



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis del rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje para la determinación de precios unitarios por estructura.

Cedeño Berrones, Angie Solange

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica

Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo

Latacunga, 07 de febrero del 2022



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

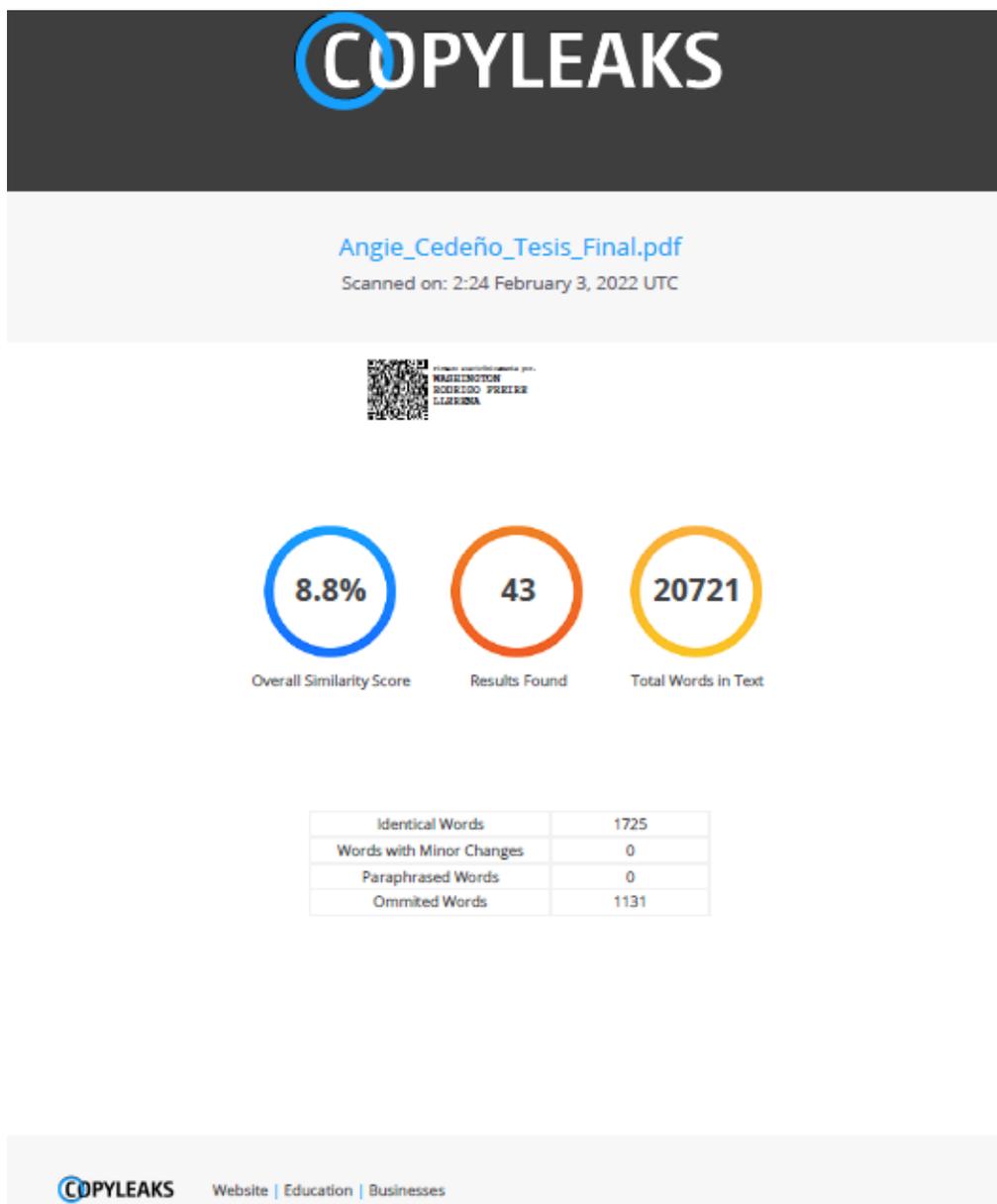
Certifico que el trabajo de titulación, “**Análisis del rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje para la determinación de precios unitarios por estructura**” fue realizado por la señorita **Cedeño Berrones, Angie Solange** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 07 de febrero del 2022

Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo

C. C: 1801910884

Reporte de verificación de contenido



Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo

C. C: 1801910884



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Cedeño Berrones, Angie Solange**, con cédula de ciudadanía 0502880834 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Análisis del rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje para la determinación de precios unitarios por estructura”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 07 de febrero del 2022

Cedeño Berrones, Angie Solange

C.C.: 0502880834



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Cedeño Berrones, Angie Solange**, con cédula de ciudadanía **0502880834**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Análisis del rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje para la determinación de precios unitarios por estructura”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 07 de febrero del 2022

Cedeño Berrones, Angie Solange

C.C.: 0502880834

Dedicatoria

Este trabajo de titulación es dedicado.

Con mucho amor.

A Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

A mi madre quien con su amor, paciencia, enseñanzas y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por ser mi guía y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi hermana quien me brindó su amor, ayuda y apoyo incondicional en el transcurso de mi vida.

A mis familiares quienes han estado conmigo brindándome su apoyo y confianza en cada paso que doy.

Angie Cedeño B.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mi madre, Mery, por ser el pilar fundamental en mi vida y promotora de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos y valores que me ha inculcado.

A mi hermana, Pamela, por motivarme y brindarme su cariño.

A mi familia, que siempre confió en mis aptitudes.

Al ingeniero Washington Freire, por su paciencia y gran ayuda, quien con sus conocimientos me guio durante todo el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Vicente Quispe, que con su experiencia y motivación me oriento en la culminación del proyecto.

A mis amigos y amigas, quienes con su apoyo y aliento me ayudaron a cumplir esta meta.

Angie Cedeño B.

Tabla de Contenidos

Cáratula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Resumen	17
Abstract.....	18
Problemática.....	19
Planteamiento del problema	19
Antecedentes	20
Justificación e importancia.....	21
Objetivos	22
<i>Objetivo General.....</i>	22
<i>Objetivos Específicos</i>	23
Marco Teórico.....	24
Antecedentes Investigativos.....	24
Fundamentación Teórica.....	25
<i>Sistema de eléctrico de distribución.....</i>	25

<i>Distribución primaria</i>	26
<i>Distribución secundaria</i>	26
<i>Redes de Distribución aéreas</i>	26
<i>Unidades de Propiedad y Construcción en el Sistema Eléctrico de Distribución</i>	29
<i>Análisis de Precios Unitarios</i>	32
<i>Análisis de Rendimientos</i>	35
<i>Técnicas de ascenso y descenso de postes</i>	42
Fundamentación Conceptual	49
Fundamentación Legal	51
Hipótesis.....	52
Sistema de Variables	52
<i>Variable independiente:</i>	52
<i>Variable dependiente:</i>	52
Cuadro de operacionalización de variables.....	53
Metodología.....	54
Modalidad de la investigación	54
Tipos de investigación	54
<i>Investigación de exploratoria</i>	54
<i>Investigación descriptiva</i>	54
<i>Investigación de campo</i>	55
<i>Investigación bibliográfica</i>	55

Diseño de la investigación	55
Niveles de investigación.....	56
Técnicas de recolección de datos	58
Técnicas de análisis de datos	58
<i>Estructuras de Bajo Voltaje Red Preensamblada</i>	58
<i>Estructuras de Bajo Voltaje Red Desnuda</i>	60
<i>Estructuras de Medio Voltaje Monofásicas</i>	62
<i>Estructuras de Medio Voltaje Trifásicas</i>	64
Técnicas de comprobación de hipótesis.....	66
Resultados de la Investigación.....	68
Análisis de los resultados	68
<i>Selección de la muestra</i>	68
<i>Armado de estructuras</i>	73
<i>Cálculo del tiempo estándar</i>	74
Determinación de rendimientos de tiempos.....	79
<i>Salario mínimo por ley</i>	84
<i>Cálculo de mano de obra</i>	85
<i>Herramienta menor</i>	86
<i>Cálculo del Precio Unitario</i>	86
<i>Análisis comparativo de en la valoración de mano de obra en las diferentes</i> <i>Empresas de Distribución.</i>	90
Discusión de los resultados.....	92

<i>Análisis de precios unitarios - Tiempos Estándares Cronometrados vs Empresas de distribución.....</i>	92
<i>Análisis de precios unitarios Tiempos de Encuestas – EEASA vs ELEPCO S.A.</i>	99
Comprobación de hipótesis	101
Propuesta.....	107
Tema de la propuesta	107
Datos informativos.....	107
Objetivos.....	107
<i>Objetivo General.....</i>	107
<i>Objetivos Específicos</i>	107
Justificación.....	108
Fundamentación propuesta	108
Diseño de la propuesta.....	113
<i>Recopilación de la información.....</i>	114
<i>Cálculo y Determinación de rendimientos.....</i>	114
<i>Costo unitario de los materiales</i>	116
<i>Análisis de precios unitarios.....</i>	118
Conclusiones y Recomendaciones.....	123
Conclusiones	123
Recomendaciones	126
Bibliografía.....	127

Anexos.....132

Índice de Tablas

Tabla 1 Nivel de Voltaje de Operación	30
Tabla 2 Cuadro de Variable Independiente	53
Tabla 3 Cuadro de Variable Dependiente.	53
Tabla 4 Tiempo cronometrado de una Red Preensamblada con trepadoras.....	59
Tabla 5 Tiempo de encuestas de una Red Preensamblada con trepadoras.....	59
Tabla 6 Tiempo cronometrado de una Red Preensamblada con escalera	59
Tabla 7 Tiempo de encuestas de una Red Preensamblada con escalera.	60
Tabla 8 Tiempo cronometrado de una Red Preensamblada con pretales.	60
Tabla 9 Tiempo cronometrado de una Red Desnuda con trepadoras.....	60
Tabla 10 Tiempo de encuestas de una Red Desnuda con trepadoras.	61
Tabla 11 Tiempo cronometrado de una Red Desnuda con escalera.	61
Tabla 12 Tiempo de encuestas de una Red Desnuda con escalera.....	61
Tabla 13 Tiempo cronometrado de una Red Desnuda con pretales.....	62
Tabla 14 Tiempo cronometrado de una Red Monofásica con trepadoras.....	62
Tabla 15 Tiempo de encuestas de una Red Monofásica con trepadoras.	63
Tabla 16 Tiempo cronometrado de una Red Monofásica con escalera.	63
Tabla 17 Tiempo de encuestas de una Red Monofásica con escalera.....	63
Tabla 18 Tiempo cronometrado de una Red Monofásica con pretales.....	64
Tabla 19 Tiempo cronometrado de una Red Trifásica con trepadoras.	64
Tabla 20 Tiempo de encuestas de una Red Trifásica con trepadoras.	65
Tabla 21 Tiempo cronometrado de una Red Trifásica con escalera.....	65
Tabla 22 Tiempo de encuestas de una Red Trifásica con escalera.....	65
Tabla 23 Tiempo cronometrado de una Red Trifásica con pretales.....	66
Tabla 24 Valores estandarizados de niveles de confianza.	70
Tabla 25 Porcentajes de tiempos suplementarios de movilización.	75

Tabla 26	<i>Concesiones OIT.....</i>	75
Tabla 27	<i>Tiempo Estándar con trepadoras.....</i>	76
Tabla 28	<i>Tiempos Estándar con escalera.</i>	77
Tabla 29	<i>Tiempo Estándar con pretales.</i>	77
Tabla 30	<i>Tiempo de encuestas con trepadoras y escalera.....</i>	78
Tabla 31	<i>Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con trepadoras.....</i>	80
Tabla 32	<i>Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con escalera.</i>	81
Tabla 33	<i>Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con pretales.</i>	81
Tabla 34	<i>Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras s EEASA.....</i>	82
Tabla 35	<i>Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras ELEPCO S.A.</i>	83
Tabla 36	<i>Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras escalera EEASA.</i>	83
Tabla 37	<i>Salarios Mínimos por Ley.</i>	84
Tabla 38	<i>Mano de Obra de la ESD-1PP3.....</i>	85
Tabla 39	<i>Precio Unitario de ESD-1PP3.....</i>	87
Tabla 40	<i>Precios Unitarios de las estructuras con tiempos estándares cronometrados.</i>	88
Tabla 41	<i>Precios Unitarios de las estructuras con tiempos de encuestas.</i>	89
Tabla 42	<i>Precio Unitario de ELEPCO S.A.....</i>	90
Tabla 43	<i>Precio Unitario de EEASA.</i>	91
Tabla 44	<i>Precio Unitario de EEQ.</i>	92
Tabla 45	<i>Precios unitarios de estructuras de Red Preensamblada con trepadoras.</i>	93
Tabla 46	<i>Precios unitarios de estructuras de Red Preensamblada con escalera.</i>	93
Tabla 47	<i>Precios unitarios de estructuras de Red Preensamblada con pretales.</i>	94
Tabla 48	<i>Precios unitarios de estructuras de Red Desnuda con trepadoras.....</i>	94
Tabla 49	<i>Precios unitarios de estructuras de Red Desnuda con escalera.</i>	95
Tabla 50	<i>Precios unitarios de estructuras de Red Desnuda con pretales.....</i>	95
Tabla 51	<i>Precios unitarios de estructuras Monofásica con trepadoras.</i>	96

Tabla 52 <i>Precios unitarios de estructuras Monofásica con escalera.</i>	96
Tabla 53 <i>Precios unitarios de estructuras Monofásica con pretales.</i>	97
Tabla 54 <i>Precios unitarios de estructuras Trifásica con trepadoras.</i>	97
Tabla 55 <i>Precios unitarios de estructuras Trifásica con escalera.</i>	98
Tabla 56 <i>Precios unitarios de estructuras Trifásica con pretales.</i>	98
Tabla 57 <i>Precios unitarios de estructuras de Red con trepadoras - Encuestas.</i>	99
Tabla 58 <i>Precios unitarios de estructuras de Red con trepadoras - Encuestas</i>	99
Tabla 59 <i>Precios unitarios de estructuras Monofásicas con trepadoras - Encuestas</i> ...	100
Tabla 60 <i>Precios unitarios de estructuras Trifásicas con trepadoras - Encuestas</i>	100
Tabla 61 <i>Distribución Chi Cuadrado X²c.</i>	102
Tabla 62 <i>Frecuencias Observadas.</i>	103
Tabla 63 <i>Frecuencias Esperadas.</i>	103
Tabla 64 <i>Cálculo de X²c</i>	104
Tabla 65 <i>Zona de rechazo de la Hipótesis</i>	105
Tabla 66 <i>Estructuras de MV y BV.</i>	109
Tabla 67 <i>Cálculo de rendimientos con trepadoras.</i>	115
Tabla 68 <i>Cálculo de rendimientos con escalera.</i>	115
Tabla 69 <i>Cálculo de rendimientos con pretales.</i>	116
Tabla 70 <i>Precios unitarios para materiales.</i>	117
Tabla 71 <i>Salario mínimo sectorial 2022 del grupo de trabajo.</i>	118
Tabla 72 <i>Precio Unitario generado para una estructura tipo EST-1CP.</i>	119
Tabla 73 <i>Precios Unitarios de las estructuras de medio voltaje y bajo voltaje.</i>	121
Tabla 74 <i>Comparación de precios unitarios finales.</i>	122

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Partes de un trepador</i>	45
Figura 2 <i>Ascenso y descenso de poste con trepadores</i>	46
Figura 3 <i>Levantamiento e inmovilización de una escalera</i>	48
Figura 4 <i>Pretales o maneados</i>	49
Figura 5 <i>Distribución normal</i>	69

Resumen

El presente trabajo de titulación proporciona un análisis de rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje. Se parte de la homologación de unidades de propiedad por parte del MERNNR, para establecer los materiales, equipos y estructuras que se vayan a emplear. Para llevar a cabo este proyecto se recopiló información mediante toma de datos realizadas en campo, obteniendo de esta manera los tiempos de montaje de estructuras, utilizando las diferentes técnicas de ascenso, trepadoras, escalera y pretales. Para un correcto registro de datos se desarrolló un formulario, que permite la obtención de los resultados de una manera fácil y sencilla, acorde al rubro analizado. Los datos obtenidos permitieron definir nuevos rendimientos ya que variará acorde la estructura de soporte que se vaya a construir, así como de la técnica de ascenso utilizada. La valoración de la mano de obra se obtuvo analizando el costo horario, establecido por la Contraloría General del Estado y la cual debe ser actualizada cada año, junto con el rendimiento y la herramienta menor. El precio unitario final correspondiente a cada estructura es la adición de los componentes previamente descritos, del mismo modo se contempla el costo de materiales, cuyos precios pasan por un análisis exhaustivo referenciales a ofertas y proformas de diversas empresas proveedoras.

Palabras clave:

- **HOMOLOGACIÓN DE UNIDADES DE PROPIEDAD**
- **ESTRUCTURAS DE SOPORTE**
- **RENDIMIENTO DE TIEMPOS**
- **PRECIO UNITARIO**

Abstract

This degree work provides a time performance analysis in the assembly of basic support structures for medium and low voltage overhead distribution electrical networks. It is based on the approval of property units by MERNNR, to establish the materials, equipment and structures to be used. In order to carry out this project, information was collected through data collection in the field, thus obtaining the assembly times of structures, using the different techniques of climbing, climbers, ladders and pre-stretchers. A form was developed for the correct recording of data, which allows obtaining the results in an easy and simple way, according to the analyzed area. The data obtained allowed defining new yields, since they will vary according to the support structure to be built, as well as the climbing technique used. The valuation of labor was obtained by analyzing the hourly cost, established by the Comptroller General of the State, which must be updated every year, together with the yield and the minor tool. The final unit price corresponding to each structure is the addition of the components previously described, in the same way the cost of materials is contemplated, whose prices go through an exhaustive analysis referential to offers and proformas of various supplier companies.

Key words:

- **HOMOLOGATION OF PROPERTY UNITS**
- **SUPPORT STRUCTURES**
- **TIME PERFORMANCE**
- **UNIT PRICE**

Capítulo I

1. Problemática

1.1. Planteamiento del problema

Las redes eléctricas en la actualidad son construidas por varias empresas del sector eléctrico, entidades públicas o privadas, por ello, se ha constituido un libre mercado, cuyo servicio es de suministro de materiales y mano de obra para la construcción de las redes eléctricas de distribución, generando una gran cantidad de ofertantes de este servicio. Como consecuencia de este libre mercado es necesario alcanzar niveles de competitividad sin generar un sobre o bajo precio del bien o servicio ofertado.

La valoración de la mano de obra para la oferta de un bien o servicio no ha sido considerada en el sector eléctrico, debido a que es dinámico y cambia constantemente, las empresas públicas y privadas del área eléctrica, hoy en día, manejan rubros que son desactualizados para estimar sus presupuestos de valoración de mano de obra.

En la actualidad, las empresas de distribución eléctrica a nivel nacional no poseen la información documentada, o regulada por algún ente, necesaria para determinar los tiempos de rendimiento de los electricistas (linieros) que conforman un grupo de trabajo para la construcción de redes eléctricas.

La falta de esta información documentada incide en la estimación aproximada del precio unitario en la valoración de mano de obra para un proceso de contratación público o privado en las empresas relacionadas en el sector eléctrico, es así, que los contratistas con el objetivo de alcanzar el valor ofertado en cada uno de los rubros aumentan o disminuyen el rendimiento del grupo de trabajo del precio unitario sin

considerar, a veces, que un rendimiento mal estimado puede generar sobrecarga laboral para cumplir con el cronograma de trabajo en la obra requerida.

En el análisis de los precios unitarios de armado de estructuras y soportes de redes de distribución correspondiente al componente de la mano de obra solo considera una técnica de asenso (con trepadoras) para la construcción de redes eléctricas, pero existen otras formas que no han sido analizadas (con petrales y escalera), que podrían ofrecer o no un mejor rendimiento del grupo de trabajo, la técnica empleada hace que exista diferencias de precios para cada una de ellas.

1.2. Antecedentes

La globalización cambia paulatinamente y hace que la humanidad mejore continuamente, creando en ello la necesidad de un distinto estilo de vida, aparece así en el Ecuador la primera empresa de distribución de energía eléctrica denominada “LUZ Y FUERZA”, el 23 de abril de 1897, con un capital social de 16000 sucres, en la ciudad de Loja, convirtiendo al país en el tercero de la región de América Latina en ingresar al mundo de la producción de energía eléctrica. Y fue en la ciudad de Cuenca donde se instala la primera planta de producción de energía eléctrica en el año de 1914, convirtiendo a la provincia del Azuay en la principal productora de energía del país. (El Universo, 2007)

En 1961 se creó el Instituto Ecuatoriano de Electrificación INECEL, entidad que se encargaba de integrar el sector eléctrico del País, y de gestar el Plan Nacional de Electrificación, mediante Decreto Ley de Energía No. 24, con el objetivo de satisfacer las necesidades de energía eléctrica que demanda el Plan de Desarrollo Económico y Social del Ecuador de dicho gobierno. (INECEL, 1978)

Posteriormente, en 1970 surge la integración eléctrica regional y nacional, habiéndose cumplido desde entonces un importante plan de electrificación rural por medio de la Unidad Ejecutora del Plan de Electrificación Rural UNEPER para obras eléctricas en medio y bajo voltaje, determinando así cuadrillas constructivas y rendimientos que sirvieron de guías en la determinación de precios unitarios de unidades constructivas de las obras del Plan de electrificación en las diferentes empresas del sector eléctrico de la distribución. (Viteri, 2016)

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables MERNNR en septiembre de 2009 conformo la comisión de homologación de unidades de propiedad CUP que estableció las Unidades de Propiedad UP y Unidades de Construcción UC ahora vigentes, sin embargo, en la actualidad las empresas eléctricas de distribución en el Ecuador tienen sus propios precios unitarios y mano de obra lo que da como resultado que los precios unitarios hasta la presente fecha no han sido estandarizados. (Viteri, 2016)

La técnica de ascenso más utilizada para subir a los postes en el Ecuador es con trepadoras, estas disminuyen las caídas a distinto nivel, pero cuando existe la presencia de lluvias, no son buena opción ya que puede producir resbalones durante el ascenso del poste, por lo cual es pertinente investigar las diferentes técnicas de ascenso, con pretales y escalera, para conseguir un ascenso y descenso seguro para el grupo de trabajo.

1.3. Justificación e importancia

La importancia de esta investigación radica en la falta de información documentada respecto a los tiempos de rendimiento de un grupo de trabajo, es así que las diferentes empresas de distribución eléctrica del Ecuador se alejan demasiadas

veces de la realidad, generando en el sector gran desconfianza, debido a su alta diferenciación en su elaboración y en su costo. Los rendimientos y consumos utilizados en la presupuestación y programación de construcción de redes eléctricas, deben estar fundamentados en múltiples observaciones y análisis estadísticos, que consideren las condiciones particulares en las cuales se realizan las diferentes actividades para cumplir el objetivo. (Botero, 2002)

En el caso de estudio del rendimiento de tiempos es importante analizar esta variable ya que para el desarrollo de un proyecto eléctrico de construcción juega un rol esencial porque se establece el tiempo de duración de la actividad a realizar y por ende es necesario para determinar la viabilidad del proyecto, así como de su costo.

Finalmente, se propone actualizar los rendimientos y valoración de mano de obra con los resultados obtenidos, así como estimar el adecuado precio unitario correspondiente a las estructuras de soporte elementales en la construcción de redes eléctricas, a través de la toma de datos, para ser analizados de una manera estadística e iniciar la elaboración de un documento confiable para uso permanente de los profesionales y las empresas constructoras del país. (Botero, 2002)

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Establecer un análisis del rendimiento de tiempos de construcción en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje para la determinación de precios unitarios por estructura.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Investigar las técnicas de ascenso para redes de distribución.
- Determinar los tiempos de ejecución en el armado de estructuras de soporte centradas de medio y bajo voltaje a través de las diferentes técnicas de ascenso.
- Obtener los precios unitarios referente a la mano de obra calificada para estructuras homologadas de bajo y medio voltaje considerando los nuevos tiempos de rendimiento.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1. Antecedentes Investigativos

En el trabajo de titulación (Abril & Guzhñay, 2013) se realizó un estudio acerca de la actualización de precios unitarios los cuales se basan en micro movimientos ejecutados por el personal que realiza el montaje de estructuras en redes de distribución. Debido el constante crecimiento y mejora en las redes de distribución hace necesario un estudio de tiempos y cálculo de precios unitarios, para lo cual, se recopiló información mediante toma de datos realizadas en campo por parte del grupo de trabajo.

El presente proyecto de investigación (Vargas, 2005) realiza un análisis para el cálculo de precios unitarios para la construcción de redes aéreas de distribución en el desarrollo de una determinada actividad en base a tiempos de ejecución por parte de personal calificado, además consta de una base de datos, el que parte de la homologación de unidades de propiedad y materiales del MEER, que genera un presupuesto tanto de materiales como de mano de obra de diseños previamente realizados bajo los parámetros establecidos.

En la investigación (Carchi & Guzhñay, 2020) se realiza un estudio acerca de precios unitarios en redes aéreas de distribución, solicitados por la Empresa Eléctrica Azogues C.A., con rubros frecuentes en los proyectos solicitados.

El método de análisis de tiempos con cronómetro posee todas las características necesarias para ser empleado, por lo cual, para el registro de datos se elaboró una hoja tipo acorde al rubro analizado y al costo de materiales, también contempla los costos de

equipos, mano de obra involucrados en la ejecución de una tarea y el rendimiento de cada uno. La hoja tipo tiene como propósito un registro fácil y mucho más ordenado de cada actividad.

En el trabajo de titulación (Méndez, 2020) se desarrolla una herramienta que, por medio de una hoja de cálculo y el Análisis de Precios Unitarios APU, permite la selección de tipos de estructuras, tensores, luminarias, seccionamiento, transformadores, medidores, postes, excavaciones, conductor y la puesta a tierra, dando como resultado el desglose de estructuras por poste.

2.2. Fundamentación Teórica

2.2.1. Sistema de eléctrico de distribución

El sistema de distribución de energía eléctrica constituye el eslabón final en la cadena producción–transporte–consumo de electricidad. En esta zona funcional se atiende a la mayoría de los usuarios del sistema de potencia, en el caso de existir usuarios con cargas considerables están conectados directamente a los sistemas de transmisión y/o subtransmisión. (Zapata, 2011)

Según la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), los niveles de voltaje se definen en los siguientes: (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), , 2018)

- Bajo voltaje: menor o igual a 0,6 kV.
- Medio voltaje: mayor a 0,6 y menor o igual a 40 kV.
- Alto voltaje: mayor a 40 kV.

2.2.2. Distribución primaria

Las redes de distribución primarias parten de las subestaciones por medio de líneas aéreas que alimentan a los centros de transformación de distribución. Está conformado por conductores de diferentes calibres y tipos que normalmente van desde el calibre número 4 hasta el 4/0 y en casos particulares con calibres mayores como un 266 MCM o superiores, también se constituye por estructuras de soporte monofásicas y trifásicas con crucetas centradas, semicentradas, en volado, retenida, tipo bandera, entre otras; postes y transformadores de distribución aéreos desde capacidades desde 3 a 150 KVA, además, utiliza voltajes a 6.3kv, 13,2kv, 13,8kv, 22kv, 34.5kv. (Vargas, 2005) (Pauta & Iñiguez, 2017)

2.2.3 Distribución secundaria

Son las redes de baja voltaje que parten del transformador de distribución hacia los consumidores finales, además, está conformado de conductores, estructuras de soportes con bastidores galvanizados y para red tipo preensamblada, acometidas y medidores. (Viteri, 2016) (Vargas, 2005)

En Ecuador existen los siguientes niveles de voltaje de diseño para las redes rurales y urbanas:

- Redes Monofásicas 120 / 240 [V].
- Redes Trifásicas 127 / 220 [V].

2.2.4. Redes de Distribución aéreas

Las redes aéreas de distribución eléctrica se caracterizan por disponer los elementos de la instalación sobre estructuras de soporte erigidas sobre el terreno,

además de que el conductor es usualmente desnudo en redes de MV y en redes de BV pueden ser desnudas o preensambladas que van soportados a través de aisladores con herrajes metálicos como crucetas, bastidores, abrazaderas, tuercas de ojo, etc.

Las redes de medio y bajo voltaje se colocan, preferentemente, en las aceras de la vía pública y áreas verdes, con el fin de evitar la obstrucción de zonas peatonales y conflictos ecológicos, conservando las distancias horizontales normalizadas a fachadas y edificios. (Empresa Electrica Quito S.A., 2015)

Las partes principales de un sistema aéreo son:

- **Postes:** Pueden ser de madera, hormigón armado o metálico. Los utilizados para sistemas urbanos son postes de hormigón armado circular de 12 y 10 metros.
 - Para postes de 10 m: la carga de rotura es de 350,400 (siendo la carga de rotura referencial), 500, 2000 Kg.
 - Para postes de 12 m: la carga de rotura es de 400, 500 (siendo la carga de rotura referencial), 600 y 2000 Kg. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables)
- **Conductores:** Son por los cuales fluye la corriente eléctrica, para redes aéreas, en los circuitos primarios (red de MV) se utilizan conductores de Aluminio aliado, ACAR y el aluminio reforzado con alma de acero ACSR desnudos y para circuitos secundarios (red de BV) cables desnudos o aislados.
- **Crucetas:** soporta a los aisladores y cables pueden ser de material de madera inmunizada o de ángulo de hierro galvanizado de 2 o 2,4 metros

para 13.8, 13,2 kV por lo regular vienen con agujeros estandarizados.

- **Aisladores:** son los que sirven para el aislamiento del voltaje hacia la herrajería, son de porcelana o siliconados en la norma ANSI 55.4, 55.5. 52.1 para medio voltaje (espiga y disco) y ANSI 53.3 para bajo voltaje (aislador rollo).
- **Herrajes:** los herrajes utilizados en redes aéreas de medio y bajo voltaje son de acero galvanizado. (tuercas de ojo, tornillos de máquina, perno pin, preformado terminal, etc.).
- **Equipos de seccionamiento y protección:** el seccionamiento se efectúa por medio de seccionadores monopolares estándares, las capacidades más utilizadas son de 100 a 200 amperios.
- **Transformadores:** se emplean transformadores monofásicos convencionales o autoprotegidos y transformadores trifásicos. (Viteri, 2016)

Ventajas de una red de Distribución aérea.

- Costo inicial más bajo.
- Son las más comunes y materiales de fácil consecución.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil localización de fallas.
- Tiempos de construcción más bajos.

Desventajas de una red de Distribución aérea.

- Mal aspecto estético.
- Menor confiabilidad.
- Menor seguridad (ofrece más peligro para los transeúntes).

- Son susceptibles de fallas y cortes de energía ya que están expuestas a: descargas atmosféricas, lluvia, granizo, polvo, temblores, gases contaminantes, brisa salina, vientos, contactos con cuerpos extraños, choques de vehículos y vandalismo. (Turrubiates, 2019)

2.2.5. Unidades de Propiedad y Construcción en el Sistema Eléctrico de Distribución

Las unidades de propiedad y construcción son emitidas por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables MERNNR y constan en el catálogo digital de las Unidades de Propiedad y Construcción, bajo las directrices de los criterios de homologación, identificación nemotécnica y normas.

2.2.5.1. Unidades de Propiedad

Es un conjunto de bienes diferentes pero asociados entre sí, que cumple una función específica en los sistemas de distribución de energía eléctrica que abarcan a las diferentes unidades de construcción, las cuales son básicamente el conjunto y equipos de las Unidades de Propiedad. (Méndez, 2020)

2.2.5.2. Unidades de Construcción

Es el conjunto de materiales dispuestos de una forma preestablecida que conforman las Unidades de Construcción dentro de una misma Unidades de Propiedad que se ha homologado y estandarizado a nivel nacional como una unidad de montaje que facilitan, el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas de distribución, de manera sencilla, ordenada y uniforme. (Viteri, 2016)

2.2.5.3. Estructura de identificación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción

Está definido por 5 campos, en los cuales, los dos primeros corresponden a la Unidad de propiedad y los últimos competen a las Unidades de Construcción.

Unidad de propiedad

- **Primer campo:** Está conformado por dos caracteres alfabéticos denominado Grupo, se selecciona la primera o segunda letra que corresponde a la palabra o palabras claves. Las equivalencias son las siguientes:

ES = Estructura en redes aéreas de distribución.

- **Segundo campo:** Corresponde al Nivel de Voltaje de operación del sistema de distribución, está conformado por una letra.

Tabla 1

Nivel de Voltaje de Operación

Código Segundo campo	Descripción
R (Treinta mil)	34,5 kV
V (Veinte mil)	22,8 kV
T (Trece mil)	13,8 kV
S (Seis mil)	6,3 kV
D (Doscientos)	240/120 V – 220/127 V

Nota. Se presentan los niveles de voltaje de Operación que puede tener un sistema de distribución. Tomado de (Comision de Homologacion, 2011)

Unidad de Construcción

- **Tercer campo:** Indica el Numero de Fases o Hilos, está conformado por un carácter numérico.

Para redes de Medio Voltaje:

✚ 1 = Una fase;

✚ 2 = Dos fases;

✚ 3 = Tres fases

Para redes de Bajo Voltaje:

✚ 1 = Una vía;

✚ 2 = Dos vías;

✚ 3 = Tres vías;

- **Cuarto campo:** Corresponde a la Disposición, está conformado por una letra en mayúsculas.

✚ C = **C**entrada.

✚ P = **P**reensamblado.

✚ E = **V**ertical.

- **Quinto Campo:** Corresponde a la Función.

Para redes de Medio Voltaje:

✚ P = **P**asante o tangente.

✚ A = **A**ngular.

✚ R = **R**etención o terminal.

✚ D = **D**oble retención o doble terminal.

Para redes de Bajo Voltaje:

✚ P = Pasante, tangente o angular.

✚ R = Retención o terminal.

✚ D = Doble retención o doble terminal.

Ejemplos:

EST – 3CA: Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, tres fases, Centrada, Angular.

ESD – 1EP: Estructura en redes aéreas de distribución a 220/127 V, una vía, Vertical, Pasante.

ESD – 1PR3: Estructura en redes aéreas de distribución a 220/127 V, una vía, Preensamblada, Retención con tres conductores. (Viteri, 2016) (Comision de Homologacion, 2011)

2.2.6. Análisis de Precios Unitarios

El Precio Unitario es el valor que conlleva una unidad de instalación para un determinado lugar. Esto es importante ya que permite conocer brevemente, si el precio al cual se oferta el servicio permite obtener un grado de rentabilidad aceptable o no.

Para que una empresa pueda asignar el presupuesto adecuado, se debe considerar todas las posibles situaciones que influyen dentro de la construcción y elaboración de un proyecto, es así que, para que un contratista realice sus ofertas, es necesario conocer todos los rubros implicados en dicha obra y el precio de cada uno. Por lo cual, es fundamental realizar un buen análisis de precios unitarios, ya que este engloba todos los costos que involucra llevar a cabo un trabajo en su totalidad y con las

especificaciones requeridas para obtener el costo total de una tarea en particular, además se debe analizar los costos directos e indirectos. (Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, 2002) (Aguilar, 2009)

Costos directos:

- Materiales
- Equipo y herramientas
- Mano de obra
 - Residente de obra
 - Jefe de grupo
 - Liniero
 - Ayudante peón.
 - Asistente técnico
 - Chofer

Costos indirectos

- Utilidad

2.2.6.1. Costos Directos

Son aquellos cargos aplicables por concepto de materiales, mano de obra, equipos y herramientas o labores involucradas en la construcción física de la obra.

Costo unitario de materiales. Es el valor monetario de todos los elementos necesarios dentro de una tarea. Es importante determinar los precios actuales ya que, con el trascurso del tiempo pueden variar y afectar el costo final del proyecto.

Costo unitario de mano de obra. Este costo comprende las erogaciones realizadas por el contratista por concepto de pago de salarios al personal encargado de la ejecución del trabajo y sus prestaciones, además es imprescindible seleccionar el personal adecuado ya que de ello depende la calidad y avance de las tareas asignadas.

Para el caso particular del estudio se tiene como prioridad al liniero y al ayudante peón.

- **Liniero** es la persona encargada de dar las órdenes necesarias para el correcto desempeño de actividades.
- **Ayudante peón** es el personal encargado en ejecutar las órdenes comunicadas por el jefe liniero.

Costo de equipos y herramientas. Este costo se asigna a las labores realizadas por un equipo o herramienta en específico. Es imprescindible conocer la tarifa de alquiler, administración, reparación y depreciación.

Costo de Transporte. Este costo comprende el traslado de materiales, herramientas y equipos, y mano de obra que son necesarios para la obra, este costo se encuentra dentro del 3% al 5% de la mano de obra.

2.2.6.2. Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos que no tienen una vinculación directa con la actividad, sin embargo, son las contribuciones adicionales que son necesarias para solventar la ejecución de la obra, como gastos de oficina, renta de local para oficina, luz, agua, teléfono, impuestos, imprevistos y además un punto muy importante la utilidad del constructor.

- La utilidad es un factor significativo para la subsistencia de cualquier empresa ya que se requiere obtener una rentabilidad por un servicio prestado. Esta utilidad no debe exceder en el precio de venta o servicio debido a que puede provocar la salida de dicha empresa dentro del mercado de libre competencia.

Se considera que el porcentaje de utilidad aceptable deberá estar entre el 10% y 15% del costo total de la obra.

2.2.7. Análisis de Rendimientos

Dentro del análisis del precio unitario asociado a una unidad constructiva, no solo es importante conocer el personal, equipos, herramientas y transporte necesarios, también se debe conocer el aporte de cada uno de estos para que sea ejecutada correctamente en su totalidad una tarea determinada.

El rendimiento se basa en la cantidad de trabajo y tiempo útil ejecutado por una persona, un grupo de trabajo o maquina dentro de un proceso productivo a lo largo de un tiempo determinado.

La importancia de conocer el rendimiento de los recursos se debe a que con este se puede estimar la cantidad de trabajadores, maquinas, herramientas y equipos necesarios para un proyecto y su correspondiente costo, que permite generar presupuestos referenciales de proyectos que entrarán en concurso, así como para pedir asignación de presupuesto para futuros proyectos.

Los rendimientos no son únicos, están basados según la aplicación y tipo de estudio que dependerá de la rigurosidad con la que sean analizados.

2.2.7.1. Factores de afectación de los Rendimientos

Se debe considerar que un obrero nunca trabajará continuamente, sino que durante su labor se presentan distracciones, dilatando el tiempo de ejecución de su tarea y por ende disminuyendo su capacidad productiva. A más de las distracciones propias que se generan en el transcurso de la jornada, su desempeño se ve afectado por los siguientes factores:

- **Economía general.** Este factor hace referencia al estado económico del país o área específica donde se desarrolla el proyecto. Si la economía general es buena, la productividad tiende a rebajar, debido a que cuando los sectores están bien, se hace difícil encontrar mano de obra de buena calidad, supervisores competentes, teniendo que recurrir a personal inexperto. De otro modo, cuando la economía se encuentra en estados normales, la productividad tiende a mejorar, ya que bajo condiciones normales se dispone de personal calificado para realizar labores de supervisión y ejecución de las actividades.
- **Aspectos laborales.** Este elemento hace referencia a la disponibilidad del personal capacitado y expertos en zonas donde se realizan los trabajos o la necesidad de desplazar personal de otros sitios con condiciones de pago algunas veces diferentes a las de la zona. Los aspectos que se deben considerar son el tipo de contrato, el sindicalismo, incentivos, salarios, ambiente de trabajo, seguridad social y seguridad industrial.
- **Clima.** El estado del tiempo en el área donde se construye el proyecto siempre se debe considerar, debido a que se tiene que prever las condiciones durante el periodo de ejecución de la obra.

Los factores que se toman en cuenta dentro de esta categoría son los siguientes:

- ✓ Estados del tiempo. Pueden ser condiciones favorables o no para el desarrollo de la obra, si las condiciones son favorables influyen positivamente en la obtención de mejores rendimientos
- ✓ Temperatura. El exceso de calor afecta el desempeño del trabajador.
- **Actividad.** Las condiciones específicas de la actividad a realizar, las relaciones con otras actividades, el plazo para la ejecución de la misma, los medios para realizarla y el entorno general de la obra, son aspectos que pueden afectar los rendimientos.
- **Equipamiento.** Se debe disponer del equipamiento adecuado para realizar las diferentes actividades, además se considera el estado general del equipo, su mantenimiento y la reparación oportuna, para que no afecten el rendimiento.
- **Supervisión.** La experiencia del personal utilizado en la supervisión de las operaciones en la obra, influye considerablemente en la productividad esperada de todo el personal.
- **Trabajador.** Los aspectos personales del operario deben considerarse, ya que afectan su desempeño. Los factores que se incluyen en esta categoría, son:
 - ✓ *Situación personal.* La tranquilidad del trabajador y de su familiar, generan un ambiente propicio para que se encuentre en la facultad de realizar las actividades

propuestas. Las buenas políticas de recursos humanos y apoyo al trabajador traen como consecuencia efectos positivos sobre el rendimiento de la mano de obra.

- ✓ *Ritmo de trabajo.* Trabajar de manera continua es agotador para cualquier persona, se requiere definir ciertas políticas sobre los descansos que garanticen un normal rendimiento del trabajador en sus actividades.
- ✓ *Habilidad.* Los obreros desarrollan habilidades según transcurre el tiempo, independientemente del grado de capacitación se haya alcanzado, esto favorece de forma directa en la ejecución de las diferentes actividades y consecuentemente aumenta la productividad.
- ✓ *Conocimientos.* El nivel de capacitación alcanzado, así como su posibilidad de mejorarlo, favorecen en alto grado la mayor eficiencia de su labor. (Botero, 2002)

2.2.7.2. Grupo de trabajo

De manera teórica, no siempre todo el personal se emplea para ejecutar un mismo trabajo, por lo que el jefe forma grupos de trabajo, observando en que actividades se desempeña mejor cada trabajador.

Para la ejecución de proyectos de redes de distribución eléctrica es común emplear el siguiente personal, un ingeniero residente de obra y un jefe liniero, el número de linieros depende del plazo y la magnitud del proyecto. En el análisis de precios unitarios, es necesario que los grupos de trabajo sean las más eficaces, ya que de ellas depende el tiempo registrado. (Abril Oleas & Guzñay Padilla, 2013)

2.2.7.3. Estudio de tiempos

Es una técnica de medición del trabajo que, mediante un número limitado de observaciones, se registra los tiempos de trabajo correspondientes a una tarea definida, además se analiza cada uno de los datos obtenidos con el fin de dar mejoras en la eficiencia de trabajo, reducción de costos, mejora la calidad y entrega final del servicio.

Para una correcta recolección de datos, son necesarias algunas herramientas como:

- Cronómetros.
- Hojas de registro de datos.
- Cámara de video o smartphone.

Para el desarrollo del proyecto se utilizarán formularios para recopilar datos de las observaciones en el estudio de tiempos realizadas en redes nuevas y el en campo.

2.2.7.3.1. Estudio de tiempos por cronómetro

Existen 2 procedimientos elementales.

a. Lectura continúa. Consiste en poner en marcha el cronómetro y detenerlo hasta el final de la actividad o proceso ejecutado, sin desactivar el cronómetro durante la tarea realizada. Culminadas la tarea se detiene el cronómetro y el tiempo marcado será el total de ejecución de la tarea.

Ventajas:

- El tiempo medido es el exacto empleado en la ejecución de la tarea.
- Se obtiene un registro completo en un período de observación.

- No se deja tiempo sin anotar.
- Se obtienen valores exactos en elementos cortos.
- Hay menos distracción en el analista.

Desventajas:

- Su cálculo numérico requiere de más tiempo.
- El analista Requiere mayor concentración y práctica para tomar lecturas.

b. Lectura repetitiva. Consiste en reiniciar en cero el cronómetro al finalizar cada actividad propuesta en una tarea, esto se hace de manera sucesiva hasta concluir las mediciones pertinentes del estudio. Para encontrar el tiempo total de la tarea se suman todos los tiempos parciales de las actividades.

Ventajas:

- El cálculo por elemento requiere de menos tiempo.
- Los elementos fuera de orden se registran fácilmente.
- Se obtienen valores exactos en elementos cortos.
- Hay menos distracción en el analista.

Desventajas:

- Su cálculo numérico requiere de más tiempo.
- Requiere mayor concentración del analista.
- No se obtiene el registro completo al no considerar retrasos y elementos extraños.
- Propicia distracción en el analista.(Meyers, 2000)

2.2.7.3.2. Hoja de registro de datos

Las hojas de control o también conocidas como hojas de registro de datos son formas estructuradas que facilitan la recolección de información de una tarea en específico. Se diseñan en base a las necesidades y características que requiera el analista para medir o evaluar el o los procesos.

2.2.7.3.3. Cámara de video

Es un dispositivo que permite guardar en video la ejecución de toda la obra seccionado por las diferentes actividades que esta conlleva, sin perder ningún detalle que a futuro se desee verificar.

2.2.7.4. Condiciones fundamentales para la medición de tiempos

El grado de exactitud debe estar de acuerdo con la importancia de lo que se mide, principalmente por razones económicas. Las mediciones deben ser perfectamente realizadas, la falta de responsabilidad en estas menciones puede provocar graves perjuicios en los trabajadores y la empresa. (García, 2005)

2.2.7.5. Medición de tiempos en producción

Los tiempos para la realización de un proceso o tiempos estándar, han de convertirse en los pilares sobre los que se asienten las decisiones a tomar en la gestión de la producción. (CEUPE, s.f.)

A través del conocimiento de estos, será más fácil determinar y conocer:

1. Los costes estándar de maquinaria y mano de obra.

2. Los costes reales y las desviaciones que pudiese haber respecto a los estándares establecidos previamente.
3. Establecimiento y cuantificación del número de actividades a realizar por trabajador en base al volumen de trabajo, con el fin de equilibrar los ritmos y carga de trabajo de forma equitativa, evitando así futuros problemas de ritmo, equilibrado de trabajo y los archiconocidos cuellos de botella o condicionantes.

Por tanto, da igual lo bien que se gestione las compras de materia prima, los bajos niveles de stock que se mantenga o el alto nivel de cualificación de los directivos. Si no se consigue mejorar los tiempos estándares de producción en comparación con los competidores más directos, en base al estudio de tiempos, el resultado será menor productividad y por tanto menor competitividad

Los métodos de estudio de tiempos estándar son una herramienta fundamental para la correcta dirección y toma de decisiones de una empresa contratista, maximizando beneficios y minimizamos riesgos.

2.2.8. Técnicas de ascenso y descenso de postes

2.2.8.1. Trabajo en altura

El trabajo en altura o trabajos verticales, son actividades realizadas por los trabajadores a una altura igual o mayor a 6 pies (1,8288 metros) sobre el nivel más bajo, establecido en normas americanas. En el medio ecuatoriano se ha tomado como estándar la altura 1,80 metros. (Pazmiño, 2020)

Detener caídas puede salvar de la muerte, pero aun así puede existir lesiones importantes en el cuerpo, por lo que es indispensable comprender las reglas y

procedimientos de seguridad, antes de iniciar cualquier trabajo en alturas, para lo cual es importante abordar lo siguiente:

- Riesgos del ascenso y descenso de postes.
- La seguridad y el trabajador.
- Equipo de Protección Personal

2.2.8.1.1. Riesgos del ascenso y descenso de postes.

El ascenso a postes es una actividad de trabajo necesaria para resolver requerimientos de los usuarios o empresas. No obstante, el descenso, que es consecuente al ascenso, implica el mismo grado de riesgo, por lo cual se debe aplicar la misma actitud de seguridad para los dos casos. Estas actividades tienen un valor en la medida que permitan resolver una necesidad.

Para ascender y descender de postes se debe tener en cuenta algunas consideraciones de acuerdo al trabajo que se vaya a realizar, con el fin de elegir la mejor técnica que brinde mayor seguridad.

A cada maniobra se le debe dar la importancia que amerita y tomarse con prudencia el riesgo al que se expone, para evitar accidentes por excesos de confianza.

2.2.8.1.2. La seguridad y el trabajador

Las medidas de seguridad en cualquier empresa son vitales, para lo cual se requiere de diversos elementos para lograr su aplicación, como son:

- Capacitación.
- Fomento de cultura de seguridad.
- Disponibilidad de equipo de protección para cada trabajador.

- Programa de actualización y mantenimiento de equipo de seguridad.
- Participación de jefes de grupo al planificar las tareas de cada trabajador.

Sin embargo, el personal, en algunas ocasiones, es renuente al momento de utilizar el equipo de seguridad argumentado que tienen dificultad para moverse o maniobrar, no encuentra la utilidad del equipo entregado, no dispone del equipo de seguridad acorde a su persona y finalmente, por factores climáticos como el calor, que le impide utilizar ciertos elementos de protección.

Debido a estas circunstancias, es necesario que las empresas dispongan de manuales de procedimientos y reglamentos que indiquen hasta donde pueden llegar las responsabilidades del personal en materia de seguridad.

2.2.8.1.3. Equipo de protección personal.

Es aquel equipo destinado a ser llevado por el liniero para que le proteja de riesgos o situaciones peligrosas, que puedan atentar en contra de su vida.

La función principal del equipo de protección personal es evitar que se produzca un daño dentro del personal, ya que siempre se encontrarán expuestos al peligro, por lo tanto, es importante conocer cuáles son los elementos de seguridad.

Elementos de Protección Personal:

- Casco de seguridad dieléctrico con barbuquejo.
- Gafas de Seguridad.
- Guantes antideslizantes.
- Calzado de seguridad dieléctrico antideslizante.
- Protectores auditivos (si aplica).
- Ropa adecuada de trabajo (manga larga).

Elementos anticaídas:

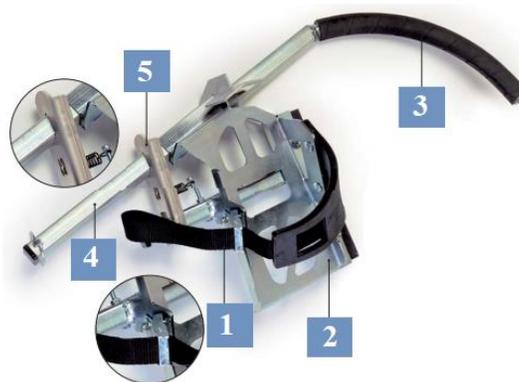
- Arnés dieléctrico de cuerpo entero.
- Eslinga con absorbedor de impacto.
- Anclaje portátil de dos argollas.
- Línea de vida vertical
- Mosquetón
- Arrestador de caídas.

2.2.8.2. Ascenso y descenso con trepadoras

El trepador para postes circulares permite el ascenso y descenso fácil de postes circulares de hormigón, para lo cual, es pertinente conocer las partes del trepador para una mayor comprensión.

Figura 1

Partes de un trepador.



Nota. En la figura se muestra las diferentes partes de una trepadora la cual es necesaria para el ascenso a un poste. Tomando de (SOFAMEL, 2019)

1: Correa de sujeción del pie.

2: Base del pie.

3: Goma antideslizante.

4: Arco regulable de sujeción.

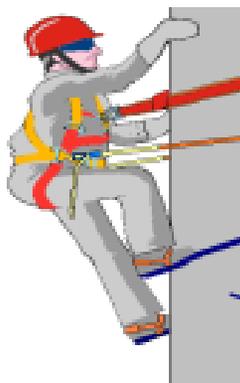
5: Palanca de bloque.

El ascenso y descenso con trepadores es una de las técnicas más usadas, en la zona interandina del Ecuador, a la hora de construir redes nuevas eléctricas de distribución, sin embargo, se debe considerar los factores climáticos del medio en el cual se trabaja ya que está estrictamente prohibido el uso de trepadores en postes mojados o congelados, debido a que esto puede generar graves accidentes al personal.

El trepado de postes de hormigón, se realiza utilizando, además de las trepaderas, el arnés, un cinturón de herramientas y una línea de vida, la cual cumple la función de impedir la caída del liniero ante un resbalamiento ya que estrangula el poste y no se desliza por él. (Empresa Puente Alto, 2017)

Figura 2

Ascenso y descenso de poste con trepadores.



Nota. Se muestra el ascenso al poste con trepadoras y su respectivo equipo de seguridad. Tomando de (Empresa Puente Alto, 2017)

2.2.8.3. Ascenso y descenso con escalera

La escalera es un dispositivo que incorpora peldaños sobre los cuales una persona puede ascender o descender de un poste.

Se utiliza esta técnica para facilitar el ascenso de postes de forma accesible y segura, además se emplea para realizar maniobras relacionadas con la construcción de redes eléctricas de MV y BV especialmente en zonas donde predomina la humedad, como son las regiones del Litoral y Amazónica del país.

Es importante que la escalera se encuentre ubicada de la mejor manera y con la seguridad correspondiente para que no exista problemas a futuro, para lo cual se debe seguir el siguiente los siguientes pasos.

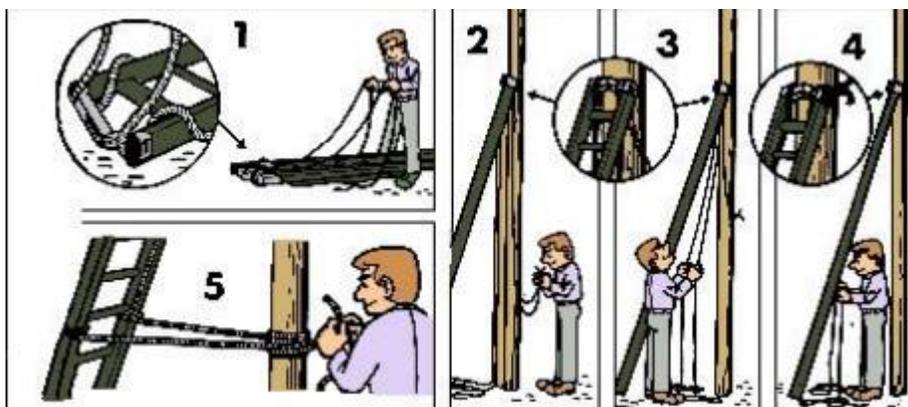
1. Levantar la escalera. Para levantar la escalera se requiere de dos personas, una de las personas se ubica en la parte inferior de la escalera, con los pies en las zapatas de la escalera y tomará las cuerdas de seguridad para ayudar al levantamiento, la segunda persona se ubica en la parte superior, tomará los laterales y los subirá por encima de la cabeza, caminará en dirección a la parte inferior de la escalera sosteniendo los laterales hasta que la escalera quede totalmente hincada.
2. Colocar la escalera en el poste y asegurar la línea de vida. Se coloca la línea de vida entre el primer y segundo peldaño superior. Una vez la escalera se encuentre frente al lugar de trabajo, se requerirá de un trabajador para que sujete la escalera mientras que otro compañero, que está en la parte de atrás de la escalera, extiende sin tensar la cuerda.
3. Cuando la escalera se encuentra ubicada contra el poste, se coloca la cuerda de seguridad por detrás de la escalera y se da giros a cada una de

las líneas de seguridad alrededor del poste, como mínimo 5 giros, y cuando este a la altura de 1,50 metros se deberá amarrar las 2 líneas a la escalera a los laterales.

4. Inmovilización de la escalera. La cuerda empleada para extender la escalera, y que hace parte de la misma, debe amarrarse al poste con el objeto de proporcionar puntos adicionales de sujeción para fortalecer mucho más la estabilidad de la escalera.
5. Las cuerdas de seguridad y línea de vida sobrante en el suelo se deben amarrar en el poste. (Universidad del Tolima, 2019)

Figura 3

Levantamiento e inmovilización de una escalera.



Nota. El gráfico representa los pasos necesarios para levantar de forma correcta la escalera y para asegurar contra el poste con el fin de evitar una caída. Tomado de (Tamborero, 2018)

2.2.8.4. Ascenso y descenso con pretales o manead

El juego de pretales o manead consta de dos piezas, formado por cabos de polipropileno generalmente de 19 mm, una en forma paralela con dos estribos ubicada en la parte inferior que se denomina *manea de trabajo* que se utiliza en el pie izquierdo,

y otra en su parte inferior llamada *manea de seguridad* que va en el muslo de la pierna derecha, estos parámetros son siempre y cuando el liniero sea diestro, si el liniero es zurdo, las maneas se las utiliza de manera contraria.

Figura 4

Pretales o maneas.



Nota. Se presenta un modelo de pretales, elemento para ascender y descender de postes. Tomando de (Solintos S.A., 2022)

El personal que labora en el sector de Distribución, su trabajo se realiza en alturas, han adoptado las maneas como una herramienta de trabajo para ascender y descender a postes sin el riesgo de sufrir una caída de diferente nivel.

Todo liniero que haga uso de las maneas debe contar con un conjunto de arnés de cuerpo completo y un mosquetón para mantenerse seguro mientras asciende o desciende. Esta técnica de ascenso es muy utilizada en Colombia. (Comision Federal de Electricidad CFE, 2010)

2.3. Fundamentación Conceptual

- **CUP:** Comisión de homologación de Unidades de Propiedad.
- **UP:** Unidades de Propiedad.

- **UC:** Unidades de Construcción.
- **MERNNR:** Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables.
- **ARCERNNR:** Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables.
- **MV:** Medio Voltaje
- **BV:** Bajo Voltaje.
- **Mosquetón.** Es un equipo metálico en forma de argolla que permite realizar conexiones directas del arnés o cinturón a los puntos de anclaje.
- **Línea de vida vertical.** Son sistemas de cuerdas o cables de acero que son ancladas debidamente con el fin de proteger al trabajador en el ascenso y descenso en el poste.
- **Arnés.** Es un sistema de correas cosidas y debidamente aseguradas, que incluye elementos para conectar equipos y asegurarse a un punto de anclaje; su diseño permite distribuir en varias partes del cuerpo el impacto generado durante una caída.
- **Eslinga con absorbedor de impacto.** Permite una caída libre de máximo 1,80 m, amortigua los efectos de la caída reduciendo las fuerzas de impacto al cuerpo del trabajador.
- **Anclaje portátil de dos argollas.** Es un sistema de detención de caídas con gran resistencia a la abrasión
- **Arrestador de caídas.** Es un sistema usado en el ascenso y descenso controlado para una protección anticaída temporal en escaleras, permite al operario subir y bajar siempre asegurado.

2.4. Fundamentación Legal

Regulación del sector eléctrico

La presente ley tiene por objeto garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales.

Por disposición de la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica, le corresponde al MERNNR, en su naturaleza jurídica (Art. 11), ser el órgano rector y planificador del sector eléctrico que le corresponde definir y aplicar las políticas, evaluar que la regulación y control se cumplan para estructurar un eficiente servicio público de energía eléctrica; La Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCERNNR es el ente encargado en regular y controlar las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general, precautelando los intereses del consumidor o usuario final, teniendo entre sus atribuciones el “Dictar las regulaciones a las cuales deberán ajustarse las empresas eléctricas”. (Proyecto de Ley Organica del Servicio Publico de Energia Electrica, 2015)

Normativa MEER

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ex MEER) implementa un Sistema de Gestión Único acerca de la homologación de Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica, esta normativa se enfoca en unificar la identificación, materiales y equipos usados en las estructuras y montajes de equipos, además se utiliza para categorizar con el fin de mantener un orden de los componentes a utilizar con su respectivas características y gráficos.

En cuanto a Redes Aéreas, el documento contiene cinco secciones tales como:

- Unidades de Propiedad.
- Especificaciones Técnicas.
- Simbología.
- Códigos de Unidades de Propiedad.
- Imágenes de Materiales.

Unidad de propiedad, capítulo 1

Manual de construcción de redes de distribución.

Unidad De Propiedad, Capítulo 2

Identificador Nematécnico de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC).

2.5. Hipótesis

¿Es posible que, con la determinación de tiempos de rendimiento para el armado de estructuras básicas, se pueda estimar un análisis de los precios unitarios en la construcción de redes eléctricas?

2.6. Sistema de Variables

2.6.1. Variable independiente:

Tiempos de rendimientos en el armado de estructuras de soporte básicas para la construcción de redes de distribución eléctrica.

2.6.2. Variable dependiente:

Determinación de los precios unitarios del armado de estructuras de soporte básicas.

2.7. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 2

Cuadro de Variable Independiente

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable Independiente: Tiempos de rendimientos en el armado de estructuras de soporte básicas para la construcción de redes de distribución eléctrica.	Es el tiempo de necesita para armar una estructura de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje.	Construcción de redes eléctricas de MV y BV mediante diferentes técnicas de ascenso, trepadores, escalera, pretales. Seguridad en trabajos en altura	Intervalo de tiempo utilizado Tiempo de ascenso y descenso	Hoja de registro de datos Encuestas

Nota. En la table se muestra la definición, conceptual, indicador e instrumento de la variable independiente.

Tabla 3

Cuadro de Variable Dependiente.

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable Dependiente: Determinación de los precios unitarios del armado de estructuras de soporte básicas.	Permite constatar y cuantificar los datos para generar un análisis de precios unitarios.	Determinación de costos directos y indirectos Determinación de precios en base a la competencia.	Costo de mano de obra Costo de materiales Costos indirectos. Comparación de precios	Fórmulas Proformas Proyectos eléctricos

Nota. En la table se muestra la definición, conceptual, indicador e instrumento de la variable dependiente.

Capítulo III

3. Metodología

3.1. Modalidad de la investigación

El presente trabajo de titulación se basa en la recopilación de información mediante el método inductivo, con el fin de analizar el rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución de medio voltaje y bajo voltaje para determinar los precios unitarios por cada estructura para lo cual se desarrolla mediante la recolección de datos de tiempos.

3.2. Tipos de investigación

3.2.1. *Investigación de exploratoria*

Según Hernández Sampieri (2010), "los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes", el análisis de rendimientos de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje, al ser una problemática poca estudiada, con bajos antecedentes investigativos dentro de la zona 3 del país, la finalidad de esta investigación es obtener datos cuantitativos para desarrollar un análisis de precios unitarios.

3.2.2. *Investigación descriptiva*

Tamayo y Tamayo (2006), "comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos", con los resultados de la investigación exploratoria, los datos obtenidos acerca del rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de redes eléctricas de distribución,

se aplica una estadística descriptiva la cual se representa mediante gráficos estadísticos para su análisis e interpretación mediante un programa informático.

3.2.3. Investigación de campo

Según Santa y Martins (2010), “la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables”, mediante este método se realiza el levantamiento de información en la ciudad de Latacunga, en los patios del Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, perteneciente a la zona 3, para lo cual, se efectúa un trabajo estrictamente controlado con el fin de obtener datos concretos que ayuden al desarrollo del proyecto.

3.2.4. Investigación bibliográfica

Según Alfonso (1995), “la investigación bibliográfica es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema”, es así que la información adquirida inicia con la revisión de proyectos similares, catálogos, informes de Entidades como ARCERNNR, MEER y regulaciones vigentes; esto desempeña un rol fundamental en la relación entre el conocimiento y la información, pues es significativo para el desarrollo del proyecto respecto al rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas y a las diferentes técnicas de ascenso.

3.3. Diseño de la investigación

El trabajo de investigación permite, mediante la observación, recolección de datos y tabulación en un programa informático, realizar un análisis de tiempos de construcción de redes eléctricas de medio voltaje, red trifásica y red monofásica, y bajo

voltaje, red preensamblada y red desnuda, para establecer tiempos de rendimientos por cada estructura y determinar el precio unitario.

3.4. Niveles de investigación

Para desarrollar el proyecto se asumió una investigación que intenta vincular los tiempos de rendimientos en el armado de estructuras de soporte básicas para la construcción de redes de distribución eléctrica. para determinar los precios unitarios del armado de estructuras de soporte básicas.

(Bernal, 2010) establece lo siguiente:

“... Se fundamenta en la medición de las características de los fenómenos sociales, lo cual supone derivar de un marco conceptual pertinente al problema analizado, una serie de postulados que expresen relaciones entre las variables estudiadas de forma deductiva. Este método tiende a generalizar y normalizar resultados” p. 60

La investigación partió de un paradigma positivista ya que se aplicó el método deductivo, basada en teorías existentes se determina una variable de causa y una de efecto, segmentado en probar la teoría en la realidad y describirla estadísticamente para mostrar las relaciones entre las variables y operacionalizarlas, descritas en un esquema estructurado para validar mediante instrumentos los objetivos y la hipótesis declaradas en el proyecto de investigación.

Considerando los párrafos anteriores, y la naturaleza del objeto de estudio, vale la pena destacar algunas características que la investigación cuantitativa ofreció para abordar el presente trabajo. De acuerdo a (Sampieri, 2016):

- a) Mide fenómenos. - La encuesta aplicada a las autoridades educativas cuenta como un instrumento de recolección de datos que juega un papel principal para cuantificar.
- b) Utiliza estadísticas. - Para el análisis e interpretación de resultados de la encuesta.
- c) Prueba hipótesis. - Con la ayuda de modelos matemáticos comprobamos las hipótesis planteadas mediante chi cuadrado x^2
- d) Hace análisis causa-efecto. – Se efectúa la operacionalización de variables.

Se aplicó la investigación exploratoria y descriptiva con el propósito de realizar una revisión bibliográfica especializada y seguimiento de casos similares, para concluir a partir de estos datos recolectados haya sido posible establecer los conceptos relacionados con las categorías fundamentales en el marco teórico, lo suficientemente fuerte para determinar qué factores son relevantes en los tiempos de rendimientos en el armado de estructuras de soporte básicas para la construcción de redes de distribución eléctrica y su acontecimiento en los precios unitarios del armado de estructuras de soporte básicas.

De esta manera aumentar el grado de familiaridad en el análisis del rendimiento de tiempos en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje para la determinación de precios unitarios por estructura. y no se torne un problema desconocido para obtener información para llevar a cabo una investigación más completa y por lo general determinar sus tendencias en el contexto laboral.

Se concluye con una investigación analítica mediante el cual se eligen las variables y la proposición de las hipótesis que se van a establecer entre tiempos de

rendimientos en el armado de estructuras de soporte básicas para la construcción de redes de distribución eléctrica y los precios unitarios del armado de estructuras de soporte básicas.

3.5. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos referente a tiempos de construcción de redes eléctricas es necesario aplicar la técnica de observación para obtener información del tiempo que se demora el liniero en construir una determinada estructura, ya sea de medio voltaje o bajo voltaje, y con la ayuda de una hoja de registro, donde se detalla cada uno de los datos, de igual manera se realizó encuestas a personal calificado de Distribución, esto con el fin de conocer la percepción que tiene el liniero al momento de armar estructuras.

3.6. Técnicas de análisis de datos

Para el desarrollo del proyecto se organiza los datos previamente obtenidos, se realiza un análisis y procesamiento de dicha información.

Para dicho análisis se requiere tener un adecuado registro en la medición de tiempos de armado, para lo cual se utiliza formularios en donde se plasma los datos obtenidos en cada prueba, estos son procesados en hojas de cálculo de EXCEL para facilitar el análisis estadístico, esto con el fin de organizar de una manera que se encuentren aptos para un correcto análisis.

3.6.1. Estructuras de Bajo Voltaje Red Preensamblada

Tabla 4

Tiempo cronometrado de una Red Preensamblada con trepadoras.

Código UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
ESD-1PP3	06:03,41	07:29,75	06:14,45
ESD-1PR3	05:42,60	05:04,66	06:11,09
ESD-1PD3	07:08,46	08:05,20	07:16,93

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red preensamblada con trepadoras, tomadas en el campo de trabajo.

Tabla 5

Tiempo de encuestas de una Red Preensamblada con trepadoras.

Código UP-UC	EEASA Tiempo 1 (min)	ELEPCO S.A. Tiempo 1 (min)
ESD-1PP3	45:00,0	45:00,0
ESD-1PR3	40:00,0	40:00,0
ESD-1PD3	40:00,0	40:00,0

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red preensamblada con trepadoras, tomadas de las encuestas realizadas a las empresas de Distribución.

Tabla 6

Tiempo cronometrado de una Red Preensamblada con escalera

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
ESD-1PP3	09:07,43	10:33,77	11:00,88
ESD-1PR3	08:46,62	08:08,68	08:34,51
ESD-1PD3	10:12,48	10:09,00	10:20,95

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red preensamblada con escalera, tomadas en el campo de trabajo.

Tabla 7

Tiempo de encuestas de una Red Preensamblada con escalera.

CÓDIGO UP-UC	EEASA Tiempo 1 (min)
ESD-1PP3	25:00,0
ESD-1PR3	25:00,0
ESD-1PD3	25:00,0

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red preensamblada con escalera, tomadas de las encuestas realizadas a las empresas de Distribución.

Tabla 8

Tiempo cronometrado de una Red Preensamblada con pretales.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
ESD-1PP3	07:23,55	08:49,89	06:14,45
ESD-1PR3	07:02,74	06:24,80	07:31,23
ESD-1PD3	08:28,60	09:25,34	08:37,07

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red preensamblada con pretales, tomadas en el campo de trabajo.

3.6.2. Estructuras de Bajo Voltaje Red Desnuda

Tabla 9

Tiempo cronometrado de una Red Desnuda con trepadoras.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
ESD-1EP	06:07,69	07:10,19	06:34,06
ESD-1ER	07:18,77	06:49,43	07:39,31
ESD-1ED	08:22,98	08:34,76	09:40,09

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red desnuda con trepadoras, tomadas en el campo de trabajo.

Tabla 10

Tiempo de encuestas de una Red Desnuda con trepadoras.

CÓDIGO UP-UC	EEASA Tiempo 1 (min)	ELEPCO S.A. Tiempo 1 (min)
ESD-1EP	45:00,0	20:00,0
ESD-1ER	40:00,0	30:00,0
ESD-1ED	40:00,0	30:00,0

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red desnuda con trepadoras, tomadas de las encuestas realizadas a las empresas de Distribución.

Tabla 11

Tiempo cronometrado de una Red Desnuda con escalera.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
ESD-1EP	09:11,71	10:14,21	09:38,08
ESD-1ER	10:22,79	09:53,45	10:43,33
ESD-1ED	11:27,00	11:38,78	12:15,49

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red desnuda con escalera, tomadas en el campo de trabajo.

Tabla 12

Tiempo de encuestas de una Red Desnuda con escalera.

CÓDIGO UP-UC	EEASA Tiempo 1 (min)
ESD-1EP	20:00,0
ESD-1ER	20:00,0
ESD-1ED	20:00,0

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red desnuda con escalera, tomadas de las encuestas realizadas a las empresas de Distribución.

Tabla 13

Tiempo cronometrado de una Red Desnuda con pretales.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
ESD-1EP	07:27,83	08:30,33	07:54,20
ESD-1ER	08:38,91	08:09,57	08:59,45
ESD-1ED	09:43,12	09:54,90	11:00,23

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red desnuda con pretales, tomadas en el campo de trabajo.

3.6.3. Estructuras de Medio Voltaje Monofásicas

Tabla 14

Tiempo cronometrado de una Red Monofásica con trepadoras.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
EST-1CPT	08:30,00	08:47,71	08:08,74
EST-1CDT	11:08,70	12:16,54	10:45,09
EST-1CRT	06:44,02	06:50,48	07:45,78
EST-1CAT	09:22,68	10:24,74	10:06,66

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red monofásica de MV con trepadoras, tomadas en el campo de trabajo.

Tabla 15

Tiempo de encuestas de una Red Monofásica con trepadoras.

CÓDIGO UP-UC	EEASA	ELEPCO S.A.
	Tiempo 1 (min)	Tiempo 1 (min)
EST-1CPT	30:00,0	20:00,0
EST-1CDT	45:00,0	25:00,0
EST-1CRT	50:00,0	30:00,0
EST-1CAT	30:00,0	30:00,0

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red monofásica de MV con trepadoras, tomadas de las encuestas realizadas a las empresas de Distribución.

Tabla 16

Tiempo cronometrado de una Red Monofásica con escalera.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
EST-1CPT	11:30,10	11:47,81	11:08,84
EST-1CDT	14:08,80	15:16,64	13:45,19
EST-1CRT	09:44,12	09:50,58	10:45,88
EST-1CAT	12:22,78	13:24,84	13:06,76

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red monofásica de MV con escalera, tomadas en el campo de trabajo.

Tabla 17

Tiempo de encuestas de una Red Monofásica con escalera.

CÓDIGO UP-UC	EEASA Tiempo 1 (min)
EST-1CPT	40:00,0
EST-1CDT	20:00,0
EST-1CRT	20:00,0
EST-1CAT	20:00,0

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red monofásica de MV con escalera, tomadas de las encuestas realizadas a las empresas de Distribución.

Tabla 18

Tiempo cronometrado de una Red Monofásica con pretales.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
EST-1CPT	10:01,13	10:18,84	09:39,87
EST-1CDT	12:39,83	13:47,67	12:16,22
EST-1CRT	08:15,15	08:21,61	09:16,91
EST-1CAT	10:53,81	11:55,87	11:37,79

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red monofásica de MV con pretales, tomadas en el campo de trabajo.

3.6.4. Estructuras de Medio Voltaje Trifásicas

- **Ascenso y descenso con trepadoras**

Tabla 19

Tiempo cronometrado de una Red Trifásica con trepadoras.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
EST-3CPT	31:45,03	33:20,67	29:27,68
EST-3CDT	42:57,18	47:55,82	41:07,69
EST-3CRT	23:09,00	23:06,88	27:58,80
EST-3CAT	33:31,39	38:31,77	37:16,78

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red trifásica de MV con trepadoras, tomadas en el campo de trabajo.

Tabla 20

Tiempo de encuestas de una Red Trifásica con trepadoras.

CÓDIGO UP-UC	EEASA	ELEPCO S.A.
	Tiempo 1 (min)	Tiempo 1 (min)
EST-3CPT	50:00,0	40:00,0
EST-3CDT	50:00,0	50:00,0
EST-3CRT	50:00,0	50:00,0
EST-3CAT	50:00,0	50:00,0

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red trifásica de MV con trepadoras, tomadas de las encuestas realizadas a las empresas de Distribución.

Tabla 21

Tiempo cronometrado de una Red Trifásica con escalera.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
EST-3CPT	34:45,13	36:20,77	32:27,78
EST-3CDT	45:57,28	50:55,92	44:07,79
EST-3CRT	26:09,10	26:06,98	30:58,90
EST-3CAT	36:31,49	41:31,87	40:16,88

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red trifásica de MV con escalera, tomadas en el campo de trabajo.

Tabla 22

Tiempo de encuestas de una Red Trifásica con escalera.

CÓDIGO UP-UC	EEASA Tiempo 1 (min)
EST-3CPT	30:00,0
EST-3CDT	30:00,0
EST-3CRT	30:00,0
EST-3CAT	30:00,0

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red trifásica de MV con escalera, tomadas de las encuestas realizadas a las empresas de Distribución.

Tabla 23

Tiempo cronometrado de una Red Trifásica con pretales.

CÓDIGO UP-UC	Tiempo 1 (min)	Tiempo 2 (min)	Tiempo 3 (min)
EST-3CPT	33:16,16	34:51,80	30:58,81
EST-3CDT	44:28,31	49:26,95	42:38,82
EST-3CRT	24:40,13	24:38,01	29:29,93
EST-3CAT	35:02,52	40:02,90	38:47,91

Nota. Los datos representan los tiempos de construcción de una red trifásica de MV con pretales, tomadas en el campo de trabajo.

Los tiempos cronometrados son aquellos tiempos que la estudiante tomó de forma presencial en el campo de trabajo, se debe recalcar que los tiempos máximos de cada una de las muestras son los datos que se tomarán para analizar los Precios Unitarios de cada estructura. Se cronometró los tiempos por cada una de las técnicas de ascenso, con trepadoras, escalera y pretales.

Los tiempos obtenidos de las encuestas realizadas al personal de Distribución, también fueron tabuladas, al igual que los tiempos cronometrados se considera los tiempos máximos de las muestras, sin embargo, ningún liniero ha trabajado con pretales por lo cual dichos datos no se mencionan.

3.7. Técnicas de comprobación de hipótesis

Según (López & Villatoro, 2011) “el chi cuadrado es una prueba no paramétrica de comparación de proporciones para dos y más de dos muestras independientes. Su función es comparar dos o más de dos distribuciones de proporciones y determinar que

la diferencia no se deba al azar (que la diferencia sea estadísticamente significativa)", una vez establecidas las medidas de tiempos por cada una de las estructuras analizadas, con controles estrictos. Los datos obtenidos de las diferentes pruebas son registradas y detalladas para un correcto análisis de precios unitarios las cuales serán comparadas con los datos obtenidos en las encuestas aplicadas al personal de Distribución de la EEASA.

Capítulo IV

4. Resultados de la Investigación

En este capítulo se determina los resultados que se obtuvo mediante la observación en el armado de estructura básicas de soporte de medio voltaje, trifásicas y monofásicas, y de bajo voltaje, preensambladas y red desnuda, mediante las diferentes técnicas de ascenso y descenso, con trepadoras, escalera y pretales, con el objetivo de realizar un análisis de rendimientos.

4.1. Análisis de los resultados

4.1.1. Selección de la muestra

Para detectar los fragmentos de tiempo total dedicados a una actividad en específico o al conjunto de las mismas que constituyen una obra, se utiliza la técnica de muestreo para el proceso.

El muestreo se aplica para resolver problemas relacionados a actividades con grupos de personas o equipos, que mediante su desarrollo continuo se puede controlar de mejor manera y a la vez obtener beneficios vinculados al manejo óptimo del tiempo.

Este método se emplea para estudiar la distribución de deberes de un grupo de personas, de tal manera que la carga de trabajo esté equilibrada.

4.1.1.1. Determinación del número de muestras.

4.1.1.1.2. Cálculo de muestras para el número de tiempos

La exactitud de los tiempos definidos va a depender del tamaño de la muestra, para este caso de estudio, el número de observaciones realizadas representa el grupo

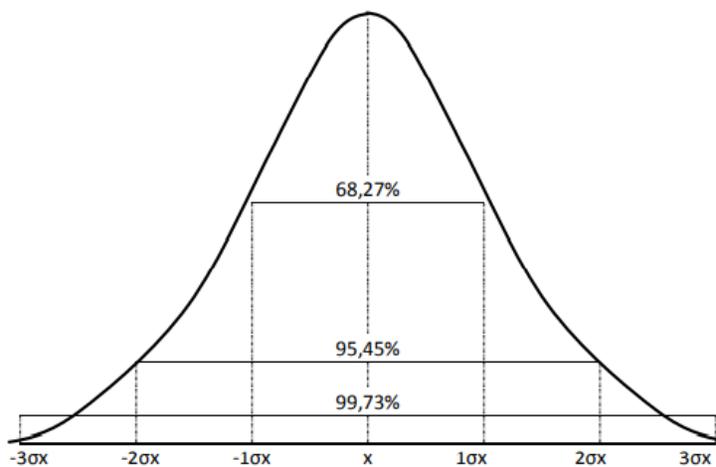
de factores que se están estudiando, es así que es necesario que el tamaño de la muestra sea representativo utilizando un cierto nivel de confianza y especificando la exactitud que se desea obtener de los resultados.

El método que se utiliza para determinar el tamaño de la muestra es estadístico, en el cual se debe definir el nivel de confianza deseado y el error, el último citado puede variar dependiendo la exactitud que se desee, para el caso de estudio se asume un error del 20% es decir, si el tiempo medio para el armado de una estructura es de 30 minutos, el error posible que se puede estar cometiendo es de 6 minutos.

Para determinar el nivel de confianza, se realiza mediante el área bajo la curva de distribución normal, limitada a la izquierda y derecha de la media (\bar{x}) por el número de desviaciones estándar ($\sigma\rho$).

Figura 5

Distribución normal.



Nota. La imagen muestra la curva de los niveles de confianza dependiendo el número de desviación estándar. Tomado de (Méndez, 2020)

Tabla 24

Valores estandarizados de niveles de confianza.

Nivel de confianza	80%	85%	90%	95%	99%
Desviación estándar	1,28	1,44	1,65	1,96	2,58

Nota. Se presenta los valores de desviación estándar acorde el nivel de confianza requerido.

En este caso de estudio se considera una desviación normal estándar de 1,96.

Para el desarrollo y cálculo del número de muestras se requiere de la siguiente ecuación:

$$e = z * \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Se despeja n , de la formula, dando una nueva ecuación:

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

- n = Numero de observaciones o tamaño de muestra que determinar.
- p : Proporción estimada de tiempo ocioso.
- q : Porcentaje de tiempo de las actividades de interés $q = 1 - p$.
- z : Desviación normal estándar para un nivel de confianza deseado (1,96).
- e : Error máximo para el nivel de precisión. (Para este caso el 20%).

Para determinar los valores de p y q , en este caso se toma como estimación del tiempo ocioso un 3% del tiempo efectivo, es decir, si se determina que el tiempo medio

para el montaje de una estructura es de 20 min el 3% correspondería al tiempo ocioso. Este porcentaje se usa de la experiencia en el campo con el personal de trabajo.

Se reemplaza los datos en la anterior ecuación:

$$n = \frac{1,92^2 * 0,03 * (1 - 0,03)}{0,20^2}$$

$$n = 2,79 = 3 \text{ muestras}$$

Por lo tanto, se concluye que se realizan y toman tres muestras por unidad de propiedad que mediante la observación se lleva a cabo la ejecución de dichos ejemplares.

4.1.1.1.3. Muestra de Encuestas

Para determinar cuántas encuestas se debe realizar es necesario conocer el universo de trabajo, para lo cual se realiza la muestra de una parte seleccionada de la población, que refleja de forma adecuada las características que se desea analizar en el conjunto en estudio.

En el muestreo probabilístico todos los individuos de la población tienen la misma posibilidad de ser incluidos en la muestra extraída, lo cual asegura la representatividad de la misma.

Un tipo muestreo probabilístico es el muestro por Zonas, este es ideal cuando se desea que las encuestas se apliquen en áreas representativas a estudiar, en un área determinada.

Para el caso de estudio se selección dos Empresas de Distribución, EEASA y ELEPCO S.A., en las cuales, el personal de Distribución se someterá a encuestas con fines investigativos.

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., se divide en seis niveles:

1. Nivel Directivo.
2. Nivel Ejecutivo.
3. Nivel de Control.
4. Nivel Operacional.
5. Nivel de Apoyo.
6. Nivel Auxiliar.

El nivel de interés es el de **Control**, el cual está integrado de los siguientes departamentos:

- a. **Subtransmisión**: formado por 3 secciones: Operación y Control, Diseño y Construcción, y, Generación.
- b. **Distribución**: formado por 6 secciones: Operación y Mantenimiento, Electrificación Urbana, Electrificación Rural, Redes Subterráneas, Alumbrado Público, y, Transformadores y Líneas Energizadas.
- c. **Comercial**: formado por 6 secciones: Clientes, Acometidas y Medidores, Recaudación, Agencias, Control de Perdidas, y, Procesamiento de Facturación.
- d. **Zona Oriental Pastaza**: formado por 2 secciones: Técnica, y, Comercialización y Sistemas.
- e. **Zona Oriental Napo**: formado por 2 secciones: Técnica, y, Comercialización y Sistemas. (Empresa Electrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2020)

El departamento que se selecciona es el de **Distribución**, y las secciones para ser analizadas son Electrificación Urbana y Electrificación Rural.

La cantidad de personal en estas dos secciones son de 24 personas, por lo que se realiza veinte y cuatro encuestas al personal de la EEASA.

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A., se divide en nueve Direcciones:

1. Asesoría Jurídica
2. Auditoría
3. Dirección Comercial
4. Dirección de Generación
5. Dirección de Planificación
6. Dirección Financiera
7. Dirección de Relaciones Industriales
8. Dirección Técnica
9. Presidencia Ejecutiva

La dirección de interés que se toma para el caso de estudio es la Dirección Técnica, y el Departamento a ser analizado es el de Ingeniería Construcción. (ELEPCO S.A., 2021)

La cantidad de personal es de 30 trabajadores, sin embargo y debido la situación actual de la pandemia, se realiza 13 encuestas al personal de ELEPCO.

Conclusión. Se realizan en total treinta y siete encuestas al personal de Distribución de la EEASA y de ELEPCO.

4.1.2. Armado de estructuras

En esta etapa se determina las actividades que realiza el liniero para construir una estructura ya sea de MV o BV.

Es fundamental establecer de manera correcta las actividades ya que de esto depende un adecuado muestreo de tiempos.

Las actividades que debe realizar el personal son las siguientes:

- Equipamiento del personal.
- Armado de la estructura.
- Ascenso al poste.
- Ascenso y montaje de la estructura.
- Ajuste de la estructura.
- Descenso del poste.
- Desequipamiento del personal.

Una vez se hayan completado todas las actividades detalladas, se puede decir que la toma de una muestra es correcta y efectiva para realizar el registro de tiempos de armado de estructuras de redes aéreas de medio y bajo voltaje.

4.1.3. Cálculo del tiempo estándar.

Al tiempo total del armado de las estructuras se le agregan tiempos suplementarios, ya que existen demoras inevitables en la ejecución de una obra. Uno de los tiempos suplementarios es el de movilización, este tiene relación porcentual con el tiempo de armado, un 35% para todos los elementos exceptuando excavaciones. En la Tabla 25 se muestra los porcentajes en los que se descompone el tiempo suplementario de movilización.

Tabla 25

Porcentajes de tiempos suplementarios de movilización.

Descripción	Porcentaje
Retiro del material, equipos y herramientas en bodega.	10%
Distribución del material.	10%
Traslado de poste a poste.	10%
Organización del trabajo.	5%
Total de movilización	35%

Nota. Se muestra los porcentajes en los que se descompone el tiempo suplementario de movilización.

Según recomendaciones de la Oficina Internacional del Trabajo OIT, el tiempo suplementario por concesiones se determina en un 16% del tiempo de armado para obras en redes, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 26

Concesiones OIT

Detalle	Porcentaje
Necesidades personales	5%
Por fatiga.	4%
Por trabajar de pie.	2%
Por postura incómoda.	2%
Ruido intermitente y fuerte.	2%
Proceso algo complejo.	1%
Total	16%

Nota. Se presenta los porcentajes por concesiones de la OIT suplementarios.

Para determinar el tiempo estándar, se suma el tiempo de armado previamente cronometrado más los suplementos de movilización y las concesiones por la OIT. Las siguientes tablas muestran el resultado del tiempo estándar que servirá para el análisis

de precios unitarios, cada tabla mediante un diferente ascenso al poste. Se recalca que para el análisis se toma el tiempo máximo de los datos del registro de tiempos cronometrados.

Determinación de tiempos estándar con tiempos cronometrados.

Tabla 27

Tiempo Estándar con trepadoras.

Código UC-UP	Tiempo de armado (min)	Tiempo de movilización (min)	Tiempo concesiones OIT (min)	Tiempo Estándar (min)
ESD-1PP3	07:29,75	02:37,41	01:11,96	11:19,12
ESD-1PR3	06:11,09	02:09,88	00:59,37	09:20,34
ESD-1PD3	08:05,20	02:49,82	01:17,63	12:12,65
ESD-1EP	07:10,19	02:30,57	01:08,83	10:49,58
ESD-1ER	07:39,31	02:40,76	01:13,49	11:33,56
ESD-1ED	09:40,09	03:23,03	01:32,81	14:35,93
ESD-1CPT	08:47,71	03:04,70	01:24,43	13:16,84
ESD-1CDT	12:16,54	04:17,79	01:57,85	18:32,18
ESD-1CRT	07:45,78	02:43,02	01:14,52	11:43,33
ESD-1CAT	10:24,74	03:38,66	01:39,96	15:43,36
ESD-3CPT	33:20,67	11:40,23	05:20,11	50:21,01
ESD-3CDT	47:55,82	16:46,54	07:40,13	1:12:22
ESD-3CRT	27:58,80	09:47,58	04:28,61	42:14,99
ESD-3CAT	38:31,77	13:29,12	06:09,88	58:10,77

Nota. Se presenta el tiempo total de armado de estructuras con trepadoras contemplando los tiempos suplementarios, referente a tiempos cronometrados.

Tabla 28*Tiempos Estándar con escalera.*

Código UC-UP	Tiempo de armado (min)	Tiempo de movilización (min)	Tiempo concesiones OIT (min)	Tiempo Estándar (min)
ESD-1PP3	11:00,88	03:51,31	01:45,74	16:37,93
ESD-1PR3	08:46,62	03:04,32	01:24,26	13:15,20
ESD-1PD3	10:20,95	03:37,33	01:39,35	15:37,63
ESD-1EP	10:14,21	03:34,97	01:38,27	15:27,46
ESD-1ER	10:43,33	03:45,17	01:42,93	16:11,43
ESD-1ED	12:15,49	04:17,42	01:57,68	18:30,59
ESD-1CPT	11:47,81	04:07,73	01:53,25	17:48,79
ESD-1CDT	15:16,64	05:20,82	02:26,66	23:04,13
ESD-1CRT	10:45,88	03:46,06	01:43,34	16:15,28
ESD-1CAT	13:24,84	04:41,69	02:08,77	20:15,31
ESD-3CPT	36:20,77	12:43,27	05:48,92	54:52,96
ESD-3CDT	50:55,92	17:49,57	08:08,95	1:16:54,44
ESD-3CRT	30:58,90	10:50,61	04:57,42	46:46,94
ESD-3CAT	41:31,87	14:32,15	06:38,70	1:02:42,72

Nota. Se presenta el tiempo total de armado de estructuras con escalera contemplando los tiempos suplementarios, referente a tiempos cronometrados.

Tabla 29*Tiempo Estándar con pretales.*

Código UC-UP	Tiempo de armado (min)	Tiempo de movilización (min)	Tiempo concesiones OIT (min)	Tiempo Estándar (min)
ESD-1PP3	08:49,89	03:05,46	01:24,78	13:20,13
ESD-1PR3	07:31,23	02:37,93	01:12,20	11:21,36
ESD-1PD3	09:25,34	03:17,87	01:30,45	14:13,66
ESD-1EP	08:30,33	02:58,62	01:21,65	12:50,60
ESD-1ER	08:59,45	03:08,81	01:26,31	13:34,57

Código UC-UP	Tiempo de armado (min)	Tiempo de movilización (min)	Tiempo concesiones OIT (min)	Tiempo Estándar (min)
ESD-1ED	11:00,23	03:51,08	01:45,64	16:36,95
EST-1CP	10:18,84	03:36,59	01:39,01	15:34,45
EST-1CD	13:47,67	04:49,68	02:12,43	20:49,78
EST-1CR	09:16,91	03:14,92	01:29,11	14:00,93
ESD-1CA	11:55,87	04:10,55	01:54,54	18:00,96
EST-3CP	34:51,80	12:12,13	05:34,69	52:38,62
EST-3CD	49:26,95	17:18,43	07:54,71	1:14:40,09
EST-3CR	29:29,93	10:19,48	04:43,19	44:32,59
EST-3CA	40:02,90	14:01,01	06:24,46	1:00:28,38

Nota. Se presenta el tiempo total de armado de estructuras con pretales contemplando los tiempos suplementarios, referente a tiempos cronometrados

Los tiempos cronometrados son los que se someten a esta metodología, mientras que los tiempos de encuestas se selecciona los tiempos máximos de todos los datos recolectados, y al ser estas cifras altas, no se consideran tiempos estándares.

Por lo cual, en la siguiente tabla se presentan los tiempos totales de armado de estructuras según las encuestas realizadas al personal de las empresas eléctricas de Distribución.

Tabla 30

Tiempo de encuestas con trepadoras y escalera.

Código UC-UP	ELEPCO S. A		EEASA
	Trepadoras	Trepadoras	Escalera
ESD-1PP3	20:00,0	45:00,0	25:00,0
ESD-1PR3	30:00,0	40:00,0	25:00,0
ESD-1PD3	30:00,0	40:00,0	25:00,0
ESD-1EP	20:00,0	30:00,0	20:00,0
ESD-1ER	30:00,0	45:00,0	20:00,0

Código UC-UP	ELEPCO S. A	EEASA	
	Trepadoras	Trepadoras	Escalera
ESD-1ED	30:00,0	45:00,0	20:00,0
EST-1CP	20:00,0	30:00,0	40:00,0
EST-1CD	25:00,0	45:00,0	20:00,0
EST-1CR	30:00,0	50:00,0	20:00,0
ESD-1CA	30:00,0	30:00,0	20:00,0
EST-3CP	40:00,0	50:00,0	30:00,0
EST-3CD	50:00,0	50:00,0	30:00,0
EST-3CR	50:00,0	50:00,0	30:00,0
EST-3CA	50:00,0	50:00,0	30:00,0

Nota. Se presenta el tiempo total de armado de estructuras con trepadoras contemplando los tiempos suplementarios, referente a los tiempos de las encuestas.

4.1.4. Determinación de rendimientos de tiempos.

Una vez que se realizan las muestras, tres por cada unidad de propiedad, se procede a determinar el rendimiento de tiempos. Para lo cual se establece que el rendimiento es ideal ya que no se consideran perdidas de tiempos, es decir, no se toma en cuenta las dilaciones o tiempo no efectivo de trabajo, este tiempo comprende las demoras ocasionadas por instrucciones al personal, refrigerios, condiciones naturales, traslado de un poste hacia el otro para continuar el trabajo, colocar la herramienta para ascender al poste, falta de recursos como herramientas, materiales y otras demoras que no contribuyen al progreso del armado.

Entonces, para determinar el rendimiento se analiza cuantas estructuras se puede armar en una hora de trabajo.

Por ejemplo, en la Tabla 31, para la estructura ESD-1PP3 el rendimiento es 5,30, esto quiere decir que se arma cinco estructuras en una hora de jornada,

recordando que el rendimiento es ideal, para el resto de valores de rendimiento se realiza el mismo procedimiento de análisis de datos.

A continuación, se detalla los rendimientos de los tiempos de acuerdo a su técnica de ascenso, tomando en cuenta el tiempo máximo cronometrado y el tiempo máximo de las encuestas.

- **Tiempos cronometrados.**

Tabla 31

Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con tiempos cronometrados con trepadoras.

Código UP-UC	Tiempo Estándar	Rendimiento
ESD-1PP3	11,32	5,30
ESD-1PR3	9,34	6,42
ESD-1PD3	12,21	4,91
ESD-1EP	10,83	5,54
ESD-1ER	11,56	5,19
ESD-1ED	14,60	4,11
EST-1CP	13,28	4,52
EST -1CD	18,54	3,24
EST -1CR	11,72	5,12
EST -1CA	15,72	3,82
EST -3CP	50,35	1,19
EST -3CD	72,37	0,83
EST -3CR	42,25	1,42
EST -3CA	58,18	1,03

Nota. Se presenta los rendimientos con tiempos cronometrados utilizando trepadoras.

Tabla 32

Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con tiempos cronometrados con escalera.

Código UP-UC	Tiempo Estándar	Rendimiento
ESD-1PP3	16,63	3,61
ESD-1PR3	13,25	4,53
ESD-1PD3	15,63	3,84
ESD-1EP	15,46	3,88
ESD-1ER	16,19	3,71
ESD-1ED	18,51	3,24
EST-1CP	17,81	3,37
EST -1CD	23,07	2,60
EST -1CR	16,25	3,69
EST -1CA	20,26	2,96
EST -3CP	54,88	1,09
EST -3CD	76,91	0,78
EST -3CR	46,78	1,28
EST -3CA	62,71	0,96

Nota. Se presenta los rendimientos con tiempos cronometrados utilizando escalera.

Tabla 33

Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con tiempos cronometrados con pretales.

Código UP-UC	Tiempo Estándar	Rendimiento
ESD-1PP3	13,34	4,50
ESD-1PR3	11,36	5,28
ESD-1PD3	14,23	4,22
ESD-1EP	12,84	4,67
ESD-1ER	13,58	4,42
ESD-1ED	16,62	3,61
EST-1CP	15,57	3,85
EST -1CD	20,83	2,88

Código UP-UC	Tiempo Estándar	Rendimiento
EST -1CR	14,02	4,28
EST -1CA	18,02	3,33
EST -3CP	52,64	1,14
EST -3CD	74,67	0,80
EST -3CR	44,54	1,35
EST -3CA	60,47	0,99

Nota. Se presenta los rendimientos con tiempos cronometrados utilizando pretales.

- **Tiempos de encuestas.**

Tabla 34

Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con tiempos de encuestas con trepadoras EEASA.

Código UP-UC	Tiempo Estándar	Rendimiento
ESD-1PP3	45:00,0	1,33
ESD-1PR3	40:00,0	1,50
ESD-1PD3	40:00,0	1,50
ESD-1EP	30:00,0	2,00
ESD-1ER	45:00,0	1,33
ESD-1ED	45:00,0	1,33
EST-1CP	30:00,0	2,00
EST -1CD	45:00,0	1,33
EST -1CR	50:00,0	1,20
EST -1CA	30:00,0	2,00
EST -3CP	50:00,0	1,20
EST -3CD	50:00,0	1,20
EST -3CR	50:00,0	1,20
EST -3CA	50:00,0	1,20

Nota. Se presenta los rendimientos con tiempos de las encuestas realizadas en la EEASA, utilizando trepadoras.

Tabla 35

Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con tiempos de encuestas con trepadoras ELEPCO S.A.

Código UP-UC	Tiempo Estándar	Rendimiento
ESD-1PP3	20:00,0	3,00
ESD-1PR3	30:00,0	2,00
ESD-1PD3	30:00,0	2,00
ESD-1EP	20:00,0	3,00
ESD-1ER	30:00,0	2,00
ESD-1ED	30:00,0	2,00
EST-1CP	20:00,0	3,00
EST -1CD	25:00,0	2,40
EST -1CR	30:00,0	2,00
EST -1CA	30:00,0	2,00
EST -3CP	40:00,0	1,50
EST -3CD	50:00,0	1,20
EST -3CR	50:00,0	1,20
EST -3CA	50:00,0	1,20

Nota. Se presenta los rendimientos con tiempos de las encuestas realizadas en la ELEPCO S.A., utilizando trepadoras.

Tabla 36

Cálculo de rendimientos para el armado de estructuras con tiempos de encuestas con escalera EEASA.

Código UP-UC	Tiempo Estándar	Rendimiento
ESD-1PP3	25:00,0	2,40
ESD-1PR3	25:00,0	2,40
ESD-1PD3	25:00,0	2,40
ESD-1EP	20:00,0	3,00
ESD-1ER	20:00,0	3,00
ESD-1ED	20:00,0	3,00
EST-1CP	40:00,0	1,50

Código UP-UC	Tiempo Estándar	Rendimiento
EST -1CD	20:00,0	3,00
EST -1CR	20:00,0	3,00
EST -1CA	20:00,0	3,00
EST -3CP	30:00,0	2,00
EST -3CD	30:00,0	2,00
EST -3CR	30:00,0	2,00
EST -3CA	30:00,0	2,00

Nota. Se presenta los rendimientos con tiempos de las encuestas realizadas en la EEASA, utilizando escalera.

4.1.5. Salario mínimo por ley

Para un APU correcto, se debe conocer el salario del personal que interviene en la ejecución de la obra. Este salario es fijado de acuerdo a leyes establecidas como el Código del Trabajo, que en su artículo 117 menciona que: “El estado, a través del Consejo Nacional de Salarios (CONADES), establecerá anualmente el sueldo o salario básico unificado para trabajadores privados”, por lo que debe ser revisado y actualizado de forma anual respecto a la valoración de precios unitarios.

A continuación, se presentan los salarios dictaminados por la Contraloría General del Estado, que son vigentes a partir del 1 de enero del 2022, correspondiente al personal que interviene en la ejecución de la obra.

Tabla 37

Salarios Mínimos por Ley.

Categorías Ocupacionales	Costo Horario
Residente de obra	\$ 4,31
Técnico en seguridad	\$ 4,30
Jefe de grupo/Maestro eléctrico	\$ 4,29
Liniero	\$ 3,87
Ayudante peón	\$ 3,83

Categorías Ocupacionales	Costo Horario
Asistente técnico/	\$ 4,29
Chofer	\$ 5,62

Nota. Se presentan los salarios básicos del personal. Tomando de (Contraloría General del Estado, 2021)

4.1.6. Cálculo de mano de obra

El costo unitario de la mano de obra se define al pago de salarios reales efectuado por el contratista debido al trabajo realizado por el personal, es así que, con los parámetros ya establecidos en el anterior ítem, se procede a calcular con la siguiente ecuación:

$$MO = \frac{\text{Cantidad Personal} * \text{Costo Hora}}{\text{Rendimiento}}$$

Un ejemplo del cálculo se muestra en la Tabla 38 con la estructura ESD-1PP3.

Tabla 38

Mano de Obra de la ESD-1PP3.

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Residente de obra	1	4,31	5,3004	0,81
Técnico en seguridad y salud en el trabajo.	1	4,30	5,3004	0,81
Jefe de grupo	1	4,29	5,3004	0,81
Liniero	2	3,87	5,3004	1,46
Ayudante peón	2	3,83	5,3004	1,45
Asistente técnico	1	4,29	5,3004	0,81
Chofer	1	5,62	5,3004	1,06
SUBTOTAL				7,21

Nota. Se muestra un ejemplo de cómo se elabora una valoración de mano de obra.

4.1.7. Herramienta menor

El factor de herramienta menor va del 1% al 5%, esto hace referencia a la depreciación de la herramienta que usa en forma particular el operario, representaría un estudio demasiado extenso y poco significativo, por lo cual y para este caso de estudio se ha consignado un 5% del valor de la Mano de Obra.

Las herramientas más comunes son:

- Llave de pico
- Playo
- Cabos
- Trepadoras
- Cizalla
- Destornillador
- Impermeables
- Martillo
- Pértiga
- Polea
- Tecele
- Mordaza.
- Escalera telescópica.

4.1.8. Cálculo del Precio Unitario.

Análisis de Precios Unitarios

Una vez establecidos los rendimientos de cada unidad de propiedad, tanto de tiempos cronometrados como de las encuestas, y detallados por cada una de las

técnicas de ascenso, se procede a realizar la valoración de mano de obra mediante el Análisis de Precios Unitarios por cada una de las estructuras.

El Precio Unitario es el valor final que se da a cada Unidad de Propiedad previamente analizada. Para determinar el rubro es necesario considerar los costos indirectos y la utilidad, por lo cual, en este análisis se considera un 10% para cada uno del valor total de la Mano de Obra calculada y herramienta menor.

Para el cálculo del Precio Unitario se considera la Mano de Obra, la herramienta menor y además se incluyen los costos indirectos y utilidades pertenecientes al rubro. La Tabla 39 muestra un ejemplo de cómo se realiza el cálculo del Precio Unitario.

Tabla 39

Precio Unitario de ESD-1PP3

RUBRO: 1		UNIDAD: C/U			
DETALLE: ESD-1PP3					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	5%MO				0,36
SUBTOTAL M					0,36
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Residente de obra	1	4,31	4,31	5,3004	0,81
Técnico en seguridad y salud en el trabajo	1	4,30	4,30	5,3004	0,81
Jefe de grupo	1	4,29	4,29	5,3004	0,81
Liniero	2	3,87	3,87	5,3004	1,46
Ayudante peón	2	3,83	3,83	5,3004	1,45
Asistente técnico	1	4,29	4,29	5,3004	0,81
Chofer	1	5,62	5,62	5,3004	1,06

SUBTOTAL		7,21
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7,57
INDIRECTOS Y UTILIDADES	10,00%	0,76
OTROS INDIRECTOS	10,00%	0,76
COSTO TOTAL DEL RUBRO		9,08
VALOR PROPUESTO		9,08

Nota. Se presenta un ejemplo de cómo se realiza el análisis de precios unitarios de una estructura en específico.

En resumen, se obtuvieron los siguientes precios unitarios de cada uno de los rubros estudiados.

- **Tiempo cronometrado**

Tabla 40

Precios Unitarios de las estructuras con tiempos estándares cronometrados.

Código UP-UC	P.U.	P.U.	P.U.
	(USD/unidad) Trepadora	(USD/unidad) Escalera	(USD/unidad) Pretales
ESD-1PP3	9,08	13,35	10,70
ESD-1PR3	7,49	10,64	9,11
ESD-1PD3	9,80	12,54	11,42
ESD-1EP	8,69	12,40	10,31
ESD-1ER	9,28	12,99	10,89
ESD-1ED	11,72	14,85	13,33
EST-1CP	10,66	14,30	12,50
EST-1CD	14,88	18,51	16,72
EST-1CR	9,41	13,04	11,25
EST-1CA	12,62	16,25	14,46
EST-3CP	40,41	44,04	42,25
EST-3CD	58,08	61,72	59,92
EST-3CR	33,91	37,54	35,75
EST-3CA	46,69	50,33	48,53

En la Tabla 40 se observa los Precios Unitarios de los tiempos estándares cronometrados en los cuales se comparan los valores de acuerdo a su técnica de ascenso, se aprecia que, utilizando trepadoras el liniero tiene mejor rendimiento por lo cual los precios son menores en comparación con las otras técnicas de ascenso.

- **Tiempo de encuestas**

Tabla 41

Precios Unitarios de las estructuras con tiempos de encuestas.

Código UP-UC	EEASA		ELEPCO S.A.
	P.U. (USD/unidad) Trepadora	P.U. (USD/unidad) Escalera	P.U. (USD/unidad) Trepadora
ESD-1PP3	36,20	20,06	16,05
ESD-1PR3	32,10	20,06	24,07
ESD-1PD3	32,10	20,06	24,07
ESD-1EP	24,07	16,05	16,05
ESD-1ER	36,20	16,05	24,07
ESD-1ED	36,20	16,05	24,07
EST-1CP	24,07	32,10	16,05
EST-1CD	36,20	16,05	20,06
EST-1CR	40,12	16,05	24,07
EST-1CA	24,07	16,05	24,07
EST-3CP	40,12	24,07	32,10
EST-3CD	40,12	24,07	40,12
EST-3CR	40,12	24,07	40,12
EST-3CA	40,12	24,07	40,12

La Tabla 41 se resumen los valores de los Precios Unitarios con los tiempos de las encuestas realizadas a la empresa EEASA donde se aprecia que el liniero tiene la percepción de que trabaja de mejor manera con escalera, por lo cual los costos son menores en comparación con los trabajos realizados con trepadoras y a la empresa

ELEPCO S.A., donde se observa que los linieros utilizan solo trepadoras, a pesar de eso, los precios obtenidos son menores a los de la empresa EEASA.

4.1.9. Análisis comparativo de en la valoración de mano de obra en las diferentes Empresas de Distribución.

Las Empresas de Distribución manejan diferentes precios unitarios respecto a la valoración de mano de obra. Para lo cual, se realiza un cuadro comparativo respecto al montaje de estructuras aéreas.

Tabla 42

Precio Unitario de ELEPCO S.A.

Descripción del rubro	Unidad	Precio Unitario (USD/unidad)
Montaje EST-3CPT	c/u	24,68
Montaje EST-3CAT	c/u	24,68
Montaje EST-3CDT	c/u	25,90
Montaje EST-3CRT	c/u	25,90
Montaje EST-1CPT	c/u	11,21
Montaje EST-1CAT	c/u	11,21
Montaje EST-1CDT	c/u	12,65
Montaje EST-1CRT	c/u	13,01
Montaje ESD-1PP3	c/u	10,98
Montaje ESD-1PR3	c/u	11,38
Montaje ESD-1PD3	c/u	11,38
Montaje ESD-1EP	c/u	10,98
Montaje ESD-1ER	c/u	11,38
Montaje ESD-1ED	c/u	11,38

Nota. Se presenta la valoración de mano de obra por parte de la ELEPCO S.A. Tomado de (ELEPCO S.A., 2019)

En la Tabla 42 se observa que la empresa de Distribución detalla de manera minuciosa cada rubro dependiendo el nivel de voltaje.

Tabla 43

Precio Unitario de EEASA.

Descripción del rubro	Unidad	Precio Unitario (USD/unidad)
Montaje estructura monofásica de medio voltaje incluido neutro	c/u	14,03
Montaje estructura trifásica de medio voltaje incluido neutro	c/u	25,36
Montaje estructura de bajo voltaje - una fase, dos fases y tres fases	c/u	10,80

Nota. Se presenta la valoración de mano de obra por parte de la EEASA. Tomado de (Empresa Electrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2019)

En la Tabla 43 se observa los precios unitarios correspondientes a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), se detallan solo tres rubros correspondientes a estructuras aéreas de medio voltaje trifásicas y monofásicas, en las cuales se incluye el neutro, que por lo general son estructuras de bajo voltaje de red desnuda, y estructuras de bajo voltaje, que comprenden la red preensamblada y red desnuda. Se percibe que la EEASA no detalla de forma meticulosa cada una de las estructuras por lo que se concluye que los rubros son más generales en comparación con ELEPCO S.A.

Tabla 44*Precio Unitario de EEQ.*

Descripción del rubro	Unidad	Precio Unitario (USD/unidad)
Montaje estructura monofásica de medio voltaje.	c/u	15,05
Montaje estructura trifásica de medio voltaje incluido neutro.	c/u	25,02
Montaje estructura de bajo voltaje - dos fases.	c/u	16,29
Montaje estructura de bajo voltaje – una fase.	c/u	5,42

Nota. Se presenta la valoración de mano de obra por parte de la EEQ. Tomado de (Empresa Electrica Quito, 2018)

En la Tabla 44 se detallan los Precios Unitarios de la Empresa Eléctrica Quito EEQ, donde se observa, que al igual que la EEASA, exponen los rubros de manera general, sin embargo, en el montaje de las estructuras de MV no se contempla el neutro, como lo hace la EEASA.

4.2. Discusión de los resultados

4.2.1. Análisis de precios unitarios - Tiempos Estándares Cronometrados vs Empresas de distribución.

En esta sección se realiza el Análisis de Precios Unitarios de mano de obra obtenidos en este proyecto y se compara con los PU de las Empresas de Distribución ELEPCO S.A., EEASA y EEQ, como es de conocimiento, la EEQ no pertenece a la zona 3 del país, sin embargo, por fines investigativos se considera dicha Empresa de Distribución.

Para el análisis se optó por tablas comparativas de cada Unidad de Propiedad en base a los tiempos cronometrados.

Para un correcto análisis se va a dividir en estructuras de Red Preensambladas de BV, estructuras de Red Desnuda de BV, estructuras Monofásicas de MV y estructuras Trifásicas de MV.

Estructuras de Red Preensambladas de BV.

Tabla 45

Precios unitarios de estructuras de Red Preensamblada con trepadoras.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)			
	Trepadora	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
ESD-1PP3	9,08	10,98	10,8	5,42
ESD-1PR3	7,49	11,38	10,8	5,42
ESD-1PD3	9,80	11,38	10,8	5,42

En la Tabla 45 se observa que los precios que maneja ELEPCO S.A. son superiores a los que maneja la EEASA y los valores propuestos, a pesar de ello los valores de la EEQ son mínimos en comparación con el resto.

Tabla 46

Precios unitarios de estructuras de Red Preensamblada con escalera.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)			
	Escalera	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
ESD-1PP3	13,35	10,98	10,8	5,42
ESD-1PR3	10,64	11,38	10,8	5,42
ESD-1PD3	12,54	11,38	10,8	5,42

De acuerdo a la Tabla 46, se puede observar que los precios de los valores propuestos son superiores respecto a los valores de las empresas de Distribución, siendo la EEQ la empresa con precios mínimos.

Tabla 47

Precios unitarios de estructuras de Red Preensamblada con pretales.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)			
	Pretales	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
ESD-1PP3	10,70	10,98	10,8	5,42
ESD-1PR3	9,11	11,38	10,8	5,42
ESD-1PD3	11,42	11,38	10,8	5,42

Como se observa en la Tabla 47 los precios que maneja ELEPCO S.A. son superiores a los que maneja la EEASA y a los valores propuestos, a pesar de ello los valores de la EEQ son mínimos en comparación con el resto.

Estructuras de Red Desnuda de BV.

Tabla 48

Precios unitarios de estructuras de Red Desnuda con trepadoras.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)			
	Trepadora	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
ESD-1EP	8,69	10,98	10,8	5,42
ESD-1ER	9,28	11,38	10,8	5,42
ESD-1ED	11,72	11,38	10,8	5,42

De acuerdo a la Tabla 48 los precios establecidos por ELEPCO S.A. son superiores a los de la EEASA y también a los valores propuestos, la EEQ sigue manteniendo los precios más bajos de todos.

Tabla 49

Precios unitarios de estructuras de Red Desnuda con escalera.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)			
	Escalera	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
ESD-1EP	12,40	10,98	10,8	5,42
ESD-1ER	12,99	11,38	10,8	5,42
ESD-1ED	14,85	11,38	10,8	5,42

En la Tabla 49 se puede observar que los precios de los valores propuestos son superiores respecto a los valores de las empresas de Distribución, siendo la EEQ la empresa con precios bajos.

Tabla 50

Precios unitarios de estructuras de Red Desnuda con pretales.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)			
	Pretales	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
ESD-1EP	10,31	10,98	10,8	5,42
ESD-1ER	10,89	11,38	10,8	5,42
ESD-1ED	13,33	11,38	10,8	5,42

En la Tabla 50 se observa que los precios que maneja ELEPCO S.A. son superiores a los que maneja la EEASA y los valores propuestos, a pesar de ello los valores de la EEQ son mínimos en comparación con el resto. Se recalca que la ESD-1ED del valor propuesto es la que tiene el mayor precio de toda la tabla.

Estructuras Monofásicas de MV.

Tabla 51

Precios unitarios de estructuras Monofásica con trepadoras.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)			
	Trepadoras	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
EST-1CP	10,66	11,21	14,03	15,05
EST-1CD	14,88	12,65	14,03	15,05
EST-1CR	9,41	13,01	14,03	15,05
EST-1CA	12,62	11,21	14,03	15,05

De acuerdo a la Tabla 51, los precios establecidos por EEQ son superiores a los de la EEASA y ELEPCO S.A., sin embargo, los valores propuestos son aún más bajos.

Tabla 52

Precios unitarios de estructuras Monofásica con escalera.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)			
	Escalera	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
EST-1CP	14,30	11,21	14,03	15,05
EST-1CD	18,51	12,65	14,03	15,05
EST-1CR	13,04	13,01	14,03	15,05
EST-1CA	16,25	11,21	14,03	15,05

Como se observa en la Tabla 52 los precios propuestos son superiores a los que maneja la EEASA y la EEQ, a pesar de ello los valores de ELEPCO S.A. son mínimos en comparación con el resto.

Tabla 53

Precios unitarios de estructuras Monofásica con pretales.

Código	Precio Unitario (USD/unidad)				
	UP-UC	Pretales	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
EST-1CP		12,50	11,21	14,03	15,05
EST-1CD		16,72	12,65	14,03	15,05
EST-1CR		11,25	13,01	14,03	15,05
EST-1CA		14,46	11,21	14,03	15,05

En la Tabla 53 se observa que los precios que maneja EEQ son superiores a los que maneja la EEASA y los valores propuestos, a pesar de ello los valores de la ELEPCO S.A. son mínimos.

Estructuras Trifásicas de MV.

Tabla 54

Precios unitarios de estructuras Trifásica con trepadoras.

Código	Precio Unitario (USD/unidad)				
	UP-UC	Trepadoras	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
EST-3CP		40,41	24,68	25,36	25,02
EST-3CD		58,08	25,9	25,36	25,02
EST-3CR		33,91	25,9	25,36	25,02
EST-3CA		46,69	24,68	25,36	25,02

Como se observa en la Tabla 54 los precios propuestos son superiores a los que maneja la EEASA y la EEQ, a pesar de ello los valores de ELEPCO S.A. son mínimos en comparación con el resto.

Tabla 55

Precios unitarios de estructuras Trifásica con escalera.

Código	Precio Unitario (USD/unidad)				
	UP-UC	Escalera	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
EST-3CP		44,04	24,68	25,36	25,02
EST-3CD		61,72	25,9	25,36	25,02
EST-3CR		37,54	25,9	25,36	25,02
EST-3CA		50,33	24,68	25,36	25,02

De acuerdo a la Tabla 55 los precios propuestos son superiores a los de la EEASA y EEQ, sin embargo, los valores de ELEPCO S.A. son aún más bajos.

Tabla 56

Precios unitarios de estructuras Trifásica con pretales.

Código	Precio Unitario (USD/unidad)				
	UP-UC	Pretales	ELEPCO S.A.	EEASA	EEQ
EST-3CP		42,25	24,68	25,36	25,02
EST-3CD		59,92	25,9	25,36	25,02
EST-3CR		35,75	25,9	25,36	25,02
EST-3CA		48,53	24,68	25,36	25,02

Como se observa en la Tabla 56 los precios propuestos son superiores a los que maneja la EEASA y la EEQ, a pesar de ello los valores de ELEPCO S.A. son mínimos en comparación con el resto.

Se debe recalcar, que en la valoración de mano de obra de la EEASA se incluye el neutro en el armado de las estructuras de MV, es así que se arma una estructura monofásica o trifásica de MV y una estructura de BV, por el precio de una sola.

4.2.2. Análisis de precios unitarios Tiempos de Encuestas – EEASA vs ELEPCO S.A.

En esta sección se realiza el Análisis de Precios Unitarios de mano de obra obtenidos en las encuestas realizadas al personal de las empresas de Distribución EESA y ELEPCO S.A.

Tabla 57

Precios unitarios de estructuras de Red Preensamblada con trepadoras - Encuestas.

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)	
	Encuestas - Trepadoras	
	EEASA	ELEPCO S.A.
ESD-1PP3	36,20	16,05
ESD-1PR3	32,10	24,07
ESD-1PD3	32,10	24,07

Nota. Se compara los precios unitarios entre EEASA y ELEPCO S.A. correspondientes a estructuras de red preensamblada utilizando trepadoras.

Tabla 58

Precios unitarios de estructuras de Red Desnuda con trepadoras - Encuestas

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)	
	Encuestas - Trepadoras	
	EEASA	ELEPCO S.A.
ESD-1EP	24,07	16,05
ESD-1ER	36,20	24,07
ESD-1ED	36,20	24,07

Nota. Se compara los precios unitarios entre EEASA y ELEPCO S.A. correspondientes a estructuras de red desnuda utilizando trepadoras.

Tabla 59

Precios unitarios de estructuras Monofásicas con trepadoras - Encuestas

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)	
	Encuestas - Trepadoras	
	EEASA	ELEPCO S.A.
EST-1CP	24,07	16,05
EST-1CD	36,20	20,06
EST-1CR	40,12	24,07
EST-1CA	24,07	24,07

Nota. Se compara los precios unitarios entre EEASA y ELEPCO S.A. correspondientes a estructuras de red monofásica de MV utilizando trepadoras.

En la Tabla 57, Tabla 58 y Tabla 59 se observa que los precios correspondientes al personal de la EEASA son superiores respecto a ELEPCO S.A., esto se debe a la percepción de los trabajadores, es decir, el personal de la EEASA especula que se demora más tiempo armando las estructuras, mientras que el personal de ELEPCO S.A. contempla un tiempo menor, dando como resultado un precio más bajo.

Tabla 60

Precios unitarios de estructuras Trifásicas con trepadoras - Encuestas

Código UP-UC	Precio Unitario (USD/unidad)	
	Encuestas - Trepadoras	
	EEASA	ELEPCO S.A.
EST-3CP	40,12	32,10
EST-3CD	40,12	40,12
EST-3CR	40,12	40,12
EST-3CA	40,12	40,12

Nota. Se compara los precios unitarios entre EEASA y ELEPCO S.A. correspondientes a estructuras de red trifásica utilizando trepadoras.

De acuerdo a la Tabla 60 los precios determinados por las dos empresas de Distribución son similares, por lo cual el personal tiene la misma percepción del tiempo de armando de las estructuras trifásicas de MV.

4.3. Comprobación de hipótesis

Método Lógico (A → B)

Hipótesis nula: H_0 : “Es posible que, con la determinación de tiempos de rendimiento para el armado de estructuras básicas, no se pueda estimar un análisis de los precios unitarios en la construcción de redes eléctricas”.

Hipótesis alternativa: H_a : “¿Es posible que, con la determinación de tiempos de rendimiento para el armado de estructuras básicas, se pueda estimar un análisis de los precios unitarios en la construcción de redes eléctricas?”.

Modelo Matemático

- $H_0: O = E$ y
- $H_a: O \neq E$

Nivel de Significación

- $\alpha = 0.05$
- 95% de Confiabilidad

Fórmula de los grados de libertad

- $Gl = (f - 1)(c - 1) = (14 - 1)(2 - 1) = (13)(1) = 13$

Distribución Chi Cuadrado X^2

Tabla 61

Distribución Chi Cuadrado X^2c

Valor crítico	22,36203249
Nivel de confianza	95%
Varianza	5%
Grados de libertad	13

Nota. Se presenta la distribución del Chi Cuadrado.

Se tiene, el valor tabulado de X^2 con 13 grados de libertad y un nivel de significación de 0,05 es de 22,36203249 (valor encontrado con la función de Microsoft Excel “=inv.chicuat.cd” Puntos porcentuales de la distribución X^2 .)

Fórmula de la Chi- Cuadrado

$$X^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Dónde:

- X^2 = Cantidad elevada al cuadrado.
- \sum = Sumatoria.
- fo = Frecuencia observada.
- fe = Frecuencia esperada.

El X^2 se fundamenta en la tabla de contingencia, se selecciona los resultados de los tiempos de la encuesta y los tiempos cronometrados.

Recolección de datos y cálculos estadísticos

Tabla 62

Frecuencias Observadas

	Código UP-UC	Tiempo Cronometrado	Tiempo encuesta	Total
1	ESD-1PP3	7,31	24,10	31,42
2	ESD-1PR3	6,01	25,41	31,42
3	ESD-1PD3	7,45	25,41	32,86
4	ESD-1EP	6,93	18,72	25,66
5	ESD-1ER	7,32	25,44	32,76
6	ESD-1ED	8,81	25,44	34,25
7	EST-1CP	8,26	24,07	32,34
8	EST-1CD	11,05	24,10	35,16
9	EST-1CR	7,44	26,75	34,19
10	EST-1CA	9,57	21,40	30,96
11	EST-3CP	27,97	32,10	60,07
12	EST-3CD	39,70	34,77	74,47
13	EST-3CR	23,68	34,77	58,45
14	EST-3CA	32,13	34,77	66,90
	Total	203,64	377,25	580,90

Nota: se presentan los tiempos cronometrados promediados y los tiempos encuestados con los cuales se calcula las frecuencias para el Chi cuadrado.

Tabla 63

Frecuencias Esperadas

	Código UP-UC	Tiempo Cronometrado	Tiempo encuesta	Total
1	ESD-1PP3	11,01	20,40	31,42
2	ESD-1PR3	11,02	20,41	31,42
3	ESD-1PD3	11,52	21,34	32,86
4	ESD-1EP	8,99	16,66	25,66
5	ESD-1ER	11,48	21,27	32,76
6	ESD-1ED	12,01	22,24	34,25
7	EST-1CP	11,34	21,00	32,34

	Código UP-UC	Tiempo Cronometrado	Tiempo encuesta	Total
8	EST-1CD	12,32	22,83	35,16
9	EST-1CR	11,99	22,20	34,19
10	EST-1CA	10,86	20,11	30,96
11	EST-3CP	21,06	39,01	60,07
12	EST-3CD	26,11	48,36	74,47
13	EST-3CR	20,49	37,96	58,45
14	EST-3CA	23,45	43,45	66,90
	Total	203,64	377,25	580,90

Nota. Se presenta las frecuencias que se esperan.

• **Cálculo de X^2_c**

Tabla 64

Cálculo de X^2_c

	Código UP-UC	Tiempo Cronometrado	Tiempo encuesta	Total
1	ESD-1PP3	1,8712	0,5678	2,44
2	ESD-1PR3	4,1646	0,9853	5,15
3	ESD-1PD3	2,2239	0,6520	2,88
4	ESD-1EP	0,6131	0,2270	0,84
5	ESD-1ER	2,3707	0,6820	3,05
6	ESD-1ED	1,1596	0,4016	1,56
7	EST-1CP	1,1424	0,3922	1,53
8	EST-1CD	0,1460	0,0670	0,21
9	EST-1CR	2,7746	0,7719	3,55
10	EST-1CA	0,1735	0,0776	0,25
11	EST-3CP	1,7090	1,4894	3,20
12	EST-3CD	4,6545	5,3146	9,97
13	EST-3CR	0,4290	0,2921	0,72
14	EST-3CA	2,3433	2,1653	4,51
	Total	25,78	14,09	39,86

Nota. Se presenta los datos finales del cálculo del Chi Cuadrado.

- **Zona de rechazo de la hipótesis nula**

Comparamos los valores. En este punto tenemos los siguientes datos:

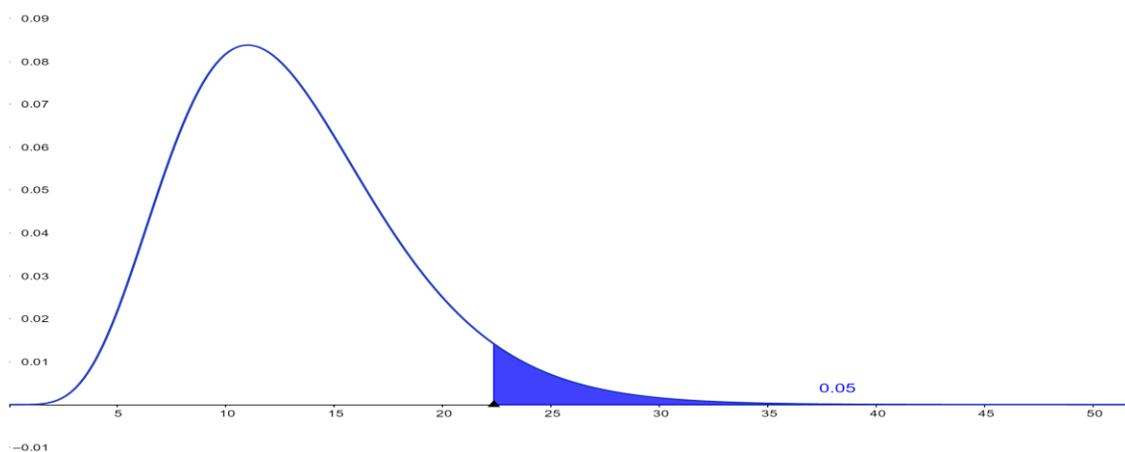
- Valor calculado: 39,86
- Valor crítico: 22,36203249

Es decir:

- Chi cuadrado real: 39,86
- Chi-cuadrado teórico: 22,36203249

Tabla 65

Zona de rechazo de la Hipótesis



Nota. La figura representa la zona de rechazo de hipótesis. Tomado de (Carollo, 2011)

- **Regla de decisión**

$R(H_0)$ si $X^2_c > X^2_t \rightarrow$ es decir $X^2_c 39,86 > X^2_t 22,36203249$

- **Decisión Estadística**

Con 13 grado de libertad y 95% de confiabilidad la X^2_c es de 39,86 este valor cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula (H_0) por ser superior a X^2_t que es de

22,36203249; por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_a). El Chi cuadrado real (22,36203249) es mayor que el Chi cuadrado teórico (39,86) por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa: "Es posible que, con la determinación de tiempos de rendimiento para el armado de estructuras básicas, se pueda estimar un análisis de los precios unitarios en la construcción de redes eléctricas".

Capítulo V

5.Propuesta

5.1. Tema de la propuesta

- Análisis de Precios Unitarios por estructura a través de los datos obtenidos de rendimiento de tiempos de construcción en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje.

5.2. Datos informativos

Sector: Zona 3 del país

Beneficiario: Contratistas del país.

5.3. Objetivos

5.3.1. *Objetivo General*

- Realizar un análisis de precios unitarios a través de los datos obtenidos de rendimiento de tiempos de construcción en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje.

5.3.2. *Objetivos Específicos*

- Obtener la información de rendimiento de tiempos de construcción en el armado de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje
- Calcular y analizar los precios unitarios incluyendo cotizaciones de material eléctrico.
- Establecer los precios unitarios en la construcción de las estructuras mediante diferentes técnicas de ascenso, trepadoras, escalera y pretales.

5.4. Justificación

En el presente proyecto se propone realizar un análisis de precios unitarios con datos de tiempos de rendimientos previamente obtenidos correspondiente a las estructuras de soporte elementales en la construcción de redes eléctricas, con el fin de ser analizados de una manera estadística e iniciar la elaboración de un documento confiable para uso permanente de los profesionales y las empresas constructoras del país.

5.5. Fundamentación propuesta

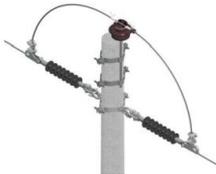
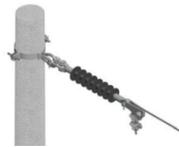
5.5.1. Estructuras de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción

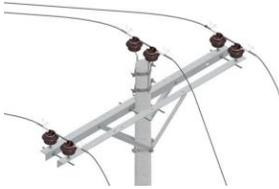
Las estructuras que se consideran para este estudio son unidades de montaje homologadas y estandarizadas a nivel nacional, con el fin de facilitar la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas de distribución, de manera sencilla, ordenada y uniforme.

A continuación, se detalla cada una de las estructuras que se utiliza en el estudio.

Tabla 66*Estructuras de MV y BV.*

Código UP-UC	Descripción	Representación
ESD-1PP3	Estructura en redes aéreas de distribución a 220/127 V, una vía, Preensamblada, Pasante con tres conductores.	
ESD-1PR3	Estructura en redes aéreas de distribución a 220/127 V, una vía, Preensamblada, Retención con tres conductores.	
ESD-1PD3	Estructura en redes aéreas de distribución a 220/127 V, una vía, Preensamblada, Doble Retención con tres conductores.	
ESD-1EP	Estructura en redes aéreas de distribución a 220/127 V, una vía, Vertical, Pasante.	
ESD-1ER	Estructura en redes aéreas de distribución a 220/127 V, una vía, Vertical, Retenida.	
ESD-1ED	Estructura en redes aéreas de distribución a 220/127 V, una vía, Vertical, Doble Retención.	

Código UP-UC	Descripción	Representación
EST-1CP	Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, una fase, Centrada, Pasante.	
EST-1CD	Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, una fase, Centrada, Doble Retención.	
EST-1CR	Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, una fase, Centrada, Retenida.	
EST-1CA	Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, una fase, Centrada, Angular	
EST-3CP	Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, tres fases, Centrada, Pasante.	
EST-3CD	Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, tres fases, Centrada, Retención	

Código UP-UC	Descripción	Representación
EST-3CR	Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, tres fases, Centrada, Doble Retención.	
EST-3CA	Estructura en redes aéreas de distribución a 13,8 kV, tres fases, Centrada, Angular	

Nota. Se presenta las estructuras que se van a analizar en el proyecto. Tomando de (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables)

5.5.2. Análisis del Rendimiento de tiempos

La determinación de los rendimientos de tiempos es necesario y vital para una correcta valoración de mano de obra debido a que un obrero nunca trabajará continuamente, sino que generalmente durante su labor se presentan distracciones, dilatando el tiempo de ejecución de su tarea y por ende disminuyendo su capacidad productiva.

Para el presente caso de estudio y con la finalidad de afectar los rendimientos efectivos asociados a tiempo denominado dilación, se afecta el rendimiento normal, por el factor de jornada como se puede apreciar en la siguiente ecuación:

$$Rend = \frac{60 \text{ min}}{\text{Tiempo Total} * \text{Parte que intervienen}} * \frac{2 * Tef}{T}$$

Donde:

Rend: Rendimiento de la mano de obra.

60: una hora de trabajo en minutos.

Tiempo Total: Tiempo total del armado de las estructuras.

Parte que intervienen: es la cantidad de personal que interviene en un trabajo determinado sobre el total de personal necesario, para el montaje de estructuras el factor es 0,31.

Tef: media jornada efectiva de trabajo considerando demoras, este factor es 193,82 minutos.

T: jornada de trabajo de ocho horas diarias (480 min).

La media jornada efectiva, es el tiempo real de la media jornada de trabajo, considerando las demoras ocasionadas por las condiciones propias del trabajo como: refrigerios, tráfico vehicular, falta de recursos u otras demoras. A estas demoras se lo llama tiempo no efectivo de trabajo, el cual la CENTROSUR mediante un estudio de tiempos lo ha determinado en 46,18 minutos y restando al tiempo real de la media jornada que es 240 minutos, da como resultado la media jornada efectiva en 193,82 minutos.

5.5.3. Acuerdo ministerial del salario mínimo.

Es importante establecer el salario básico del trabajador, conforme al acuerdo ministerial MDT-2021-276 el salario tiene un incremento del 6,25% respecto al año 2021 y que a partir del 01 de enero del 2022 entra en vigencia. Se debe recalcar que cada año se debe actualizar el salario del personal para realizar un análisis de precios unitarios más acorde con la realidad y la situación económica actual.

5.5.4. Análisis del costo de materiales

De acuerdo a la resolución del Servicio Nacional de Contratación Pública 72, en su Art. 9, literal 2, se debe definir el presupuesto referencial de los materiales mediante un estudio de mercado. Para este estudio se debe analizar los materiales, exigiendo que cumpla las características técnicas mínimas requeridas y la facilidad de adquisición y se debe considerar proformas de proveedores.

Se debe considerar también que, para realizar una contratación en el sector público, se selecciona la oferta de obra de origen ecuatoriano de mejor costo, en los términos del numeral 18 del artículo 6 de la LOSNCP, establece que: “Mejor Costo en Obras, o en Bienes o Servicios No Normalizados: Oferta que ofrezca a la entidad las mejores condiciones presentes y futuras en los aspectos técnicos, financieros y legales, sin que el precio más bajo sea el único parámetro de selección.” (Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública., 2021)

Los precios base de los materiales son un componente más del APU, por lo cual estos precios deben ser actualizados constantemente debido a que varían conforme a los precios de mercado, además, dependiendo de cada rubro es preciso encontrar la cantidad de material empleado. Para el caso de estudio se selecciona los precios proporcionados por proveedores a través de proformas.

5.6. Diseño de la propuesta

Para el diseño y desarrollo de la propuesta se debe seguir los siguientes pasos con la finalidad de realizar un correcto Análisis de Precios Unitarios con cada una de las técnicas de ascenso propuestas, incluyendo el material cotizado.

- Recopilación de información.
- Cálculo y Determinación de rendimientos.

- Costo unitario de materiales.
- Análisis de precios unitarios.

5.6.1. Recopilación de la información

Los datos necesarios para el desarrollo del proyecto fueron recolectados por parte de la estudiante, los mismos hacen referencia a los tiempos estándares presentados en la Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29 que indican el tiempo de armado de las estructuras mediante diferentes técnicas de ascenso, trepadoras, escalera y pretales.

5.6.2. Cálculo y Determinación de rendimientos.

Con los tiempos estándares ya establecidos, de acuerdo a cada una de las técnicas de ascenso, de las diferentes estructuras, se puede determinar el rendimiento de cada uno de ellos mediante la siguiente ecuación:

$$Rend = \frac{60 \text{ min}}{\text{Tiempo Total} * \text{Parte que intervienen}} * \frac{2 * T_{ef}}{T}$$

$$Rend = \frac{60 \text{ min}}{\text{Tiempo Total} * \text{Parte que intervienen}} * \frac{2 * 193,82 \text{ min}}{480 \text{ min}}$$

$$Rend = \frac{48,455 \text{ min}}{\text{Tiempo Total} * \text{Parte que intervienen}}$$

Una vez establecida la formula final de rendimiento, se procede a calcular para cada una de las estructuras. El cálculo se realiza con la ayuda del programa informático Excel, que permite la obtención de los resultados de una manera fácil y sencilla.

Tabla 67

Cálculo de rendimientos con trepadoras.

Código UP- UC	Tiempo total (min)	Rendimiento
ESD-1PP3	11,32	13,81
ESD-1PR3	9,34	16,74
ESD-1PD3	12,21	12,80
ESD-1EP	10,83	14,44
ESD-1ER	11,56	13,52
ESD-1ED	14,60	10,71
EST-1CP	13,28	11,77
EST-1CD	18,54	8,43
EST-1CR	11,72	13,33
EST-1CA	15,72	9,94
EST-3CP	50,35	3,10
EST-3CD	72,37	2,16
EST-3CR	42,25	3,70
EST-3CA	58,18	2,69

Nota. La presenta los rendimientos con la técnica de ascenso con trepadoras.

Tabla 68

Cálculo de rendimientos con escalera.

Código UP- UC	Tiempo total (min)	Rendimiento
ESD-1PP3	16,63	9,40
ESD-1PR3	13,25	11,79
ESD-1PD3	15,63	10,00
ESD-1EP	15,46	10,11
ESD-1ER	16,19	9,65
ESD-1ED	18,51	8,44
EST-1CP	17,81	8,77
EST-1CD	23,07	6,78
EST-1CR	16,25	9,62

Código UP-UC	Tiempo total (min)	Rendimiento
EST-1CA	20,26	7,72
EST-3CP	54,88	2,85
EST-3CD	76,91	2,03
EST-3CR	46,78	3,34
EST-3CA	62,71	2,49

Nota. Se presenta los rendimientos con la técnica de ascenso con escalera.

Tabla 69

Cálculo de rendimientos con pretales.

Código UP-UC	Tiempo total (min)	Rendimiento
ESD-1PP3	13,34	11,72
ESD-1PR3	11,36	13,76
ESD-1PD3	14,23	10,99
ESD-1EP	12,84	12,17
ESD-1ER	13,58	11,51
ESD-1ED	16,62	9,41
EST-1CP	15,57	10,04
EST-1CD	20,83	7,50
EST-1CR	14,02	11,15
EST-1CA	18,02	8,68
EST-3CP	52,64	2,97
EST-3CD	74,67	2,09
EST-3CR	44,54	3,51
EST-3CA	60,47	2,58

Nota. Se presenta los rendimientos con la técnica de ascenso con pretales.

5.6.3. Costo unitario de los materiales

Los materiales utilizados en la construcción de estructuras aéreas de medio y bajo voltaje son homologados por el MERNNR.

La determinación del precio se realiza conforme un análisis estadístico de precios de mercado, donde se recaba información de diferentes empresas proveedoras y se selecciona la que presenta los precios más bajos del mercado.

Tabla 70

Precios unitarios para materiales.

ACCESORIOS Y HERRAJES		
Descripción	Unidad	Valor unitario
Abrazadera Acero Galvanizado, pletina 38 x4mm, 4 pernos de rosca corrida de 150x13mm	u	5,40
Abrazadera Acero Galvanizado, pletina 38 x4mm, 3 pernos de rosca corrida de 150x13mm	u	4,50
Aislador de retenida, de porcelana, clase ANSI 54-2	u	2,16
Bastidor Acero Galvanizado, 1 vía, 38x4mm	u	3,29
Cruceta de Acero Galvanizado, Perfil L, 75x75x6mm, 1500mm	u	32,00
Guardacabo para cable de acero de 9,51 mm (3/8") de diámetro.	u	0,78
Horquilla de anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diam x 75 mm (3") de long. (eslabón U para sujeción)	u	3,54
Perno punta de poste simple galvanizado, 19mm (3/4") de diam x 300 mm (12") de long	u	11,1
Perno punta de poste doble galvanizado, 19mm (3/4") de diam x 300 mm (12") de long	u	15,34
Perno máquina de acero galvanizado 16mm(5/8") de diam. X 51mm(2") de long. Con tuerca, arandela plana y presión	u	0,96
Pie amigo de acero galvanizado de ángulo	u	7,56
Perno "U" Acero Galvanizado, con 2 Tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión, de 5/8", 6" de ancho dentro de la U	u	3,54
Poste de hormigón centrifugado de 12mts x 500 kg	u	246,00
Retención preformada para conductor de Al. N° 1/0	u	2,04
Retención preformada para cable de acero galvanizado de 9,51 mm (3/8") de diámetro.	u	3,60

Nota. Se presentan algunos materiales eléctricos utilizados en la construcción de redes eléctricas.

5.6.4. Análisis de precios unitarios

Una vez que se obtiene el tiempo total incluido los suplementos y además se dispone del rendimiento real de cada una de las unidades de propiedad, el siguiente paso es conocer la cantidad de personal que se requiere en el grupo de trabajo para la ejecución de la obra y también se debe considerar el costo unitario de la mano de obra, es decir, el pago de los salarios efectuados por el contratista y dictaminado según la ley.

Tabla 71

Salario mínimo sectorial 2022 del grupo de trabajo.

Categorías Ocupacionales	Cantidad de Personal	Costo Horario	Sueldo Unificado
Residente de obra	1	\$ 4,31	\$ 494,61
Técnico en seguridad	1	\$ 4,30	\$ 493,34
Jefe de grupo/Maestro eléctrico	1	\$ 4,29	\$ 492,49
Liniero	2	\$ 3,87	\$ 441,73
Ayudante peón	2	\$ 3,83	\$ 436,05
Asistente técnico	1	\$ 4,29	\$ 492,49
Chofer	1	\$ 5,62	\$ 653,27

Nota. Se presenta el salario mínimo y el costo por hora del personal involucrado en la obra. (Contraloría General del Estado, 2021)

El grupo de trabajo es indispensable para efectuar una labor determinada de una manera óptima, dependiendo del tipo de estructura que realice.

Al conocer el costo horario y la cantidad de personal que se requiere, se determina la mano de obra por cada uno de los rubros, este estudio es importante porque es parte del análisis de precios unitarios, el precio unitario es el valor final que se obtiene por cada estructura previamente establecida.

5.6.4.1. Desarrollo de programa en Microsoft Excel

Una vez establecidos los costos que se requiere para el análisis de precios unitarios de cada rubro analizado, se procede a desarrollar en un archivo de Excel.

Para mayor facilidad se organizan todos los rubros de acuerdo a su técnica de ascenso en una sola lista, con la descripción de cada estructura y su precio unitario se desglosa en:

- Mano de obra.
- Herramienta menor, es el 5% del total de la mano de obra.
- Costos de materiales.
- Transporte
- Costos indirectos y utilidades, y costos directos, que para este proyecto se optó por el 10% respectivamente, los cuales tienen un porcentaje al costo directo de la mano de obra.

El precio unitario total es la sumatoria de todas las variables previamente establecidas. La Tabla 72 muestra un ejemplo de un rubro elaborado en una hoja de Excel.

Tabla 72

Precio Unitario generado para una estructura tipo EST-1CP.

DETALLE: EST-1CP					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	5%MO				0,16
SUBTOTAL M					0,16
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Residente de obra	1	4,31	4,31	11,7694	0,37

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Técnico en seguridad y salud en el trabajo	1	4,30	4,30	11,7694	0,37
Jefe de grupo	1	4,29	4,29	11,7694	0,36
Liniero	2	3,87	3,87	11,7694	0,66
Ayudante peón	2	3,83	3,83	11,7694	0,65
Asistente técnico	1	4,29	4,29	11,7694	0,36
Chofer	1	5,62	5,62	11,7694	0,48
SUBTOTAL N					3,25
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Aislador espiga (pin), porcelana, con radio interferencia, 15 kV, ANSI 55-5	c/u	1,00	6,80	6,80	
Perno pin punta de poste simple de acero galvanizado, con accesorios de sujeción, 19 x 457 mm (3/4 x 18")	c/u	1,00	11,10	11,10	
Alambre de Al, desnudo sólido, para atadura, 4 AWG	m	2,00	0,98	1,96	
Cinta de armar preformada simple, para cable de Al	c/u	1,00	0,96	0,96	
SUBTOTAL O					20,82
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Camioneta 1 Ton.	u	1	3,97	3,97	
Grúa hidráulica 5 Ton.	u			0,00	
SUBTOTAL P					3,97
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					28,20
INDIRECTOS Y UTILIDADES			10,00%	2,82	
OTROS INDIRECTOS			10,00%	2,82	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					33,84
VALOR PROPUESTO					33,84

En la Tabla 72 se puede observar en resumen los precios unitarios por cada una de las estructuras de MV y BV, de acuerdo a la técnica de ascenso utilizada.

Tabla 73

Precios Unitarios de las estructuras de medio voltaje y bajo voltaje.

Código UP-UC	Precio Unitario Total (USD/unidad)		
	Trepadora	Escalera	Pretales
ESD-1PP3	15,00	17,04	15,78
ESD-1PR3	20,23	21,73	21,00
ESD-1PD3	24,64	25,96	25,42
ESD-1EP	17,74	19,52	17,53
ESD-1ER	16,96	18,75	17,74
ESD-1ED	34,97	36,47	35,75
EST-1CP	30,09	31,84	30,98
EST-1CD	114,77	116,52	115,65
EST-1CR	44,76	46,50	45,64
EST-1CA	41,55	43,29	42,43
EST-3CP	145,71	147,45	146,59
EST-3CD	448,17	449,92	449,06
EST-3CR	255,66	257,40	256,54
EST-3CA	302,20	303,95	303,09

5.6.4.2. Análisis comparativo de precios unitarios

De acuerdo al Sistema Oficial de Contratación Pública, el proceso de contratación para la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. EERSA, según el tipo de contratación de Menor Cuantía, se obtuvo los precios unitarios del Proyecto “Construcción de obras de distribución de energía eléctrica de media y baja tensión 13,8 kV-120/240V en el barrio Nueva Primavera perteneciente al Cantón Chunchi”, con el cual se pretende realizar un cuadro comparativo de precios unitarios obtenidos en el proyecto respecto al montaje de estructuras aéreas.

Se selecciona este proyecto perteneciente a la EERSA, debido a que en el presupuesto referencial hacen un análisis de precios unitarios donde se incluye el costo del material.

En la Tabla 74 se puede apreciar la comparación entre los precios unitarios obtenidos en el presente proyecto utilizando trepadoras, ya que el liniero tiene mejor rendimiento con esta técnica, versus los precios unitarios del proyecto.

Tabla 74

Comparación de precios unitarios finales.

Código UP-UC	Precios Unitarios incluido material (USD/unidad)	
	P. Propuestos	EERSA Proyecto
ESD-1PP3	15,00	17,42
ESD-1PR3	20,23	24,19
ESD-1PD3	24,64	40,28
ESD-1EP	17,74	18,03
EST-1CP	30,09	34,09
EST-1CD	114,77	111,62
EST-1CR	44,76	51,61
EST-1CA	41,55	50,76
EST-3CP	145,71	110,72
EST-3CD	448,17	400,40
EST-3CR	255,66	252,91
EST-3CA	302,20	350,99

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Mediante la investigación realizada en la zona 3 del país se determinó que la técnica de ascenso más utilizada, en la construcción de redes eléctricas nuevas de distribución, es con trepadoras debido a que el liniero se siente seguro y confiando al realizar trabajos en altura, por otra parte cuando se utiliza la escalera el liniero no está acostumbrado a utilizar este instrumento, por lo cual, existe un incremento de tiempo en el armado de estructuras debido a la falta de experiencia, finalmente, los pretales son una técnica de ascenso poco conocida en el país, pero que al igual que las dos anteriores técnicas, cumple el mismo nivel de efectividad para realizar trabajos de construcción de estructuras de MV y BV.
- De acuerdo a los resultados obtenidos respecto a la construcción de estructuras con trepadoras, se concluye que el tiempo de armado y montaje para estructuras de BV varía de 10 a 15 min, para estructuras de MV monofásicas es de 13 a 20 min y para estructura de MV trifásicas el tiempo es de 45 a 75 min, considerando condiciones óptimas de trabajo.
- El método que se seleccionó para la medición del trabajo es el estudio de tiempos con cronometro, este procedimiento permitió el registro y la tabulación de tiempos estándares empleados en la construcción de estructuras de soporte básicas de redes eléctricas de distribución aéreas de medio y bajo voltaje, utilizando las diferentes técnicas de ascenso, trepadoras, escalera y pretales, obtenido así, tiempos aplicables y confiables para un correcto control y manejo de precios, además, se

constató que mientras más bajo es el rendimiento del trabajador, más alto es el precio del rubro.

- De acuerdo al análisis de resultados de valoración de mano de obra se determinó que los precios obtenidos, referentes a estructuras de BV, frente a los precios de las diferentes empresas de distribución discrepan entre ellos, siendo la empresa ELEPCO S.A. la que maneja precios mucho más altos en comparación con el resto de empresas y de los valores propuestos, cabe destacar que EEQ es la empresa que menor remuneración tiene de estos rubros. Para las estructuras monofásicas de MV, pasa todo lo contrario, la EEQ es la que mejor remuneración tiene mientras que los precios propuestos mediante el ascenso con trepadoras es el bajo. Para finalizar, las estructuras trifásicas de medio voltaje poseen un precio similar entre las empresas de distribución, mientras que los precios propuestos son superiores independientemente de la técnica de ascenso. Una de las posibles causas de que existan estas diferencias entre precios se debe al rendimiento del personal, al uso de nuevos materiales, la remuneración salarial, entre otras.
Se debe recalcar, que en la valoración de mano de obra de la EEASA se incluye el neutro en el armado de las estructuras de MV, es así que se arma una estructura monofásica o trifásica de MV y una estructura de BV, por el precio de una sola.
- En la actualidad, las empresas de distribución tienen ciertas variaciones en algunos materiales, lo que significa que no todos los materiales se encuentran homologados como lo establece el MERNNR, esta variación se da porque se considera que con estas modificaciones el mantenimiento es mucho más sencillo para el personal, algo semejante ocurre con el

criterio para determinar las actividades de mano de obra que intervienen en la construcción de redes eléctricas aéreas de distribución, ya que no manejan la misma perspectiva generando así, dificultad para realizar un adecuado control de los proyectos eléctricos de distribución.

Recomendaciones

- El personal encargado de la construcción de redes eléctricas de distribución de medio voltaje y bajo voltaje debe ser capacitado de forma continua, acerca de los procedimientos recomendados para una efectiva ejecución en el armado y montaje de estructuras, con la finalidad de optimizar tiempos de construcción y por ende el rendimiento, así como para resguardar la integridad del personal.
- Los equipos y herramientas, en ocasiones se encuentran en mal estado, por lo que dificulta el tiempo de ejecución de la obra, por lo consiguiente se debe supervisar que no vuelva a existir estos contratiempos y que a la vez se dé cumplimiento a las normas de seguridad con el fin de mejorar la calidad de trabajo.
- Es necesario establecer un proceso donde se pueda determinar los tiempos máximos y mínimos de construcción, para que los contratistas no disminuyan ni aumente el rendimiento del grupo de trabajo del precio unitario sin considerar, a veces, que un rendimiento mal estimado puede generar sobrecarga laboral para cumplir con el cronograma de trabajo en la obra requerida.
- Es importante que todas las empresas de distribución del país actualicen los precios de sus materiales y se acojan a la homologación por parte del MERNNR, a fin de que existan un mejor control de precios unitarios y de procesos de contratación

Bibliografía

Abril Oleas, J. E., & Guzhñay Padilla, M. I. (2013). *Análisis, de precios unitarios a través de micromovimientos aplicado a la dirección de distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur*. Recuperado el 23 de 11 de 2021, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/672/1/te342.pdf>

Abril, J. E., & Guzhñay, M. I. (2013). *Análisis de precios unitarios a través de micromovimientos aplicado a la dirección de distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur*. Recuperado el 23 de Agosto de 2021, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/672/1/te342.pdf>

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), . (2018). RESOLUCIÓN Nro. 018/18.

Aguilar, J. J. (2009). *Análisis de precios unitarios*. ProQuest Ebook Centra.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia: Prentice Hall.

Botero, L. F. (2002). *Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. Medellín: Universidad EAFIT.

Carchi, C. F., & Guzhñay, J. A. (2020). *Análisis de precios unitarios en redes aéreas de distribución eléctrica, para estructuras de bajo voltaje y estaciones de transformación solicitado por la Empresa Eléctrica Azogues C.A*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

- Carollo, C. (2011). *Contrastes de hipótesis*. Obtenido de http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_50140115_Contrastes%20de%20hip%C3%B3tesis.pdf
- CEUPE. (s.f.). *CEUPE Magazine*. (La medición de tiempos en producción) Recuperado el 05 de Octubre de 2021, de <https://www.ceupe.com/blog/la-medicion-de-tiempos-en-produccion.html>
- Comision de Homologacion. (03 de Junio de 2011). Recuperado el 18 de Diciembre de 2021, de Homologacion de las Unidades de Propiedad (UP) en Sistemas de Distribucion de Energia Electrica.: https://www.unidadespropiedad.com/pdf/2d/Secc1-Hom_UP/S1_MT_HUP.pdf
- Comision Federal de Electricidad CFE. (Septiembre de 2010).
- Contraloría General del Estado. (21 de Diciembre de 2021). Dirección Nacional de Auditoría de Transporte, Vialidad, Infraestructura Portuaria y Aeroportuaria.
- El Universo. (07 de Abril de 2007). *El Universo*. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de <https://www.eluniverso.com/2007/04/07/0001/9/5FA9CE9DE0A44FE8920A12F757F85B1C.html>
- ELEPCO S.A. (2019). Menor cuantía de servicios.
- ELEPCO S.A. (2021). *Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. Plan de Negocios 2021*. Recuperado el 16 de 12 de 2021, de <https://elepcosa.com.ec/wp-content/uploads/2017/12/PLAN-DE-NEGOCIOS-2021.pdf>

- Empresa Electrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (2019). Menor Cuatía de Servicios.
- Empresa Electrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (Septiembre de 2020). *Actualizacion del manual organico funcional de la Empresa Electrica Ambato Regional Centro Norte S.A.* Obtenido de <https://www.eeasa.com.ec/content/uploads/2020/09/MANUAL-DE-FUNCIONES-AC-OK.pdf>
- Empresa Electrica Quito. (05 de Septiembre de 2018). APU.
- Empresa Electrica Quito S.A. (2015). Normas para Sistemas de Distribucion . Quito.
- Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. (2002). Manual para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales,P53. Cuenca.
- Empresa Electrica Riobamba S.A. (29 de Octubre de 2014). Menor Cuantía De Obras.
- Empresa Puente Alto. (22 de Agosto de 2017). Instructivo trepado de estructura.
- García, R. (2005). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo. Monterrey: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- INECEL. (Abril de 1978). *Plan Nacional de Electrificación Rural*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2021, de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6106/1/INECEL1978_3365.pdf
- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. (17 de Febrero de 2021). Recuperado el 18 de Septiembre de 2021, de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Ley-Organica-del-Sistema-Nacional-de-Contratacion-Publica_act_feb-2021.pdf

López, & Villatoro. (2011). Chi cuadrada. Juarez.

Méndez, B. A. (2020). Análisis y medición de rendimientos en la construcción de redes de distribución eléctrica aéreas, en medio voltaje y tendido de conductor, para validación de los precios unitarios. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Meyers, F. E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*, 2^o Edición. Mexico: Prentice Hall.

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (s.f.). *Catalogo Digital Redes de Dsistribucion de Eenergía Electrica*. Recuperado el 12 de Octubre de 2021, de <https://www.unidadespropiedad.com/pdf/2d/CHME/Postes.pdf>

Pauta, D. S., & Iñiguez, D. F. (2017). Instructivo para la elaboración de diseños de redes de distribución e instalaciones interiores aplicables en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. . Cuenca: Universidad De Cuenca.

Pazmiño, L. G. (Julio de 2020). Manual de trabajos en altura, una guía para el desarrollo de prácticas de laboratorio. Quito: Universidad Internacional SEK.

Proyecto de Ley Organica del Servicio Publico de Energia Electrica. (16 de Enero de 2015). Quito, Ecuador.

SOFAMEL. (2019). *Trepador para postes circulares*. Recuperado el 03 de Enero de 2022, de https://sofamel.com/es/docs/doc/7ac3romlQKm7RW0pYNwsHZFsxxFHCL-kyJc6TDwtB-_-YDMIRwJ6QYyr-ZkeQ6empmsLyhv2EbWdjFchMa8Oxmz1THrD95EcASPIV2euMDJa7-_-

ICRkVA-_-Kz5DcZYE68BNZ0il5t4NWEI5WIND7xPc02Y-YER0gqoUwrnmqAhj-6yl_

Tamborero, J. M. (2018). *Escaleras manuales*. Obtenido de

https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_239.pdf/c0e26253-5bed-4177-93da-644b921956c8

Turrubiates, V. G. (27 de Marzo de 2019). *Expo Energía*. Recuperado el 03 de Enero de 2022, de Redes De Distribución Aéreas y Subterráneas::

https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/Redes_distribucion_aereas_subterraneas_Part2.php?m=

Universidad del Tolima. (01 de Noviembre de 2019). *Procedimiento de ascenso y descenso postes con escaleras*. Recuperado el 05 de Enero de 2022, de

http://administrativos.ut.edu.co/images/Sistema_gestion_calidad/Gestion_desarrollo_humano/p_salud_seguridad/DH-P17.pdf

Vargas, K. I. (Febrero de 2005). Homologación de precios unitarios para la construcción de redes eléctricas aéreas de distribución en el Ecuador. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

Viteri, M. F. (2016). Análisis y propuesta de estandarización de precios unitarios para la construcción de redes de distribución eléctrica aérea hasta 13.8 KV. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Zapata, C. J. (2011). Confiabilidad de Sistemas Eléctricos de Potencia. En *El Sistema Eléctrico de Potencia* (págs. 8-10). Pereira.

ANEXOS