.5.3.	Cronograma de actividades.....	34
7.1.5.4.	Flujo de efectivo .....	34
7.2.	Comparación técnica de conductores de cobre contra conductores de aluminio .....	35
7.2.1.	Conductores eléctricos de cobre .....	35
7.2.2.	Conductores eléctricos de aluminio.....	36
7.2.3.	Comparación eléctrica entre conductores de cobre y de aluminio .....	37
7.2.4.	Comparación de costos entre conductores de cobre y de aluminio .....	40
7.3.	Gestión logística de materiales eléctricos en obra.....	41
7.3.1.	Control y monitoreo de materiales en obra.....	41
7.3.2.	Factores que influyen en la compra excesiva de materiales eléctricos en obra.....	42
7.3.3.	Procesos logísticos para mejorar la eficiencia en la utilización de materiales eléctricos en obra .....	43
7.3.3.1.	Logística .....	43
7.3.3.2.	Logística de compras .....	43
7.3.3.2.1.	Sistema de solicitud de materiales.....	44

	7.3.3.3.	Logística de inventarios .....	44
		7.3.3.3.1. Sistema de entrada y salida de materiales.....	45
	7.3.3.4.	Almacenamiento .....	45
	7.3.3.5.	Control de inventarios .....	46
		7.3.3.5.1. Sistema de inventarios ABC .....	46
	7.3.4.	Sistema de revisión de materiales utilizados en obra .....	47
	7.3.5.	Control de materiales presupuestados contra materiales instalados .....	47
	7.3.6.	Determinar si existen diferencias entre los materiales solicitados contra los presupuestados..	47
7.4.		Excedentes y desperdicios de materiales eléctricos en obra ..	48
	7.4.1.	Excedentes de materiales eléctricos .....	48
		7.4.1.1. Cuadros de excedentes de materiales eléctricos.....	49
		7.4.1.2. Manejo de excedentes de materiales eléctricos.....	51
		7.4.1.2.1. Diagrama de Pareto .....	51
	7.4.2.	Desperdicios de materiales eléctricos .....	52
		7.4.2.1. Cuadros de desperdicios de materiales eléctricos .....	53
		7.4.2.2. Manejo de desperdicios de materiales .....	55
	7.4.3.	Robo de materiales eléctricos.....	55
		7.4.3.1. Gestión de riesgos en obras de construcción.....	56

8.	PROPUESTA DE INDICE PARA INFORME FINAL.....	57
9.	MARCO METODOLÓGICO .....	61
9.1.	Enfoque.....	61
9.2.	Tipo de estudio.....	61
9.3.	Área de estudio .....	62
9.4.	Muestra y población .....	62
9.5.	Métodos .....	62
9.6.	Diseño .....	63
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	71
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	73
12.	RECURSOS.....	75
13.	FACTIBILIDAD DE RECURSOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	79
14.	BIBLIOGRAFÍA .....	81
15.	ANEXOS .....	87

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

I.	Características eléctricas del cobre .....	36
II.	Características eléctricas del aluminio.....	37
III.	Tabla de comparaciones de características del cobre vs. aluminio .....	38
IV.	Control de materiales excedentes .....	50
V.	Control de materiales sobrantes .....	54
VI.	Variables para objetivo uno .....	63
VII.	Variables para objetivo tres .....	66
VIII.	Variables para objetivo cuatro .....	68
IX.	Recursos financieros .....	78



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>HD</b>	Alta definición
<b>Al</b>	Aluminio
<b>A</b>	Amperios
<b>Cu</b>	Cobre
<b>Wi Fi</b>	Comunicación inalámbrica
<b>4/0</b>	Cuatro ceros
<b>CD</b>	Disco compacto
<b>CDRW</b>	Disco compacto regrabable
<b>DVD</b>	Disco óptico de almacenamiento de datos
<b>2/0</b>	Dos ceros
<b>GB</b>	Giga bites
<b>GHz</b>	Giga hertz
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>kw</b>	Kilo vatios
<b>kv</b>	Kilo voltios
<b>kva</b>	Kilo voltios amperio
<b>kgf/mm</b>	Kilogramos fuerza por milímetros cuadrados
<b>kg/dm<sup>3</sup></b>	Kilogramos por decámetro cúbico
<b>MEC</b>	Materiales eléctricos comprados
<b>MEP</b>	Materiales eléctricos presupuestados
<b>AWG</b>	Medida de alambre americana
<b>MB</b>	Mega bites
<b>MHz</b>	Mega hertz

<b>ROM</b>	Memoria de solo lectura
<b>USB</b>	Memoria universal de datos
<b>MCM</b>	Mil circular mil
<b>Ω</b>	Ohmio
<b>Ωm</b>	Ohmios metro
<b>PMC</b>	Panel múltiple de contadores
<b>pvc</b>	Policloruro de vinilo
<b>%</b>	Porcentaje
<b>PCAL</b>	Precio promedio del conductor de aluminio
<b>PCCU</b>	Precio promedio del conductor de cobre
<b>PTC</b>	Precio total del costo
<b>PTP</b>	Precio total del presupuesto
<b>PEPS</b>	Primero en entrar primero en salir
<b>RP</b>	Razón de precios entre cobre y el aluminio
<b>RR</b>	Razón de resistencias
<b>RME</b>	Rendimiento de materiales eléctricos
<b>RBP</b>	Rentabilidad bruta del proyecto
<b>RAL</b>	Resistencia eléctrica del aluminio
<b>RCU</b>	Resistencia eléctrica del cobre
<b>ABC</b>	Sistema de control de inventarios
<b>TV</b>	Televisión
<b>THHN</b>	Termoplástico, resistente al calor y retardante a las llamas
<b>THHW</b>	Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y retardante a las llamas
<b>THW</b>	Termoplástico, resistente al calor y retardante a las llamas
<b>CT'S</b>	Transformadores de corriente para medición
<b>PT'S</b>	Transformadores de voltaje para medición

<b>3/0</b>	Tres ceros
<b>BX</b>	Tubería flexible metálica
<b>LT</b>	Tubería flexible metálica con forro plástico
<b>1/0</b>	Un cero
<b>w</b>	Vatio
<b>w/m<sup>0</sup>C</b>	Vatio por grados Celsius y metros
<b>v</b>	Voltios
<b>va</b>	Voltios amperios



## GLOSARIO

<b>Cadena de suministros</b>	Está formada por todas las partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de la solicitud de un cliente. Incluye desde el fabricante, proveedor, transportista, almacenista, distribución, vendedor e incluso al mismo cliente.
<b>Coefficiente de expansión</b>	Es el cociente que mide el cambio relativo de longitud o volumen que se produce cuando un cuerpo sólido o líquido cambia de temperatura provocando una dilatación térmica.
<b>Conductividad térmica</b>	Es la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto.
<b>Control</b>	Verificar o comprobar el funcionamiento o evolución de una actividad, para obtener información de la misma.
<b>Corriente eléctrica</b>	Es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo, que recorre el interior de un material.

<b>Demanda</b>	Cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos, en los diferentes precios del mercado, por los consumidores.
<b>Densidad de masa</b>	Es la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia. En otras palabras es la relación de cantidad de masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.
<b>Mejora continua</b>	Son una serie de actividades que buscan optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio, tomando como eje principal la satisfacción al cliente interno y externo.
<b>Monitoreo</b>	Observación del curso de una o más actividades, determinado por ciertos parámetros, para detectar eventuales anomalías.
<b>Optimizar</b>	Basados en un modelo matemático determinar los puntos máximos o mínimos, para realizar de la mejor manera una actividad.
<b><i>Pad mounted</i></b>	Es una subestación integrada con protección de media tensión, transformador y protección de baja tensión, con diseño compacto y estructura envolvente que permite su instalación a nivel de piso y sin reja de protección. La alimentación eléctrica de media y baja tensión se realizan de manera subterránea.

<b>Potencial eléctrico</b>	Es el trabajo que debe de realizar un campo electrostático, para mover una carga positiva, desde dicho punto hasta el punto de referencia, dividido por unidad de carga de prueba.
<b>Presupuesto</b>	Es el cálculo y negociación por anticipado de los ingresos y egresos de una actividad o proyecto.
<b>Proceso</b>	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas y que al interactuar transforman elementos de entrada y los convierten en resultados.
<b>Productividad</b>	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.
<b>Proyecto</b>	Es la planificación consistente en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas, para alcanzar objetivos específicos, en base a presupuesto, especificaciones y tiempo definidos.
<b>Rentabilidad</b>	Capacidad de generar un beneficio adicional sobre la inversión o esfuerzo realizado.
<b>Resistencia</b>	Oposición que tienen los electrones al desplazarse a través de un conductor.

<b>Resistividad</b>	Es la resistencia eléctrica específica de cada material, para oponerse al paso de una corriente eléctrica.
<b>Tensión de ruptura</b>	Es la máxima fuerza que un material puede soportar antes de que comience a deformarse significativamente.
<b>Voltaje</b>	Es una magnitud física, que mide la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Su medida son los voltios.

## RESUMEN

En el ámbito de la construcción es necesario tener e implementar una serie de mecanismos que a lo largo de la ejecución de las obras, determinen todos los factores que inciden de manera consistente en la rentabilidad de cada proyecto.

Dentro de los factores que inciden en un porcentaje relativamente alto, se encuentra el mal manejo y mala utilización de los materiales eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios, tema que es importante ya que de no controlarse y manejarse debidamente puede ocasionar pérdidas sustanciales en la ejecución de los respectivos proyectos y afectar grandemente los costos presupuestados.

Este trabajo se ha realizado con un diseño cuyo enfoque es mixto de estudio aplicativo, ya que se enumeran características inherentes a la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios. El estudio es de tipo no experimental, ya que la información es tomada en la propia obra en ejecución, en cuyo momento las variables en cuestión son evaluadas con precisión.

Se inicia con la definición de las instalaciones eléctricas de edificios, luego se describen los equipos básicos con que debe de contar una buena instalación eléctrica, posteriormente se describen los materiales que más se utilizan en este tipo de instalaciones.

Dentro de la investigación, se incluye una comparación tanto técnica como económica de los conductores de cobre y de aluminio, con el fin de mostrar una herramienta, que según la conveniencia del ejecutor de la obra, puede sobre pasar la utilización de uno o el otro conductor, tomando en cuenta las características y especificaciones del proyecto, así como el interés del propietario de reducir costos, bajo este concepto.

El enfoque central del trabajo se encuentra en exponer la logística para el control y monitoreo de los materiales eléctricos en la obra, con el fin de incrementar la productividad de los diferentes procesos de compra, almacenamiento, inventarios y uso de los equipos y materiales eléctricos, para lograr incrementar la rentabilidad del proyecto.

También se describen los métodos más utilizados para identificar y hacer un buen uso de los excedentes y desperdicios de los diferentes materiales eléctricos, tanto para reducir o eliminar los mismos, como para lograr reducir los costos no necesarios y que no están en presupuesto original.

Al desarrollar e implementar todos estos métodos, en la construcción de las instalaciones eléctricas de los edificios, se podrá visualizar de mejor manera todos los puntos donde se puede aumentar, en un buen porcentaje, la eficiencia en los procesos en mención, llevando consigo una excelente gestión de obra e integrando a las misma una reducción aceptable de riesgos.

# 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende resolver el mal manejo y mala utilización de los materiales eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, problema que influye en la rentabilidad de un proyecto de esta índole, determinando una disminución en un 3 % a un 5 % de la totalidad del presupuesto general proyectado.

Por lo tanto, este estudio es necesario para la optimización de los recursos económicos para el buen uso de materiales, equipos eléctricos y la mano de obra, que son los factores más importantes desde el inicio de la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio. Quiere decir, que dependiendo del buen o mal uso de los resultados de esta investigación y aplicando los procedimientos detallados, se podrá determinar una utilización correcta de los materiales que conllevará a un incremento en la rentabilidad del proyecto.

Se considera que este tema es de vital importancia, porque mediante su correcta implementación, se busca como resultado, resolver uno de los principales problemas que decrementa más o menos en un 15 % a 20 % la rentabilidad neta en los proyectos de instalaciones eléctricas.

Al resolver este problema los beneficios que se obtendrán son: en primer lugar el principal beneficiado con dichas mejoras es la empresa constructora de las instalaciones, ya que la rentabilidad del proyecto se mantendrá dentro de los márgenes, o puede mejorar según el caso, estipulados en la proyección inicial. En segundo beneficiado sería el cliente o propietario ya que los trabajos se

realizarán de mejor manera, con más orden, mejor presentación y siempre de acuerdo a las normas vigentes.

El principal objetivo del estudio es desarrollar un sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, para incrementar la productividad y rentabilidad del proyecto. Uno de sus objetivos específicos será: explicar los procesos logísticos necesarios para mejorar la eficiencia de la utilización de los materiales, determinando excedentes y desperdicios, en la ejecución de las instalaciones eléctricas de un edificio.

El diseño metodológico que utilizará será con un enfoque mixto con un estudio aplicativo, ya que va a requerir de las características propias en cuanto a la ejecución de las instalaciones eléctricas de un edificio, de tipo no experimental ya que los fenómenos que se van a tratar las variables involucradas no se podrán manipular y se limitará a observar e indagar sobre las circunstancias en que se darán dichos fenómenos. El estudio será de carácter transeccional descriptivo, ya que las variables que se analizarán y serán estudiadas en un momento único en el tiempo dentro del contexto de la construcción.

Las técnicas que se utilizarán para la recolección de datos serán la observación directa, encuesta y entrevistas, las cuales se aplicarán mediante la utilización de las herramientas de observación directa ordinaria no participativa, guía de cuestionarios y guía estructurada de entrevista, tomando como universo y población el personal operativo y de ingeniería en la obra de construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio.

En cuanto a los recursos que son necesarios para la realización del estudio, ya sean estos de tipo humano, tecnológicos, materiales y por supuesto

los financieros, se obtendrán por medio del apoyo de la empresa donde se realizará el estudio, por lo tanto la viabilidad de la investigación es positiva.

En cuanto a la base teórica se iniciará presentando a la empresa que apoyará el trabajo de estudio, mostrando de manera ordenada a qué se dedica, la misión y visión que fundamentan sus estrategias empresariales, así como sus principios y valores. Además se describirá el organigrama de empresa. Después se describirán y definirán las instalaciones eléctricas de un edificio, tipos de instalaciones eléctricas, componentes de las instalaciones eléctricas, tanto equipos como materiales eléctricos. También se tratarán los conceptos de presupuestos y cotizaciones relativas a las instalaciones eléctricas de un edificio.

Seguidamente se hará una comparación entre los conductores de cobre con los conductores de aluminio, que se utilizan en las instalaciones eléctricas de un edificio, resaltando tanto sus características físicas conductoras como sus precios en el mercado nacional. Esto con el fin de obtener la información necesaria para decidir qué conductor es más conveniente utilizar en las instalaciones eléctricas, según las condiciones de cada proyecto.

Después se explicará la gestión logística necesaria para el control y monitoreo de los materiales y equipos eléctricos, tanto para su manejo como para su utilización, para mejorar la rentabilidad y productividad en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio. Por último se describirá qué tipos de excedentes y desperdicios de materiales eléctricos, se obtienen con la realización de las instalaciones eléctricas, proponiendo un segundo uso adecuado donde sea posible un retiro adecuado donde no lo sea. Estas opciones propuestas serán buscando siempre; la economía para la empresa y cuidando el medio ambiente.



## 2. ANTECEDENTES

Las instalaciones eléctricas han ido evolucionando con el mismo ritmo con que lo hace la tecnología, por lo que es un tema que siempre está renovando sus técnicas y sus aplicaciones. Existen normas referentes a las instalaciones eléctricas, en primer término se encuentra el National Electric Code (NEC, 2012) de los Estados Unidos de América, que es aplicado y consultado perfectamente en Guatemala; en segundo término se encuentran las normas europeas International Electrothechnical Commission (IEC, 2012), que también se aplican y consultan en Guatemala, otras normas y reglamentos son las del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE, 2013) y específicamente en Guatemala se encuentran el Reglamento de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA, 2012). Todos estos códigos, normas y reglamentos determinan técnicamente qué y cómo hacer las instalaciones eléctricas, más no dan un enfoque de cómo usar los materiales eléctricos en las instalaciones de una manera óptima.

Un libro que define y detalla las instalaciones eléctricas generales es el *Manual de Ingeniería Eléctrica* (Fink & Beaty, 2001) tomo II en su capítulo 18 cuyo tema es Diseño de las Instalaciones Eléctricas para Edificios Comerciales e Industriales y se refiere propiamente al diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas.

En Guatemala existe la tesis de graduación titulada *Guía para supervisión del montaje de las instalaciones eléctricas en edificios de más de 5 niveles* “En la construcción de las instalaciones eléctricas de los edificios..., se utilizan diferentes equipos que en su conjunto deberán satisfacer las necesidades que

surgieron en el proceso de diseño” y “Se describen los materiales utilizados en las instalaciones eléctricas de los edificios” (Pinto, 1997, p. 5), que se refiere al diseño y cálculo de las instalaciones de un edificio con un enfoque práctico y constructivo, pero no al manejo eficiente de materiales eléctricos. Pero servirá de guía para describir los equipos y los materiales que se utilizan en dichas instalaciones.

En la rama de las instalaciones eléctricas la tendencia es de bajar costos, pero no calidad, se ha vuelto tan necesario por lo que se está introduciendo el uso del conductor de aluminio en sustitución del conductor de cobre, ya que el aluminio es mucho más ligero y más económico. Aunque las ventajas eléctricas y mecánicas del cobre son superiores, se debe de hacer un equilibrio conveniente para su utilización. “No obstante, las ventajas del cobre no deberían menospreciarse: mecánica y eléctricamente es superior al aluminio. Y como es mejor conductor que este último (66 % más), con menos cantidad de material es capaz de transportar la misma cantidad de energía”. (*Solucionamos la Incompatibilidad...*, s.f., p. 1).

En relación a la gestión logística para las instalaciones eléctricas existen varios estudios pero la investigación se centrará en un inicio en la tesis que su capítulo tres cuyo título es pautas para la gestión logística de suministros en la construcción de viviendas, que se puede orientar a la construcción de las instalaciones eléctricas donde menciona “Para el flujo de materiales, se proponen pautas las cuales recogen el concepto de logística que debe aplicar la empresa constructora., para organizar y dirigir los procesos relacionados con los flujos de materiales” (s.a., *Pautas para la Gestión...*, s.f., p. 47). La cual nos puede orientar para encontrar y definir los mecanismos básicos logísticos para el manejo correcto del flujo de materiales dentro de la obra.

Existe una tesis, que su capítulo tres se titula control y monitoreo de avance de obra que menciona “El correcto control y monitoreo de los recursos en general de la obra, es parte importante de cualquier proyecto en construcción” (Pérez, 2005, p. 36) que se orienta al manejo correcto, de aspectos técnicos y monetarios de la construcción de obra civil, pero no existe un enfoque logístico ni de mejora en la productividad. Esta tesis puede servir al investigador como base para ampliar y mejorar los conceptos y técnicas que allí se plasman, y tratar de adaptar algunos aspectos a las instalaciones eléctricas.

Existe la tesis titulada *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control* “esta investigación se centra en dos objetivos principales, reducción del costo de consumo de los materiales y reducción de los residuos sólidos de construcción generados por las obras” (Galarza, 2011, p. i), que se refiere de una manera ambiental al manejo de todos los desperdicios de materiales que se generan en el ramo de la construcción, de carreteras, puentes y otros, pero siempre se refiere a otros materiales, más no a materiales eléctricos. Pero puede servir para explicar alguna aplicación a esta investigación.

Es notorio que en la construcción, como en muchas otras áreas, se busca la optimización de todos sus procesos, para mejorar el rendimiento económico de la misma con los recursos y limitantes existentes. El recurso que más se controla y se le ha dado más énfasis es la mano de obra, por lo que existen métodos y herramientas ampliamente explícitas para mejorar la productividad de este recurso. Pero se ha dejado a un lado lo importante y significativo que es mejorar la eficiencia con el manejo de los materiales y equipos en las obras.

En el mejor de los casos las empresas constructoras, únicamente realizan verificaciones mensuales del estado y consumo de los materiales, actividad que está a cargo de los jefes de bodega en obra, que muchas veces no le dedica, el análisis detallado que se requiere y la importancia necesaria, ya que los materiales y equipos representan de un 50 % a un 60 % del presupuesto general de la obra.

Existen estudios realizados en este tema, que su enfoque es más general y básicamente se dirigen a la obra civil y hacia evitar los desperdicios propiamente, más no se encontró un enfoque dirigido a las instalaciones eléctricas y sus diferentes maneras de utilización de sus respectivos materiales. Por lo que estos estudios pueden dar un lineamiento de cómo esbozar la investigación y encontrar de manera exploratoria cuantitativa las respuestas adecuadas a al tema.

Otro tema que no se ha podido encontrar es un enfoque donde se apliquen las diferentes áreas de la gestión industrial. En la investigación se tratará de aplicar métodos donde se pueda poner en práctica un enfoque logístico, para incrementar la productividad en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio.

Existen temas relacionados con un enfoque de cuidado del medio ambiente y con una gran dosis de responsabilidad social, pero es relacionado a la obra civil, más no a las instalaciones eléctricas.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido al mal manejo y mala utilización de los materiales eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios, el margen de rentabilidad de un proyecto de construcción disminuye en un 3 % a un 5 %, de la totalidad del presupuesto proyectado.

Esta investigación va dirigida a resolver este problema tan común existente en la construcción, de las instalaciones eléctricas de edificios. Uno de los factores es ocasionado cuando se encuentra en proceso de ejecución de la obra. Se van solicitando materiales, sin control y no existe ninguna base presupuestaria. Por no llevar los debidos controles, al final del proyecto se hace notorio que el techo presupuestario por la adquisición de los mismos, fue rebasado y por lo tanto se tienen pérdidas que pueden ser de pequeñas hasta llegar a grandes proporciones. Estas diferencias de cantidad de materiales, con respecto a los presupuestados se deben principalmente a los siguientes factores: la estimación de materiales inicial no se realizó correctamente y por eso no concuerda con lo realmente construido, diferencias muy marcadas entre planos de presupuestación y planos de ejecución, trabajos mal realizados que deben de volverse a realizar y muchas veces por robo de materiales.

En la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, el manejo eficiente de materiales y equipos eléctricos como la mano de obra, es de vital importancia para obtener la ganancia o rentabilidad esperada, definida en el presupuesto inicial, con cuyos datos se estableció el precio y por consiguiente el contrato de ejecución de obra.

Cuando se inicia la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, el primer paso es obtener los planos de electricidad que se utilizarán en el proyecto, las especificaciones y el presupuesto de obra, cuya información sirve para conocer las cantidades y tipos de materiales que debemos utilizar para desarrollar nuestro proyecto, así como el valor económico del mismo.

El presupuesto de obra, indica qué cantidad de materiales y a qué valor se debe de comprar, según el avance de trabajos del área en cuestión. Si en algún momento de la construcción de las instalaciones eléctricas se encuentra en un 100 % de la compra de materiales con respecto al presupuesto original, pero todavía hace falta por construir en algún porcentaje para terminar los trabajos en cuestión, entonces existe el problema de falta de materiales presupuestados para terminar el proyecto.

Efectivamente, si existe falta de estos materiales, la empresa contratista debe terminar el proyecto a como dé lugar, por razones contractuales, de responsabilidad empresarial y de imagen, por lo que debe de adquirir los materiales que hacen falta, con respecto al presupuesto original y terminar el proyecto. Pero al hacerlo se incurren en gastos no previstos, por lo que automáticamente genera una pérdida, que afecta negativamente en la rentabilidad del proyecto y por ende en la rentabilidad global de la empresa.

Varias son las razones por las cuales puede existir la compra de materiales en exceso con respecto a los materiales presupuestados. Los principales pueden ser: mala cuantificación de materiales tomados como base para realizar el presupuesto original, desperdicios de materiales en obra, manejo inapropiado de materiales, trabajos de baja calidad o mal hechos que son necesarios botarlos y volverlos hacer correctamente, así también robo de materiales en obra.

Todos estos factores afectan grandemente a la rentabilidad de un proyecto, por lo cual es un problema serio en la construcción de las instalaciones eléctricas, problema que debe ser resuelto para minimizar los mismos y mejorar las ganancias de cada proyecto.

Esta investigación se debe realizar para que la industria de la construcción, específicamente de las instalaciones eléctricas pueda aplicar las diferentes metodologías que se van a desarrollar, para mejorar e incrementar la rentabilidad y la productividad de los mismos proyectos.

Para poder desarrollar estas metodologías es necesario hacer las siguientes preguntas de investigación:

Pregunta central:

1. ¿De qué manera se puede controlar y monitorear, los materiales eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, para incrementar la productividad y rentabilidad en su ejecución?

Preguntas secundarias:

2. ¿Cómo se pueden identificar los problemas de mal manejo de materiales eléctricos, en la construcción de sus proyectos, en una empresa de instalaciones eléctricas?
3. ¿Qué tipos de materiales y equipos se utilizan en instalaciones eléctricas en un edificio?
4. ¿Qué materiales eléctricos pueden ser sustituidos para mejorar la rentabilidad del proyecto sin disminuir la calidad del mismo y con un óptimo funcionamiento?

5. ¿Qué tipos de procesos o métodos logísticos debemos de implementar para mejorar la eficiencia del uso de los materiales, en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio?

Para realizar la investigación se solicitó autorización a una empresa en la que su actividad principal es la construcción de instalaciones eléctricas, cuyas oficinas están instaladas en la ciudad de Guatemala, empresa que está de acuerdo en que se realicen estudios, observaciones y anotaciones, en un edificio en construcción que esté desarrollando en el momento de realizar la respectiva investigación. La investigación se inició desde el mes de junio del 2014 y se concluirá en el mes de diciembre de 2014.

Para determinar de qué manera se realizará esta investigación, es necesario contar con información que provenga de personas con amplia experiencia en el tema de construcción de instalaciones eléctricas, así como contar con una serie de antecedentes que darán la pauta y factibilidad para continuar con la búsqueda de la resolución de este problema que existe en casi todos los proyectos en construcción.

Se toma en consideración que los recursos necesarios para la realización de esta investigación, se tienen, ya que se cuenta con la autorización de la empresa que apoyará la investigación para obtener la información y hacer las observaciones necesarias en algunos de sus proyectos en ejecución.

Se cuenta también con los recursos financieros necesarios para realizar dicha investigación y el apoyo de profesionales de la materia para resolver cualquier problema imprevisto que se presente. Además, si aparecen nuevos retos, se resolverán de manera profesional y efectiva, con el fin de que la recolección de datos y experiencias conduzcan a la realización de un trabajo

profesional, ético y ante todo con mayor veracidad, aplicando las técnicas modernas de la gestión logística y de productividad.

Dentro de las consecuencias positivas, que pueden darse al implementar los nuevos métodos logísticos que se recomendarán; serán elevar la rentabilidad de los proyectos y una mejor productividad al aplicarla como una mejora continua.



## 4. JUSTIFICACIÓN

Este estudio se apoyará en métodos o sistemas basados en la línea de investigación de logística, con aplicaciones relacionadas a métodos de productividad. Se considera que este tema es de vital importancia, porque mediante su correcta implementación resolverá uno de los principales problemas que decrementa más o menos en un 20 % la rentabilidad neta en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio.

Esta investigación es necesaria realizarla ya que pretende resolver un problema que existe en la construcción de las instalaciones eléctricas, y que con información documental y aplicación de los métodos logísticos apropiados se resolverá, por consiguiente, aumentará la rentabilidad en el desarrollo del proyecto.

En la planificación de instalaciones eléctricas de un edificio, se toman en consideración todas o casi todas las necesidades eléctricas que va a tener, ya sean de carácter general y de carácter específico, para lograr un juego de planos que realmente enmarque lo que se desea construir. Para llegar a tal fin el diseño pasa por una serie de ideas, cálculos, y revisiones que conllevan a dejar plasmado en el mismo, el criterio de los ingenieros diseñadores y supervisión calificada.

A pesar de las revisión correcta en todos estos pasos, los errores y cambios de diseño se dejan ver casi siempre hasta la hora de la propia construcción, momento en el cual ya es necesario realizar un cambio de ruta, especificación de equipos o materiales, lo que significa que al realizar estos

cambio o mejoras, ya existe una diferencia de materiales con respecto a lo estimado en presupuesto original, que generalmente da como resultado un incremento de costos.

Otra dificultad que existe cuando ya se están construyendo las instalaciones eléctricas de un edificio, es el robo de materiales por parte de personal propio de la obra, o personas ajenas a la obra, que se puede catalogar como un robo de hormiga, o un robo de gran escala. Esto tiene como consecuencia diferencias negativas con respecto a lo estimado en presupuesto original.

El desperdicio de materiales eléctricos en una obra de construcción, es un flagelo que de poco en poco va mermando la cantidad de materiales estimados en presupuesto, por lo que es imprescindible su control para que todo material que llegue a obra sea instalado correctamente sin ningún desperdicio.

Para poder evitar y corregir, en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, estas razones expuestas, es necesario crear sistemas o métodos de control, monitoreo y revisión, modernos y de mejora continua, en los cuales se puedan apoyar y aplicar de manera segura, para optimizar los recursos tanto económicos, logísticos y de mano de obra que fueron asignados a un proyecto desde el momento de su contratación.

En esta investigación se tomarán en cuenta estos factores que afectan a la utilización de los materiales eléctricos que se manejan en dichas instalaciones, para mejorar los sistemas empíricos existentes se tomará de base la línea de investigación logística y de productividad.

Cuando se está realizando la ejecución de una obra de instalaciones eléctricas, sin duda alguna la optimización de los recursos económicos, materiales y equipos, de mano de obra y el buen manejo del tiempo son los factores más importantes desde el inicio de la misma. Quiere decir que dependiendo de su buen o mal uso de los resultados de esta investigación y aplicando los procedimientos detallados, se podrá determinar una utilización correcta de los materiales que conllevará a una alta rentabilidad en el proyecto.

Para la realización de esta investigación, existe el motivo de que en las obras se minimicen estos factores que merman la calidad, la rentabilidad y la buena imagen de una empresa de instalaciones eléctricas, que es una actividad muy importante y vital en la rama de la construcción.

El trabajo de investigación que se pretende realizar, es totalmente necesario ya que como resultado principal el de resolver todos o casi todos los problemas, en el uso de materiales eléctricos, que afectan negativamente la rentabilidad de una obra de instalaciones eléctricas, para que su rentabilidad sea igual o mayor a la proyectada con respecto a la estimación presupuestaria inicial. Por lo que su aplicación en campo debe de llevar consigo los resultados esperados de optimización.

Al resolver estos problemas los beneficios que se obtendrán en primer lugar, el principal beneficiado con dichas mejoras es la empresa constructora de las instalaciones, ya que la rentabilidad del proyecto se mantendrá dentro de los márgenes estipulados en la proyección inicial. Otro beneficiado sería el cliente o propietario ya que los trabajos se realizaran de mejor manera, con más orden, mejor presentación y siempre de acuerdo a las normas vigentes.

De todo lo anterior se puede concluir que existe poca información, con respecto a este tema en específico, por lo que la investigación se vuelve importante y necesaria ya que resolverá un problema común, significativo y poco estudiado.

## 5. OBJETIVOS

### **General**

Desarrollar un sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, para incrementar la productividad y rentabilidad en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio.

### **Específicos**

1. Diagnosticar la empresa donde se realizará esta investigación, describiendo las actividades a que se dedica e identificar los problemas que tiene con el mal manejo de materiales eléctricos, en la construcción de sus proyectos de instalaciones eléctricas.
2. Describir los equipos y materiales eléctricos más utilizados, en las instalaciones eléctricas de un edificio.
3. Determinar la conveniencia de utilizar los conductores eléctricos de aluminio o los conductores eléctricos de cobre, para optimizar los costos, en las instalaciones eléctricas de un edificio.
4. Explicar una metodología logística para el manejo y control de los materiales eléctricos, determinando excedentes y desperdicios, para aumentar la rentabilidad, en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio.



## 6. ALCANCES

Para realizar esta investigación es necesario realizarla con un enfoque mixto de tipo descriptivo, ya que se pretende describir la manera de cómo utilizan y manejan los materiales eléctricos los operarios electricistas y con carácter explicativo, donde es necesario interrelacionar las variables y elementos más significativos en la ejecución de una obra de instalaciones eléctricas de un edificio las cuales son; los materiales y equipos eléctricos, la mano de obra, la supervisión calificada y por supuesto el juego de planos y especificaciones del proyecto. Estos elementos forman parte de la construcción propia del proyecto, pero los elementos que lo van delimitando y formando a manera de ejecución de avance y proyección económica son el presupuesto inicial y el flujo de efectivo o recursos económicos para su construcción.

El presupuesto inicial es el valor económico que se tiene como techo para construir las instalaciones eléctricas de cada proyecto, en este caso un edificio, en el cual enmarca que equipos y materiales eléctricos se deben y pueden adquirir, así como determina que recursos humanos se deben contratar y que otros gastos se pueden realizar, para concluir y dejar en un correcto funcionamiento los trabajos para que se estipulan en el respectivo contrato.

Sin duda alguna del manejo correcto y efectivo de todos estos componentes, se podrá determinar al final de cuentas, si el proyecto fue o no rentable para la empresa. De la manera en que se protejan el buen uso de materiales y mano de obra en el proyecto de una manera proporcional se pondrá a prueba la eficiencia del ingeniero a cargo de las instalaciones eléctricas.

Desde la perspectiva de los resultados, el principal alcance que debe de tener esta investigación es, bajo nuevos métodos y sistemas, obtener un correcto y eficiente uso de materiales en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, en la ciudad de Guatemala. Este estudio debe basarse en conceptos y métodos modernos de logística y productividad.

Otro alcance de resultados que tendrá, es proporcionar una mejora continua para que exista, de ser posible, un cero desperdicio de materiales en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio,

Para esto se tomarán en cuenta métodos de cortes, medidas y cuantificaciones reales de distancias y rutas de tubería y cables. El resultado sería la optimización en el uso de los materiales eléctricos, contribuyendo de manera efectiva al incremento de la productividad y rentabilidad en la ejecución del proyecto.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Instalaciones eléctricas de un edificio**

En este apartado se describirán y definirán las instalaciones eléctricas de un edificio, tipos de instalaciones eléctricas, componentes de las instalaciones eléctricas, tanto equipos como materiales eléctricos. También se definirán los presupuestos y cotizaciones relativas a las instalaciones eléctricas de un edificio.

#### **7.1.1. Definición**

Las instalaciones eléctricas se refieren “Al conjunto de elementos que son necesarios para conducir y distribuir la energía eléctrica, hacia las máquinas y aparatos receptores para su utilización final” (Pinto. 1997, p. 1).

Este concepto encierra como objetivo principal el conducir y distribuir la energía eléctrica de una manera segura, confiable e ininterrumpida, según los requerimientos del servicio para lo que fue diseñado, para ser utilizado en los aparatos receptores que se encuentran al final de cada línea de servicio ya sea de iluminación o tomacorriente eléctrico de diferentes usos.

#### **7.1.2. Tipos de instalaciones eléctricas**

Las instalaciones eléctricas se pueden dividir en:

- Instalaciones de baja tensión que se consideran desde voltajes de 120 voltios a 480 voltios.

- Instalaciones de media tensión que se consideran desde voltajes de 600 voltios hasta 15 000 voltios.
- Instalaciones de alta tensión que se consideran desde voltajes de 15 000 voltios en adelante.
- En este estudio solo se consideran instalaciones eléctricas de baja tensión.

### **7.1.3. Instalaciones eléctricas de un edificio**

Las instalaciones eléctricas de un edificio se refieren a las instalaciones eléctricas que se realizan en cualquier tipo de edificio, ya sea este de tipo comercial, industrial, habitacional o de oficinas.

Edificio de tipo comercial pueden ser comercios, centros comerciales, mercados. Edificios de tipo industrial pueden ser fábricas, plantas procesadoras, ingenios. Edificios de tipo habitacional pueden ser, condominios, edificios de apartamentos, residenciales. Edificios de tipo oficinas pueden ser; edificios para oficinas.

#### **7.1.3.1. Equipos eléctricos de un edificio**

En las instalaciones eléctricas de los edificios se utilizan diferentes equipos, que transforman miden y distribuyen la energía eléctrica, desde su ingreso al edificio, por medio de la acometida eléctrica, hasta su uso por medio de las salidas de iluminación, salidas de tomacorrientes u otras tomas de energía eléctrica especiales. A continuación se enumeran los equipos eléctricos básicos o fundamentales que constituyen la instalación eléctrica de un edificio.

Subestación eléctrica de un edificio: “Es un conjunto de elementos que sirven para transformar las características de la energía eléctrica, como lo son el voltaje y la corriente” (Pinto, 1997, p. 5).

Es uno de los componentes más importantes de la instalación eléctrica, ya que por el ingresa al edificio un voltaje de alta tensión, reduciéndolo a niveles de voltaje de secundario de uso establecidos en nuestro medio.

Las subestaciones se pueden ser instalar en el interior o en el exterior de los edificios; si su capacidad es menor de 225 Kva pueden ser instalados en un poste exterior, si son mayores de 225 Kva se deberán instalar en una bóveda de transformadores según las normas de EEGSA o puede instalarse un transformador tipo Pad Mounted que generalmente se hace en un área verde.

Otra manera de subestación para interior es por medio de grupos de transformación y distribución, por medio de la unión de módulos que se adecuan muy bien a las exigencias modernas.

Equipos de medición: estos se refieren a los equipos que determinan la potencia eléctrica consumida, por medio de la medición de voltaje y corriente consumidos. Existen diferentes equipos de medición dependiendo de la carga instalada del edificio. Los cuales pueden ser:

- Contador demandómetro autocontenido, 120/240 voltios, para demandas monofásicas hasta 48 Kw
- Contador demandómetro autocontenido, 120/208 voltios, demandas trifásicas de 48 a 70 kw

- Para demandas trifásicas de 70 a 500 kw, se instalan equipo de medición conformado por tres transformadores de corriente (CT'S), en caja tipo III, caja de contador polifásica con contador demandómetro.
- También se pueden instalar equipos de medición en primario, que se instalan precisamente en las líneas de alta tensión de la empresa que suministra el servicio de electricidad. Consta de tres transformadores de corriente (CT'S), tres transformadores de voltaje (PT'S), caja de contador polifásica con contador demandómetro.

Interruptores termomagnéticos: estos dispositivos de protección “Tienen por objeto resguardar la seguridad de la instalación del edificio en el caso de sobretensiones, sobrecargas y cortocircuitos, que pudieran causar incendios u otros daños” (Koenigsberger, 1982, p. 81). Los interruptores termomagnéticos comúnmente llamados “flipones” se usan para proteger las líneas de circuitos eléctricos por medio de la limitación máxima de corriente y de temperatura.

Existen flipones desde 10 hasta 225 amperios monofásicos y desde 10 hasta miles de amperios trifásicos, también hay del tipo estándar y de tipo industrial según su respectivo uso.

Tablero eléctrico de distribución: “Es el gabinete donde se alojan o montan los dispositivos de protección”... “con cierta simetría” (Pinto, 1997, p.16). Este equipo sirve como medio de interconexión entre los flipones y la acometida eléctrica del tablero, para luego distribuir hacia los diferentes circuitos eléctricos del sistema.

Panel Múltiple de Contadores (PMC): este equipo es el que se usa generalmente en edificios de comercios, edificios de oficinas o en edificios de apartamentos, que es donde existe una sola acometida eléctrica y es necesario

medir independientemente a cada uno de los usuarios. Está constituido por un interruptor principal, seguido de los espacios trifásicos para usuarios con demandas trifásicas, luego por espacios monofásicos para usuarios con demandas monofásicas, cada espacio consta de su respectivo interruptor termomagnético.

Planta eléctrica de emergencia: también llamado grupo electrógeno de emergencia, que consta de un motor de combustión interna que hace girar un generador de corriente alterna, el cual crea energía eléctrica que puede abastecer una carga eléctrica, de manera alterna, en donde existe o pueda existir una falta de suministro de electricidad. Estas plantas eléctricas se encuentran en diferentes voltajes y diferentes capacidades que se acomodan a las necesidades del edificio.

Transferencia: donde se instala una planta eléctrica es necesario instalar una transferencia ya sea de acción manual o de acción automática según las necesidades del edificio. La transferencia se diseña o se especifica de acuerdo a la capacidad de la planta de emergencia, de esa manera trabajan como un bloque único y dan un perfecto respaldo de energía eléctrica al momento de una interrupción por parte de la red pública de suministro de electricidad.

Equipo de iluminación: este rubro es donde se consideran todos los tipos de lámparas que se instalarán en el proyecto. Existe una gran variedad de tipos de lámparas según las necesidades y su aplicación en cada respectiva área del proyecto.

### 7.1.3.2. Materiales eléctricos de un edificio

Para la construcción de las instalaciones eléctricas de los edificios, es necesario utilizar diferentes tipos de materiales los cuales se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Tubería: se utiliza para conducir y proteger dentro de ella los conductores eléctricos, de golpes mecánicos, deterioro y evitar el fuego, los cuales pueden ser:
  - Tubería conduit galvanizado de diferentes diámetros.
  - Tubería conduit negro de diferentes diámetros.
  - Tubería ducton metálico de diferentes diámetros.
  - Tubería de aluminio de diferentes diámetros.
  - Tubería pvc de color gris o de color naranja de diferentes diámetros.
  - Tubería flexible metálico-forro plástico, llamado LT
  - Tubería flexible metálico llamado, BX
  - Tubería flexible plástico llamado, flexitubo.
  - Tubería plástica, llamado poliducto.
  
- Canaletas metálicas: se utiliza para conducir y ordenar los conductores eléctricos, de una manera más flexible y que puede revisarse periódicamente, ya que quedan al descubierto y de manera sobrepuesta. Algunas de estas pueden ser:
  - Canaleta metálica gris (blanca) de diferentes medidas.
  - Canaleta metálica galvanizada tipo bandeja de diferentes medidas.
  - Canaleta metálica galvanizada tipo charola de diferentes medidas.

- Conductores eléctricos: son los materiales que al paso de la electricidad ofrecen muy poca resistencia, los mejores conductores eléctricos son el oro, el cobre, el hierro y el aluminio, pero por razones de economía se utilizan el cobre y el aluminio. Los conductores se miden de acuerdo a su área de superficie perpendicular al paso de la corriente eléctrica, que se denomina calibre del conductor, para tal motivo se utiliza la medida AWG, (por sus siglas en inglés de American Wire Gauge) y los más grandes como MCM (por sus siglas en inglés de Mil Circular Mil). Los calibres de conductores más utilizados en las instalaciones de un edificio son:
  - Calibre 12 AWG, 10 AWG, 8 AWG, 6 AWG, 4 AWG, 2 AWG.
  - Calibre 1/0, 2/0, 3/0, 4/0
  - Calibre 250MCM, 350MCM, 500MCM.

Otra consideración importante es que los conductores pueden ser desnudos o aislados; siendo los desnudos los que no poseen ningún recubrimiento y los conductores aislados los que poseen algún recubrimiento aislante que los protege del calor, la humedad, y determina la aplicación que se le puede dar. Los aislantes de conductores que más se utilizan en las instalaciones eléctricas de un edificio son:

- THHN Termoplástico, resistente al calor y retardamiento a las llamas.
  - THHW Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y retardamiento a las llamas.
  - THW Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y retardamiento a las llamas.
- Materiales de soportería: aquí se deben de incluir todos los materiales que sirven para soportar y/o sujetar la tubería, tableros eléctricos,

equipos y todos los elementos de una instalación eléctrica. Entre estos se encuentran:

- Canal tipo Unistrut, con todos sus accesorios
  - Abrazaderas metálicas tipo Hanger, tipo de una oreja.
  - Varilla roscada de diferentes diámetros y largos.
  - Tarugos de metálicos de expansión de diferentes tipos y medidas.
  - Tarugos plásticos de diferentes tipos y medidas.
  - Clavos y fulminantes para pistola de impacto.
  - Hierro tipo angular.
- 
- Cajas: estas se usan donde va a existir una salida eléctrica, o registro eléctrico, se usan para salidas de iluminación, salidas de tomacorrientes, registros etc. Los tipos de cajas que más se utilizan en las instalaciones eléctricas de un edificio son:
    - Cajas octagonales galvanizadas, las hay pesadas, semipesadas y livianas.
    - Cajas rectangulares galvanizadas, las hay pesadas, semipesadas y livianas.
    - Cajas grises de 4x4, 5x5, 6x6, 8x8. 10x10, bajo pedido especial se pueden pedir otras medidas.
- 
- Conectores metálicos: estos son los que sirven para unir físicamente los extremos de una tubería con una caja de salida eléctrica o caja de registro. Los tipos de conectores metálicos que se usan son:
    - Conectores roscados galvanizados, (*niple bushing*), de diferentes medidas.
    - Conectores ducton, de diferentes medidas.
    - Conectores pvc de diferentes medidas.
    - Conectores LT, de diferentes medidas

- Conectores roscados galvanizados, (niple bushing), de diferentes medidas.
- Conectores BX, de diferentes medidas.
- Cintas aislantes: estas son las cintas que sirven para recubrir la unión física de un empalme eléctrico para que quede aislado y protegido. Las cintas que más se utilizan en las instalaciones eléctricas de un edificio son:
  - Cinta de vinil aislante hasta 600 v.
  - Cinta vulcanizado fundente hasta 1 000 v.
  - Cinta aislante corriente.

#### **7.1.4. Planos y especificaciones de las instalaciones eléctricas de un edificio**

Los planos y especificaciones de las instalaciones eléctricas de un edificio son parte de la fase de planificación y diseño del mismo, donde se toman en cuenta todos los requerimientos y necesidades del edificio, el techo del presupuesto que se tiene, la calidad de equipos y materiales que se quieren utilizar, conjugados con las normas de ingeniería eléctrica, la experiencia y creatividad del diseñador a cargo de dicha actividad.

##### **7.1.4.1. Planos de las instalaciones eléctricas de un edificio**

Estos son los diagramas y esquemas de carácter profesional, donde se visualizan las instalaciones eléctricas de acuerdo a normas, simbologías y procedimientos a seguir para construir las instalaciones eléctricas de un edificio.

#### 7.1.4.2. Clasificación

Los planos de electricidad para construir las instalaciones eléctricas de un edificio se clasifican de acuerdo a los diferentes sistemas que integran toda la instalación, en su forma básica puede ser:

- Plano de Diagrama Unifilar: este plano es el que representa con una sola línea (unifilar) todos los componentes principales de equipos y tableros de la instalación eléctrica del edificio. En él se muestran la capacidades de los equipos, tableros, tuberías eléctricas y conductores eléctricos.
- Plano de planillas de tableros: este plano es donde se describen todos los tableros eléctricos que formarán parte de la instalación eléctrica del edificio. Aquí se describe la capacidad de cada tablero, tipo de tablero, voltaje, si uso es monofásico o trifásico, número de polos, cantidad y capacidad de cables de alimentación, capacidad de flipón principal. Después se describen los flipones ramales, conductores y el uso que se le va a dar a cada circuito y el área donde se utilizará.
- Planos de fuerza: los planos de fuerza es donde se describen primordialmente los alimentadores eléctricos principales, subestaciones, planta eléctrica de emergencia, los alimentadores eléctricos secundarios, los tableros involucrados y las unidades de tomacorrientes 120v, 208v y alimentación eléctrica a bombas de agua, cisternas, elevadores y algunos otros equipos especiales.
- Planos de Iluminación: los planos de iluminación es donde se describen y plasman las unidades de iluminación, tipos de lámparas tanto interiores como exteriores, tipos de accesorios para el encendido de las lámparas, cableado, detalles de instalación y demás especificaciones necesarias para los sistemas de iluminación.

- Planos de sistemas especiales: en estos planos se incluyen los sistemas de: Sistemas de Tierra Física, Sistemas de Pararrayos, Sistemas de Luces de Navegación y otros.
- Planos de comunicaciones: en estos planos se incluyen los sistemas de: Sistemas de Teléfonos, Sistema de Cable TV, Sistema de Intercomunicadores, Sistema de Cómputo, Sistema de Alarmas, Sistema de Circuito Cerrado de Televisión y otros.

#### **7.1.5. Presupuestos y cotizaciones de las instalaciones eléctricas**

Previo a la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, debe de realizarse un presupuesto general del proyecto y cotizaciones que avalen todos los elementos que integran el total de los equipos y materiales eléctricos.

##### **7.1.5.1. Presupuestos**

El presupuesto es “Una estimación del costo de la realización de una determinada construcción, considerando las cantidades de obra que la integran y los precios unitarios actualizados de cada uno de los conceptos” (Carlón, 2000, p. 4).

El presupuesto sirve para obtener un estimado de qué tipo de materiales y equipos, la cantidad de materiales y equipos, la cantidad de mano de obra directa e indirecta, técnica y profesional, así como todos los recursos que son necesarios para realizar la construcción de las instalaciones eléctricas que vamos a realizar. El presupuesto se realiza en base a la cuantificación minuciosa y detallada de cada uno de los planos eléctricos del proyecto que se va a realizar.

En base al presupuesto y la cantidad de trabajo y las diferentes tareas y actividades. Que se van a realizar, así como también los tiempos de entrega de equipos y materiales e información del avance de la obra civil, se puede determinar el tiempo de entrega final de las instalaciones eléctricas.

#### **7.1.5.2. Cotizaciones**

Las cotizaciones en la construcción son el valor económico que basado en el presupuesto general de obra, se le añaden los valores de gastos administrativos, impuestos y la utilidad deseada, dando como resultado el precio de cotización final o precio de venta final el cual se le presenta al cliente, para su aprobación o compra.

#### **7.1.5.3. Cronograma de actividades**

El cronograma de actividades es el programa de obra donde se plasman, según Carlon (2000) es la planeación de las actividades que se realizarán en una obra. Pero también es necesario delimitar cada una con el inicio de la actividad, el tiempo que tardará y cuando se finalizará, siguiendo un orden lógico, secuencial y coherente, basándose en personal, equipos de trabajo, disposición de equipos y materiales, así como de los respectivos recursos económicos.

#### **7.1.5.4. Flujo de efectivo**

Este se refiere a la manera de cómo se utilizan los recursos económicos, entradas y salidas, de un proyecto, asociados a las diferentes actividades que forman parte del mismo. Esta herramienta ayuda a visualizar de manera general como se utilizan los recursos propios de un proyecto.

Cada elemento de entrada o salida de efectivo va asociado en tiempo y valor económico con las actividades del cronograma respectivo, con una total coherencia técnico administrativa de ejecución.

## **7.2. Comparación técnica de conductores de cobre contra conductores de aluminio**

En este apartado se hará la comparación entre los conductores de cobre con los conductores de aluminio, que se utilizan en las instalaciones eléctricas de un edificio, resaltando tanto sus características físicas conductoras como sus precios en el mercado nacional. Esto con el fin de obtener la información necesaria para decidir que conductor es más conveniente utilizar en las instalaciones eléctricas, según las condiciones de cada proyecto.

### **7.2.1. Conductores eléctricos de cobre**

El cobre es considerado uno de los mejores conductores eléctricos, después del oro, por lo que sus características de conductibilidad son muy buenas y su precio es inferior al precio del oro, de lo que el conductor eléctrico más utilizado en las instalaciones eléctricas de un edificio es el cobre.

Las principales características del cobre son:

Tabla I. **Características eléctricas del cobre**

No.	Propiedades	Unidades	Cobre
1	Resistividad a 75 <sup>0</sup> C	Ωm	2.09 x 10 <sup>-8</sup>
2	Tensión de Ruptura a 20 <sup>0</sup> C	kgf/mm	23
3	Densidad de Masa	kg/dm <sup>3</sup>	8.89
4	Coefficiente de Expansión	<sup>0</sup> C <sup>-1</sup>	16.7 x 10 <sup>-6</sup>
5	Conductividad Térmica	w/m <sup>0</sup> C	398

Fuente: Salustiano, 2012, p. 1.

El cobre es el conductor eléctrico más utilizado en cualquier tipo instalación eléctrica de baja tensión por ser el de menor precio y con más baja resistividad, siendo muy resistente a los esfuerzos mecánicos y teniendo un peso manejable y con relativa poca expansión y con una alta conductividad térmica.

### 7.2.2. Conductores eléctricos de aluminio

El conductor de aluminio es un metal que puede utilizarse como conductor eléctrico y posee características muy especiales para tal motivo.

Las principales características del aluminio son:

Tabla II. **Características eléctricas del aluminio**

No.	Propiedades	Unidades	Aluminio
1	Resistividad a 75 <sup>0</sup> C	Ωm	3.47 x 10 <sup>-8</sup>
2	Tensión de Ruptura a 20 <sup>0</sup> C	kgf/mm	4.9
3	Densidad de Masa	kg/dm <sup>3</sup>	2.7
4	Coefficiente de Expansión	<sup>0</sup> C <sup>-1</sup>	23.86 x 10 <sup>-6</sup>
5	Conductividad Térmica	W/m <sup>0</sup> C	210

Fuente: Salustiano, 2012, p. 1.

El aluminio tiene una mediana resistividad a la conducción eléctrica, pero como es más abundante en la naturaleza es más barato que otros conductores con menos resistividad. Es menos pesado que otros conductores. Su conductividad térmica también es menor.

### 7.2.3. Comparación eléctrica entre conductores de cobre y de aluminio

El cobre y el aluminio son conductores eléctricos de muy buena calidad, por lo que son los dos materiales más usados como conductores eléctricos, pero las mejores características conductivas las posee el cobre, como lo podemos ver en la siguiente tabla de comparación.

Tabla III. **Tabla de comparaciones de características del cobre vs. aluminio**

No.	Propiedades	Unidades	Cobre	Aluminio
1	Resistividad a 75 <sup>0</sup> C	Ωm	2.09 x 10 <sup>-8</sup>	3.47 x 10 <sup>-8</sup>
2	Tensión de Ruptura a 20 <sup>0</sup> C	kgf/mm	23	4.9
3	Densidad de Masa	kg/dm <sup>3</sup>	8.89	2.7
4	Coefficiente de Expansión	<sup>0</sup> C <sup>-1</sup>	16.7 x 10 <sup>-6</sup>	23.86 x 10 <sup>-6</sup>
5	Conductividad Térmica	W/m <sup>0</sup> C	398	210

Fuente: Salustiano, 2012, p. 1

Relación de resistividad:

Si se observa la tabla de comparación anterior, se puede determinar que el cobre tiene mejor resistividad eléctrica que el aluminio de acuerdo a la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \text{Relación} &= 1 - (\text{Resistividad del Cobre} / \text{Resistividad del Aluminio}) \\ &= 1 - (2,09 \times 10^{-8} / 3,47 \times 10^{-8}) = 1 - 0,60 = 0,40 = 40 \% \end{aligned}$$

El cobre tiene un 40% menor resistividad que el aluminio.

Relación de tensión de ruptura:

El cobre tiene una mayor tensión de ruptura que el aluminio de acuerdo a la siguiente relación:

$$\begin{aligned}\text{Relación} &= \text{Tensión de ruptura del cobre} / \text{tensión de ruptura del aluminio} \\ &= 23 / 4,9 = 4,69\end{aligned}$$

Que indica que el cobre es 4.7 veces más resistente a la ruptura que el aluminio.

Relación de masa:

El cobre es más pesado que el aluminio, se puede determinar de acuerdo a la siguiente relación:

$$\begin{aligned}\text{Relación} &= \text{Densidad de Masa del Cobre} / \text{Densidad de Masa del Aluminio} \\ &= 8,89 / 2,7 = 3,29\end{aligned}$$

El cobre es 3,3 veces más pesado que el aluminio.

Relación de conductividad térmica:

El cobre tiene mejor conductividad térmica que el aluminio de acuerdo a la siguiente relación:

$$\begin{aligned}\text{Relación} &= 1 - (\text{Conducción Térmica del Cobre} / \text{Conducción Térmica del Aluminio}) \\ &= 1 - 398 / 210 = 1 - 1,8956 = -89,56 = -90 \%\end{aligned}$$

El cobre tiene el 90 % mayor conducción térmica que el aluminio.

Al comparar todas estas características entre el cobre y el aluminio, se puede decir que el cobre tiene mejores características eléctricas y mecánicas que el aluminio.

#### **7.2.4. Comparación de costos entre conductores de cobre y de aluminio**

Anteriormente se pudo determinar las ventajas eléctricas del cobre sobre el aluminio, ahora se hará una comparación de económica del uso del conductor eléctrico del cobre contra el conductor eléctrico del aluminio.

Si se compara la resistencia óhmica de un conductor de aluminio con la de un conductor de cobre, donde la longitud sea igual y se varíe el área de los conductores se podrá determinar lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Resistividad Cu} \times \text{Longitud Cu} / \text{Área Cu} &= \text{Resistividad Al} \times \text{Longitud Al} / \\ \text{Área Al} & \\ 2,09 \times 10^{-8} / \text{Área Cu} &= 3,47 \times 10^{-8} / \text{Área Al} \\ \text{Área Al} &= 1,66 \times \text{Área Cu} \end{aligned}$$

Por lo que se puede decir que el área del aluminio debe de ser 66 % mayor que el área del cobre para obtener la misma resistencia. (Salustiano, 2012, p. 3).

Para diseño de las instalaciones eléctricas de un edificio si se desea sustituir el conductor de aluminio por el conductor de cobre, se debe considerar que se necesita un conductor de aluminio con un área de 66 % mayor que la del cobre.

Para relacionar el precio de estos conductores es necesario tomar en cuenta la consideraciones que hace Salustiano (2012, p. 4) El cobre y el aluminio son considerados commodities, que dependen de la oferta y demanda prácticamente inelásticas a corto plazo, con lo que quiere decir “que la

elevación del precio provoca una reducción en la cantidad demandada relativamente menor que la elevación del precio”.

En el mercado nacional en el del 2014 los precios del cobre y el aluminio han tenido una relación promedio de:

$$\text{Precio del aluminio} = 20 \% \times \text{precio del cobre}$$

Tomando en cuenta estos valores se puede concluir que a pesar de que se tiene que aumentar el área del conductor de aluminio, siempre resulta ser más económico utilizar el aluminio.

### **7.3. Gestión logística de materiales eléctricos en obra**

En esta parte se explicará la gestión logística necesaria para el control y monitoreo de los materiales y equipos eléctricos, tanto para su manejo como para su utilización, para mejorar la rentabilidad y productividad en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio.

#### **7.3.1. Control y monitoreo de materiales en obra**

En la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio es necesario llevar un control y monitoreo exhaustivo de los materiales eléctricos que se utilizan, para disminuir la pérdida y el desperdicio que tanta incidencia económica tienen a lo largo de toda la ejecución de la obra.

El control y monitoreo de las obras es gestionar de una manera eficiente los recursos que fueron asignados para tal motivo, tratando de optimizarlos para obtener un mayor rendimiento de lo esperado. Los controles se pueden realizar

al avance propio de la obra, al rendimiento tanto de mano de obra como de los materiales y controles a los costos principalmente de materiales.

El control y monitoreo es una fase muy importante en la ejecución de cualquier obra, especialmente de instalaciones eléctricas, El control consiste “el establecimiento de sistemas que permitan comparar lo ejecutado con lo planeado, detectar errores, desviaciones, las causas y las alternativas de solución a fin de continuar el buen desarrollo del proyecto” (Almeyda y Serrano, 2010, p. 37). Se puede agregar que en la gestión de un proyecto de instalaciones eléctricas de un edificio es necesario aplicar e implementar controles desde la selección y compra de los materiales eléctricos, transporte, almacenamiento, despacho a los operarios y su uso e instalación final.

### **7.3.2. Factores que influyen en la compra excesiva de materiales eléctricos en obra**

La construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, conlleva a implementar los controles y monitoreo a lo largo de toda la cadena de suministros de los materiales eléctricos. Si este proceso no se realiza con una gestión logística adecuada, se incurrirá en pérdida de recursos económicos y pérdida de tiempo, que resultará en baja de la rentabilidad y productividad del proyecto.

Por lo cual se puede determinar que uno de los factores más sobresalientes que influyen en la compra de más, de materiales eléctricos es debido a una mala gestión logística de control y monitoreo de toda la cadena de suministros asociada al proyecto.

### **7.3.3. Procesos logísticos para mejorar la eficiencia en la utilización de materiales eléctricos en obra**

Para fortalecer el correcto funcionamiento de la cadena de suministros, asociada a los materiales eléctricos para la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, es necesario controlar, monitorear e integrar los procesos de compras, almacenaje en obra, manejo e instalación en obra.

#### **7.3.3.1. Logística**

El concepto de logística es considerado uno de los principales modelos para un eficiente manejo de los materiales en una obra en construcción. La logística se puede considerar como “La planificación, organización y control de todas las actividades de movimiento y almacenamiento que facilitan el flujo de materiales desde la fuente al consumo, para satisfacer la demanda al menor costo, incluidos los flujos de información y control.” (Martinez, 2011, p. 1).

Por lo anterior se puede explicar que logística es la manera de cómo se hacen las cosas desde el momento mismo de la identificación de una necesidad, hasta el momento donde es satisfecha esa necesidad.

#### **7.3.3.2. Logística de compras**

Según Martinez (2011, p. 1) la logística de compras además de determinar y prevenir las variaciones de la demanda, debe de adquirir los factores productivos al menor costo posible y satisfacer los patrones y estándares de calidad, tomando en cuenta aspectos a los que está sujetos los productor que se van adquirir como deterioros, mermas, obsolescencia.

Para obtener los mejores resultados en la gestión de compras, se debe de diseñar un sistema altamente eficiente para la compra de materiales, integrando de la mejor manera, la realización de órdenes de compra basadas en las solicitudes de compra de materiales, buscar que proveedor da el más bajo costo con la mejor calidad, no se debe dejar a un lado los costos por logística de estos materiales, así también como el mejor tiempo de entrega, teniendo todos estos parámetros se puede evaluar que opción es más conveniente para la empresa.

#### **7.3.3.2.1. Sistema de solicitud de materiales**

Para que exista un buen control desde el inicio de la cadena de suministro de cada proyecto es necesario hacer la solicitud de materiales de acuerdo a lo que se va a necesitar en determinado período, pueden ser semanas o meses, que puede estar enmarcado en el plan de requerimiento de materiales y sustentado por el listado de materiales del presupuesto general de la obra.

#### **7.3.3.3. Logística de Inventarios**

Dentro de la cadena de suministros, un eslabón muy importante es el correcto manejo de los inventarios, y que se puede expresar como “el proceso que consiste en administrar el flujo integrado de mercancías y de otros materiales desde la compra, pasando por la distribución y la tienda, hasta las manos del cliente” (Eugenio, 2010, p. 17).

El inventario es la acumulación de materias primas, suministros, componentes, materiales, productos en proceso, productos terminados. Específicamente en la construcción de instalaciones eléctricas el inventario

constará principalmente de materiales eléctricos. Como comenta Eugenio (2010, p. 21) el manejo de inventarios lleva asociado un costo financiero, por lo que a mayor inventario mayor costo, entonces el objetivo es tratar de reducir el inventario, para reducir costo financiero, entonces hay una meta básica que es alcanzar la máxima rotación de inventario al mismo tiempo que se satisfagan los compromisos de servicio estipulados.

#### **7.3.3.3.1. Sistema de entrada y salida de materiales**

Para dejar un eficiente control del ingreso de materiales a inventarios es necesario utilizar un ingreso de materiales a bodega, con el cual se puede confrontar cualquier ingreso a la misma para luego determinar qué cantidad existe en bodega. Luego se puede enmarcar con el sistema Primero en Entrar Primero en Salir PEPS.

#### **7.3.3.4. Almacenamiento**

El almacenamiento “Implica la identificación, ubicación o disposición, así como la custodia de todos los artículos del almacén, cumpliendo con los requisitos exigibles al material, para mantenerlo en condiciones adecuadas hasta el momento en que sea retirado para el uso” (Mongua y Sandoval, 2008, p. 26).

Los almacenes deben de cumplir lo requerimientos necesarios para mantener en buenas condiciones los artículos allí consignados, tales como; temperatura, orden, limpieza, un adecuado espacio para su volumen, peso, durabilidad y el tiempo que se va a resguardar.

### **7.3.3.5. Control de Inventarios**

El control de inventarios es una herramienta de mucha importancia en la gestión de inventarios porque en base a este control se podrá determinar el buen o mal uso del manejo de los inventarios.

“Un buen sistema de control de inventario debe de ser periódico y frecuente, además debe de ser riguroso, profundo y armonizado con el objetivo principal de la empresa en cuestión” (Mongua y Sandoval, 2008, p. 28).

#### **7.3.3.5.1. Sistema de inventarios ABC**

“El análisis ABC tiene como principal objetivo clasificar y jerarquizar, los artículos utilizando diversos criterios, donde el valor monetario es el más común” (Mongua y Sandoval, 2008, p. 31).

Para realizar este sistema, como menciona Mongua y Sandoval, (2008, p. 31). Se clasifican en orden creciente o decreciente, tomando como base el valor total de cada tipo de artículos, se ordenan en tres grupos ABC en base al porcentaje proporcional del total de todos los artículos.

Al ordenarlo en el grupo A se disponen la minoría de artículos del 15 % con un 70 % del valor total del inventario. En el grupo B se disponen con 30 % de los artículos con un 15 % del valor total del inventario. En el grupo C se disponen un 55 % de los artículos con un 5 % del valor total del inventario.

#### **7.3.4. Sistema de revisión de materiales utilizados en obra**

En la construcción de las instalaciones eléctricas es necesario implementar un control, con el cual se pueda determinar y verificar que cantidad de materiales eléctricos se encuentran instalados en los trabajos ya ejecutados. Este es un proceso que debe de realizarse con mucha frecuencia, lo debe de hacer una persona de plena confianza ya que los datos obtenidos serán base de comparación para obtener las comparaciones de materiales utilizados en trabajos ejecutados versus ingreso de materiales en obra.

#### **7.3.5. Control de materiales presupuestados contra materiales instalados**

Una vez realizadas las comparaciones de materiales utilizados en trabajos ejecutados *versus* ingreso de materiales en obra, también es necesario realizar las comparaciones de materiales utilizados en trabajos ejecutados *versus* compras realizadas de materiales, para obtener diferencias y determinar a qué se deben.

#### **7.3.6. Determinar si existen diferencias entre los materiales solicitados contra los presupuestados**

Para llevar un eficiente control con el manejo de los materiales eléctricos, hay que obtener las diferencias entre los materiales comprados *versus* los materiales presupuestados, para determinar qué porcentaje de compra de materiales se llevan y si coinciden o hay diferencia con el porcentaje de avance de la obra. Esto se debe de hacer semanalmente o mensualmente, para tomar las medidas necesarias para optimizar los recursos que aún tenemos para proseguir y terminar el proyecto de instalaciones eléctricas.

## **7.4. Excedentes y desperdicios de materiales eléctricos en obra**

En este apartado se explicará que tipos de excedentes y desperdicios de materiales eléctricos, se obtienen con la realización de las instalaciones eléctricas, proponiendo un segundo uso adecuado donde sea posible o un retiro adecuado donde no lo sea. Estas opciones propuestas serán buscando siempre; la economía para la empresa y cuidando el medio ambiente.

### **7.4.1. Excedentes de materiales eléctricos**

Sin duda alguna el uso y manejo de algunos materiales eléctricos en la obra, traerá consigo la creación de excedentes de materiales cuya definición es según la Real Academia Española: “Cantidad de mercancías o dinero que sobrepasa las previsiones de producción o de demanda”. Si se aplica al campo de la construcción se puede decir que son todos los bienes e insumos que superan las demandas de utilización en la ejecución de obras y de trabajos de infraestructura.

En la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, se puede decir que los excedentes se refieren, que se han comprado para un respectivo trabajo de electricidad y resulta que se utilizó menos de lo que ha había contemplado, por lo tanto existe un excedente de ese preciso material.

Pueden haber excedentes de materiales eléctricos de cualquier tipo de todos los materiales usados en la instalación eléctrica, pero no cabe duda que los materiales más significativos pueden ser el conductor eléctrico de cobre y la tubería conduit galvanizada, son los más significativos no solo por su precio sino también porque pueden reutilizarse, tanto en la misma obra, como en otra obra.

#### **7.4.1.1. Cuadros de excedentes de materiales eléctricos**

La existencia de materiales excedentes en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, hace que su productividad y por lo tanto su rentabilidad disminuyen a medida que estos excedentes crecen, por lo que una buena gestión de cada proyecto, debe también enfocarse a la minimización de estos materiales excedentes.

Si a pesar de todas las buenas prácticas del uso de los materiales eléctricos, todavía existen excedentes es imperativo tener un buen control y monitoreo de ellos, y de alguna manera volver a reutilizarlos, preferiblemente en el mismo proyecto que estamos ejecutando. Un control adecuado es llevar un cuadro o ficha de control de excedentes de materiales eléctricos.

Tabla IV. **Control de materiales excedentes**

<b>CONTROL DE MATERIALES EXCEDENTES</b>								
<b>Proyecto:</b>								
<b>Encargado</b>								
<b>de Obra:</b>								
No.	Material	Unidad	Área de Instalación	Cantidad Solicitada	Cantidad Instalada	Cantidad Excedente	Fecha	Nueva Área de Instalación
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
<b>Supervisor:</b>								

Fuente: elaboración propia.

#### **7.4.1.2. Manejo de excedentes de materiales eléctricos**

Una vez se tienen bien controlados e inventariados los diferentes materiales que se obtuvieron como excedentes, es necesario organizarlos de una manera en orden de prioridad para su reutilización, tomando en cuenta las unidades físicas que se tienen y comparar con las unidades respectivas que se necesitan en otros trabajos y así visualizar la manera en que pueden volver a utilizar. Otra manera de reubicar los materiales excedentes es utilizando un Diagrama de Pareto.

##### **7.4.1.2.1. Diagrama Pareto**

Un Diagrama Pareto según Rojas (2008, p. 24) es una herramienta que ilustra por medio de un gráfico los problemas o elementos de un proceso en orden de prioridad, según la frecuencia con la que se dan. Este diagrama es similar a un histograma con valores decrecientes, esta gráfica se conjuga con una curva de tipo creciente que observa los valores de grado de importancia de los elementos respectivamente.

En general se puede decir que este diagrama separa los elementos más importantes de los menos importantes, por lo cual determina los elementos en que se debe de enfocar de manera prioritaria.

Al utilizar esta herramienta se puede organizar y agrupar los materiales eléctricos que se tienen en excedente y que deben de tener la prioridad uno de ser utilizados.

#### **7.4.2. Desperdicios de materiales eléctricos**

En el desarrollo de los trabajos de instalaciones eléctricas de un edificio se van creando materiales de desperdicio, que en algunos casos son totalmente inevitables hasta cierto nivel, y otros que son totalmente por descuido o negligencia de operarios o supervisores de obra.

De manera general se puede decir que un material de desperdicio se considera como “Todo consumo de recurso material en cantidades mayores a las necesarias para la elaboración de un producto de construcción de acuerdo a las especificaciones reflejadas en los documentos técnicos” (Galarza, 2011, p. 9).

En base a este concepto y aplicando a las instalaciones eléctricas de un edificio, se puede ampliar que todo material que se consume de más o desecha en dicho trabajo y que no pueda ser reutilizado, por cualquier razón, se considera un desperdicio de material eléctrico.

Para la clasificación de los desperdicios de materiales, se puede hacer referencias a la forma de cómo el método de gestión Lean Manufacturing y que también retoma Galarza (2011, p. 10), se enfoca a la reducción o eliminación de desperdicios, también llamados mudas, en la creación de un producto o un servicio, los cuales se detallan a continuación:

- Pérdidas por superproducción: se refiere a los desperdicios de recursos generados por la fabricación de productos en mayor cantidad a la necesaria.

- Pérdidas por transporte: se refiere a los costos innecesarios a que se incurre por transporte, que no agrega ningún valor al producto o beneficio al cliente.
- Pérdidas por almacenamiento: se refiere a los costos en que se incurre por espacio de almacenamiento innecesario.
- Pérdidas por movimiento: se refiere a los movimientos innecesarios realizados por los trabajadores al realizar sus labores.
- Pérdidas por espera: se refiere a los períodos de tiempo en que los recursos no son utilizados para generar valor al producto, debido a diferentes motivos.
- Pérdidas por defectos: son los que se refieren a los costos adicionales en que se incurre cuando un producto no ha sido fabricado de acuerdo a las características de calidad del proyecto.
- Pérdidas por desperdicios: se refiere a la materia prima que sobra y que no se aprovecha para la realización del producto.
- Talento humano subutilizado: se refiere a no aprovechar las competencias y habilidades del talento humano.

Todas estas pérdidas o mudas están generalizadas para la industria manufacturera, ya que es donde más se aplican y algunas veces se encuentran mejor controladas. Para su aplicación en la industria de la construcción, específicamente en la construcción de las instalaciones eléctricas, es necesario realizar algunas variantes de acuerdo a la diferencia de procesos.

#### **7.4.2.1. Cuadros de desperdicios de materiales eléctricos**

Para el control de los desperdicios de los materiales es necesario utilizar un control de desperdicios parecido a que se usa en los materiales excedentes.

Tabla V. **Control de materiales sobrantes**

<b>CONTROL DE MATERIALES SOBRANTES</b>								
<b>Proyecto:</b>								
<b>Encargado de Obra:</b>								
<b>No.</b>	<b>Material Sobrante</b>	<b>Unidad</b>	<b>Área de Instalación</b>	<b>Cantidad Solicitada</b>	<b>Cantidad Instalada</b>	<b>Cantidad de Sobrantes</b>	<b>Fecha</b>	<b>Destino Exterior</b>
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
<b>Supervisor:</b>								

Fuente: elaboración propia.

#### **7.4.2.2. Manejo de desperdicios de materiales**

Una vez cuantificado los materiales sobrantes hay que realizar una evaluación y clasificación de los mismos, para determinar que materiales pueden reciclarse y ponerse en contacto con los respectivos recicladores para obtener alguna ganancia económica por la venta de los materiales reciclados, estos materiales pueden ser cobre, aluminio, chatarra. Los materiales que no se pueden reciclar nos ocasionarán costos en llevarlos algún vertedero controlado por la municipalidad. Hay que tomar en cuenta que se debe de tener una conciencia ecológica y no perjudicar el entorno natural.

#### **7.4.3. Robo de materiales eléctricos**

En las obras en construcción es lamentable el hecho de que exista la actividad, y algunas veces organizada, de robo de materiales de construcción de todo tipo, y cuando se trata de los materiales eléctricos los robos más generalizados van dirigidos al conductor de cobre, ya que es muy bien pagado dentro del mercado negro, en segundo lugar es el aluminio, luego puede ser la tubería metálica y menor escala los materiales pequeños, como las cintas eléctricas, los flipones pequeños, las abrazaderas, conectores, etc.

El robo de cobre es un flagelo que no solo se da en las obras en construcción, sino también en las redes de telecomunicaciones exteriores y todas las redes que contengan cobre. En este caso existen bandas organizadas que operan bajo las circunstancias más extrañas y difíciles para lograr estos hechos delictivos.

#### **7.4.3.1. Gestión de riesgos en obras de construcción**

En todos los sectores industriales existen riesgos de todo tipo que, al momento de darse, ocasionan pérdidas económicas, pérdidas de tiempo, pérdida de bienes, inseguridad en el personal y todo esto conlleva, a disminuir la productividad, la rentabilidad y retrasos en tiempo de entrega del producto final, por ende una baja en el beneficio del cliente. En el sector construcción los riesgos no son ajenos a la misma y deben de ser gestionados de una manera similar a la de los sectores industriales.

La definición orientada a la construcción es “La gestión de riesgos es un proceso planificado y sistemático de identificación, análisis y control de los riesgos y sus consecuencias, con el fin de lograr el objetivo planeado y por consiguiente maximizar el valor del proyecto” (Altez, 2009, p. 10).

De lo anterior se puede deducir que la gestión de riesgos es un proceso que debe de existir en toda obra en construcción, específicamente en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, para obtener de esta herramienta de gestión un gran apoyo para identificar, planear, hacer, controlar y actuar de manera sistemática y ordenada en la reducción e eliminación de los riesgos.

## **8. PROPUESTA DE ÍNDICE PARA INFORME FINAL**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### **1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

- 1.1. Generalidades
- 1.2. Visión y Misión
- 1.3. Objetivos, principios y valores
- 1.4. Principales actividades
- 1.5. Organigrama

### **2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE UN EDIFICIO**

- 2.1. Definición
- 2.2. Tipos de instalaciones eléctricas
- 2.3. Instalaciones eléctricas de un edificio
  - 2.3.1. Equipos eléctricos de un edificio
  - 2.3.2. Materiales eléctricos de un edificio
  - 2.3.3. Planos y especificaciones eléctricos de un edificio
    - 2.3.3.1. Definiciones
    - 2.3.3.2. Clasificación

- 2.4. Presupuestos y cotizaciones de las instalaciones eléctricas
  - 2.4.1. Presupuestos
  - 2.4.2. Cotizaciones
  - 2.4.3. Cronograma de actividades
  - 2.4.4. Flujo de efectivo
  
- 3. COMPARACIÓN TÉCNICA DE CONDUCTORES DE COBRE CONTRA CONDUCTORES DE ALUMINIO
  - 3.1. Conductores eléctricos de cobre
  - 3.2. Conductores eléctricos de aluminio
  - 3.3. Comparación eléctrica entre conductores de cobre y de aluminio
  - 3.4. Comparación económica entre conductores de cobre y de aluminio
  
- 4. GESTIÓN LOGÍSTICA DE MATERIALES ELÉCTRICOS EN OBRA
  - 4.1. Definiciones de control y monitoreo de materiales en obra
  - 4.2. Factores que influyen en la compra excesiva de materiales eléctricos en obra
  - 4.3. Procesos logísticos para mejorar la eficiencia en la utilización de materiales eléctricos en obra
    - 4.3.1. Logística de compras
      - 4.3.1.1. Sistema de solicitud de materiales
    - 4.3.2. Logística de manejo de inventarios
      - 4.3.2.1. Sistema de entrada y salida de materiales
    - 4.3.3. Almacenamiento
      - 4.3.3.1. Sistema de inventarios ABC
  - 4.4. Sistema de revisión de materiales utilizados en obra

- 4.5. Control de materiales presupuestados contra materiales instalados
- 4.6. Determinar si existen diferencias entre los materiales solicitados contra los presupuestados
  
- 5. EXCEDENTES Y DESPERDICIOS DE MATERIALES ELÉCTRICOS EN OBRA
  - 5.1. Excedentes de materiales eléctricos
    - 5.1.1. Definiciones
    - 5.1.2. Manejo de excedentes de materiales eléctricos
  - 5.2. Desperdicios de materiales eléctricos
    - 5.2.1. Definiciones
    - 5.2.2. Manejo de desperdicios de materiales eléctricos
  - 5.3. Robo de materiales eléctricos
    - 5.3.1. Definiciones
    - 5.3.2. Gestión de riesgos en obras de construcción
  
- 6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
  - 6.1. Cuadros de datos obtenidos
  - 6.2. Tablas de datos obtenidos
  
- 7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS
  - 7.1. Análisis de resultados
  - 7.2. Interpretación de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS



## **9. MARCO METODOLÓGICO**

### **9.1. Enfoque**

El presente trabajo será con un enfoque mixto, ya que en un inicio es necesario determinar las variables cualitativas y con un estudio aplicativo, ya que va a requerir de las características propias en cuanto a la ejecución de las instalaciones eléctricas de un edificio. Posteriormente se enfocará de manera cuantitativa, en cuyo proceso se pueden determinar las causas que influyen directamente en una disminución de la rentabilidad del proyecto, asimismo, como los efectos que se derivan durante la construcción afectando la calidad, tiempo de entrega y por supuesto la rentabilidad.

### **9.2. Tipo de estudio**

El tipo de estudio que abarcará esta investigación es de tipo descriptivo, no experimental; ya que los fenómenos a tratar no se podrán manipular las variables involucradas y se limitará a observar e indagar sobre las circunstancias en que se darán dichos fenómenos.

El tiempo de aplicación del estudio será de carácter transeccional descriptivo, ya que las variables que se analizarán serán estudiadas en un momento único en el tiempo dentro del contexto de la construcción.

### **9.3. Área de estudio**

El área de estudio donde se realizará la investigación es en el ambiente de la construcción en la ciudad de Guatemala, específicamente en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio. Específicamente el área será desde la solicitud y compra, almacenamiento y despacho de materiales en la bodega de la obra estudiada.

### **9.4. Muestra y población**

El universo de la investigación está conformado por las personas involucradas dentro de una obra en construcción, como los son ingenieros, encargados, operarios y todo el personal que de una u otra forma apoyan y están relacionados con el manejo e instalación de los materiales eléctricos necesarios para la realización, de las instalaciones eléctricas de un edificio.

La muestra de la investigación será tomada de la población total, de una manera estratificada, que determinarán los indicadores que se tomarán de base para los cuadros estadísticos, que se presentarán en el desarrollo del trabajo.

### **9.5. Métodos**

Los métodos que se utilizarán en la investigación son de tipo; descriptivo, analítico, deductivo, y el método estadístico. Estos métodos son necesarios ya que describirán los fenómenos que se den en el manejo de los materiales como en la utilización de los mismos y analizarán las características que afectan la rentabilidad en cuanto en la ejecución de las instalaciones eléctricas de un edificio.

El método deductivo permitirá deducir las causas que explican sobre el mal manejo de los materiales y que permitirán presentar una síntesis mediante cuadros estadísticos del trabajo de investigación. El método estadístico permitirá obtener información en la fase de análisis de datos, con la cual se debe obtener una mejor visión para la relación entre las variables dependientes e independientes.

## 9.6. Diseño

El diseño que se utilizará será por fases en base a cada objetivo de la siguiente manera:

- Fase uno

Esta fase se refiere a la obtención del objetivo específico número uno, de la siguiente manera:

Tabla VI. **Variables para objetivo uno**

Variables	Nombre	Tipo	Identificación	Nombre de Indicador	Indicador
<b>Independientes</b>	Materiales Eléctricos Presupuestados	Nominal	MEP	Rendimiento de Materiales Eléctricos	$\left(\frac{MEP}{MEC}\right) \times 100\%$
<b>Dependientes</b>	Materiales Eléctricos Comprados	Nominal	MEC	RME	RME $\geq 95\%$

Fuente: elaboración propia.

- Técnicas

Las técnicas que se utilizarán para lograr este objetivo serán la investigación documental, ya que por medio de la información proporcionada por la empresa será posible describir las actividades a que se dedica la empresa y para identificar el grado de mal manejo de materiales eléctricos en obra, es necesario obtener la información registrada de proyectos ya construidos por la empresa de instalaciones eléctricas, de esa manera se obtendrán los valores numéricos de las variables involucradas.

- Herramientas

Las herramientas que se utilizarán serán las fichas de trabajo para la investigación documental. Al obtener los datos proporcionados por la empresa se tabularán en hojas electrónicas Excel, para poder observar de mejor manera la evolución que han tenido y tener el margen de rendimiento que han tenido.

- Actividades

Las actividades que se realizarán en esta fase son:

- Basados en la cotización inicial, el presupuesto económico y los trabajos contratados; se determinará un listado de la cantidad de materiales que se reflejan en el presupuesto.
- Se obtiene el valor económico de cada rubro de materiales.
- Se obtiene la información de cuáles materiales y en qué cantidad se compraron así como su valor.

- Una vez que se tengan esos dos valores se realiza una tabla de comparación para determinar el indicador de rendimiento de materiales eléctricos RME,
- Luego es necesario hacer un promedio de los RME de los proyectos en cuestión, para obtener un dato inicial de RME, con el que se determina como ha estado la empresa en este factor previo a la investigación.

- Fase dos

Esta fase se refiere a la obtención del objetivo específico número dos, de la siguiente manera:

- Variables

En esta fase no es necesario definir variables, ya que es un objetivo puramente descriptivo teórico.

- Técnicas

La técnica que se utilizará es la investigación documental, ya que es necesario obtener la información teórica, mediante la consulta de fuentes primarias como libros, artículos científicos y otros, también de fuentes secundarias, como libros, tesis, artículos de la web.

- Herramientas

En esta fase será necesario utilizar la lectura, subrayado, resúmenes, paráfrasis, todo esto apoyado por las fichas de trabajo.

## Actividades

Las actividades que se utilizarán en esta fase son:

- Desarrollo teórico para ampliar los temas para apoyar el respectivo objetivo.
- Fase tres

Esta fase se refiere a la obtención del objetivo específico número tres, de la siguiente manera:

Tabla VII. **Variables para objetivo tres**

Variables	Nombre	Tipo	Identificación	Nombre de Indicador	Indicador
<b>Independientes</b>	Resistencia eléctrica del Cobre	Nominal	RCU	Razón de Resistencias RR	$\frac{RCU}{RAL}$
	Resistencia eléctrica del Aluminio	Nominal	RAL		
<b>Dependientes</b>	Precio Promedio del Conductor de Cobre	Nominal	PCCU	Razón de Precios RP	$\frac{PCCU}{PCAL}$
	Precio Promedio del Conductor de Aluminio	Nominal	PCAL		

Fuente: elaboración propia.

- Técnicas

La técnica que se utilizará es la investigación documental, ya que es necesario determinar la información teórica, mediante la consulta de fuentes primarias como libros, artículos científicos y otros, también de fuentes secundarias, como libros, tesis, artículos de la web.

- Herramientas

Las herramientas que se utilizarán son gráficas tipo histogramas que nos servirá ordenar los diferentes calibres de conductores, diagrama de Pareto que nos servirá para ordenar que calibres de conductor tengan mayor incidencia en el presupuesto y tablas de comparación para comparar los diferentes calibres y usos de los conductores.

- Actividades:

- Desarrollo teórico para ampliar los temas para apoyar el respectivo objetivo.
- Obtención de los respectivos datos para realizar las comparaciones técnicas entre los dos conductores.
- Obtención de los respectivos datos para realizar las comparaciones económicas entre los dos conductores.

- Fase cuatro

Esta fase se refiere a la obtención del objetivo específico número cuatro, de la siguiente manera:

Tabla VIII. **Variables para objetivo cuatro**

Variables	Nombre	Tipo	Identificación	Nombre de Indicador	Indicador
<b>Independientes</b>	Materiales Eléctricos Presupuestados	Nominal	MEP	Rendimiento de Materiales Eléctricos RME	$\left(\frac{MEP}{MEC}\right) \times 100\%$
	Precio Total de Presupuesto	Nominal	PTP	Rentabilidad Bruta de Proyecto RBP	$\left[\left(\frac{PTP}{PTC}\right) - 1\right] \times 100\%$
<b>Dependientes</b>	Materiales Eléctricos Comprados	Nominal	MEC	RME	RME $\geq 95\%$
	Precio Total de Costos	Nominal	PTC		

Fuente: elaboración propia.

- **Técnicas**

Las técnicas que se utilizarán serán de observación directa e indirecta de la forma en que solicitan, manejan, utilizan e instalan los materiales eléctricos, el personal involucrado en la logística de la cadena de suministro en la obra. Estas actividades hay que realizarlas en horario normal de trabajo para que los datos obtenidos sean confiables y seguros y que demuestren una conducta real. Esta fase será complementada con información documental proporcionada por la empresa que apoyará en el estudio e investigación.

- Herramientas

Las herramientas que se utilizarán para la recolección de datos son hojas de control, obteniendo los datos de acuerdo a las observaciones realizadas. Se implementarán sistemas de solicitud de materiales, de control de inventarios ciclo ABC, control de despacho de materiales, así como de control de materiales instalados.

- Actividades:

- En primer término se identificarán basados en la cotización inicial, el presupuesto económico, los trabajos contratados, los equipos eléctricos contratados, el listado de materiales que se usarán y la mano de obra necesaria para realizar los trabajos.
- Se determinarán los puntos de problemas existentes en la obra, respecto al abastecimiento de materiales, equipos y mano de obra.
- Se observará como se realiza el control y manejo de los materiales eléctricos, tanto de entrada, interno y de despacho, en la bodega de la obra.
- Se determinará la manera en cómo se distribuyen los materiales a los puntos propios de trabajo.
- Se observará la manera como realizan su trabajo los operarios y la manera en que manejan el uso de los materiales de las instalaciones eléctricas.
- Se observará la manera como se realiza la supervisión de las instalaciones eléctricas.
- Se obtendrán los datos y se tabularán en una hoja electrónica para tener información al respecto.

- Fase cinco

En esta fase se tratará la manera de presentación de los datos obtenidos, el análisis de datos y la interpretación de datos.

- Presentación de datos obtenidos

La presentación de datos se realizará por medio de cuadros Excel, donde se tabularán los datos obtenidos, y se obtendrán gráficas para que su interpretación sea de fácil comprensión. Estos cuadros deberán de tener la información tabulada obtenida de la observación directa e indirecta.

- Análisis de datos

Una vez obtenidos y tabulados todos los datos recopilados en la investigación, la manera en que se analizarán será mediante técnicas estadísticas que permitan analizar científicamente los resultados para que la interpretación sea totalmente exacta. En esta fase la investigación se apoyará en conceptos de estadística descriptiva, como lo son medidas de tendencia central, desviación estándar, medidas de dispersión y rangos.

- Interpretación de datos

Para la interpretación de datos será necesaria la utilización de diagramas de Pareto, histogramas, diagramas de dispersión, con los cuales se tomará el criterio necesario, junto con la información documental inicial si se cumplen cada uno de los objetivos de la investigación. En esta fase, una vez cubiertos nuestros objetivos se podrán obtener las conclusiones de cada uno de los objetivos con lo cual se llevará a construir las recomendaciones finales.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis que se utilizarán se basan de acuerdo en la fase específica que se esté desarrollando, de la siguiente manera:

### Fase uno

#### Técnicas de análisis:

Las técnicas de análisis que se utilizarán en esta fase son la elaboración de tablas de comparación donde se involucren las variables definidas. En estas tablas se podrán visualizar los costos presupuestados de los materiales y equipos eléctricos contra los costos reales de los materiales y equipos eléctricos comprados para la construcción de los diferentes proyectos. Con esta información se determinará el indicador Rendimiento de los Materiales Eléctricos (RME) que mostrará el desenvolvimiento de la empresa en sus proyectos anteriores a la investigación.

### Fase dos

#### Técnicas de análisis:

En esta fase las técnicas de análisis que se utilizarán se referirán a manera de listado de equipos y materiales eléctricos que se utilizan en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio. Estos diferentes listados descriptivos se basarán en normas de ingeniería eléctrica, experiencia y técnicas propias de construcción de las instalaciones eléctricas.

### Fase tres

#### Técnicas de análisis:

La técnica que es necesario utilizar en esta fase la de comparación por medio de tablas de Excel y por medio de Histogramas, además se utilizará el diagrama de Pareto para determinar que calibres de conductores se utiliza con más frecuencia y cual incidencia en los costos. Por medio de la comparación se determinarán los siguientes indicadores; Razón de Resistencias (RR) y la Razón de Precios (RP) de ambos conductores, con las cuales se conocerá las diferencias entre los conductores de cobre y de aluminio.

### Fase cuatro

#### Técnicas de análisis:

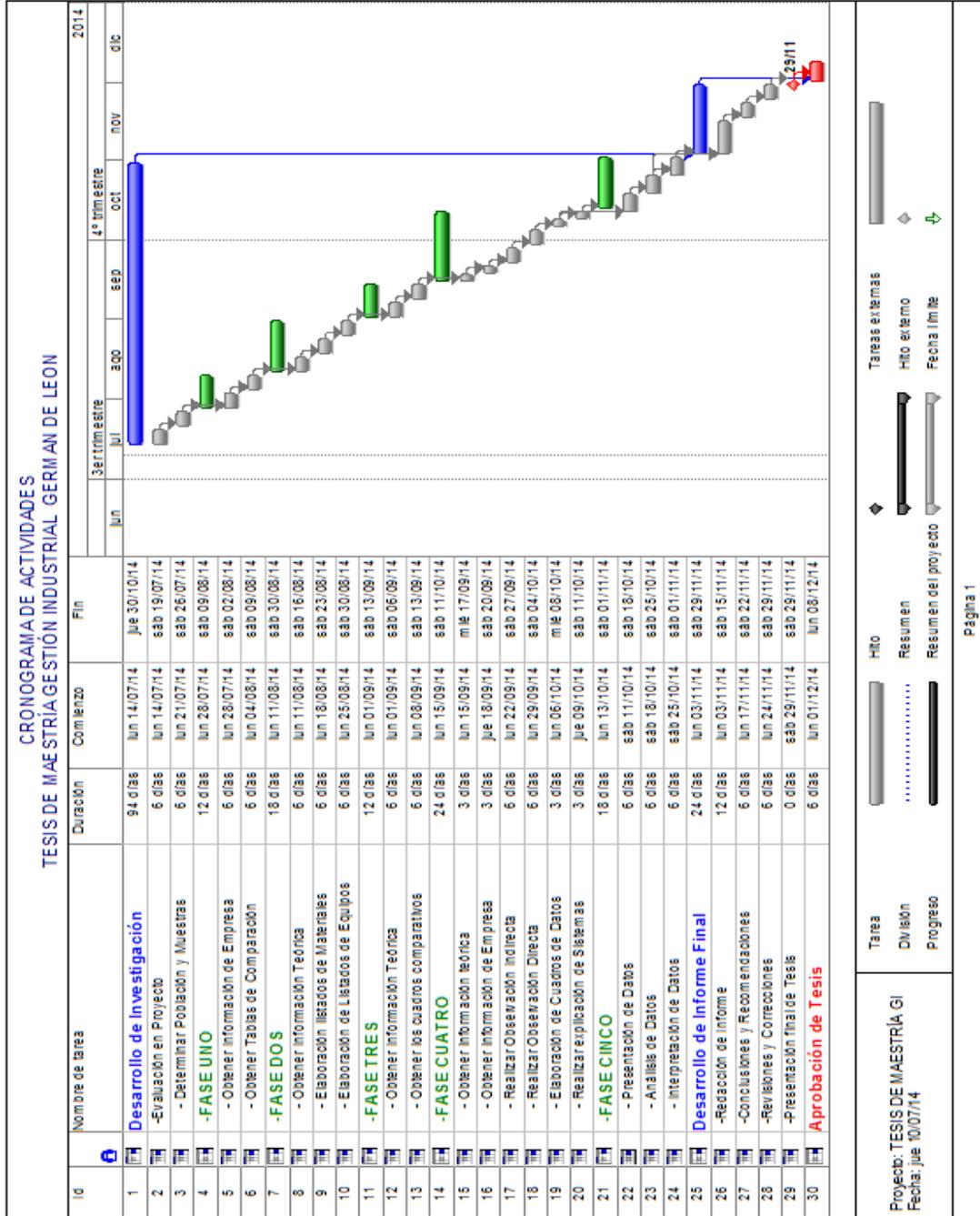
En esta fase se utilizarán las técnicas análisis que nos muestren las diferentes escenas que se encontraran en el proyecto que se esté evaluando. Estos podrían ser diagrama Ishikawa, diagrama de Pareto. Luego se utilizarán las hojas de control, el control de inventarios ciclo ABC, control de despacho de materiales, sí como control de materiales instalados. Luego se obtendrán, del proyecto evaluado, los indicadores de Rendimiento de Materiales Eléctricos (RME) y la Rentabilidad Bruta del Proyecto (RBP), que nos explicarán la aplicación de los nuevos sistemas de logística y productividad.

### Fase cinco

#### Técnicas de análisis:

Con la información obtenida en las fases anteriores se podrá analizar conjuntamente los diferentes resultados por medio de técnicas estadísticas, medidas de tendencia central, desviación estándar , rangos, que ordenarán y verificarán los resultados para reafirmar que los sistemas utilizados son los más convenientes y razonables.

# 11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES





## 12. RECURSOS

### Recursos humanos

Para realizar la investigación, de una manera eficiente y ordenada, es necesario contar con los elementos humanos siguientes:

- Un investigador, de medio tiempo, con suficiente experiencia en el área de ingeniería eléctrica y de metodología que se encargue de coordinar la elaboración y ejecución de guías estructuradas y no estructurada para la observación tanto directa como indirecta de los fenómenos a estudiar, también de guías de entrevistas estructuradas y encuestas. Otra atribución sería la de utilizar técnicas de análisis de información. Así como de coordinar todas las actividades para que la investigación se efectúe correctamente y se consigan los resultados esperados. Se le necesita por 6 meses. El puesto de investigador lo realizará el estudiante.
- Una persona tiempo completo, para poder realizar las observaciones, encuestas y entrevistas. Con experiencia en la realización de proyectos de campo de esta índole, con buenas relaciones humanas y públicas, con estudios universitarios mínimo 3 años. Contrato por 2 meses. El puesto de encuestador lo realizará el estudiante.
- Un asesor, ingeniero colegiado activo, con grado de maestría, preferentemente con maestría en Gestión Industrial, no indispensable. Profesional con experiencia en asesoramiento de tesis, incorporado a la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Contrato por 12 meses.

## Recursos físicos

Para poder realizar la investigación en un ambiente cómodo y agradable es necesario contar con los elementos físicos siguientes:

- Una oficina de de 3x3 y otra de 4x3. La oficina ya se tiene.
- Un escritorio ejecutivo de 1,80 x 0,80 metros. El escritorio ya se tiene.
- Una silla ejecutiva. El escritorio ya se tiene.
- Dos sillas de espera. Las sillas ya se tienen.
- Un archivo metálico de dos gavetas.

## Recursos tecnológicos

Para realizar la investigación es necesario contar con los equipos que se enumeran a continuación:

- 1 computadoras personales, con la siguiente capacidad como mínimo; de 120 GB, Intel Core2 Dúo, de 3.2 GHz, 1G de memoria bus de 400 MHz, monitor de 15", puertos USB, mouse óptico, con HD-DVD-ROM/CDRW, Wi-Fi, con Windows 8 y Office Profesional y Project. La computadora ya se tiene.
- Cámara fotográfica. La cámara fotográfica ya se tiene.
- Impresora multifuncional de buena calidad. La impresora multifuncional ya se tiene.

## Recursos materiales e insumos

Los materiales o insumos que se necesitan son:

- Tres resmas de papel bond tamaño carta.

- Diez bolígrafos color negro de excelente calidad.
- Doce lápices de madera y grafito de excelente calidad.
- Cinco borradores de excelente calidad.
- Tres cartuchos de tinta para impresora color negro.
- Tres cartuchos de tinta para impresora de colores.
- Cinco encuadernados
- Diez Cds, de 700 MB.
- Impresión final del documento.

Tabla IX. Recursos financieros

No.	Concepto	Cantidad	Meses	Pr./Unitario	Sub-Total	Total
<b>1</b>	<b>Recursos Humanos</b>					<b>Q 2 500,00</b>
1.1	Investigador (estudiante)	1	6	Q -	Q -	
1.2	Encuestador (estudiante)	1	2	Q -	Q -	
1.3	Asesor	1	12	Q 2 500,00	Q 2 500,00	
<b>2</b>	<b>Recursos Físicos</b>					<b>Q 600,00</b>
2.1	Oficinas (ya se tiene)	1	6	Q -	Q -	
2.2	Escritorio ejecutivo (ya se tiene)	1	6	Q -	Q -	
2.3	Silla Ejecutiva (ya se tiene)	2	6	Q -	Q -	
2.4	Sillas de espera (ya se tiene)	1	6	Q -	Q -	
2.5	Archivo	1	6	Q 100,00	Q 600,00	
<b>3</b>	<b>Recursos Tecnológicos</b>					<b>Q 900,00</b>
3.1	Computadoras Personales (arreglos)	1	6	Q 150,00	Q 900,00	
3.2	Cámara fotográfica (ya se tiene)	1	6	Q -	Q -	
3.3	Impresora Multifuncional (ya se tiene)	1	6	Q -	Q -	
<b>4</b>	<b>Recursos Materiales e Insumos</b>					<b>Q 3 050,00</b>
4.1	Resmas de papel t/carta	3	-	Q 40,00	Q 120,00	
4.2	Bolígrafos	10	-	Q 25,00	Q 250,00	
4.3	Lápices	10	-	Q 6,00	Q 60,00	
4.4	Borradores	5	-	Q 6,00	Q 30,00	
4.5	Cartuchos de tinta negra	2	-	Q 180,00	Q 360,00	
4.6	Cartuchos de tinta de colores	2	-	Q 350,00	Q 700,00	
4.7	Encuadernados	5	-	Q 50,00	Q 250,00	
4.7	Cds	10	-	Q 8,00	Q 80,00	
4.8	Impresión final de documento	1	-	Q 1 200,00	Q 1 200,00	
					<b>GRAN TOTAL</b>	<b>Q 7 050,00</b>

Fuente: elaboración propia.

## **10. FACTIBILIDAD DE RECURSOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo y ejecución de la investigación tanto documental como de campo, se utilizará una serie de recursos los cuales ya se describieron. Estos recursos ya han sido contemplados y se cuenta con el apoyo financiero de la empresa que ha dado su autorización para realizar la investigación.

La misma empresa va a brindar su apoyo, para realizar la investigación de campo, en cuanto a la aplicación de observación directa e indirecta, encuestas y entrevistas se pueden realizar en la obra de construcción de las instalaciones eléctricas, que se esté ejecutando en el momento que ha considerado en el cronograma de actividades presentado.

Por lo anterior expuesto se considera que el desarrollo del estudio es totalmente viable ya que se cuenta con todos los recursos necesarios para su realización.



## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Albizures, M. A. (2009). *Análisis de las Líneas de Distribución de Potencia para su Uso en Internet*. (Tesis de Pregrado). USAC, Guatemala, Guatemala.
2. Almeyda Velandia, F. A., Serrano Delgado, H.G. (2010). *Guía para la Administración de los Materiales de Construcción Aplicada a los proyectos de Obra Civil*. (Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana). Recuperado de [http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1235/1/digital\\_19978.pdf](http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1235/1/digital_19978.pdf)
3. Altez Villanueva, L. F. (2009). *Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Un Estudio de Técnicas y Herramientas de Gestión de Riesgos en la Etapa de Construcción*. (Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/151/ALTEZ\\_LUIS\\_ASEGURANDO\\_VALOR\\_PROYECTOS\\_CONSTRUCCION\\_ESTUDIO\\_GESTION\\_RIESGOS\\_ETAPA\\_CONSTRUCCION.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/151/ALTEZ_LUIS_ASEGURANDO_VALOR_PROYECTOS_CONSTRUCCION_ESTUDIO_GESTION_RIESGOS_ETAPA_CONSTRUCCION.pdf?sequence=1)
4. Carlon Acosta, C. A. (s.f.). *Estudio de Control de Costos en Construcciones*. (Tesis de Pregrado, Instituto Tecnológico de la Construcción A.C.). Recuperado de

- [http://infontavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Carlón\\_Acosta\\_Carlos\\_Antonio\\_44669.pdf](http://infontavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Carlón_Acosta_Carlos_Antonio_44669.pdf)
5. *Cobre vs Aluminio: Mitos y Realidades*, (s.f.). Recuperado de [http://www.geindustrial-latam.com/home/prensa\\_detail/23](http://www.geindustrial-latam.com/home/prensa_detail/23)
  6. Espada, W. (s.f.). *Propiedades de los cables eléctricos de aluminio como una posible alternativa a la cablearía de cobre*. Recuperado de <http://e-ciencia.com/blog/noticias/%C2%BFveremos-cableria-electrica-de-aluminio-en-el-futuro/>
  7. Eugenio Barrionuevo, R. (2010). *Logística de Inventario y su Incidencia en las Ventas de la Farmacia Cruz Azul Internacional de la Ciudad de Ambato*. (Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1381/292%20Ing.pdf?sequence=1>
  8. Fink, D., Beaty, H. (2001). *Manual de Ingeniería Eléctrica*. México. McGraw-Hill.
  9. Galarza Meza, M. (2011). *Desperdicio de Materiales en Obras de Construcción Civil: Métodos de Medición y Control*, (Tesis de grado de licenciatura en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú). Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/888/GALARZA\\_MEZA\\_MARCO\\_DESPERDICIO\\_MATERIALES\\_CONSTRUCCIÓN.pdf](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/888/GALARZA_MEZA_MARCO_DESPERDICIO_MATERIALES_CONSTRUCCIÓN.pdf)
  10. Koenigsberger, R. (1982) *Instalaciones Eléctricas I*. Guatemala. Usac.

11. Koenigsberger, R. (1993) *Instalaciones Eléctricas II*. Guatemala. Usac.
12. Martínez Robles, A. Y. (s.f.). *Control de Inventario con Análisis en la Demanda, para la Empresa Sport B*. (Tesis de Pregrado, UNMSM). Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/martinez\\_ra/cap02.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/martinez_ra/cap02.pdf)
13. Mongua, P., Sandoval, H. (2009). *Propuesta de un Modelo de Inventario para la Mejora del Ciclo Logístico de una Distribuidora de Confites, Ubicada en la ciudad de Barcelona, Estado de Anzoátegui*. (Tesis de Pregrado, Universidad de Oriente). Recuperado de <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1109/1/Tesis.PROPUUESTA%20DE%20UN%20MODELO%20DE%20INVENTARIO.pdf>
14. *Pautas para la Gestión Logística de suministro en la construcción de viviendas en serie*, (s.f.). Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/691/A6.pdf?sequence=6>
15. Pérez Cervantes, J. C. (2005). *Control y Monitoreo de Avance de Obra*, (Tesis de grado licenciatura en Ingeniería Civil, UDLAP, México) recuperado de [http://caterina.udlap.mx/u\\_de\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo3.pdf](http://caterina.udlap.mx/u_de_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo3.pdf)
16. Piloña, G. (2014). *Guía Práctica sobre Métodos y Técnicas de Investigación Documental y de Campo*. Guatemala. Cimgra.

17. Pinto Maldonado, M. (1997). *Guía para Supervisión del Montaje de las Instalaciones Eléctricas en Edificios de más de 5 Niveles*, (Tesis grado de licenciatura en Ingeniería Eléctrica). USAC, Guatemala, Guatemala.
18. Rojas Torres, L. C. (2008). *Implementación del Sistema de Gestión de Calidad según la Norma ISO9001:2000 en una Industria Plástica*. (Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica El Litoral). Recuperado de [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-42270.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-42270.pdf)
19. Salustiano, R. (2012). *Estado del Arte sobre Uso de Conductores de Cobre y Aluminio en la Fabricación de Transformadores de Distribución*. Universidad Federal de Itajubá. Recuperado de [http://www.google.com.gt/search?q=Estado+del+Arte+sobre+Uso+de+Conductores+de+Cobre+y+Aluminio+en+la+Fabricaci%C3%B3n+de+Transformadores+de+Distribuci%C3%B3n.+&hl=es-GT&gbv=2&oq=Estado+del+Arte+sobre+Uso+de+Conductores+de+Cobre+y+Aluminio+en+la+Fabricaci%C3%B3n+de+Transformadores+de+Distribuci%C3%B3n.+&gs\\_l=heirloom-serp.3...314145.340840.0.342895.84.22.0.1.0.5.500.2825.2-8j1j0j1.10.0....0...1ac.1.34.heirloom-serp..81.3.835.Y9S6QtOwnP4](http://www.google.com.gt/search?q=Estado+del+Arte+sobre+Uso+de+Conductores+de+Cobre+y+Aluminio+en+la+Fabricaci%C3%B3n+de+Transformadores+de+Distribuci%C3%B3n.+&hl=es-GT&gbv=2&oq=Estado+del+Arte+sobre+Uso+de+Conductores+de+Cobre+y+Aluminio+en+la+Fabricaci%C3%B3n+de+Transformadores+de+Distribuci%C3%B3n.+&gs_l=heirloom-serp.3...314145.340840.0.342895.84.22.0.1.0.5.500.2825.2-8j1j0j1.10.0....0...1ac.1.34.heirloom-serp..81.3.835.Y9S6QtOwnP4)
20. Sampieri Hernández, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. México. McGraw-Hill.
21. *Solucionamos la incompatibilidad Cobre Aluminio*, (s.f.). Recuperado de <http://www.inmesol.es/blog/solucionamos-la-incompatibilidad-cobre-aluminio>

22. Zavala, S. (2009). Guía a la redacción en el estilo APA, 6ta. Edición. Universidad Metropolitana.



## 12. ANEXOS

### Anexo 1: MATRIZ DE COHERENCIA

TEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA CENTRAL :</b>	<b>OBJETIVO CENTRAL:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	Estimación presupuestaria	Bases teóricas	Enfoque Mixto
<b>Baja rentabilidad en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, por el mal manejo de los materiales en la obra.</b>	Desarrollar un sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, para incrementar la productividad y rentabilidad en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio.	Control y monitoreo logístico de materiales eléctricos	Materiales instalados  Materiales comprados	Sistemas modernos de Logística y Productividad	Tipo Descriptivo

<b>PROBLEMA SECUNDARI O:</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFIC OS:</b>	<b>VARIABLES DEPENDIENT ES:</b>			
<b>Trabajos de mala calidad, atrasos en tiempo de entrega y deterioro de imagen empresarial</b>	Diagnosticar a la empresa donde se realizará esta investigación, describiendo las actividades a que se dedica e identificar los problemas que tiene, con el mal manejo de materiales eléctricos, en la construcción de sus proyectos de instalaciones eléctricas.  Elaborar una guía donde se describirán los materiales y equipos eléctricos	Mal uso de materiales eléctricos  Productividad  Rentabilidad	Cantidad adecuada de compra de materiales.  Mejora de tiempos de ejecución de obra.  Aumento de la rentabilidad del proyecto.  Ofrecer mejores precios.	Estadísticas  Observación  Entrevistas  Encuestas  Análisis de Resultados	De carácter Explicativo  No Experimental

---

más  
utilizados y  
de  
presupuesto  
s, en las  
instalaciones  
eléctricas de  
un edificio

Determinar  
la  
conveniencia  
de utilizar los  
conductores  
eléctricos de  
aluminio o  
los  
conductores  
eléctricos de  
cobre, para  
optimizar los  
costos en las  
instalaciones  
eléctricas de  
un edificio.

Establecer  
una  
metodología  
logística  
para el  
manejo y  
control de  
los  
materiales  
eléctricos  
determinand  
o  
excedentes

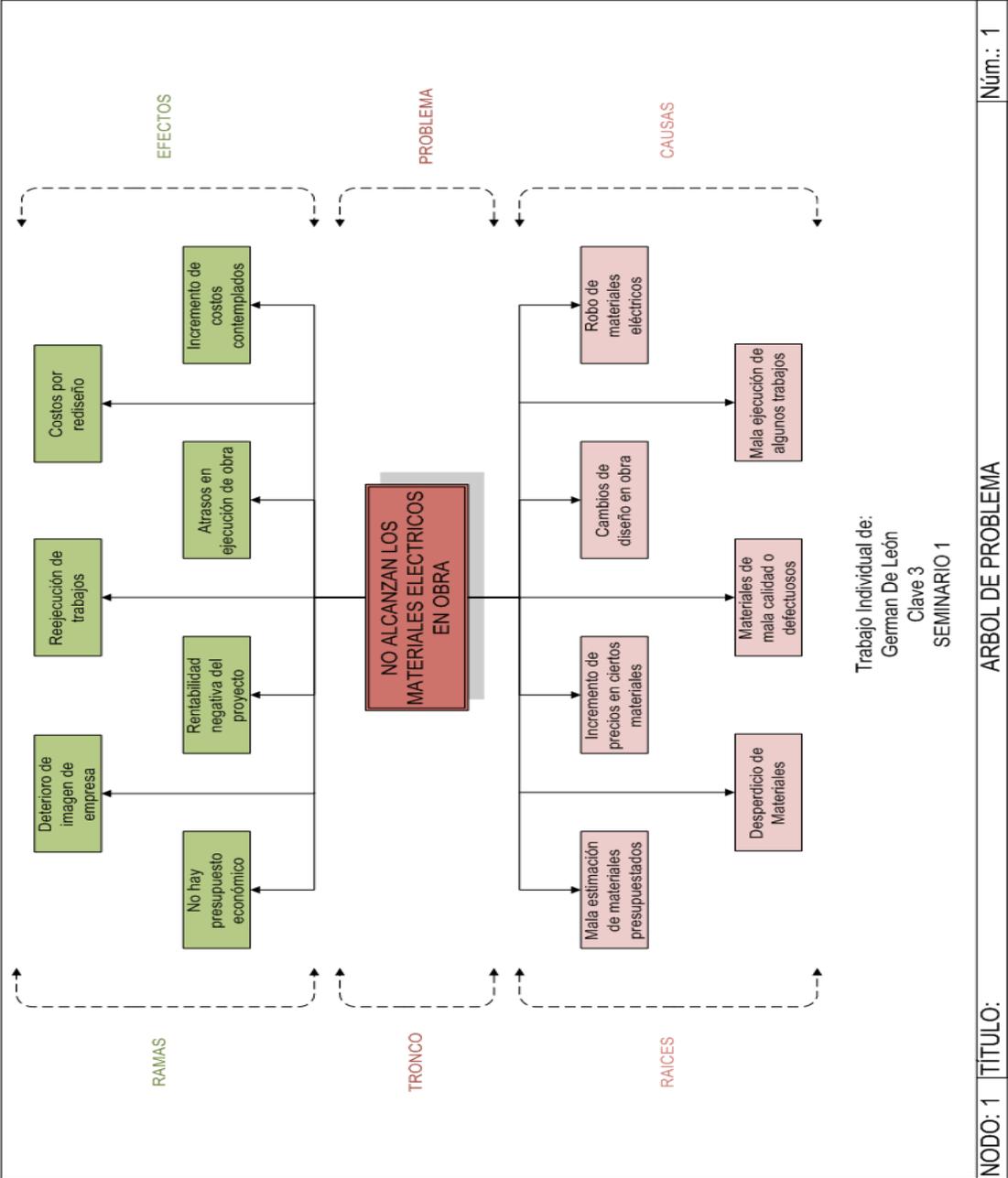
---

---

y  
desperdicios  
, para  
aumentar la  
rentabilidad  
en la  
construcción  
de las  
instalaciones  
eléctricas de  
un edificio.

---

## Anexo 2: ÁRBOL DEL PROBLEMA



Núm.: 1

ARBOL DE PROBLEMA

NODO: 1 TÍTULO:

### Anexo 3: ÁRBOL DE OBJETIVOS

