



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Gestión Industrial

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

**Ing. German Leonel De León Trinidad**

Asesorado por el MSc. Ing. César Adrián Estrada Duque

Guatemala, octubre de 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ING. GERMAN LEONEL DE LEÓN TRINIDAD**

ASESORADO POR EL MSc. ING. CÉSAR ADRÍAN ESTRADA DUQUE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Cristian De León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Veliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magaly Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE GRADUACIÓN**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
EXAMINADOR	MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	MSc. Ing. Pedro Miguel Agreda Girón
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magaly Herrera López



## **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:

### **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 Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 28 de agosto de 2014.

**Ing. German Leonel De León Trinidad**



## **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>	Rosa María con todo el amor de mi vida.
<b>Mis hijos</b>	Fayzel, Kareem, Kevin y Andreé con todo mi amor.
<b>Mis padres</b>	Consuelo Trinidad y German De León (q.e.p.d.)
<b>Mis hermanos</b>	Con todo mi cariño y respeto.
<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, especialmente, por su entrega, dedicación y esfuerzo para brindarme lo mejor de su vida. A mi padre, 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>A mi asesor</b>	Por su entrega, dedicación y sabiduría.
<b>A mi Catedrática</b>	Dra. Aura Marina Rodríguez, por su paciencia.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN .....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS .....	XIX
OBJETIVOS .....	XXIII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO .....	XXV
INTRODUCCIÓN .....	XXIX
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Visión y misión .....	2
1.3. Objetivos, principios y valores.....	2
1.4. Principales actividades.....	3
1.5. Organigrama .....	4
2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE UN EDIFICIO.....	5
2.1. Definición .....	5
2.2. Tipos de instalaciones eléctricas.....	5
2.3. Instalaciones eléctricas de un edificio.....	6
2.3.1. Equipos eléctricos de un edificio .....	6
2.3.2. Materiales eléctricos de un edificio .....	9
2.3.3. Planos y especificaciones de las Instalaciones eléctricas de un edificio .....	13

	2.3.3.1.	Planos de las instalaciones eléctricas de un edificio .....	13
	2.3.3.2.	Clasificación .....	13
2.4.		Presupuestos y cotizaciones de las instalaciones eléctricas....	15
	2.4.1.	Presupuestos.....	15
	2.4.2.	Cotizaciones .....	16
	2.4.3	Cronograma de actividades .....	16
	2.4.4.	Flujo de efectivo .....	16
3.		COMPARACIÓN TÉCNICA DE CONDUCTORES DE COBRE CONTRA CONDUCTORES DE ALUMINIO .....	19
	3.1.	Conductores eléctricos de cobre.....	19
	3.2.	Conductores eléctricos de aluminio .....	20
	3.3.	Comparación eléctrica entre conductores de cobre y de aluminio .....	21
	3.4.	Comparación de costos entre conductores de cobre y de aluminio .....	24
4.		GESTIÓN LOGÍSTICA DE MATERIALES ELÉCTRICOS EN OBRA ...	27
	4.1.	Control y monitoreo de materiales en obra.....	27
	4.2	Factores que influyen en la compra excesiva de materiales Eléctricos en obra .....	28
	4.3	Procesos logísticos para mejorar la eficiencia en la utilización de materiales eléctricos en obra .....	28
	4.3.1.	Logística.....	28
	4.3.1.1.	Logística de compras.....	29
	4.3.1.1.1.	Sistema de solicitud de materiales.....	30
	4.3.1.2.	Logística de inventarios.....	30

	4.3.1.2.1.	Sistema de entrada y salida de materiales .....	30
	4.3.1.3.	Almacenamiento .....	31
	4.3.1.4.	Control de inventarios.....	31
	4.3.1.4.1.	Sistema de inventarios ABC .....	32
4.4.		Sistema de revisión de materiales utilizados en obra .....	32
4.5.		Control de materiales presupuestados contra materiales instalados .....	32
4.6.		Determinar si existen diferencias entre los materiales solicitados contra los presupuestados ..	33
5.		EXCEDENTES Y DESPERDICIOS DE MATERIALES ELÉCTRICOS EN OBRA.....	35
5.1.		Excedentes de materiales eléctricos en obra .....	35
	5.1.1.	Cuadros de materiales eléctricos .....	36
	5.1.2.	Manejo de excedentes de materiales eléctricos ....	38
	5.1.2.1.	Diagrama de Pareto .....	38
5.2.		Desperdicios de materiales eléctricos .....	38
	5.2.1	Cuadros de desperdicios de materiales eléctricos .	40
	5.2.1.1.	Manejo de desperdicios de materiales .....	42
	5.2.2.	Robo de materiales eléctricos .....	42
	5.2.2.1.	Gestión de riesgos en obras de construcción .....	42
6.		PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	45
6.1		Datos obtenidos y análisis para la fase uno .....	45

6.2	Datos obtenidos y análisis para la fase dos .....	54
6.3	Datos obtenidos y análisis para la fase tres .....	58
6.4	Datos obtenidos y análisis para la fase cuatro .....	63
6.5	Explicación del Sistema logístico para el control y monitoreo de materiales eléctricos en obra.....	66
7.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	73
7.1	Fase uno.....	75
7.2	Fase dos.....	76
7.3	Fase tres.....	77
7.4	Fase cuatro .....	78
7.5	Fase de objetivo general .....	79

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa de instalaciones eléctricas.....	04
2.	Comparación de utilización de materiales .....	54
3.	Diagrama de Pareto de costos de materiales Edificio Educativo de zona 9 .....	57
4.	Diagrama de Pareto de costos de materiales Edificio de zona 10, torre uno.....	58
5.	Comparación de costos de cobre versus aluminio .....	61
6.	Porcentaje de diferencia en precio cobre versus aluminio .....	62
7.	Tendencia de precios del cobre y aluminio .....	63
8.	Diagrama de flujo del sistema logístico fase de solicitud y compra de materiales .....	70
9.	Diagrama de flujo del sistema logístico fase de ejecución de trabajos y cotejo de materiales .....	71

## TABLAS

I.	Características eléctricas del cobre.....	20
II.	Características eléctricas del aluminio.....	21
III.	Tabla de comparaciones de características del cobre vs. aluminio .....	22
IV.	Control de materiales excedentes .....	37
V.	Control de materiales sobrantes .....	41
VI.	Variables para fase uno .....	45
VII.	Lista de materiales presupuestados Edificio Educativo de zona 9 ...	46
VIII.	Lista de materiales comprados Edificio Educativo de zona 9 .....	47
IX.	Lista de materiales presupuestados Edificio zona 10, torre 1 .....	48
X.	Lista de materiales comprados Edificio zona 10, torre 1 .....	49
XI.	Comparación de materiales presupuestados versus materiales comprados Edificio Educativo de zona 9 .....	50
XII.	Comparación de materiales presupuestados versus materiales comprados Edificio zona 10, torre 1 .....	51
XIII.	Comparación de utilización de materiales en proyecto .....	53
XIV.	Lista de materiales y equipos comprados Edificio Educativo de zona 9 .....	55
XV.	Lista de materiales y equipos comprados Edificio zona 10, torre 1	56
XVI.	Variables para fase tres .....	59
XVII.	Comparación de precios cobre versus aluminio .....	60
XVIII.	Variables para fase cuatro .....	64
XIX.	Determinación de materiales en proyectos .....	65
XX.	Sustitución del conductor de aluminio por el conductor de cobre (simulación) del Edificio Educativo de zona 9.....	81
XXI.	Sustitución del conductor de aluminio por el conductor de cobre (simulación) del Edificio zona 10, torre I .....	82

## 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>Coeficiente 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>Pad mounted</b>	Es una subestación eléctrica 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, con 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 la industria de la construcción, existen factores que por lo general inciden en la rentabilidad de los proyectos, dentro de los cuales se encuentra, el bajo desempeño en el manejo y mala utilización de los materiales eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios, tema que es muy importante porque de no controlarse y manejarse debidamente, puede ocasionar pérdidas sustanciales en la ejecución de los respectivos proyectos y afectar significativamente en los costos presupuestados.

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

En el marco teórico se da una 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 las instalaciones eléctricas. Se incluye una comparación tanto técnica como económica de los conductores de cobre y de aluminio, con el fin de mostrar una herramienta de interés para reducir costos.

El enfoque central del trabajo es 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. Se describen los métodos 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.

Al desarrollar e implementar los métodos descritos en el presente trabajo, en la construcción de las instalaciones eléctricas de los edificios, se visualiza 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 la misma una reducción aceptable de riesgos.

Se concluye que los materiales eléctricos que más ponderan en los costos de los proyectos eléctricos son los conductores de cobre, por lo que es conveniente sustituir el conductor de cobre por el conductor de aluminio, pero únicamente en alimentación a tableros eléctricos secundarios, porque en calibres de alimentadores secundarios, la diferencia de costos es mayor y a favor del conductor de aluminio.

Se recomienda que se determine en cada proyecto, el índice de rendimiento de materiales eléctricos. Al realizar la cuantificación y presupuesto de los proyectos se ponga especial énfasis a los conductores de cobre. Sustituir el conductor de cobre por el de aluminio únicamente en alimentadores eléctricos a tableros secundarios. En futuras investigaciones del tema incluir la observación y análisis de procesos, técnicas, maquinaria, herramientas y el manejo y capacitación del talento humano.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS**

Debido al bajo desempeño del 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.

La presente investigación resuelve este problema 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 materiales, fue sobrepasado y por lo tanto se tienen pérdidas que pueden ser desde pequeñas hasta llegar a grandes proporciones.

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 deben 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 eléctricos, entonces existe el problema de falta de materiales presupuestados para terminar el proyecto.

Cuando existe falta de materiales no presupuestados, 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 generan una pérdida, que afecta negativamente en la rentabilidad del proyecto y por ende en la rentabilidad global de la empresa.

Los factores descritos 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 es importante para la industria de la construcción, específicamente de las instalaciones eléctricas, porque aplicando las diferentes metodologías que se describen en el trabajo, se mejora e incrementa la rentabilidad y la productividad de los mismos proyectos.

Para desarrollar la metodología 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 se deben de implementar para mejorar la eficiencia del uso de los materiales, en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio?



## **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 objeto de 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 de 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.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo fue realizado con un enfoque mixto, porque desde un inicio es necesario determinar las variables cuantitativas y con un estudio aplicativo, porque requiere de las características propias en cuanto a la ejecución de las instalaciones eléctricas de un edificio. Posteriormente se enfoca 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.

El tipo de estudio que abarcó esta investigación es de tipo descriptivo, no experimental; porque los fenómenos a tratar no se manipularon las variables involucradas y se limitó a observar e indagar sobre las circunstancias en que se dieron dichos fenómenos.

El tiempo de aplicación del estudio fue de carácter transeccional descriptivo, porque el análisis de las variables se hizo en un momento único en el tiempo dentro del contexto de la construcción.

El área de estudio donde se realizó 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.

El universo de la investigación estuvo 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 los edificios.

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

Los métodos que se utilizaron en la investigación son de tipo; descriptivo, analítico, deductivo, y el método estadístico. Métodos que son necesarios porque describen los fenómenos que se dan en el manejo de los materiales como en la utilización de los mismos y analizan las características que afectan la rentabilidad en cuanto en la ejecución de las instalaciones eléctricas de un edificio.

El método deductivo permitió 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 permite 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.

En cuanto a las técnicas que se utilizaron se encuentra la recolección de información, dada por la empresa y la información obtenida de cada proyecto, por medio de la observación directa no estructurada, así como entrevistas no estructuradas a personal calificado. El estudio de acuerdo a los datos de compra e instalación de los diferentes materiales utilizados, en su respectiva

área de montaje final. Información que fue tabulada y analizada con métodos estadísticos descriptivos. También se utilizó herramientas de la calidad como el diagrama de Pareto.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo resuelve el bajo desempeño en el manejo y mala utilización de los materiales eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios, 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, se considera que el estudio es necesario e importante 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.

El principal beneficiado con dichas mejoras es la empresa constructora de las instalaciones, porque la rentabilidad del proyecto se mantendrá dentro de los márgenes, o puede mejorar según el caso, estipulados en la proyección inicial. Otro beneficiado es el cliente o propietario porque obtendrá un mejor precio.

El principal objetivo del estudio fue desarrollar un sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, para incrementar la productividad y rentabilidad del proyecto. Uno de sus objetivos específicos es: 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 fue realizado con un enfoque mixto y un estudio descriptivo, y requiere de las características propias en cuanto a la ejecución de las instalaciones eléctricas de un edificio, de tipo no experimental porque 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 fue de carácter transeccional descriptivo, porque las variables que se analizaron fueron estudiadas en un momento único en el tiempo dentro del contexto de la construcción.

El desperdicio, el extravío, el bajo desempeño en el manejo y robo de materiales eléctricos en una obra de construcción, son factores que poco a poco van 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 y desvío.

Se recomienda para evitar, corregir o disminuir, el desperdicio, el extravío, el bajo desempeño en el manejo y robo de materiales eléctricos en una obra de construcción, Implementar 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 cuanto a la base teórica se inicia presentando a la empresa que apoya el trabajo de estudio, describiendo la misión y visión que fundamentan sus estrategias empresariales, así como sus principios y valores. Además se describirá el organigrama de empresa. Después se describen y definen las instalaciones eléctricas de un edificio, tipos de instalaciones eléctricas,

componentes de las instalaciones eléctricas, tanto equipos como materiales eléctricos.

Seguidamente se hace una comparación entre los conductores de cobre con los conductores de aluminio, que se utilizan en las instalaciones eléctricas, resaltando tanto sus características físicas conductoras como sus precios en el mercado nacional, 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 explica 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 edificios. Por último se describe 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.

La investigación de campo se realizó en dos proyectos de construcción, los cuales son edificio educativo de zona 9 y edificio zona 10, torre 1, que fueron tomados como unidad de análisis, cuyos datos obtenidos se manifiestan a lo largo del análisis y presentación de resultados del trabajo. Se expone una discusión de resultados según la propia interpretación del investigador.

La principal conclusión obtenida es que al implementar los diferentes métodos expuestos en la investigación, es necesario integrarlos de tal manera que se cree un único sistema interrelacionado y mantener un control y monitoreo continuo, para obtener mejores resultados.



# **1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

En el capítulo uno, se presenta a la empresa que dio apoyo al trabajo de estudio, se muestra en orden a que se dedica, la misión y visión que fundamentan sus estrategias empresariales; así como sus principios y valores. También, se presenta el organigrama de la empresa.

## **1.1. Generalidades**

La empresa fue fundada en 31 de julio del año 2006, por tres socios cuyos intereses se centraron en crear una empresa que sirviera en el campo de la construcción y mantenimiento de las instalaciones eléctricas.

El deseo de los socios fundadores era el de incursionar en el mercado de la construcción y diseño de las instalaciones eléctricas, logrando hacerlo mediante la utilización de estrategias de ventas y de construcción de proyectos que aún se utilizan para tener un crecimiento, sostenido anual, promedio de un 6%.

En el año 2007, se incursionó el área de mantenimiento de edificios, donde se lograron una serie de proyectos que, aunque pequeños, existía volumen y daban la suficiente rentabilidad para continuar con un efectivo desenvolvimiento.

En el año 2010, se ampliaron los servicios de ingeniería de obra civil, que se inició con la construcción total de algunas agencias bancarias, donde

el cliente quedó satisfecho, en la actualidad se ofrecen esos servicios a una mayor escala.

## **1.2. Visión y misión**

Visión:

Ser reconocidos en el ámbito nacional, como una empresa líder en el diseño y construcción de instalaciones eléctricas, cableado estructurado y obra civil, con los mejores estándares, proporcionando a los clientes una total confianza de nuestros servicios.

Misión:

Prestar servicios en diseño y construcción de instalaciones eléctricas, cableado estructurado y obra civil, ofreciendo la mejor calidad y el mejor precio del mercado nacional.

## **1.3. Objetivos, valores y principios**

El objetivo principal de la empresa es la satisfacción total del cliente, con base en una excelente y personalizada atención, trabajos de alta calidad garantizados, estándares y procesos de mejora continua.

El principio fundamental de la empresa es el respeto a las personas, ya sea interna o externa, aspecto que es elemental para el buen trato entre colaboradores y clientes.

Los valores más significativos que representan las acciones de la empresa, son el valor a la colaboración, al trabajo, al respeto de la religión, al respeto humano, el respeto de los ideales y objetivos individuales.

#### **1.4. Principales actividades**

La actividad primordial de la empresa es la construcción y diseño de instalaciones eléctricas de baja tensión, de tipo comercial, industrial y habitacional. Como actividades secundarias y de segundo giro, aunque no menos rentables, son la construcción de obra civil, remodelaciones y el mantenimiento de infraestructura de edificios.

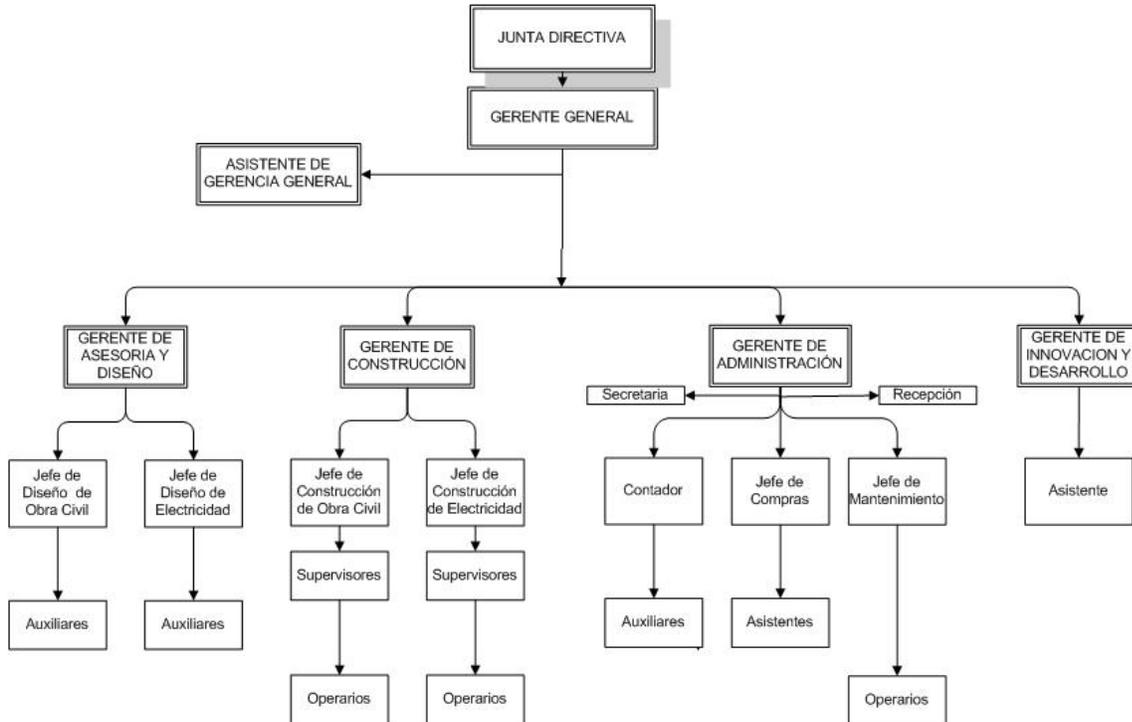
A finales del año 2013 y principios del año 2014, la empresa está ofreciendo los servicios de movimiento de tierras, diseño y construcción de sistemas hidrosanitarios.

#### **1.5. Organigrama**

El organigrama de la empresa representa la manera de cómo esta estructura jerárquicamente la organización. Según el organigrama que se encuentra en la página siguiente, se observa que la dirección total de la empresa la tiene la junta directiva, que delega sus funciones en el gerente general, que a su vez divide todas las actividades de la empresa en las funciones de las gerencias. Las gerencias según sea su actividad tienen total injerencia en su respectiva área.

Figura 1. Organigrama de la empresa de instalaciones eléctricas

## ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS



Fuente: Rafael Espinoza, 2014

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

En el presente capítulo se describe y define las instalaciones eléctricas de los edificios, tipos y componentes, tanto de equipos como materiales eléctricos. También se define los presupuestos y cotizaciones relativas a las instalaciones eléctricas de los edificios.

### **2.1. 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).

El concepto de instalaciones eléctricas tiene como objetivo principal el crear la infraestructura para 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.

### **2.2. 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 presente estudio solamente se refiere a instalaciones de baja tensión.

### **2.3. Instalaciones eléctricas de edificios**

Las instalaciones eléctricas de edificios se refieren a las que se realizan en cualquier tipo de edificio; lo pueden ser 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.

#### **2.3.1. Equipos eléctricos de edificios**

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 especiales de energía eléctrica. 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, porque 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, como menciona Pinto, para interior es por medio de elementos de transformación y distribución, integrados en secciones o módulos que se adecuan muy bien a espacios relativamente pequeños, de acuerdo a las exigencias modernas. (1997, p.18)

Equipos de medición: 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: (Eegsa, 2012)

- 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: Son dispositivos de protección que “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 son llamados flipones.

Existen flipones desde 10 hasta 225 amperios monofásicos y desde 10 hasta miles de amperios trifásicos, también hay del tipo estándar e 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). El tablero eléctrico 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): Equipo que se usa generalmente en edificios de comercios, oficinas y 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. Las plantas eléctricas se encuentran en diferentes voltajes y diferentes capacidades que se acomodan a las necesidades y especificaciones propias de cada 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: 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.

### **2.3.2. Materiales eléctricos de edificios**

Para construir las instalaciones eléctricas de edificios, se utilizan diferentes tipos de materiales, los cuales se pueden ordenar 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, quedando los conductores al descubierto y de manera sobrepuesta. Algunas canaletas 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.
  
- Conductor eléctrico: “es el medio por el cual se transmite o propaga la energía eléctrica. Está constituido por hebras de material conductor como Cobre (Cu) o Aluminio (Al)” (Galaz, 2011, p.18). Además, ofrecen muy poca resistencia al camino de la electricidad, los mejores conductores eléctricos son el oro, el cobre, el aluminio y el hierro, pero por razones de economía y características específicas se utilizan el cobre y el aluminio.

Como sigue mencionando Galaz (2011, p.20), 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 Mil Circular Mil (MCM). Los calibres de conductores más utilizados 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 eléctricos que más se utilizan en las instalaciones eléctricas son:

- THHN Termoplástico, resistente al calor y retardamiento a las llamas. (NEC, 2012, p.175).
  - THHW Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y retardamiento a las llamas. (NEC, 2012, p. 175).
  - THW Termoplástico, resistente a la humedad, al calor y retardamiento a las llamas. (NEC, 2012, p. 175).
- 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 los materiales de soportería 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: Las cajas se usan dónde 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: 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: Las cintas aislantes 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 edificios son:
  - Cinta de vinil aislante hasta 600 v.
  - Cinta vulcanizado fundente hasta 1 000 v.
  - Cinta aislante corriente.

### **2.3.3. Planos y especificaciones de las instalaciones eléctricas de edificios**

Los planos y especificaciones eléctricas de edificios son parte de la fase de diseño y planificación del mismo, donde se toma en cuenta todos los requerimientos y necesidades eléctricas del edificio, el techo económico para determinar el presupuesto que se tiene, la calidad de equipos y materiales que se deben utilizar; optimizando los recursos a la mano que conjugados con las normas de ingeniería eléctrica, la experiencia y creatividad del diseñador a cargo de dicha actividad.

#### **2.3.3.1. Planos de las instalaciones eléctricas de edificios**

Los planos eléctricos se refieren a 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.

### 2.3.3.2. Clasificación

Los planos de eléctricos de los edificios, se pueden clasificar en relación a los diferentes sistemas que integran toda la instalación, que en su forma básica puede ser:

- Plano de Diagrama Unifilar: es el plano 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: es el plano 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: planos donde se incluyen los sistemas de: Sistemas de Tierra Física, Sistemas de Pararrayos, Sistemas de Luces de Navegación y otros.
- Planos de comunicaciones: planos donde 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.

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

Previo a la ejecución de las instalaciones eléctricas de un edificio, debe de realizarse un presupuesto general del proyecto y cotización que incluya los elementos que integran la totalidad de los equipos y materiales eléctricos.

### **2.4.1. 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 y cantidad de equipos y materiales se utilizarán, así como la cantidad de mano de obra directa e indirecta, técnica y profesional, como también, todos los recursos que son necesarios para realizar el proyecto en sí. El presupuesto se realiza con base en la cuantificación minuciosa y detallada de cada plano de electricidad involucrado en el diseño original del proyecto.

Con base en el presupuesto y la cantidad de trabajo y las diferentes tareas y actividades, que se van a realizar; así como, los tiempos de entrega de equipos eléctricos y materiales eléctricos internacionales y nacionales e información del avance de la obra civil, se puede determinar el tiempo de entrega final del proyecto de electricidad. .

#### **2.4.2. 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.

#### **2.4.3. Cronograma de actividades**

El cronograma de actividades es el programa de obra donde se plasman, según Carlon 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. (2000, p. 6).

#### **2.4.4. Flujo de efectivo**

El flujo de efectivo se refiere a la manera de cómo se utilizan los recursos económicos, entradas y salidas de efectivo 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.



### **3. COMPARACIÓN TÉCNICA DE CONDUCTORES DE COBRE CONTRA CONDUCTORES DE ALUMINIO**

En el capítulo presente se hace la comparación entre el conductor de cobre y el de aluminio, que se manejan en la industria de las instalaciones eléctricas, resaltando tanto sus características conductivas 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 que refleje cada proyecto.

#### **3.1. Conductores eléctricos de cobre**

El cobre es considerado, como explica Salustiano; 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. (2012, p. 1)

Algunas características físicas 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, en la tabla I se observa la pequeña resistividad a la conducción eléctrica que posee el cobre, es muy resistente a los esfuerzos mecánicos y teniendo un peso manejable y con relativa poca expansión y con una alta conductividad térmica.

### 3.2. 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.

En la tabla II, se observa que 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.

### 3.3. 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, características que se observan 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	Coeficiente 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.

Al observar la tabla III, se pueden obtener las siguientes comparaciones:

Relación de resistividad:

Se puede determinar que el cobre tiene mejor resistividad eléctrica que el aluminio de acuerdo a la siguiente relación:

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

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:

$$\begin{aligned} \text{Relación} &= \text{Tensión de ruptura del cobre} / \text{tensión de ruptura del aluminio} \quad (2) \\ &= 23 / 4,9 = 4,69 \end{aligned}$$

Que indica que la resistencia a la ruptura del cobre es 4.7 veces mayor que resistencia a la ruptura que el aluminio.

Relación de masa:

El cobre tiene mayor peso que el aluminio, se puede determinar de acuerdo a la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \text{Relación} &= \text{Densidad de masa del cobre} / \text{densidad de masa del aluminio} \quad (3) \\ &= 8,89 / 2,7 = 3,29 \end{aligned}$$

El peso del cobre es 3,3 veces mayor que el peso del aluminio.

Relación de conductividad térmica:

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

$$\begin{aligned} \text{Relación} &= 1 - (\text{Conducción térmica del cobre} / \text{conducción térmica del aluminio}) \quad (4) \\ &= 1 - 398 / 210 = 1 - 1,8956 = -89,56 = -90 \% \end{aligned}$$

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

Al comparar las características, detalladas con anterioridad, entre el cobre y el aluminio, se puede decir que el cobre tiene mejores características eléctricas y mecánicas que el conductor de aluminio.

### 3.4. Comparación de costos entre conductores de cobre y de aluminio

Después de determinar las ventajas eléctricas del cobre sobre las del aluminio, se hace necesario realizar una comparación de económica del uso del cobre como conductor eléctrico contra el conductor eléctrico de aluminio.

Si se compara la resistencia óhmica de ambos conductores, se determina lo siguiente:

$$\text{Resistividad Cu} \times \text{longitud Cu} / \text{área Cu} = \text{Resistividad Al} \times \text{longitud Al} / \text{área Al} \quad (5)$$

$$2,09 \times 10^{-8} / \text{Área Cu} = 3,47 \times 10^{-8} / \text{Área Al}$$
$$\text{Área Al} = 1,66 \times \text{Área Cu}$$

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).

Si se desea sustituir el conductor de aluminio por el conductor de cobre, en sistemas de eléctricos 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 los conductores de cobre y aluminio 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 valores obtenidos 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.



## **4. GESTIÓN LOGÍSTICA DE MATERIALES ELÉCTRICOS EN OBRA**

En presente capítulo se explica la gestión logística, que debe de utilizarse, para el control y monitoreo de los materiales y equipos eléctricos, tanto para su manejo como para su utilización, con el fin de mejorar la rentabilidad y productividad en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios.

### **4.1. 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 realización 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 en “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.

#### **4.2. 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 mayor cantidad de materiales eléctricos, que los estipulados, es debido a una mala gestión logística de control y monitoreo de toda la cadena de suministros asociada al proyecto.

#### **4.3. 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 proyectos de electricidad, es necesario controlar, monitorear e integrar los procesos de compras desde las oficinas centrales, almacenaje en obra, manejo e instalación de materiales en la propia obra.

### **4.3.1. 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.

#### **4.3.1.1. Logística de compras**

Según Martínez (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 productos 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 de los materiales eléctricos por concepto de logística, así también como el mejor tiempo de entrega, teniendo todos estos parámetros se puede evaluar que opción es más conveniente para la empresa.

#### **4.3.1.1.1. 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.

#### **4.3.1.2. 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.

#### **4.3.1.2.1. 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.

#### **4.3.1.3. 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.

#### **4.3.1.4. Control de inventarios**

El control de inventarios es una herramienta de mucha importancia en la gestión de inventarios porque con base de este control se puede 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).

#### **4.3.1.4.1. 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 el sistema ABC, 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.

Sigue mencionando Mongua y Sandoval, (2008. P. 32), 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.

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

En la construcción de proyectos eléctricos es necesario implementar un control, con el cual se pueda determinar y verificar que cantidad de materiales eléctricos se han instalado en los trabajos ya ejecutados. Es un proceso que debe de realizarse con mucha frecuencia, lo debe de hacer una persona de plena confianza porque los datos obtenidos serán la base de comparación para

obtener las comparaciones de materiales utilizados en trabajos ejecutados versus ingreso de materiales en obra.

#### **4.5. 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.

#### **4.6. 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. Proceso que debe de hacerse semanal o mensualmente, para tomar las medidas necesarias para optimizar los recursos que aún tenemos para proseguir y terminar el proyecto de instalaciones eléctricas.



## **5. EXCEDENTES Y DESPERDICIOS DE MATERIALES ELÉCTRICOS EN OBRA**

En el capítulo presente se explica 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. Las opciones propuestas serán, buscando siempre, la economía para la empresa y cuidado del medio ambiente.

### **5.1. 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 (2001): “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 construcción de obras, donde se incluyen los trabajos de electricidad.

En la construcción de trabajos de electricidad de edificios, 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 cual 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.

### **5.1.1. 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 los excedentes crecen, por lo que una buena gestión de cada proyecto, debe también enfocarse a minimizar la cantidad de los 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.

Para llevar un adecuado control de la materiales excedentes en obra, se debe de utilizar una tabla de control que exprese principalmente, la cantidad de materiales excedentes, de que área son y donde se reutilizarán. Se recomienda utilizar la tabla de control de excedentes siguiente:

La tabla IV que se encuentra en la página siguiente, se refiere al control de materiales excedentes que se dan en la ejecución de un trabajo específico, esta hoja se llena después de hacer el cotejo de materiales comprados contra los materiales realmente utilizados e instalados en el respectivo trabajo de electricidad.

Tabla IV. **Control de materiales excedentes**

<b>CONTROL DE MATERIALES EXCEDENTES</b>								
<b>Proyecto:</b>								
<b>Encargado de obra:</b>								
<b>No.</b>	<b>Material</b>	<b>U</b>	<b>Área de instalación</b>	<b>Cantidad solicitada</b>	<b>Cantidad instalada</b>	<b>Cantidad excedente</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nueva Área de instalación</b>
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
<b>Supervisor:</b>								

Fuente: elaboración propia.

## **5.1.2. 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; que se lleve un 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.

### **5.1.2.1. 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. El 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 el Diagrama de Pareto; 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.

## **5.2. Desperdicios de materiales eléctricos**

En la realización de trabajos de instalaciones eléctricas de un edificio se van obteniendo 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).

Con base al concepto de Galarza aplicado a las instalaciones eléctricas de un edificio, se puede ampliar: que todo material que se consuma de más o deseche en dicho trabajo y que no pueda ser reutilizado, por cualquier razón, se considera un desperdicio de material eléctrico. (2011, p. 9)

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, con enfoque 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: (2011, p. 10-12)

- 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 o excesivos realizados por operarios al realizar sus labores.
- Pérdidas por espera: se refiere a los períodos 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. (Galarza, 2011, p. 10–12)

Las pérdidas o mudas mencionadas 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. Dentro de los desperdicios de materiales más comunes y significativos en los trabajos de electricidad, se pueden mencionar, cortes pequeños de cable de cualquier calibre, cortes pequeños de tubería metálica y tubería PVC.

### 5.2.1. 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.

Para llevar un control adecuado de los desperdicios que resultan de los diferentes procesos de las instalaciones eléctricas, se recomienda utilizar la tabla V donde se lleva el de control de materiales sobrantes, de manera que quede un registro de los materiales sobrantes que ya no se pueden reutilizar en la obra y tendrán un destino exterior, autorizado por el ingeniero supervisor de la obra.

Tabla V. **Control de materiales sobrantes**

<b>CONTROL DE MATERIALES SOBRANTES</b>								
<b>Proyecto:</b>								
<b>Encargado:</b>								
<b>No.</b>	<b>Material Sobrante</b>	<b>U</b>	<b>Area 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								
<b>Supervisor:</b>								

Fuente: elaboración propia.

#### **5.2.1.1. Manejo de desperdicios de materiales**

Una vez cuantificado los materiales sobrantes, hay que realizar una evaluación y clasificación de los mismos, para determinar qué materiales pueden reciclarse y ponerse en contacto con los respectivos recicladores para obtener alguna retribución económica, por la venta de los materiales reciclados; los materiales a reciclarse pueden ser: cobre, aluminio, chatarra. Los materiales que no se pueden reciclar ocasionan costos por llevarlos a 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.

#### **5.2.2. Robo de materiales eléctricos**

En las obras en construcción es lamentable 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, porque 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. Casos donde existen bandas organizadas que operan bajo las circunstancias más extrañas y difíciles para lograr los hechos delictivos.

### **5.2.2.1. 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 lo que 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, como sigue mencionando Altez (2009) se puede deducir que, la gestión de riesgos es un proceso que debe de existir en toda obra en construcción, que incluye las instalaciones eléctricas de edificios, 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.



## 6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para obtención de datos se tomó como muestra dos obras, en donde se obtuvieron los listados de los materiales eléctricos utilizados, las obras son Edificio Educativo de Zona 9 y el Edificio de Apartamentos de Zona 10 Torre Uno. Las obras mencionadas ya fueron construidas y finalizadas en el año 2014, por lo que la información obtenida fue proporcionada por la empresa de Instalaciones eléctricas. Los listados de materiales se resumieron en áreas o niveles de trabajo y sus costos totales son los que se reflejan en los diferentes cuadros expuestos.

Los datos obtenidos y análisis según cada fase, se describen a continuación:

### 6.1. Datos obtenidos y análisis para la fase uno

Esta fase se refiere a la obtención del objetivo específico número uno, de acuerdo a las tablas siguientes:

Tabla VI. Variables fase 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.

Tabla VII. **Lista de materiales presupuestados**  
**Edificio Educativo de zona 9**

PROYECTO: Edificio Educativo de zona 9		FECHA: 05 Nov. 2014			
NIVEL: Todos					
#	ÁREA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Sótano 2	G	1	Q22,305.00	Q22,306.00
2	Sótano 1	G	1	Q24,234.00	Q24,234.00
3	Nivel 1	G	1	Q131,075.00	Q131,075.00
4	Nivel 2	G	1	Q84,176.00	Q84,176.00
5	Nivel 3	G	1	Q41,840.00	Q41,840.00
6	Acometidas y tableros	G	1	Q78,100.00	Q78,100.00
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
<b>TOTAL</b>					Q381,731.00
ELABORADO POR:		AUTORIZADO POR:			

Fuente: elaboración propia.

**Tabla VIII. Lista de materiales comprados  
Edificio Educativo de zona 9**

PROYECTO: Edificio Educativo de zona 9    FECHA: 05 Nov. 2014					
NIVEL: Todos					
#	ÁREA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Sótano 2	G	1	Q25,786.00	Q25,787.00
2	Sótano 1	G	1	Q25,986.00	Q25,986.00
3	Nivel 1	G	1	Q138,964.00	Q138,964.00
4	Nivel 2	G	1	Q82,456.00	Q82,456.00
5	Nivel 3	G	1	Q44,971.00	Q44,971.00
6	Acometidas y tableros	G	1	Q84,576.00	Q84,576.00
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
<b>TOTAL</b>					<b>Q402,740.00</b>
ELABORADO POR:			AUTORIZADO POR:		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Lista de materiales presupuestados**  
**Edificio de zona 10, Torre 1**

PROYECTO: Edificio de zona 10, Torre 1		FECHA: 05 Nov. 2014			
NIVEL: Todos					
#	ÁREA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Sótano 4	G	1	Q14,625.00	Q14,626.00
2	Sótano 3	G	1	Q18,654.00	Q18,654.00
3	Sótano 2	G	1	Q19,576.00	Q19,576.00
4	Sótano 1	G	1	Q22,785.00	Q22,785.00
5	Nivel 1	G	1	Q75,980.00	Q75,980.00
6	Nivel 2	G	1	Q68,978.00	Q68,978.00
7	Nivel 3	G	1	Q70,547.00	Q70,547.00
8	Nivel 4	G	1	Q70,547.00	Q70,547.00
9	Nivel 5	G	1	Q70,547.00	Q70,547.00
10	Nivel 6	G	1	Q88,456.00	Q88,456.00
11	Acometidas y tableros	G	1	Q420,589.00	Q420,589.00
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
<b>TOTAL</b>					<b>Q941,285.00</b>
ELABORADO POR:			AUTORIZADO POR:		

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Listado de materiales comprados**  
**Edificio de zona 10, Torre 1**

PROYECTO: Edificio de zona 10, Torre 1		FECHA: 05 Nov. 2014			
NIVEL: Todos					
#	ÁREA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Sótano 4	G	1	Q13,778.00	Q13,779.00
2	Sótano 3	G	1	Q19,225.00	Q19,225.00
3	Sótano 2	G	1	Q25,344.00	Q25,344.00
4	Sótano 1	G	1	Q26,678.00	Q26,678.00
5	Nivel 1	G	1	Q78,234.00	Q78,234.00
6	Nivel 2	G	1	Q69,974.00	Q69,974.00
7	Nivel 3	G	1	Q75,375.00	Q75,375.00
8	Nivel 4	G	1	Q70,078.00	Q70,078.00
9	Nivel 5	G	1	Q74,562.00	Q74,562.00
10	Nivel 6	G	1	Q91,945.00	Q91,945.00
11	Acometidas y tableros	G	1	Q465,790.00	Q465,790.00
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
				<b>TOTAL</b>	<b>Q1,010,984.00</b>
ELABORADO POR:		AUTORIZADO POR:			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Comparación de materiales presupuestados versus materiales comprados**  
**Edificio Educativo de zona 9**

PROYECTO: Edificio Educativo de zona 9						FECHA: 05 Nov 14	
NIVEL: Todos							
#	ÁREA	PRESUPUESTADOS		COMPRADOS			
		Cantidad	Total	Cantidad	Total		
1	Sótano 2	G	Q22,306.00	G	Q25,787.00		
2	Sótano 1	G	Q24,234.00	G	Q25,986.00		
3	Nivel 1	G	Q131,075.00	G	Q138,964.00		
4	Nivel 2	G	Q84,176.00	G	Q82,456.00		
5	Nivel 3	G	Q41,840.00	G	Q44,971.00		
6	Acometidas y tableros	G	Q78,100.00	G	Q84,576.00		
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
		<b>MEP</b>	Q381,731.00	<b>MEC</b>	Q402,740.00		
				<b>RME</b>	<b>94.78%</b>		
ELABORADO POR:						AUTORIZADO POR:	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Comparación de materiales presupuestados versus materiales comprados**  
**Edificio de zona 10, Torre 1**

PROYECTO: Edificio de zona 10, Torre 1		FECHA: 05 Nov 14			
NIVEL: Todos					
#	ÁREA	PRESUPUESTADOS		COMPRADOS	
		Cantidad	Total	Cantidad	Total
1	Sótano 4	G	Q14,626.00	G	Q13,779.00
2	Sótano 3	G	Q18,654.00	G	Q19,225.00
3	Sótano 2	G	Q19,576.00	G	Q25,344.00
4	Sótano 1	G	Q22,785.00	G	Q26,678.00
5	Nivel 1	G	Q75,980.00	G	Q78,234.00
6	Nivel 2	G	Q68,978.00	G	Q69,974.00
7	Nivel 3	G	Q70,547.00	G	Q75,375.00
8	Nivel 4	G	Q70,547.00	G	Q70,078.00
9	Nivel 5	G	Q70,547.00	G	Q74,562.00
10	Nivel 6	G	Q88,456.00	G	Q91,945.00
11	Acometidas y tableros	G	Q420,589.00	G	Q465,790.00
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
		<b>MEP</b>	Q941,285.00	<b>MEC</b>	Q1,010,984.00
				<b>RME</b>	<b>93.11%</b>
ELABORADO POR:		AUTORIZADO POR:			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VI, se tiene la variable independiente MEP materiales eléctricos presupuestados con su indicador RME rendimiento de materiales eléctricos y la variable dependiente MEC materiales eléctricos comprados que se aplican en las tablas y procedimientos posteriores.

En las tablas VII y IX, se manifiesta el valor total de los materiales por niveles presupuestados en cada proyecto, tanto del Edificio Educativo de Zona 9, como del Edificio de Zona 10 Torre 1. También muestran el valor total de cada proyecto.

En las tablas VIII y X, se manifiesta el valor total de los materiales por niveles comprados en cada proyecto, tanto del Edificio Educativo de Zona 9, como del Edificio de Zona 10 Torre 1. También muestran el valor total de cada proyecto.

En la tabla XI, se muestra la comparación de los materiales presupuestados por niveles y total contra los comprados por niveles y total, del Edificio Educativo de Zona 9, tabla que muestra una compra mayor de materiales que los presupuestados, por lo tanto, el RME (Rendimiento de Materiales Eléctricos) es de 94.78% el cual es menor que el 100%, lo que significa que existe una pérdida con respecto a los materiales presupuestados.

De la misma manera en la tabla XII, que muestra los mismos valores para el Edificio de Zona 10 Torre 1, se refleja también una compra mayor de materiales con respecto a los presupuestados, obteniéndose un RME (Rendimiento de Materiales Eléctricos) del 93.11%, mostrando de nuevo pérdida por haberse comprado más materiales que los presupuestados.

En ambos proyectos se obtuvieron valores menores que el 95%, donde el 5% se puede considerar como porcentaje de imprevistos, por lo tanto todavía hubo pérdida del 0.22% para el Edificio Educativo de Zona 9 y del 1.89% para el Edificio de Zona 10 Torre 1.

Para realizar el análisis se tomaron en cuenta los datos obtenidos en las obras de muestra que son: Edificio Educativo de Zona 9 y Edificio de Zona 10 Torre uno, cuyos costos en la compra de materiales fueron de la siguiente manera.

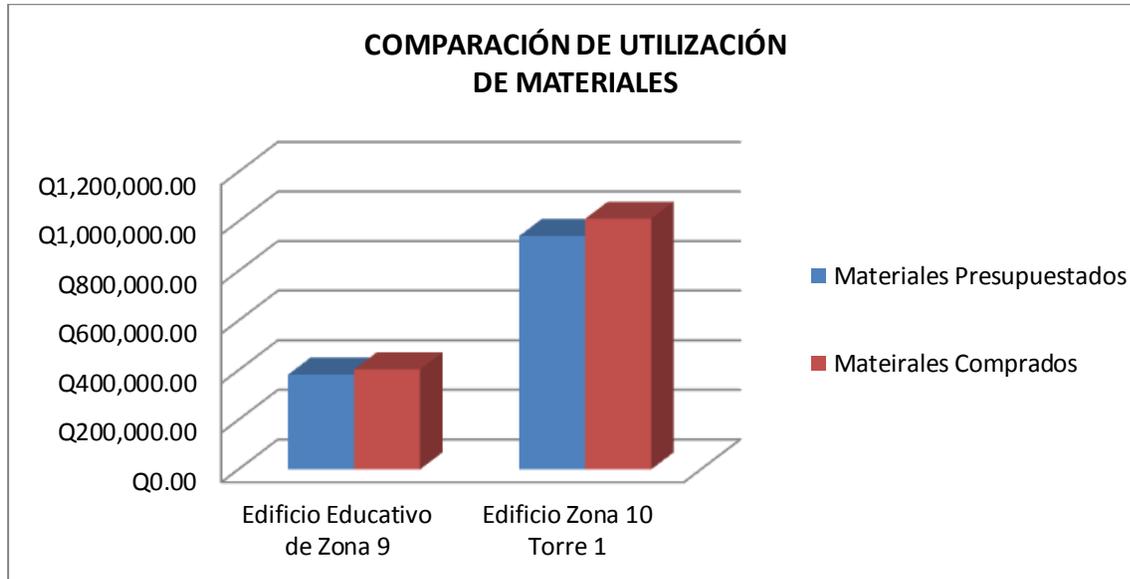
Tabla XIII. **Comparación de utilización de materiales en proyectos**

<b>COMPARACIÓN DE UTILIZACIÓN DE MATERIALES EN PROYECTOS</b>				
PROYECTO:			FECHA:	
#	PROYECTOS	MATERIALES		RME
		PRESUPUESTADOS	COMPRADOS	
		MEP	MEC	
1	Edificio Educativo de zona 9	Q381,731.00	Q402,740.00	94.78%
2	Edificio zona 10, Torre 1	Q941,285.00	Q1,010,984.00	93.11%
ELABORADO POR:			REVISADO POR:	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIII, se muestra el indicador RME (Rendimiento de materiales eléctricos), se refiere al porcentaje de diferencia entre el total de materiales comprados y el total de los materiales presupuestados.

Figura 2. **Comparación de utilización de materiales**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 2, se puede observar que en cada uno de los proyectos la compra de los materiales ha superado la compra de los materiales presupuestados y el indicador RME está por debajo del 95%.

## 6.2. Datos obtenidos y análisis para la fase dos

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

Desarrollo teórico para ampliar los temas para apoyar el respectivo objetivo. Se elaboró cuadros de materiales comprados de acuerdo a las siguientes, donde se especifican de forma global el tipo de materiales y equipos y los montos que se incurrieron en dicho renglones.

**Tabla XIV. Lista de materiales y equipos comprados  
Edificio Educativo de zona 9**

PROYECTO: Edificio Educativo de zona 9		FECHA: 05 Nov. 2014			
NIVEL: Todos					
#	ÁREA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	<b>Materiales</b>				Q228,739.00
2	Tubería PVC	G	1	Q10,689.00	
3	Tubería metálica	G	1	Q10,654.00	
4	abrazaderas y tornillería	G	1	Q2,075.00	
5	Soportería y sujeción	G	1	Q3,577.00	
6	Cajas metálicas y registros	G	1	Q5,789.00	
7	Cable THHN 12	G	1	Q110,576.40	
8	Cable THHN 10	G	1	Q2,456.00	
9	Cable THHN 6	G	1	Q5,796.00	
10	Cable THHN 4	G	1	Q3,452.50	
11	Cable THHN 1/0	G	1	Q66,453.00	
12	Cintas de aislar	G	1	Q654.00	
13	Pegamentos	G	1	Q975.00	
14	Varios	G	1	Q5,592.10	
15	<b>Equipos</b>				Q174,001.00
16	Tableros eléctricos	G	1	Q44,125.00	
17	Lámparas	G	1	Q129,876.00	
18					
				<b>TOTAL</b>	<b>Q402,740.00</b>
ELABORADO POR:			AUTORIZADO POR:		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Lista de materiales y equipos comprados**  
**Edificio de zona 10, Torre 1**

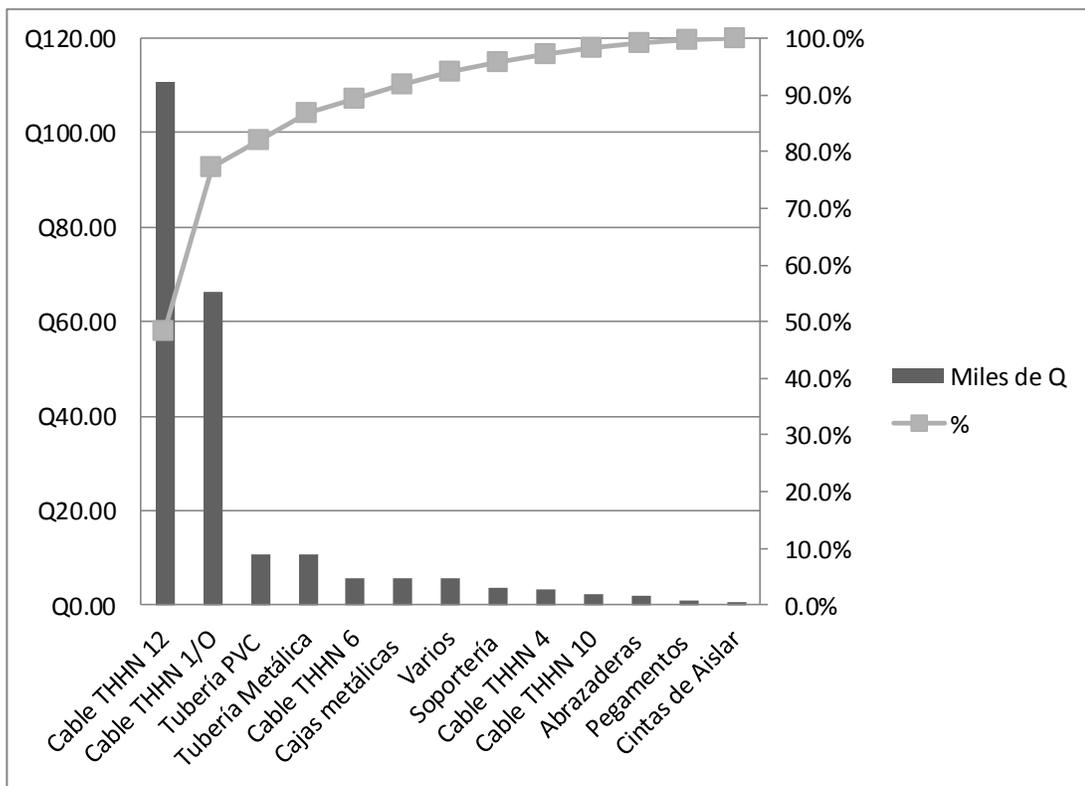
PROYECTO: Edificio de zona 10, Torre 1		FECHA: 05 Nov. 2014			
NIVEL: Todos					
#	ÁREA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	<b>Materiales</b>				Q509,127.10
2	Tubería PVC	G	1	Q15,874.60	
3	Tubería metálica	G	1	Q35,630.20	
4	abrazaderas y tornillería	G	1	Q8,657.00	
5	Soportería y sujeción	G	1	Q16,453.00	
6	Cajas metálicas y registros	G	1	Q10,832.00	
7	Cable THHN 12	G	1	Q135,867.90	
8	Cable THHN 10	G	1	Q12,495.00	
9	Cable THHN 6	G	1	Q5,295.00	
10	Cable THHN 4	G	1	Q6,793.00	
11	Cable THHN 3/O	G	1	Q96,478.70	
12	Cable THHN 4/O	G	1	Q49,098.50	
13	Cable THHN 250 MCM	G	1	Q99,465.00	
14	Cintas de aislar	G	1	Q1,645.00	
15	Pegamentos	G	1	Q3,750.30	
16	Varios	G	1	Q10,791.90	
17	<b>Equipos</b>				Q501,856.90
18	Tableros eléctricos	G	1	Q90,754.00	
19	Lámparas	G	1	Q54,230.90	
20	Planta eléctrica	G	1	Q205,896.00	
21	Transformador de 300 Kva	G	1	Q150,976.00	
				<b>TOTAL</b>	<b>Q1,010,984.00</b>
ELABORADO POR:		AUTORIZADO POR:			

Fuente: elaboración propia.

En las tablas XIV y XV, los costos totales de los diferentes renglones de materiales y equipos que se compraron en los dos proyectos, obteniéndose para ambos los costos totales de materiales y de equipos para cada proyecto.

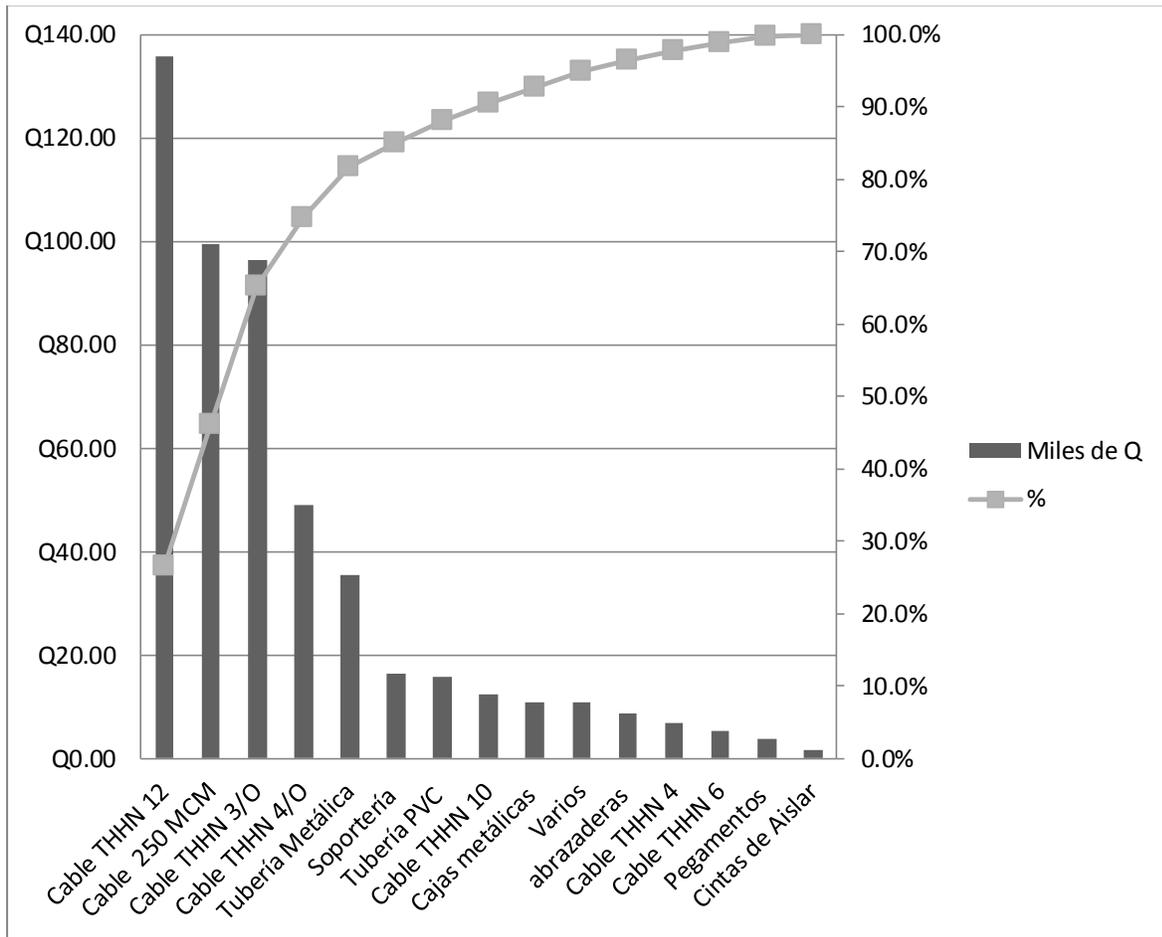
El análisis de los datos obtenidos en esta fase se debe de realizar por medio de la utilización de la herramienta diagrama de Pareto, para poder determinar que materiales son los que más influyen en el total de costos de cada proyecto y ordenarlos de acuerdo a su utilización.

Figura 3. **Diagrama de Pareto de costos de materiales Edificio Educativo de zona 9**



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Diagrama de Pareto de costos de materiales**  
**Edificio de zona 10, Torre 1**



Fuente: elaboración propia.

En las figuras 3 y 4, se puede observar que los materiales que más influyen dentro del costo total de los dos proyectos son el conductor de cobre, siendo el más significativo el cable thhn calibre 12.

### 6.3. Datos obtenidos y análisis para la fase tres

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

Tabla XVI. **Variables de fase tres**

Variablen	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	$\frac{PCCU}{PCAL} - 1$
	Precio Promedio del Conductor de Aluminio	Nominal	PCAL		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVI, se muestra las variables independientes de la fase tres RCU resistencia eléctrica del cobre y RAL resistencia eléctrica del aluminio con su indicador RR razón de resistencias entre el cobre y aluminio. Como variables dependientes se muestran PCCU precio promedio del conductor de cobre y PCAL precio promedio del conductor de aluminio con su indicador que es la razón de precio entre el cobre y el aluminio.

En el mercado nacional los precios de los conductores de cobre y de aluminio, tienen una variación a veces de un día para otro. Los precios que se

reflejan en la siguiente tabla muestran un promedio general de precios en los establecimientos de venta especializados en materiales eléctricos.

Tabla XVII. **Comparación de precios  
Cobre versus aluminio**

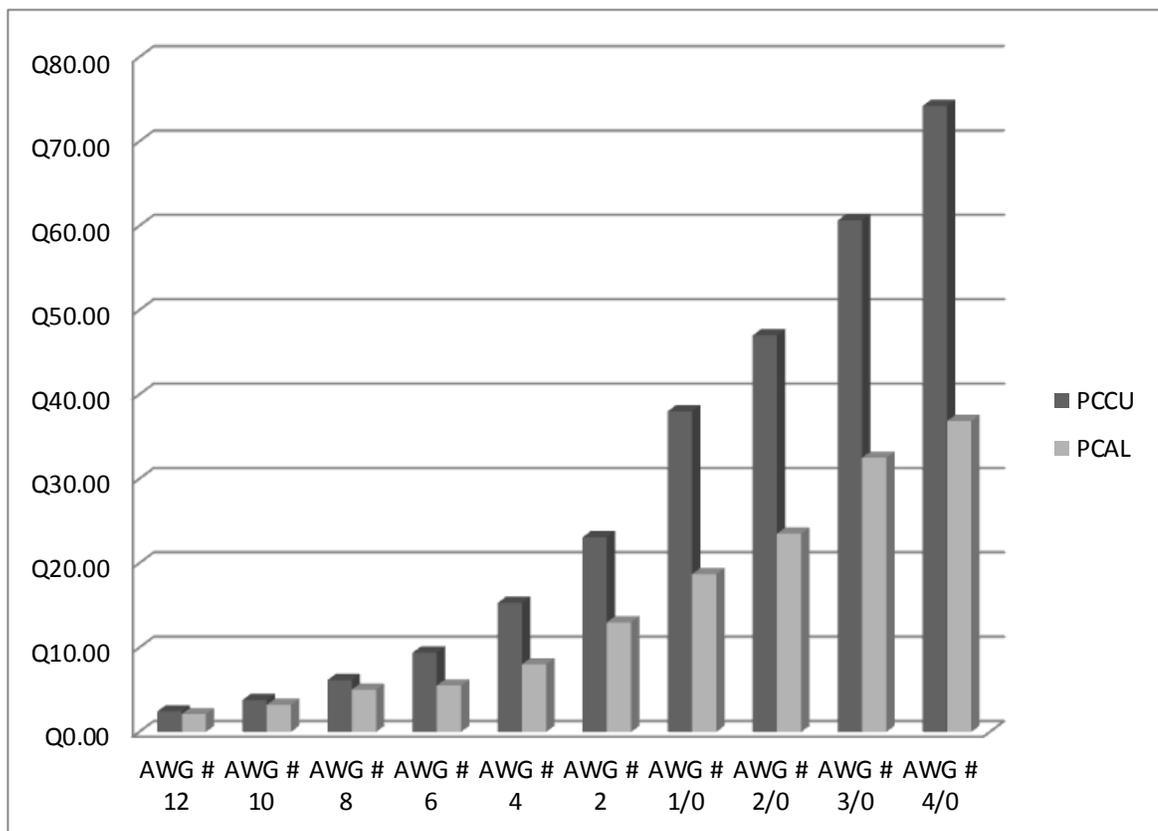
PROYECTO: Edificio de zona 10, Torre 1		FECHA: 5 Nov. 2014			
ÁREA: Completo					
#	COBRE		ALUMINIO		PPCU/PCAL-1
	CALIBRE	PCCU	CALIBRE	PCAL	
			EQUIVALENTE		
1	AWG # 12	Q2.43	AWG # 10	Q2.10	15.71%
2	AWG # 10	Q3.78	AWG # 8	Q3.21	17.76%
3	AWG # 8	Q6.15	AWG # 6	Q5.00	23.00%
4	AWG # 6	Q9.39	AWG # 4	Q5.50	70.73%
5	AWG # 4	Q15.28	AWG # 2	Q8.00	91.00%
6	AWG # 2	Q23.09	AWG # 1/0	Q13.00	77.62%
7	AWG # 1/0	Q38.00	AWG # 2/0	Q18.70	103.21%
8	AWG # 2/0	Q47.00	AWG # 3/0	Q23.50	100.00%
9	AWG # 3/0	Q60.64	AWG # 4/0	Q32.50	86.58%
10	AWG # 4/0	Q74.22	250 MCM	Q36.85	101.41%
ELABORADO POR: _____ AUTORIZADO POR: _____					

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVII, se hace una comparación de los precios de mercado del conductor de cobre contra el conductor de aluminio: En la misma se puede observar que el precio del aluminio, ya tomando en cuenta su calibre equivalente, contra el precio del cobre; es menor y además cuando de mayor calibre son los conductores, la brecha se hace mucho más notoria.

El análisis de esta fase se hace por medio de una gráfica de comparación, para observar de mejor manera los precios de los conductores de cobre y aluminio.

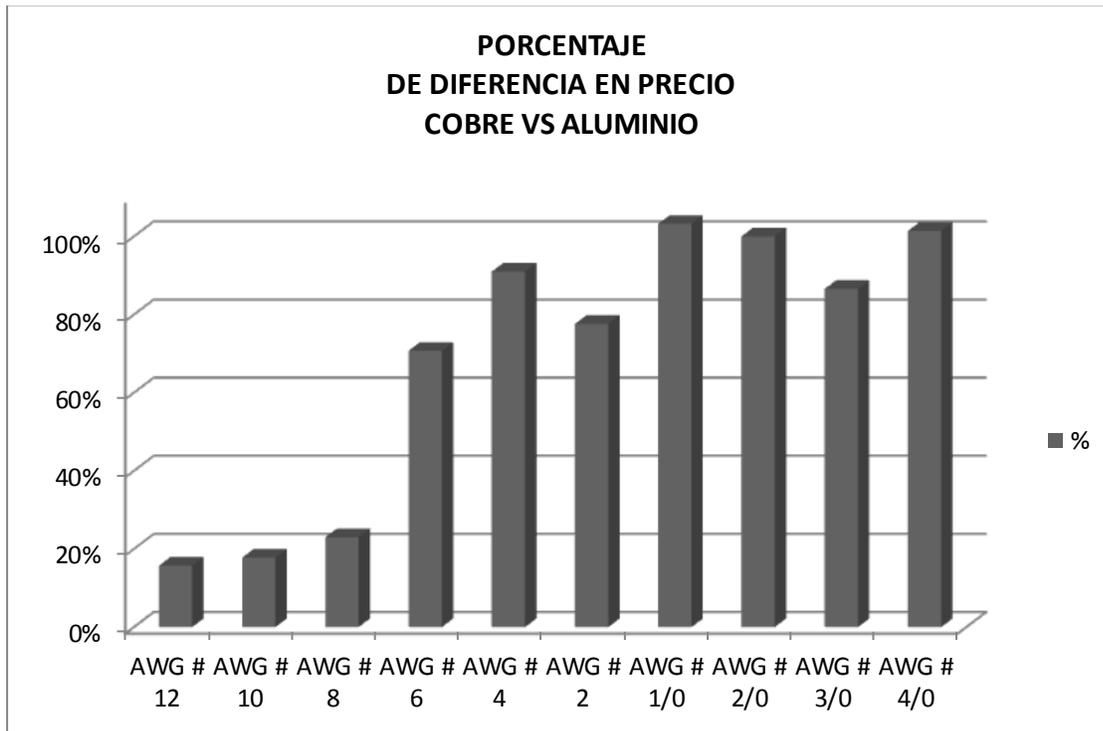
Figura 5. **Comparación de costos cobre versus aluminio**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 5, se puede observar que el calibre del conductor crece la diferencia de precios entre el conductor de cobre y el conductor se incrementa siendo el aluminio el de más bajo precio.

Figura 6. **Porcentaje de diferencia en precio cobre versus aluminio**

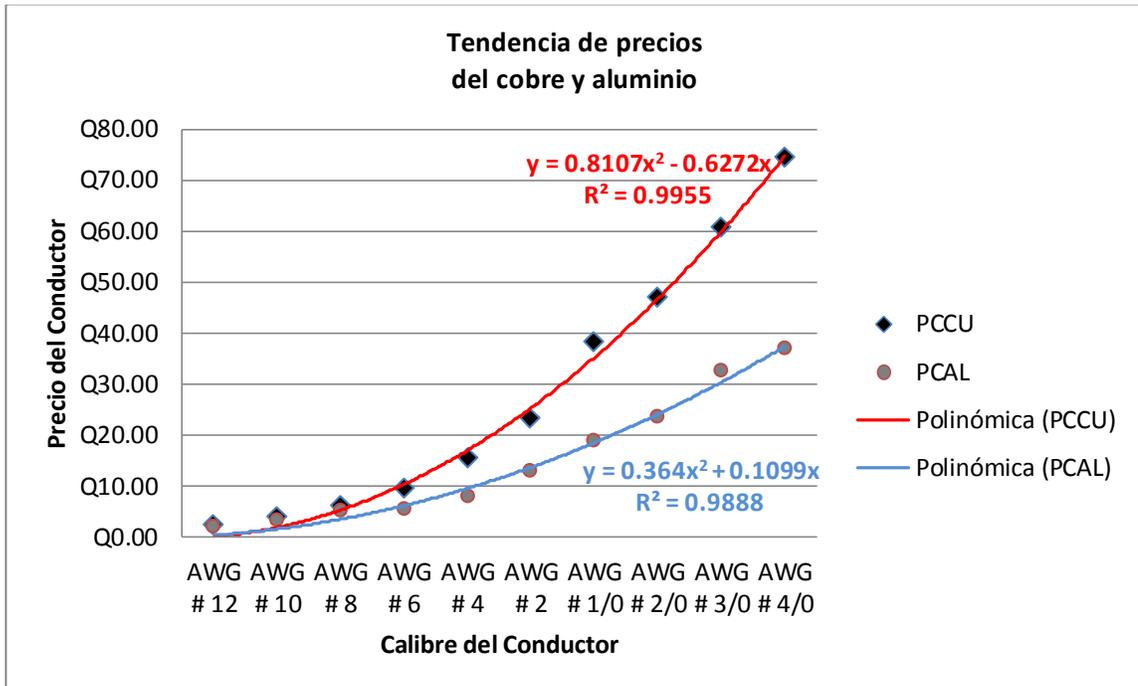


Fuente: elaboración propia.

Al observar la figura 6, se puede ver que mientras mayor es el calibre del conductor más grande es la brecha entre el precio del conductor de cobre y el conductor de aluminio. El precio del aluminio es inferior al precio del cobre.

Si se observan los datos de diferente manera, se obtiene la siguiente figura:

Figura 7. Tendencia de precios cobre y aluminio



Fuente: elaboración propia.

En la figura 7, se está formada por dos curvas que marcan la tendencia de los precios del conductor de cobre y del conductor de aluminio, donde se observa que ambas curvas llevan un comportamiento parabólico, y alejándose una de la otra al crecer el tamaño del calibre del conductor.

#### 6.4. Datos obtenidos y análisis para la fase cuatro

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

Tabla XVIII. **Variables de fase 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.

En la tabla XVIII, se observan las variables independientes que intervienen en la fase cuatro que son MEP materiales eléctricos presupuestados y PTP precio total del presupuesto con su indicador RME rendimiento de materiales eléctricos y RBP rentabilidad bruta del proyecto respectivamente. Las variables independientes MEC materiales eléctricos comprados y PTC precio total nominal de costos, que servirán para determinar la rentabilidad entre la compra y utilización de los materiales del proyecto.

Para determinar la rentabilidad de materiales de los proyectos y tener un punto de comparación se utilizó la siguiente tabla.

Tabla XIX: **Determinación de la rentabilidad de materiales en proyectos**

<b>DETERMINACIÓN DE LA RENTABILIDAD DE MATERIALES EN PROYECTOS</b>				
PROYECTO:			FECHA:	
#	PROYECTOS	MATERIALES		RBP
		PRESUPUESTADOS	COMPRADOS	
		PTP	PTC	
1	Edificio Educativo de Zona 9	Q381,731.00	Q402,740.00	-5.22%
2	Edificio de Zona 10 Torre 1	Q941,285.00	Q1,010,984.00	-6.89%
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
	<b>TOTALES</b>			
			<b>RBP PROMEDIO</b>	-6.06%
ELABORADO POR:			REVISADO POR:	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIX, se muestra el índice RBP (Rendimiento bruto de materiales del proyecto), de cada proyecto y el promedio de los dos proyectos en investigación. Cabe mencionar que en ambos datos el valor es negativo, lo

que significa que se compraron más materiales que los que se detallan en su respectivo presupuesto. Por lo que indica que en este rubro se tiene una rentabilidad negativa.

Para realizar el análisis de la fase número cuatro se describe la propuesta principal del presente trabajo, cuya implementación en los proyectos de electricidad, es desarrollar y llevar a cabo cada uno de los pasos mencionados, para obtener los resultados se opta por el manejo, control y monitoreo de los materiales en obra.

En el desarrollo y al implementar el sistema propuesto se deben de aplicar las siguientes herramientas de gestión:

- Plan de selección de proveedores.
- Solicitud de materiales de acuerdo a presupuesto de costos y utilización del sistema MRP.
- Llevar un riguroso control de ingresos y egresos de materiales a bodega apoyados con el sistema PEPS.
- El control de inventarios se debe de hacer en forma periódica con la utilización del sistema de inventarios ABC.
- Cuando los materiales salen de bodega de obra verificar quién es el operario y en qué área serán utilizados los materiales.
- Cotejar rigurosamente cada semana que los materiales que salieron de bodega hayan sido utilizados en su totalidad en las áreas respectivas. Y dar el informe respectivo.
- Llevar control de los materiales excedentes para su reutilización documentada en otra área o reingreso a bodega.
- Para implementar orden, limpieza y cultura de manejo de materiales, equipos e incluso herramienta se debe de inculcar y armonizar con todos los operarios de la obra la aplicación del sistema de 5S

- La implementación del sistema de los 8 desperdicios es necesario para obtener una óptima utilización de los recursos que se tienen en cada proyecto.
- El uso e implementación de sistema de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) con conexión a DVR (Grabador de Video Digital, con sus siglas en inglés Digital Video Recorder), en cada proyecto, es necesario para un monitoreo efectivo de áreas de posible riesgo de pérdida o robo de materiales.

#### **6.5. Explicación del sistema logístico para el control y monitoreo de materiales eléctricos en obra**

Para el eficiente control y monitoreo de los recursos de materiales y equipos eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas, se explica un desarrollo logístico que integra modelos de gestión, que dentro de la cadena de abastecimiento, son de mucha importancia para un excelente y óptimo desenvolvimiento de cada actividad en las obras en construcción.

La propuesta que se considera se puede explicar de la siguiente manera:

- 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.

El mejor método que se recomienda llevar a cabo es utilizar el MRP o Plan de Requerimiento de Materiales y a la vez cotejarlo que no

sobrepasen en ningún momento con el manifestado en el presupuesto de costos del proyecto.

- Para dejar un eficiente control del ingreso y egresos 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 y a la vez determinar fehacientemente para que área de trabajo se utilizará los materiales que salen de inventario.
- Para continuar se recomienda tener un buen control de inventarios, el cual se debe de realizar con periodicidad, con frecuencia, además con alta rigurosidad y totalmente profundo y no debe de contener ambigüedad. La herramienta que se recomienda en el proceso es utilizar el sistema de inventarios ABC.
- Después que salen los materiales de la bodega de la obra, con destino a la realización de un trabajo específico, se debe de corroborar que efectivamente sea utilizado para dicho trabajo, anotando el nombre del operario responsable y el área de trabajo de destino.
- Semanalmente se debe de realizar un recuento verídico, realizado por una persona de plena confianza y totalmente honesta, de cotejar que los materiales que se les anotó salida en bodega de obra, estén instalados en los trabajos solicitados y con las cantidades de materiales respectivas. De no ser así, informar al ingeniero eléctrico responsable del proyecto, para determinar por qué razón existe tal diferencia.

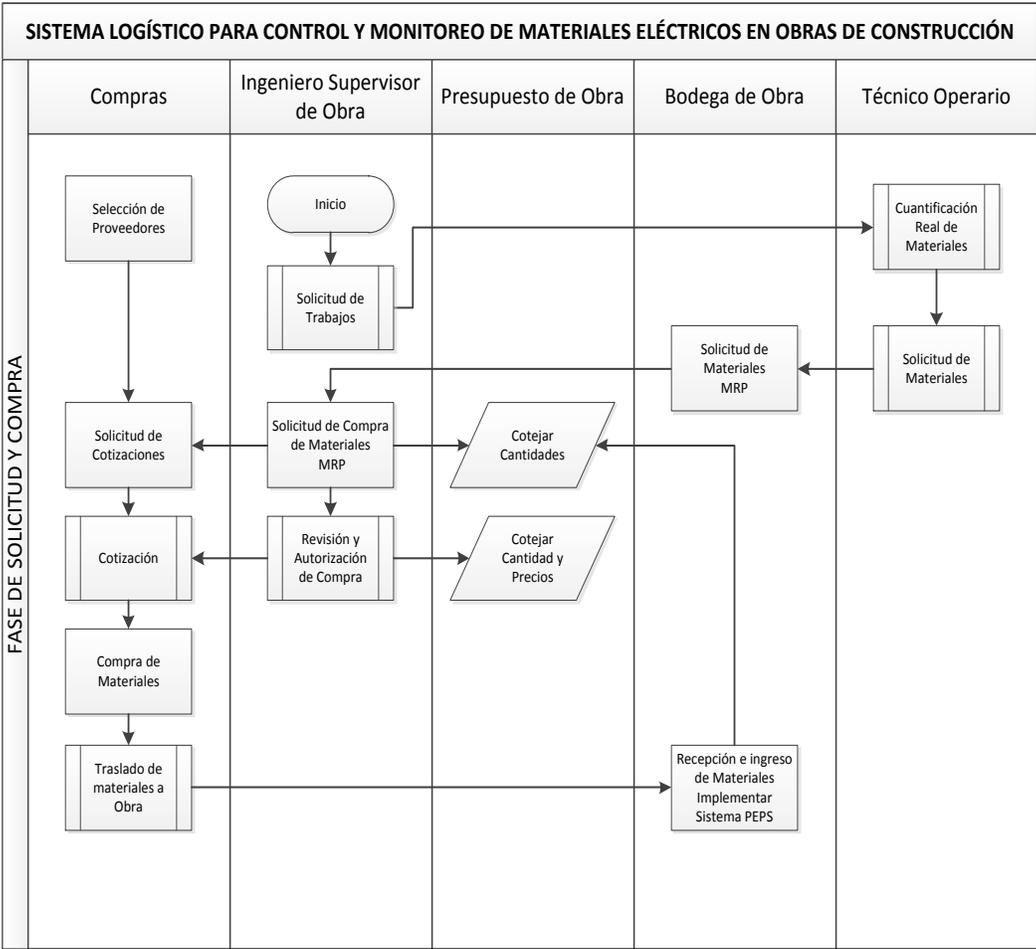
- Con respecto al manejo de excedentes de materiales, se recomienda utilizar la hoja de control de excedentes de obra.
- Debido a que las obras de construcción siempre van a existir desperdicios, es recomendable utilizar los métodos de las 5S para obtener el orden y la limpieza necesarios, tanto dentro de la bodega como en las diferentes áreas de trabajo. Método que se debe de aplicar diariamente y crear la cultura necesaria para que su implementación sea totalmente aceptada y realizada.
- Otro método que se debe de aplicar para el manejo de desperdicios en la obra es, reducir o eliminar los desperdicios por medio de el sistema de los 8 desperdicios, que mediante su efectivo uso se vuelve una herramienta totalmente útil y de fácil aplicación.
- El uso de la tecnología se vuelve cada día necesaria en cualquier empresa o proyecto. Y su aplicación para evitar riesgos de pérdida o robo de materiales en obras de construcción es totalmente utilizable. Y la manera en que se puede evitar este tipo de riesgos es por medio de la implementación de sistemas CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) dentro de la bodega y área de despacho de la misma, las 24 horas, gravadas en un sistema DVR.

Con respecto a los sistemas CCTV (Circuito Cerrado de Televisión), se puede hacer una alianza con el constructor de obra civil, para poner el sistema en puerta principal y paredes perimetrales del proyecto, para tener una mejor cobertura de grabación.

Con base a la metodología descrita en párrafos anteriores, se ha diseñado un diagrama de flujo, donde se manifiesta los procesos y

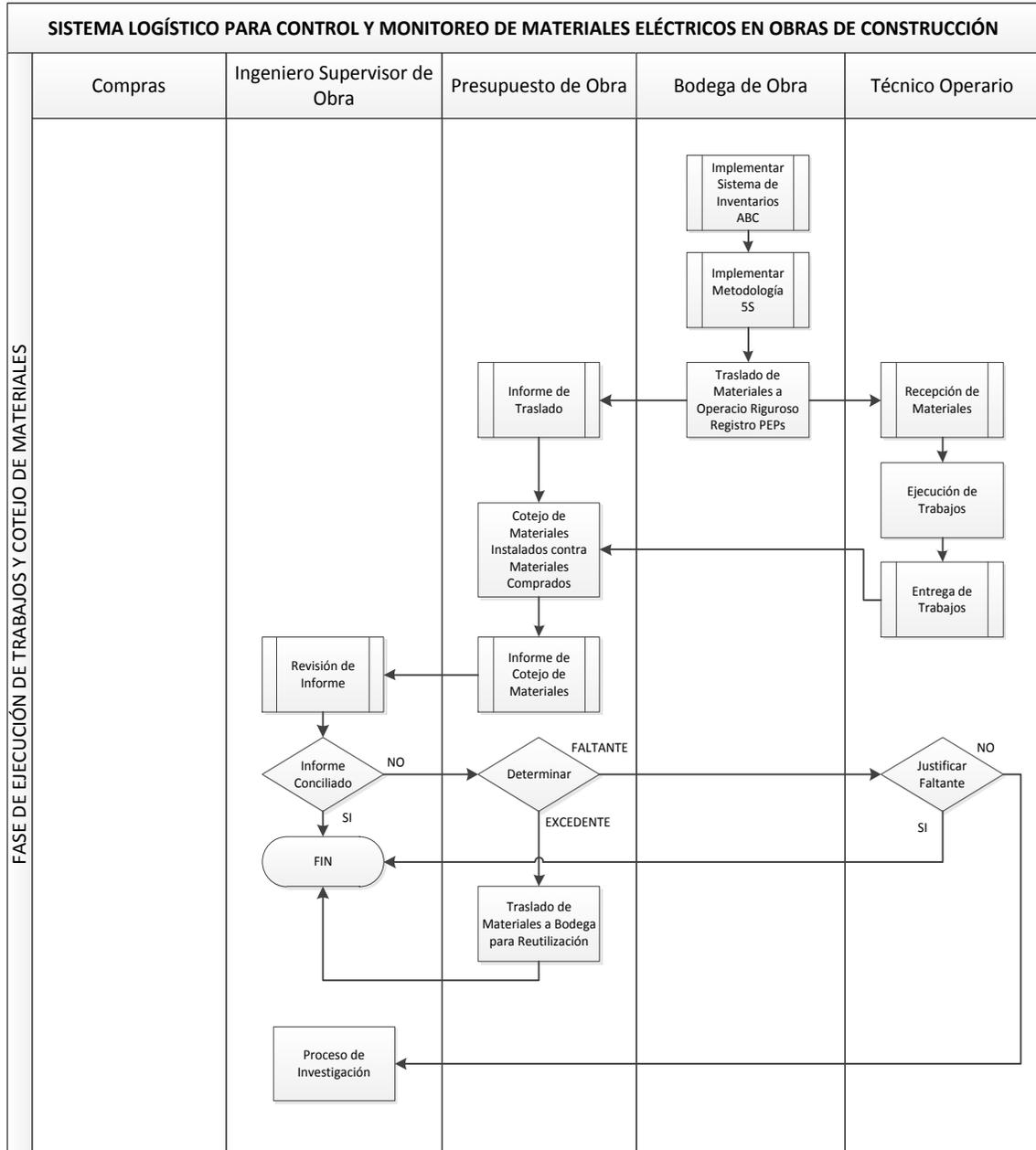
actividades más relevantes, que se deben de considerar para la implementación de dicho sistema. El diagrama de flujo se observa en las siguientes figuras:

Figura 8. Diagrama de flujo del sistema logístico fase de solicitud y compra de materiales



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Diagrama de flujo del sistema logístico fase de ejecución de trabajos y cotejo de materiales



Fuente: elaboración propia.

La figura 8 se refiere al diagrama de flujo, donde se visualizan la fase donde intervienen los procesos y actividades que involucran a la solicitud de materiales y la compra de los materiales.

La Figura 9 muestra el diagrama de flujo de los procesos y actividades que se refieren a las fases de ejecución de los trabajos eléctricos y el cotejo de los materiales comprados con los materiales instalados.

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación se enfoca, por medio de la observación no estructurada al manejo de los materiales eléctricos en obras de construcción, para desarrollar los métodos logísticos de control y monitoreo, para incrementar la productividad y rentabilidad de los proyectos en construcción. Resolviendo de manera congruente y coordinada el bajo desempeño en el manejo y utilización de los materiales eléctricos. Al plantear los diferentes procesos o métodos, los resultados se analizan y discuten de manera objetiva, para obtener una metodología aplicable y flexible, para que su desarrollo sea fácil de llevar a cabo en el respectivo proyecto donde se desea implementar.

Entre los antecedentes académicos, respecto a la gestión logística para las instalaciones eléctricas, existen varios estudios pero se puede mencionar la tesis que su capítulo tres cuyo título es: Pautas para la Gestión Logística de Suministros en la Construcción de Viviendas. (s.a., *Pautas para la Gestión...*, s.f.). La cual orientó para encontrar y definir los mecanismos básicos logísticos para el manejo correcto del flujo de materiales dentro de la obra.

Otro antecedente académico es la 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.

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 estuvo de acuerdo en que se realizarán 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 concluyó en el mes de diciembre de 2014.

La investigación se realizó con base a la información que se obtuvo de personas con amplia experiencia en el tema de construcción de instalaciones eléctricas, así como de contar con una serie de antecedentes que dieron la pauta y factibilidad para continuar con la búsqueda de la resolución del problema que existe en casi todos los proyectos en construcción.

Dentro de los antecedentes técnicos que se lograron determinar, basados en las observaciones realizadas existen diferencias de cantidad de materiales presupuestados con respecto a los materiales instalados, que 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 presupuestos y planos de ejecución final, trabajos mal realizados o de baja calidad que deben de volver a ejecutar (reprocesos) y muchas veces existió robo de materiales.

Se toma en cuenta que los recursos necesarios para la realización de esta investigación, los sufragó la empresa que apoyó la investigación, de donde se obtuvo la información con la consideración de hacer las observaciones necesarias, para realizar e implementar cambios de mejora, en algunos de sus proyectos en ejecución.

Se contó también con el apoyo de profesionales de la materia para resolver cualquier problema imprevisto que se presente. Además, al aparecer nuevos retos, se resolvieron de manera profesional y efectiva, con el fin de que la recolección de datos y experiencias conllevaron 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 dan a conocer; será elevar la rentabilidad de los proyectos y una mejor productividad al aplicarla como una mejora continua.

Los principales alcances del presente trabajo, si la metodología se implementa adecuadamente; se obtiene un orden de prioridades en el manejo de los materiales desde su solicitud, su uso y utilización, hasta su instalación, llevando un control adecuado y supervisado, así como un monitoreo en los puntos de mayor riesgo de desvío o pérdida de los mismos.

En cuanto a la discusión de los resultados obtenidos, se realizó de la misma manera en total congruencia con la presentación de resultados y los objetivos de la investigación.

### **7.1. Fase uno**

Con respecto a los dos proyectos que se tomaron de muestra puede observarse que en los dos casos la compra de materiales supera al costo de materiales presupuestados.

Edificio Educativo de zona 9: El índice RME (Rendimiento de Materiales Eléctricos) es menor que el 95 % por lo que tiene un 0.22 % de pérdida en cuanto al rendimiento de sus materiales, porque el otro 5 % es el factor de imprevistos que se consideró en el presupuesto original.

Edificio zona 10, Torre 1: El índice RME (Rendimiento de Materiales Eléctricos) resultó menor que 95 %, la pérdida para el proyecto fue de 1.89 % solo en el rendimiento de materiales, el factor de imprevistos del 5 % también fue considera con anticipación.

Es posible que en otros proyectos el RME (Rendimiento de Materiales Eléctricos) sea mayor que el 95 % y que también haya sido considerado el 5 % de imprevistos. Es más puede existir el caso que se hayan considerado materiales de más y el RME pueda ser mayor que 100 %. Elementos que se deben de tomar en cuenta, porque si la variación es muy grande hacia arriba en la realización de los presupuestos, se puede caer en el rango de no competitividad por inflar demasiado el presupuesto.

## **7.2. Fase dos**

En el análisis de esta fase los diferentes resultados que se observaron son:

Edificio Educativo de zona 9: Al agrupar los materiales según la técnica Pareto, ver figura 3, se puede observar que los materiales; cable thhn 12, cable thhn 1/0 y la tubería PVC son los tres elementos que consumen el 80 % de los costos totales de los materiales y el resto aunque importantes son el otro 20 %.

Edificio zona 10, Torre 1: Utilizando la técnica Pareto, ver figura 4, para su adecuada agrupación se observa que los materiales; cable thhn 12, cable thhn 250 MCM, cable thhn 3/0, cable thhn 4/0 y la tubería metálica, absorben el 80 % de los recursos totales de los materiales.

Con base a los datos obtenidos y a la propia experiencia se puede decir con amplia seguridad que el material que más incide en el presupuesto y compra de materiales de un proyecto de instalaciones eléctricas es el conductor de cobre o sea el cable de cobre y en gran parte por el cable thhn 12, y los cables de mayor capacidad que generalmente se utilizan para los alimentadores principales o acometidas eléctricas.

### **7.3. Fase tres**

En esta fase tres se realizó la comparación de precios entre el conductor de cobre contra el conductor de aluminio y cuyas gráficas se pueden interpretar de la siguiente manera.

Comparación de costos entre el conductor de cobre y el conductor de aluminio: En la figura V se puede observar que el conductor de aluminio es de menor precio que el conductor de cobre, inclusive con el calibre equivalente en aluminio, quiere decir que en la práctica se utiliza dos calibres más del conductor de aluminio, en la AWG para reemplazar al conductor de cobre.

También se observa que la tendencia es que entre mayor es la capacidad de los conductores, el conductor de aluminio cada vez es de menor precio.

En la figura 6 de porcentaje de diferencia de precios, se observa de la misma manera como a medida que aumenta la capacidad de los conductores la diferencia en precio de los dos conductores también se incrementa.

Al observar la figura 7, permite ver la tendencia de los precios de ambos conductores, al analizar las curvas se pudo evidenciar la tendencia cuadrática, representada por una parábola cóncava hacia arriba y polinomios cuadráticos para ambas curvas

El coeficiente de determinación  $R^2$  de las dos curvas es de 0.9955 para el cobre y de 0.9888 para el aluminio, los dos valores se acercan a la unidad, lo

que muestra que el nivel de ajuste del modelo es alto, se podría decir bastante perfecto, considerándose entonces en un modelo confiable para utilizar sus datos en predicciones para precios en conductores de mayor calibre que los mostrados.

#### **7.4. Fase cuatro**

Dentro de la metodología logística propuesta en el presente trabajo se enumeran los procesos o métodos para mejorar la productividad y, por ende, la rentabilidad de los proyectos de instalaciones eléctricas. Donde la respectiva interpretación es así:

- La selección de los proveedores debe de ser de manera que se pueda obtener de ellos los mejores precios, la mejor calidad y tiempo de entrega esté de acuerdo al avance de la obra.
- Al utilizar el sistema MRP, se debe de tener el cuidado de cumplir con todas las fechas de solicitud de materiales por parte del ingeniero responsable del proyecto, como las fechas de entrega por parte del proveedor a la obra.
- Utilizar el sistema PEPS de una manera meticulosa y con base a las actividades diarias de cada frente de trabajo, autorizados por el encargado e ingeniero del proyecto.
- El conteo de los materiales de inventario en bodega se hará por medio del sistema ABC y tomando en cuenta que debe de hacerse una vez cada mes.
- Los materiales que salen de bodega deben de ser autorizados por el encargado e ingeniero responsable del proyecto y debe de estar bien claro para que área o instalación se destinarán.
- La realización del cotejo semanal de los materiales que salieron de bodega contra los materiales utilizados en cada instalación, debe de

realizarse, meticulosamente y sin falta, para poder llevar un estricto control de los mismos. Aquí es donde se puede determinar si hay algún faltante de materiales, pérdida, robo o mala cuantificación de los mismos.

- El control de manejo de los materiales excedentes es necesario hacerlo diariamente para reutilizar los mismos en otra área y debe de quedar documentado, para su conteo semanal.
- Para la implementación del método de las 5S se debe de iniciar con un taller donde se les muestre a los operarios el método y de allí partir hacia un cambio de cultura en los proyectos.
- La implementación del sistema de los 8 desperdicios, además de inculcar en la gente una auto evaluación, para diagnosticar e informar de procesos que podrían tener problemas, para su mejora continua, también conlleva la mayoría de veces la revisión de procesos por parte del ingeniero responsable del proyecto, para detectar actividades y procesos que pudieran reducir o eliminar para mejorar la productividad de la ejecución de los proyectos.
- Con la instalación de sistemas de monitoreo de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión), se debe de informar al personal del proyecto que está siendo monitoreada y filmada, con el fin de que sepan de que cualquier cosa que hagan fuera de lo normal quedará grabada y podrá ser consultada en lo futuro.

## **7.5 Fase de objetivo general**

Para obtener el desarrollo para el cumplimiento del objetivo general, es necesario integrar los resultados de las fases uno, fase dos, fase tres y fase cuatro, de la siguiente manera:

En la fase uno, se determinó que las obras de construcción objeto de estudio, al aplicar el indicador; Rendimiento de Materiales (RME), se obtuvieron

valores menores que el 95%, de lo que se deduce que tuvieron un mal desempeño en el manejo de los materiales eléctricos.

En la fase dos, se determinó que los materiales eléctricos que son más significativos en el costo de las obras, siendo los conductores de cobre y en algunos casos la tubería metálica.

Con base a los dos resultados expuestos en la fase uno y dos, nuestro interés radica en que, debemos poner especial atención en la optimización para el manejo y utilización de los materiales eléctricos, principalmente de los conductores de cobre.

Luego de determinar dónde se encuentra el bajo desempeño en el manejo y utilización de los materiales eléctricos, en proyectos ya construidos en la fase tres nos enfocamos a la manera de cómo sustituir los conductores de cobre por los conductores de aluminio, para mejorar la rentabilidad general de los proyectos futuros. Al realizar una simulación de sustitución de los conductores de cobre por los conductores de aluminio, en el proyecto Edificio Educativo de Zona 9, obtenemos los siguientes datos.

**Tabla XX. Sustitución del conductor de aluminio por el conductor de cobre (simulación) Edificio Educativo de zona 9**

<b>SUSTITUCIÓN DEL CONDUCTOR DE ALUMINIO</b>						
<b>POR EL CONDUCTOR DE COBRE (SIMULACIÓN)</b>						
PROYECTO: Edificio Educativo de zona 9				FECHA: 05 Nov. 2014		
#	<b>CONDUCTOR DE COBRE COMPRA REAL</b>		<b>CONDUCTOR DE ALUMINIO COMPRA SIMULADA</b>		<b>Ahorro por sustitución de conductor</b>	<b>Rendimiento por sustitución de conductor</b>
	THHN	COMPRA	THHW	COMPRA		
1	AWG # 6	Q5,796.00	AWG # 4	Q3,394.89	Q2,401.11	41.43%
2	AWG # 4	Q3,452.50	AWG # 2	Q1,807.59	Q1,644.91	47.64%
3	AWG # 1/0	Q66,453.00	AWG # 2/0	Q32,701.87	Q33,751.13	50.79%
4	TOTAL	<b>Q75,701.50</b>		<b>Q37,904.35</b>	<b>Q37,797.15</b>	<b>49.93%</b>
ELABORADO POR:			REVISADO POR:			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XX, se hace la simulación de sustituir el conductor de aluminio en los renglones reales donde se utilizó el conductor de cobre. Se observa que existe un ahorro de Q. 37,797.15, que representa un 49.93% de ahorro parcial. Si el ahorro obtenido lo relacionamos con el total de materiales comprados del proyecto del Colegio Educativo del Valle que es de Q. 402,740.00 se obtiene una rentabilidad adicional de la siguiente manera:

$$\text{Ahorro en Q.} / \text{Total de materiales en Q.} \times 100\% = \text{Rentabilidad adicional (6)}$$

$$Q. 37,797.15 / Q. 402,740.00 \times 100\% = 9.39\%$$

Se obtiene una rentabilidad adicional del 9.39% del total de la compra de todos los materiales del proyecto.

Al realizar la misma simulación al proyecto del Edificio de Zona 10 Torre 1 se obtienen los siguientes datos:

**Tabla XXI. Sustitución del conductor de aluminio por el conductor de cobre (simulación) Edificio de zona 10, Torre 1**

<b>SUSTITUCIÓN DEL CONDUCTOR DE ALUMINIO POR EL CONDUCTOR DE COBRE (SIMULACIÓN)</b>						
PROYECTO: Edificio de zona 10, Torre 1      FECHA: 05 Nov. 2014						
#	<b>CONDUCTOR DE COBRE COMPRA REAL</b>		<b>CONDUCTOR DE ALUMINIO COMPRA SIMULADA</b>		<b>Ahorro por sustitución de conductor</b>	<b>Rendimiento por sustitución de conductor</b>
	<b>THHN</b>	<b>COMPRA</b>	<b>THHW</b>	<b>COMPRA</b>		
1	AWG # 6	Q5,295.00	AWG # 4	Q3,101.44	Q2,193.56	41.43%
2	AWG # 4	Q6,793.00	AWG # 2	Q3,556.54	Q3,236.46	47.64%
3	AWG # 3/0	Q96,478.70	AWG # 4/0	Q51,707.75	Q44,770.95	46.41%
4	AWG # 4/0	Q49,098.50	AWG # 250	Q24,377.25	Q24,721.25	50.35%
5		<b>Q157,665.20</b>		<b>Q82,742.98</b>	<b>Q74,922.22</b>	<b>47.52%</b>
ELABORADO POR:			REVISADO POR:			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXI, expuesta en la página siguiente, se hace la simulación de sustituir el conductor de aluminio en los renglones reales donde se utilizó el conductor de cobre. Se observa que existe un ahorro de Q. 74,922.22, que representa un 47.52% de ahorro parcial.

Si el ahorro obtenido lo relacionamos con el total de materiales comprados del proyecto que es de Q. 1,010,984.00 se obtiene una rentabilidad adicional de la siguiente manera:

Ahorro en Q./ Total de materiales en Q. X 100% = Rentabilidad adicional (6)

$$Q. 74,922.22 / Q. 1,010,984.00 \times 100\% = 7.41\%$$

Se obtiene una rentabilidad adicional del 7.41% del total de la compra de todos los materiales del proyecto.

Con los datos obtenidos en los dos proyectos podemos concluir que al sustituir el conductor de aluminio por el conductor de cobre, se obtiene una rentabilidad adicional mínima del 7.41%.

Mediante la correcta aplicación de la metodología logística que se hace mención en la fase cuatro de este capítulo, la productividad de cada uno de los procesos se puede cuantificar de la siguiente manera:

- Mediante una conveniente selección de proveedores combinado con el uso del sistema MRP, con solicitudes de materiales con cantidades y fechas establecidas se puede lograr descuentos de hasta un 3% por compras programadas.
- Al utilizar el sistema PEPS en el manejo de inventarios en la bodega de la obra, se sabe perfectamente que materiales tienen que salir cada día, por lo que se minimizan los movimientos de búsqueda, por lo tanto se incrementa la productividad de esta actividad.

- Al realizar e implementar el sistema de inventarios ABC mensualmente, se conoce y se obtiene la información real de los materiales existentes, información que sirve para actualizar los requerimientos al sistema MRP. Con esta actividad se elimina la solicitud excedente de materiales logrando una mejora en la productividad de la compra de materiales.
- Cotejando semanalmente los materiales que salieron de bodega contra los materiales que se utilizaron e instalaron en la obra real, se logra un control necesario para determinar faltantes de materiales por diferentes razones. Esta es una actividad que aporta una mejora en la productividad, porque al descubrir faltantes de materiales, es posible determinar la causa, y hacer una mejora continua la proceso involucrado.
- El manejo y reutilización de los materiales excedentes es vital para la obra, porque se evita la compra de los materiales en los nuevos frentes de trabajo mejorando la rentabilidad de esta actividad.
- Implementado el método de las 5S, la productividad se incrementa, porque el entorno de obra se mejora y los operarios trabajan en un ambiente ordenado, limpio, donde el sistema es abierto a la estandarización y mejora continua.
- La metodología de los 8 desperdicios es una herramienta muy importante en cualquier proceso de construcción, y si se implementa adecuadamente la productividad se verá incrementada sustancialmente de acuerdo a los estándares y peculiaridades de cada obra.
- El monitoreo por medio de un sistema CCTV, da la información necesaria en puntos de riesgo de extravío, pérdida o robo de materiales, que sirve para evitar fuga de materiales del proyecto, manteniendo un sistema general logístico de uso de materiales en equilibrio.

Mediante la metodología que se establece con anterioridad, se crea una ventana de aplicación directa de la gestión industrial dentro del marco

de la construcción, que sin duda alguna, hace una aportación importante para la administración eficiente en los recursos asignados para la ejecución de proyectos no solo de electricidad, sino también, de construcción en general.

Para tener una mejor visión de los procesos y actividades que esboza la metodología, ver las figuras 8 y 9, que muestran el diagrama de flujos de la metodología completa, dividida en la fase de solicitud y compras de los materiales y la fase de ejecución de trabajos eléctricos y el cotejo de materiales. Los diagramas dejan observar que las áreas o personas que intervienen son compras, el ingeniero supervisor, presupuesto de obra, bodega de la obra y el técnico electricista.

Los procesos y actividades que muestra los diagramas, son procesos y actividades que pueden aplicarse la mejora continua logrando una estandarización de los mismos. Otro aspecto que debe de mencionarse es que hay actividades que se apoyan en información ya existente, para evaluar la toma de decisión inherente a cada trabajo en cuestión.

Los beneficios económicos que se pueden obtener implementando la sustitución del conductor de aluminio por el conductor de cobre, representa alrededor de un 7.4 % a un 9.4 % de rentabilidad y al implementar la metodología logística puede incrementar la productividad del proyecto, que representa una disminución de los recursos asignado de al menos un 3 %.

En cuanto al beneficio ambiental y social que se obtiene, cabe mencionar que al realizar un adecuado uso de desperdicios de materiales eléctricos, tanto reutilizables en el mismo proyecto, como desperdicios de materiales eléctricos metálicos, (cobre, aluminio, chatarra) llevados a una recicladora exterior, se reduce el impacto ambiental generado contra si fuesen llevados a un vertedero municipal.

Con la presente investigación en torno a las obras de construcción eléctricas, se cubre tan solo una parte de los procesos de la ejecución total de las obras, por lo cual, es necesario crear líneas de investigación con el manejo adecuado de equipos y herramientas, tratando de llegar a la estandarización de procesos, así como una mejor distribución de los frentes de trabajo de acuerdo a la capacidad y competencia del personal disponible en la empresa.

## CONCLUSIONES

1. Con el desarrollo del sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, aplicado en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, se logra un incremento en la productividad porque se construye el mismo proyecto presupuestado. reduciendo los recursos asignados y un incremento calculado en la rentabilidad del 7.40 %
2. En los dos proyectos de instalaciones eléctricas objeto de estudio, se identifica que la compra de materiales eléctricos supera a los materiales presupuestados, incidiendo negativamente en la rentabilidad de cada proyecto.
3. Los materiales eléctricos que más ponderan en los costos de las instalaciones eléctricas de edificios, son los diferentes tipos de conductor de cobre, por la cantidad que se utiliza y su alto precio.
4. En las instalaciones eléctricas de edificios es conveniente y rentable, sustituir el conductor de aluminio por el conductor de cobre, pero hacerlo únicamente en los alimentadores eléctricos secundarios, porque en los calibres de los alimentadores eléctricos secundarios el aluminio es de menor costo.
5. El sistema logístico, que se explica en la presente investigación, está formado por diferentes métodos, procedimientos y técnicas, que deben de coordinarse de manera holística para mejorar la productividad y rentabilidad en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios.



## RECOMENDACIONES

1. Al implementar el sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, se sugiere integrar el sistema logístico a una efectiva supervisión, así como promover en el personal operativo y administrativo de la obra un ambiente de buena comunicación y alto desempeño laboral, para mejorar los resultados.
2. En cada proyecto construido, se aconseja realizar el análisis numérico para determinar el déficit o superávit en el manejo de los materiales eléctricos en la construcción de edificios y hacer las correcciones de mejora necesarias para su aplicación a futuros proyectos.
3. Cuando se realice la cuantificación y presupuestos de los proyectos, es recomendable obtener datos exactos en los renglones de conductores de cobre y tubería metálica, para evitar faltantes en la etapa de construcción, porque son los materiales que representan una parte importante en el costo total de las instalaciones eléctricas de edificios.
4. Al sustituir el conductor de aluminio por el conductor de cobre, se recomienda hacerlo únicamente en alimentadores eléctricos a tableros secundarios, mas no en alimentadores eléctricos a tableros principales, ni menos en la acometida eléctrica principal.
5. Es recomendable al implementar las técnicas y metodología expuestas, hacerlo de manera estandarizada constituyéndose como parte de los procesos inherentes a cada proyecto. No dejarlo de hacer para estar

siempre atentos al buen uso, manejo, control y monitoreo de los materiales eléctricos de las obras en construcción,

6. Para la construcción de instalaciones eléctricas de edificios, se recomienda para futuras investigaciones, la observación y análisis de los diferentes procesos propios de los trabajos de electricidad, tanto de técnicas, maquinaria, uso de herramientas como del manejo y capacitación del talento humano, para crear y obtener una conciencia y cultura de mejora continua a lo largo de todos los proyectos de la empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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)
2. 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.pdf>
3. 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://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Carlon\\_Acosta\\_Carlos\\_Antonio\\_44669.pdf](http://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Carlon_Acosta_Carlos_Antonio_44669.pdf)
4. *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)
5. Espada, W. (s.f.). *Propiedades de los cables eléctricos de aluminio como una posible alternativa a la cablería de cobre*. Recuperado de <http://e-ciencia.com/blog/noticias/%C2%BFveremos-cableria->

[electronica-de-aluminio-en-el-futuro/](#)

6. 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>
7. Fink, D., Beaty, H. (2001). *Manual de Ingeniería Eléctrica*. México. McGraw-Hill.
8. 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)
9. Galaz Castillo, V. A. (2011). *Minimización del Costo del Proyecto de Media Tensión, Asociado a la Interconexión de Aerogeneradores en un Parque Eólico*. (Tesis de grado, de licenciatura en Ingeniería Civil-Electricista, Universidad de Chile, Santiago de Chile). Recuperado de [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-galaz\\_vc/pdfAmont/cf-galaz.vc.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-galaz_vc/pdfAmont/cf-galaz.vc.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.uo.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://catarina.udlap.mx/u\\_de\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capítulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_de_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capítulo3.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://red-lac-ee.org/wp-content/uploads/2012/12/Conductores-de-Cobre-y-aluminio-en-la-fabricacion-de-TD.pdf>
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. Recuperado de <http://www.suagm.edu/umet/biblioteca/pdf/GuiaRevMarzo2012APA6taEd.pdf>

