DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA E ILUMINACIÓN PÚBLICA PARA EL PROYECTO DE LAS AMPLIACIONES DE LAS RUTAS PY-02 Y PY-08 EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO DEL DPTO. DE CAAGUAZÚ.

- Carlos Alberto Portillo Viana
- Jonny Orlando Barberán Sanabria

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2021

DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA E ILUMINACIÓN PÚBLICA PARA EL PROYECTO DE LAS AMPLIACIONES DE LAS RUTAS PY-02 Y PY-08 EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO DEL DPTO. DE CAAGUAZÚ

Elaborado por

- Carlos Alberto Portillo Viana
- Jonny Orlando Barberán Sanabria

Tutor
Ing. Alfredo Moreno Sosa

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Electricidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD
Coronel Oviedo - Paraguay
Año 2021

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Dedicado a:

A nuestros padres, por la oportunidad de seguir mejorando día a día.

A todos nuestros parientes y amigos por brindarnos la fuerza para el logro de nuestra meta.

Agradecimientos:

Al Ing. Alfredo Moreno, por sus instrucciones y constante apoyo.

Al Ing. Cristian Daniel Enciso Mencia, por su colaboración para el logro de los objetivos de este trabajo.

Al Ing. Fernando Godoy Ortega, por sus orientaciones en todo el transcurso de la elaboración del proyecto.

DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA E ILUMINACIÓN PÚBLICA PARA EL PROYECTO DE LAS AMPLIACIONES DE LAS RUTAS PY-02 Y PY-08 EN LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO DEL DPTO. DE CAAGUAZÚ

Carlos Alberto Portillo Viana

Jonny Orlando Barberán Sanabria

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general el diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica e iluminación pública para el proyecto de las ampliaciones de las rutas PY-02 y PY-08 en la Ciudad de Coronel Oviedo del Dpto. de Caaguazú.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una recolección de datos y levantamiento de campo. Seguido a esto, mediante el uso del software AutoCAD 2021 se elaboró un plano del sistema de distribución de energía eléctrica de MT, BT y del sistema de iluminación pública. Todo este proceso condujo a la detección de los incumplimientos de las reglamentaciones en los sistemas de distribución de MT y BT.

A partir de todo lo expuesto, se procede a la elaboración de dos planos: en uno de ellos se diseña un sistema de distribución de energía eléctrica mediante la utilización de conductores aéreos protegidos y en el otro un sistema de iluminación pública, ambos en base a todas normativas y reglamentaciones técnicas vigentes.

Seguido a esto se realiza la simulación del sistema de iluminación mediante el software DIALux evo 9.2, y una vez determinada su viabilidad técnica se procede a la elaboración de la lista de materiales para el nuevo sistema de iluminación pública, así como también la lista de materiales y estructuras del sistema de distribución a ser retiradas y colocadas.

Mediante la ejecución de este proyecto se logrará un aumento en la calidad, seguridad y confiabilidad del sistema de distribución de energía eléctrica suministrada por la ANDE a los usuarios. Así como también se logrará una mayor seguridad y confort para los automovilistas y transeúntes.

Palabras claves: Baja Tensión, Conductores protegidos, Diseño, Distribución, iluminación, Media Tensión.

DESIGN OF THE ELECTRICAL ENERGY SUPPLY SYSTEM AND PUBLIC LIGHTING FOR THE PROJECT OF ROUTES PY-02 AND PY-08 EXTENSIONS IN CORONEL OVIEDO CITY IN CAAGUAZU DEPARTMENT.

Carlos Alberto Portillo Viana

Jonny Orlando Barberán Sanabria

ABSTRACT

The general objective of this work is the design of an electric power supply system and public lighting for the project of the extensions of the PY-02 and PY-08 routes in Coronel Oviedo City in Caaguazú Department.

For the development of this project, a data collection and field survey were carried out. Following this, using the AutoCAD 2021 software, a plan of the MV, LV electrical power distribution system and the public lighting system was drawn up. This entire process led to the detection of non-compliance with regulations in the MV and LV distribution systems.

From all the above, we proceed to the development of two plans: in one of them an electrical power distribution system is designed by using protected overhead conductors and in the other a public lighting system, both based on all current standards and technical regulations.

Following this, the lighting system is simulated using the DIALux evo 9.2 software, and once its technical feasibility has been determined, the list of materials for the new public lighting system is drawn up, as well as the list of materials. and structures of the distribution system to be removed and placed.

Through the execution of this project, an increase in the quality, safety and reliability of the electrical energy distribution system supplied by ANDE to users will be achieved. As well as greater safety and comfort will be achieved for motorists and pedestrians.

Key words: Design, Distribution, Lighting, Low Voltage, Medium Voltage, Protected conductors.

CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN i
Dedicado a: ii
Agradecimientos: iii
RESUMEN iv
ABSTRACT v
CONTENIDO vi
LISTA DE FIGURAS xiii
LISTA DE TABLAS xvi
LISTA DE ABREVIATURAS xviii
I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 3
CAPÍTULO 1 3
1. CONCEPTOS GENERALES 3
1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS 3
1.2. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS 4
CAPITULO 2 5
2. DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA 5
2.1. El Sistema De Distribución 5
2.2. Clasificación De Cargas 6
2.3. Estructuras De Los Sistemas De Distribución 7
2.4. Tipos De Líneas De Distribución 8
2.4.1. Líneas Aéreas 8
2.4.2. Áreas típicas de utilización 10
2.5. Partes Componentes De Una Línea De Distribución Aérea De MT Protegida 11
2.5.1. Conductores 12

2.5.2. Cable Mensajero....13

2.5.3. Accesorios....15

2.5.4. Estructuras Tipos....30

CAPITULO 3....32

3. EQUIPOS DE PROTECCION....32

3.1. Equipos De Maniobra Y Protección....32

3.1.1. Seccionadores Fusibles....32

3.1.2. Seccionadores De Línea....32

3.1.3. Reconectadores....32

3.1.4. Protección De Máxima Corriente....32

3.1.5. Protección Contra Las Sobretensiones....33

3.1.6. Localización de los descargadores....33

3.1.7. Puesta A Tierra....33

3.1.8. Redes Subterráneas....33

3.2. Operación De Redes Subterráneas....34

3.2.1. Estructuras De Redes Subterráneas....35

3.2.2. Estructura Radial....35

3.2.3. Estructura en mallas....36

3.2.4. Estructura en anillos o bucles....36

3.3. Normas Y Especificaciones Técnicas Para La Elaboración De Proyecto de Líneas De Distribución De Media Y Baja Tensión....36

3.3.1. Características y sección del conductor....36

3.3.2. Consideraciones del proyecto ejecutivo.....37
3.3.3. Línea subterránea.....41
3.3.4. Line Post.....41
3.3.5. Línea Aérea Protegida.....41
3.3.6. Línea Aérea de Baja Tensión.....41
CAPÍTULO 4.....42
4. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA ILUMINACIÓN.....42
4.1. La luz.....42
4.1.1. Radiación electromagnética.....42
4.1.2. Espectro electromagnético.....43
4.1.3. Propiedades De La Luz.....44
4.1.4. Reflexión.....44
4.1.5. Refracción.....45
4.1.6. Transmisión.....45
4.1.7. Absorción.....46
4.1.8. Magnitudes, Unidades Y Conceptos Básicos.....47
4.1.9. FLUJO LUMINOSO (ϕ).....47
4.1.10. LA ILUMINANCIA (E).....49
4.1.11. LA LUMINANCIA (L).....49
4.1.12. Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa.....50
4.1.13. Deslumbramiento.....51

4.1.14. El Color En Las Fuentes De Luz.....53
4.1.15. Atributos Del Color.....53
4.1.16. Índice De Reproducción Cromática (CRI).....55
4.1.17. Efectos Psíquicos De Los Colores Y Su Armonía 56
4.1.18. Sentido De La Visión 56
4.1.19. Factores De La Visión.....58
4.2. Características De La Visión Humana.....58
4.2.1. La Visión Humana En La Iluminación 59
4.3. Fuentes De Iluminación Para Alumbrado Públicos 59
4.3.1. Luminarias 59
4.3.2. Lámparas.....60
4.4. Métodos de cálculo para iluminación y simulación.....64
4.4.1. Iluminación vial 64
4.4.2. Disposición de las luminarias.....64
4.4.3. Cálculo de iluminación puntual y media.....65
III. RESUMEN EJECUTIVO.....68
CAPITULO 5.....68
5.1. Descripción del trabajo.....68
5.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas 68
5.2. Justificación.....71
5.3. Finalidad del proyecto 71

5.4. Metas 72
5.5. Objetivos 72
5.5.1. Objetivos generales 72
5.5.2. Objetivos específicos 72
5.6. Beneficiarios 72
5.7. Producto 73
5.8. Localización física y cobertura espacial 73
5.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas 74
5.10. Recursos necesarios 75
5.10.1. Recursos humanos 75
5.10.2. Recursos materiales 76
5.11. Factibilidad técnica 76
5.12. Factibilidad económica 78
5.12.1. Beneficios 78
5.12.2. Costos 79
IV. INGENIERÍA DE DISEÑO 81
CAPÍTULO 6 81
6.1. SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA DE MT 81
6.1.1. Obtención de reglamentación y normativas para el sistema de distribución eléctrica de MT y BT 81
6.1.2. Relevamiento de campo 81

6.2. SISTEMAS DE ILUMINACION PUBLICA 85

6.2.1. Obtención de reglamentaciones y normativas para el sistema de iluminación publica 85

6.2.2. Relevamiento De Campo 85

6.3. Diseño del sistema de suministro de energía eléctrica 86

6.3.1. Análisis del sistema de distribución y elaboración del plano orientativo. 86

6.4. Elaboración del plano para un nuevo sistema de distribución eléctrica de MT y BT 90

6.5. Consideraciones del proyecto ejecutivo. 91

6.6. Lista de estructuras de MT y BT a ser colocadas 91

6.6.1. Estructuras de Media Tensión proyectadas 92

6.6.2. Transformadores proyectados 93

6.6.3. Estructuras de Baja Tensión proyectados 93

6.6.4. Estructuras de Media Tensión proyectadas a ser retiradas 94

6.6.5. Lista de estructuras de BT a ser retiradas 95

6.7. Lista de materiales y estructuras para el sistema de iluminación Publica 95

6.8. Consideraciones Especiales 97

6.8.1. Postaciones 97

6.8.2. Tipos de postes 97

6.8.3. Descargador de Sobretensión y Puesta a Tierra 98

6.8.4. Seccionadores 98

6.8.5. Elaboración del plano de iluminación publica 99

6.8.6. Simulación mediante software Dialux Evo 99

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 100
VI. CONCLUSIONES 101
RECOMENDACIONES.....102
VII. APÉNDICE 103
Apéndice A: Resumen ejecutivo.....103
Apéndice A: Reducción de poda de arboles 104

Apéndice B: Ingeniería de diseño.....114
Apéndice B.1: Proyecto ejecutivo 115

Apéndice B.2:.....119

Apéndice B.2: Lista de estructuras a ser montadas.....120

Apéndice B.3: Lista de estructuras a ser retiradas.....129

Apéndice B.4: cantidad de espaciadores y vanos para cada tipo de estructura135

Apéndice B.5: Iluminación Publica.....138

VIII. Bibliografía.....145

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 2

FIGURA 2. 1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DSITRIBUCION 7
FIGURA 2. 2: Estructuras de transmisión.....8
FIGURA 2. 3 CONDUCTORES SIMPLES Y DE DOBLE CAPA 12
FIGURA 2. 4 Conductor de simple y Doble camada o capa.....13
FIGURA 2. 5 Cable mensajero 14
FIGURA 2. 6 Aislador tipo pin.....15
FIGURA 2. 7 Aislador polimérico tipo pin con grapa incorporada.....16
FIGURA 2. 8 Aislador de retención 17
FIGURA 2. 9 Anillos de sujeción y utilización.....18
FIGURA 2. 10 Espaciador polimérico poligonal y vertical.....19
FIGURA 2. 11 Espaciador con grapas incorporadas.....19
FIGURA 2. 12: Espaciador para desvíos mayores a 20ª.....20
FIGURA 2. 13: Coberturas protectoras 20
FIGURA 2. 14 Alambre recubierto para ataduras y su instalación 21
FIGURA 2. 15 Ménsula anti balanceo y su utilización 21
FIGURA 2. 16 Brazo tipo “L” y su implementación 22
FIGURA 2. 17 Instalación de herrajes o brazo tipo "C" 22
FIGURA 2. 18 Grapas de sujeción del cable mensajero 23
FIGURA 2. 19 Grapa de desvío de mensajero 23
FIGURA 2. 20 Estribo para ménsula de alineación 24
FIGURA 2. 21 Guardacabo horquilla preformada para mensajero.....24
FIGURA 2. 22 Guardacabo horquilla para servicio pesado para mensajero 25
FIGURA 2. 23 Horquilla con pasador preformado para mensajero 25
FIGURA 2. 24 Guía tubular para mensajero.....26
FIGURA 2. 25: Ménsula tangente o de alineación.....26
FIGURA 2. 26: Ménsula de desvío para redes con un circuito.....27
FIGURA 2. 27: Ménsula de desvío para redes con doble circuito 28

FIGURA 2. 28: Ménsula de desvío en configuración vertical.....28
FIGURA 2. 29: ménsula de retención terminal 29
FIGURA 2. 30: Pernos para aislador montado en ménsula y en cruceta 29
FIGURA 2. 31: Placa para doble aislador o pletina de unión:.....30
FIGURA 2. 32: Cable para derivaciones.....31

CAPITULO 3

FIGURA 3. 1: Bus de la SE 34
FIGURA 3. 2: Ejes de Inercia 40

CAPITULO 4

FIGURA 4. 1: Luz visible 42
FIGURA 4. 2: Longitud de ondas en metros.....43
FIGURA 4. 3: Curvas de sensibilidad espectral para λ el observador CIE en condiciones fotópicas; el observador Cie en condiciones escotópicas (CIE,1970, 1978) 44
FIGURA 4. 4: Tipos de reflexión.....45
FIGURA 4. 5: Refracción.....45
FIGURA 4. 6: Tipos de transmisión 46
FIGURA 4. 7: Absorción de la Luz.....47
FIGURA 4. 8: Flujo luminoso 48
FIGURA 4. 9: Intensidad Luminosa 48
FIGURA 4. 10: Intensidad luminosa emitida por una fuente puntual 49
FIGURA 4. 11: Iluminancia.....49
FIGURA 4. 12: Rendimiento Luminoso 51
FIGURA 4. 13: Triangulo cromático CIE.....54
FIGURA 4. 14: Niveles de reproducción cromático según DIN 5035 55
FIGURA 4. 15: Ojo humano.....57
FIGURA 4. 16: Las sensibilidades espectrales de los bastones y los conos.....58
FIGURA 4. 17: Campo visual del ojo humano 59
FIGURA 4. 18: Lampara de vapor de mercurio a alta presión.....62

FIGURA 4. 19: Lampara de vapor de sodio a alta presión 63
FIGURA 4. 20: Elementos que componen un LED.....64
FIGURA 4. 21: Disposición de luminarias.....65
FIGURA 4. 22: Disposiciones genéricas del alumbrado vial.....66
FIGURA 4. 23: Método de los nueve puntos 67

CAPITULO 5

FIGURA 5. 1: Ubicación geográfica de los alimentadores implicados en el proyecto 73

CAPITULO 6

FIGURA 6. 1: Plano del sistema de distribución existente 86
FIGURA 6. 2: Estructuras de MT incorrecta para sección de conductor utilizado ...87
FIGURA 6. 3: Distancia superior a la máxima permitida entre poste a poste.....87
FIGURA 6. 4: Estructuras de MT incorrecta para sección de conductor utilizado ...88
FIGURA 6. 5: Angulo superior al permitido de la estructura 88
FIGURA 6. 6: Estructuras de MT incorrecta para sección de conductor utilizado ...89
FIGURA 6. 7: Estructuras de MT incorrecta para sección de conductor utilizado ...89
FIGURA 6. 8: Cambios en los Sistemas De Distribución De Energía Eléctrica.....90

APENDICE B

FIGURA B. 1: Ubicación de los Alimentadores de Distribución. 117
FIGURA B. 2: Vista 1 del sistema de iluminación pública.....139
FIGURA B. 3: Vista 2 del sistema de iluminación pública.....139
FIGURA B. 4: Vista 3 del sistema de iluminación pública.....140

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 5

TABLA 5. 1: Ahorro en potencia mediante los artefactos LED 78
TABLA 5. 2: Ahorro de energía eléctrica kWh/año 78
TABLA 5. 3: Reducción de poda de arboles.....79
TABLA 5. 4: Costo total de materiales.....80
TABLA 5. 5: Costo total del proyecto de sustitución de línea de distribución aérea convencional a un sistema con conductores protegidos en MT con iluminación centralizada 80

CAPITULO 6

TABLA 6. 1: Longitud de conductores implicados en el proyecto.....82
TABLA 6. 2: Postaciones existentes.....82
TABLA 6. 3: Estructura MT existentes.....83
TABLA 6. 4: Estructuras BT existentes 84
TABLA 6. 5: Transformadores existentes.....84
TABLA 6. 6: Seccionadores, Riendas y Puestas a tierras.....85
TABLA 6. 7: Acometidas en BT 85
TABLA 6. 8: Estructuras de iluminación 86
TABLA 6. 9: Tipos de conductores y Postes según sección de conductor.....88
TABLA 6. 10: Lista de estructuras MT a ser colocados.....92
TABLA 6. 11: Lista de transformadores proyectados 93
TABLA 6. 12: Lista de estructuras de BT proyectados.....93
TABLA 6. 13: Lista de estructuras de MT proyectadas a ser retiradas.....94
TABLA 6. 14: Lista de materiales para el sistema de iluminación publica.....95

APENDICE A

TABLA A. 1: Calculo de poda de árboles. 105
TABLA A. 2: Ahorro con el sistema de distribución de las líneas MT y BT.....106
TABLA A. 3 Datos de conductores.....107

TABLA A. 4 Separación entre conductores 110

APENDICE B

TABLA B. 1: Representación en colores de cada alimentador. 117
TABLA B. 2: Lista de estructuras MT detallada 121
TABLA B. 3: Lista de estructuras detalladas de transformadores a ser colocados124
TABLA B. 4: Lista de materiales y estructuras a ser colocadas en Baja Tensión..126
TABLA B. 5: Lista detallada de materiales y estructuras para Iluminación publica. 127
TABLA B. 6: Distancia entre espaciadores EPMT1 / EPMT1 A.....136
TABLA B. 7: Distancia entre espaciadores EPMT1-EPMT1 A, y otras que no sean de alineacion. 136
TABLA B. 8: Distancia entre espaciadores EPMT2 / EPMT2; EPMT2/EPMET3...137
TABLA B. 9: Ficha técnica de la luminaria ALCON- LUXACRIL.....141
TABLA B. 10: Resultados para campos de evaluación. 142
TABLA B. 11: Resultados para el observador. 142
TABLA B. 12: Valores de mantenimiento iluminancia horizontal lx (líneas Isolux) Calzada 1 M2. 143
TABLA B. 13: Valores de mantenimiento de iluminancia horizontal. 143
TABLA B. 14: Valores para luminancia de una instalación nueva. 144

LISTA DE ABREVIATURAS

ANDE	Administración Nacional De Electricidad
AUTOCAD	Diseño Asistido Por Computador
MT	Media Tensión
PD	Puestos De Distribución
SD	Sistema De Distribución
BT	Baja Tensión
KV	Kilo Volts, Unidad De Media De La Tensión
LED	Diodo Emisor De Luz
VS	Artefacto De Iluminación De Vapor De Sodio De Alta Presión
FDP	Factor De Potencia
CRI	Índice De Reproducción Cromática
SE	Sub Estación De Energía Eléctrica

I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Coronel Oviedo, capital departamental de Caaguazú se planea la realización del proyecto de la circunvalación entre las Rutas PY-02 y PY-08. Debido a este proyecto los comercios de la zona se verían afectados al tener una menor afluencia de clientes, debido a que los conductores de auto vehículos pueden tomar la circunvalación, y ya no seguir la ruta donde se encuentran asentados los emprendimientos. Teniendo en cuenta esto la Municipalidad de Coronel Oviedo conjuntamente con la Facultad de Ciencias y Tecnología UNCA realizaron el proyecto de ampliación de Rutas PY-02 y PY-08 entre las intersecciones de la circunvalación, para buscar minimizar el impacto negativo aludido.

Las ampliaciones de las Rutas mencionadas implican la elaboración de un proyecto eléctrico en el cual se deben diseñar alternativas para las adecuaciones en las redes de distribución eléctrica en media y baja tensión que se encuentres afectadas por la ampliación, así como también diseñar un sistema de iluminación conformes a las normas de iluminación vigentes.

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar el sistema de suministro de energía eléctrica e iluminación pública para el proyecto de las ampliaciones de las Rutas PY-02 y PY-08 en la Ciudad de Coronel Oviedo del Dpto. de Caaguazú.

Con el proyecto eléctrico se tendrá un impacto socioeconómico ya que permitirá un avance en el desarrollo de la ciudad de Coronel Oviedo, puesto que generará un mayor atractivo ya sea turístico o de futuras inversiones en el área, así también mejorará la calidad de vida, la seguridad del tránsito vehicular como la peatonal. Promoverá el crecimiento de las zonas periféricas y espacios de esparcimiento. Siendo los principales beneficiados los pobladores de la ciudad de Coronel Oviedo, así como también todos los conductores que utilicen el trayecto.

En el capítulo 1 se expone los antecedentes históricos referentes a la iluminación pública y sistemas de distribución eléctrica de MT aérea protegida. Así como la definición de términos básicos.

En el capítulo 2 se detallan todas las características del sistema de distribución eléctrica tanto en media y baja tensión. En el mencionado capitulo se describen los diferentes tipos de conductores y aisladores.

En el capítulo 3 se detallan los diferentes tipos de protecciones de los sistemas de distribución para las líneas aéreas protegidas y subterráneas, además se hallan las reglamentaciones que respectan a los sistemas de distribución.

En el capítulo 4 contiene los principios básicos de la iluminación, en ella se explican los espectros de radiación magnética, campo de visión humana, deslumbramiento, CRI, principio de funcionamiento de la luz VS y LED. También se detallan las disposiciones y cálculos para la iluminación.

El capítulo 5 abarca el resumen ejecutivo del proyecto, en el capítulo 6 se realiza la ingeniería de diseño en el cual se elabora un diseño del sistema de distribución de energía eléctrica e iluminación pública para las ampliaciones de las rutas PY-02 y PY-08.

Por último, se presentan los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 1

1. CONCEPTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

"DISEÑO DE ALUMBRADO PUBLICO DE LA AVENIDA 24 DE JUNIO ORURO-VINTO" Realizado por Víctor alegre Mamani para la obtención del título de Ingeniero Electricista en el año 2011 en La Paz – Bolivia.

Tuvo como principal objetivo diseñar la red del alumbrado público de la avenida 24 de junio. Como conclusión se obtuvo que la iluminación de la avenida 24 de junio, es técnica y económicamente factible por la importancia que tendrá la avenida, puesto que va a ser un nexo muy importante entre el oriente y sur del país. Y que con el proyecto se mejora la calidad de vida aumentando la seguridad de los conductores vehiculares y también a los ciudadanos circundantes.

"PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN AÉREAS DESNUDA DE MEDIA TENSIÓN POR LÍNEAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN AÉREA PROTEGIDA DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO" Realizado por Eliza Rojas Girett para la obtención del título de Ingeniera En Electricidad en el año 2015 en Coronel Oviedo – Paraguay.

Tuvo como principal objetivo: realizar el proyecto ejecutivo de sustitución de líneas eléctricas de distribución aéreas desnuda de media tensión por líneas eléctricas de distribución aérea protegida. Como conclusión se obtuvo que con el cambio de sistema de distribución aérea de MT protegida se llega a mejorar la confiabilidad y calidad de la energía eléctrica suministrada a los usuarios, obteniendo con el mismo una reducción importante en el DEP Y FEP ante un sistema de distribución de conductores desnudos, como así también la disminución de la polución visual causada por la poda de árboles en el sistema de distribución aérea de conductores desnudos.

1.2. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Conductor: Material en el cual algunas de las partículas cargadas (portadores de carga) se pueden mover libremente

Alimentador: Circuito normalmente conectado a una estación receptora, que suministra energía eléctrica a uno o varios servicios directamente a varias subestaciones distribuidoras. Un alimentador eléctrico es un conductor que como su nombre indica es el encargado de suministrar toda la corriente que un grupo de cargas consume.

Tensión: La tensión eléctrica o diferencia de potencial es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

Redes: Una red eléctrica es el conjunto de medios formado por generadores eléctricos, transformadores, líneas de transmisión y líneas de distribución utilizados para llevar la energía eléctrica a los elementos de consumo de los usuarios.

Corriente: la corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica que recorre un material. se debe al movimiento de las cargas en el interior del mismo.

CAPITULO 2

2. DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1. El Sistema De Distribución

Las redes de distribución forman una parte muy importante de los sistemas de potencia porque toda la potencia que se genera se tiene que distribuir entre los usuarios y éstos se encuentran dispersos en grandes territorios. Así pues, la generación se realiza en grandes bloques concentrados en plantas de gran capacidad y la distribución en grandes territorios con cargas de diversas magnitudes. Por esta razón el sistema de distribución resulta todavía más complejo que el sistema de potencia.

El sistema eléctrico de potencia (SEP) es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución que operan como un todo. En operación normal todas las máquinas del sistema operan en paralelo y la frecuencia en todo el SEP es constante. La suma de inversiones en la generación y la distribución supera el 80% de las inversiones totales en el SEP. Es fácil suponer que la mayor repercusión económica se encuentra en el sistema de distribución, ya que la potencia generada en las plantas del sistema se pulveriza entre un gran número de usuarios a costos más elevados. Esto obliga a realizar las inversiones mediante la aplicación de una cuidadosa ingeniería en planificación, diseño, construcción y operación de alta calidad.

La definición clásica de un sistema de distribución, desde el punto de vista de la ingeniería, incluye lo siguiente;

- Subestación principal de potencia.
- Sistema de subtransmisión.
- Subestación de distribución.
- Alimentadores primarios.
- Transformadores de distribución.
- Secundarios y servicios.

Estos elementos son válidos para cualquier tipo de cargas, tanto en redes aéreas como en las subterráneas. Las funciones de los elementos de un sistema de distribución son:

Subestación principal de potencia. Ésta recibe la potencia del sistema de transmisión y la transforma al voltaje de subtransmisión.

Sistema de subtransmisión. Son las líneas que salen de la subestación (SE) principal para alimentar a las SE de distribución.

Subestación de distribución. Se encarga de recibir la potencia de los circuitos de subtransmisión y de transformarla al voltaje de los alimentadores primarios.

Alimentador primario. Son los circuitos que salen de las SE de distribución y llevan el flujo de potencia hasta los transformadores de distribución.

Transformador de distribución. Reduce el voltaje del alimentador primario al voltaje de utilización del usuario.

Secundarios y servicios. Distribuyen la energía del secundario del transformador de distribución a los usuarios o servicios. En las redes subterráneas se utilizan redes automáticas de baja tensión que se abastecen de energía a través de unos 4 o más alimentadores y múltiples transformadores de distribución, por lo que su potencia es muy grande. La combinación óptima de los voltajes de subtransmisión y distribución, desde el punto de vista económico, depende de varios factores, tales como densidad de carga, área que se sirve, carga total atendida, topografía del terreno, rango de crecimiento de la carga, disponibilidad de derechos de vía, sistemas de voltajes existentes, etc.

2.2. Clasificación De Cargas

La electrificación puede atender en general los siguientes tipos de cargas:

Residencial: urbana, suburbana y rural. La carga residencial tiene la menor densidad respecto a la carga comercial e industrial y decrece de la urbana a la rural, de tal forma que resulta poco económica la electrificación rural, aunque se justifica desde el punto de vista social. Actualmente en las zonas rurales se utilizan sistemas de distribución monofásicos, así como plantas de energía solar e híbridas.

Carga comercial: áreas céntricas, centros comerciales y edificios comerciales. Las densidades de carga en estos casos son mayores.

Carga industrial: pequeñas industrias y grandes industrias. Algunas veces la carga industrial se incluye en las cargas comerciales. La carga industrial en general puede tener grandes potencias y contratar el servicio en altas tensiones.

2.3. Estructuras De Los Sistemas De Distribución

A grandes rasgos, se puede afirmar que existen dos tipos fundamentales de sistemas de distribución: radiales y mallados. Un sistema radial es aquel que presenta un solo camino simultáneo al paso de la potencia hacia la carga. Un sistema mallado, por el contrario, tiene más de un camino simultáneo para el flujo de potencia. La figura muestra un sistema radial y uno mallado.

Todas las estructuras de los sistemas de distribución se pueden clasificar en radiales y mallados.

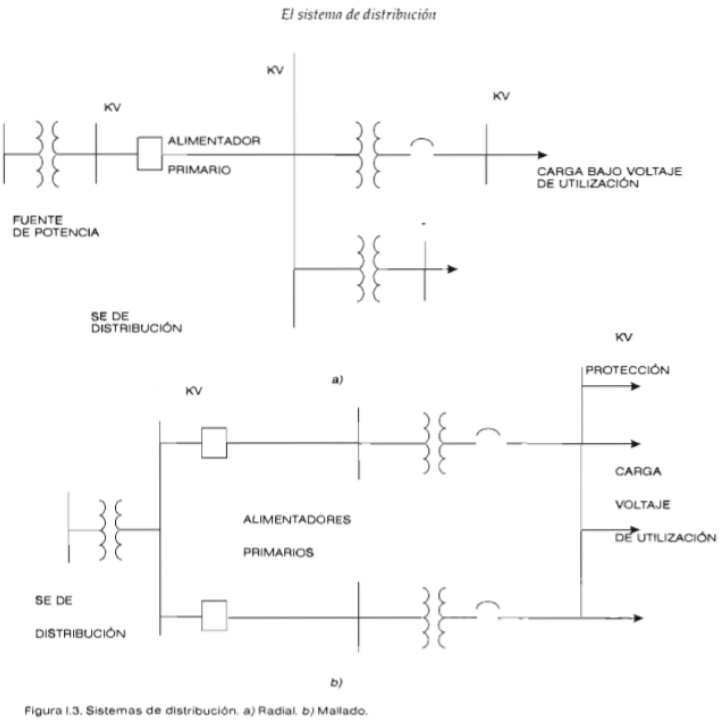


Figura I.3. Sistemas de distribución. a) Radial. b) Mallado.

FIGURA 2. 1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DSITRIBUCION

La selección de la estructura del sistema de distribución depende principalmente de la continuidad del servicio deseada, de la regulación del voltaje y de los costos. Algunas veces el sistema limita la aplicación de ciertas estructuras de distribución,

ya que el diseño se debe hacer considerando las características del sistema, no como algo aislado de él [1].

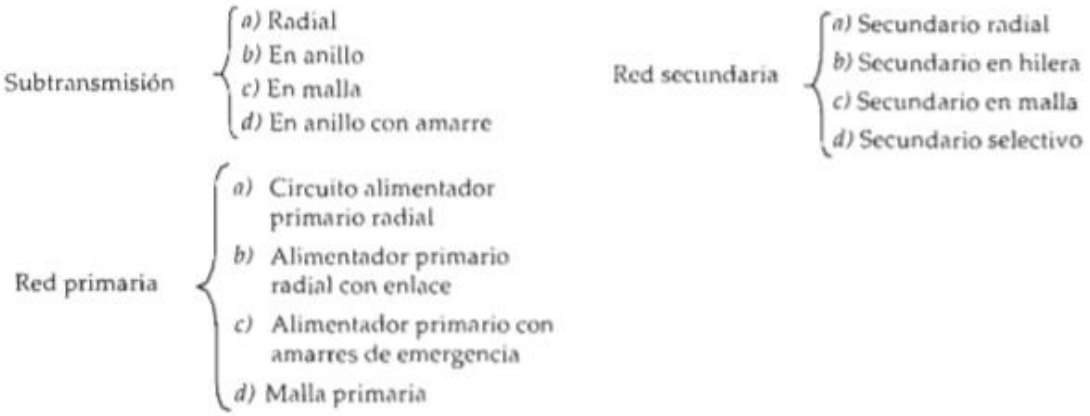


FIGURA 2. 2: Estructuras de transmisión

2.4. Tipos De Líneas De Distribución

De acuerdo a como se entrega la energía eléctrica a los consumidores las líneas de distribución se pueden clasificar en: líneas aéreas, dentro de las cuales están las líneas de distribución aéreas desnudas y las protegidas; líneas subterráneas; líneas mixtas las cuales están compuestas tanto por líneas aéreas como subterráneas. Estos a su vez pueden alimentar a sistemas radiales o sistemas en anillos (mallados). La estructura radial es la más empleada por su sencillez de operación y bajo costo [2].

La reciente mayor énfasis sobre el medio ambiente (aspecto) también ha contribuido a una mayor presión para instalaciones subterráneas y las líneas aéreas de distribución protegidas [3].

Actualmente la ANDE cuenta con los tipos de líneas mencionados anteriormente, siendo la aérea la más implementada, en cambio la línea subterránea es utilizada generalmente en la salida de las subestaciones y en los circuitos de distribución de aquellas ciudades que cuentan con una gran cantidad de edificaciones y habitantes.

2.4.1. Líneas Aéreas

Se consideran líneas aéreas todas las redes montadas a cierta altura, al aire libre y a vista directa para el transporte de energía eléctrica. Para mantener los

conductores a la distancia mínima se utilizan apoyos, pudiendo ser estos de madera, metálicos o de hormigón y con conductores desnudos de aluminio y/o acero, o conductores aislados, donde se tienen las líneas aéreas compactas protegías con separadores o las líneas aéreas pre-ensambladas (trenzadas) [4]. Y la elección de los tipos de conductores se realiza en función del lugar por donde vayan a recorrer y el tipo de instalación. Sobre los postes mencionados con anterioridad se disponen otros soportes en posición horizontal, llamadas crucetas, sobre las cuales se montan los diferentes elementos o herrajes, aisladores que son los encargados de sostener a dichos conductores.

Al conjunto de poste, cruceta y soportes de los cables recibe el nombre de apoyo, por lo que se puede afirmar que los elementos fundamentales de toda línea eléctrica aérea son los apoyos y los conductores [4].

Las líneas aéreas presentan varias ventajas sobre las líneas subterráneas, ya que tanto la inversión inicial del montaje como los gastos de mantenimiento son inferiores.

2.4.1.1. Líneas aéreas convencionales (Conductores desnudos)

Los conductores empleados en las líneas aéreas convencionales (Conductores desnudos) son de un material de aluminio y de cobre, aunque hoy en día el único que se utiliza, principalmente es el aluminio. El aluminio al tener una resistencia mecánica muy pequeña es necesario que para formar dichos conductores el alma debe estar formada por alambres de acero, con el fin de aumentar la resistencia mecánica de estos conductores. Se utilizarán tan sólo en instalaciones especiales y debidamente justificadas, excluyendo el caso de zonas arboladas o con peligros de incendio [5].

Donde las partes principales de una línea aérea son:

- ✓ Conductores.
- ✓ Aisladores.
- ✓ Las obras de apoyo (postes).
- ✓ Soportes transversales y las cimentaciones.

Las líneas aéreas convencionales están expuestas a que en él se presenten diversas averías, las causas más usuales que se suelen producir en los tendidos

de las líneas son entre otras, la caída de árboles, los vientos huracanados, fenómenos atmosféricos y otros agentes externos que pueden provocar daños en ellos. Las averías que causan, principalmente los efectos nombrados anteriormente son:

- ✓ La rotura del conductor.
- ✓ La unión entre dos o más conductores (cortocircuito).
- ✓ La unión de uno o más conductores y tierra (cortocircuito).

2.4.1.2. Líneas aéreas protegidas:

este tipo de líneas aparte de estar a la intemperie como las líneas convencionales, están compuesta de conductores que contienen una capa de aislación, donde la separación entre fases ésta hecha mediante espaciadores triangulares y verticales aislantes que permite una proximidad de los conductores energizados. Los cuales están sustentados por un cable de acero portante galvanizado de alta resistencia [5] [6].

Asimismo, las líneas desnudas normalmente encuentran resistencia entre la población debido al impacto ambiental provocado por la frecuente necesidad de podas predatorias de los árboles, debido a que el simple contacto del conductor desnudo con una rama puede provocar la salida de servicio de parte de la red, exigiendo la presencia constante de equipos de mantenimiento para el restablecimiento de la energía.

Las características que presenta este tipo de líneas, son: que la cubierta externa es de XLP por su mejor comportamiento en el contacto con ramas de árboles y con tratamientos de protección por la exposición a los rayos ultravioletas.

2.4.2. Áreas típicas de utilización

Las líneas aéreas de distribución protegida son utilizadas en reemplazo de las líneas aéreas de conductores desnudos y su uso está recomendado para aquellas zonas donde son constantes las salidas de servicio causadas por el contacto de objetos extraños a la red, en lugares donde se requieran mejorar los índices de confiabilidad y seguridad.

Las redes aéreas protegidas resultan técnica y económicamente viables, entre otras, en las siguientes situaciones:

Áreas donde la distancia a las ramas de árbol no puede ser eficientemente controlada.

a) Construcción de líneas por el centro de manzanas.
b) Áreas residenciales muy arboladas.
c) Servidumbres en sitios remotos y/o inaccesibles [6].

Estas zonas que se encuentran densamente arbolados es uno de los principales motivos que impulsaron este trabajo, ya que este problema acarrea consigo la baja confiabilidad del sistema de distribución aérea, la cual es reflejada en los elevados valores del indicador DEP y FEP de los alimentadores

2.4.2.1. Áreas con problemas de confiabilidad

Las áreas con problemas pueden ser tales como:

a) Probabilidad de tormentas que incluyen vientos fuertes.
b) Caída de ramas de árbol.
c) Accidente por choque automóvil/poste.
d) Zonas donde se exige un elevado índice de confiabilidad, debido de la importancia de los consumidores, tales como los hospitales, emisoras de televisión, edificios gubernamentales, entre otras.
e) Áreas de alto nivel isoceráunico.

2.4.2.2. Aplicaciones en espacios reducidos como

La aplicación en espacios reducidos puede ser:

a) Circuitos múltiples a la salida de subestaciones.
b) Franja de servicio reducida.
c) Para cumplir distancias de seguridad reglamentaria respecto a edificios [7].

2.5. Partes Componentes De Una Línea De Distribución Aérea De MT Protegida

Las líneas de distribución aérea de MT poseen componentes diferentes que las líneas aéreas de conductores desnudos, las cuales daremos a conocer a continuación:

2.5.1. Conductores

Las redes compactas aéreas están compuestas por tres conductores cubiertos con una capa de material polimérico apoyados en separadores que también son de polímero, suspendido por un cabo mensajero.

Los materiales poliméricos utilizados en la cubierta de los conductores son el XLPE, resistente a la radiación solar y el HDPE, pudiendo encontrarse actualmente conductores con una cubierta de doble capa; una capa interna en LDPE o XLPE y la externa en HDPE.

En la aislación de los conductores, se tienen las de doble camada, donde las mismas cuentan sobre la capa semiconductora con una cubierta interna de XLPE natural y una externa de HDPE tratado de color negro o gris cielo, que poseen las mismas características eléctricas que los accesorios. Estas coberturas reducen notablemente la corriente de fuga y en caso de los contactos accidentales de los conductores con objetos puestos a tierra o entre fases. Es de relevancia también mencionar que este tipo de sistema permite la disminución del espacio entre las fases, brindando de esta manera una seguridad y confianza al sistema y a los clientes finales o usuarios. Como alternativa, los cables de simple camada, están dotados de una cobertura de XLPE natural, con propiedades contra el encaminamiento (tranking) en todo su volumen, resistente a la intemperie y a las radiaciones solares [5].

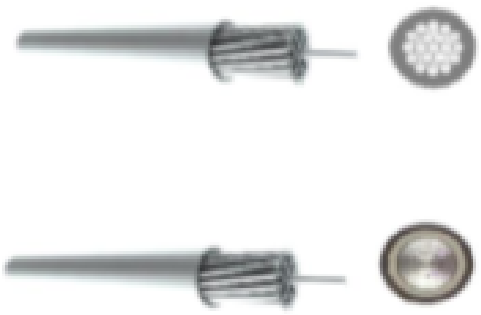


FIGURA 2. 3 CONDUCTORES SIMPLES Y DE DOBLE CAPA

Los conductores poseen un sistema de bloqueo longitudinal que cierra todo orificio posible entre hilos del conductor compacto evitando el ingreso de la humedad a cualquier tramo del cable [8].

Estos cables son del tipo protegidos, los mismos no se tratan de cables aislados, por lo cual los procedimientos necesarios para su mantenimiento y operación deben ser similares a aquellos utilizados para líneas aéreas no aisladas.

Existen secciones que están desde los 35mm² hasta los de 185mm², por lo cual para el proyecto dependiendo de las características de la red se deberá utilizar dichas secciones comerciales disponibles.

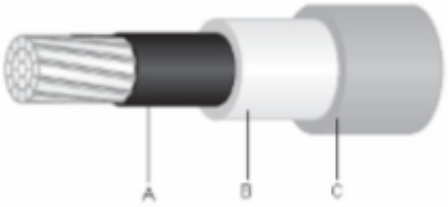


FIGURA 2. 4 Conductor de simple y Doble camada o capa

Donde:

A: Blindaje semiconductor.

B: Polietileno de baja densidad sin carga.

C: Polietileno de alta densidad negro o gris.

En la imagen anterior se puede apreciar las partes componentes de los conductores protegidos, donde la capa interior del mismo es a base de polietileno natural de alto peso molecular, sin cargas. Este material es el que provee características eléctricas superiores a otros polietilenos similares, pero con cargas. La capa externa indicada con la letra “C” consiste en polietileno de alta densidad y de alta resistencia al “tracking”. Mediante esta resistencia a la abrasión es el que otorga una protección física para los roces contra las respectivas ramas de árboles que se encuentran ubicadas bajo las líneas aéreas de distribución de conductores desnudos.

2.5.2. Cable Mensajero

Las redes de distribución protegidas utilizan un cable de alta resistencia mecánica para que pueda actuar como soporte de los conductores, puesto que de los mismos están suspendidos a intervalos regulares los conductores de fase del sistema; sirven también como blindaje ante las descargas atmosféricas y además realiza la función neutral del sistema. Los cables mensajeros se pueden dividir en dos grupos, que son:

✓ **ACSR/AW** formado alambres de aluminio duro y por alambres de acero recubierto de aluminio alumoweld (AW).

✓ **AW** (Alumoweld) está formado solo por alambres de acero y recubiertos de aluminio.

La versión **ACSR/AW** es la más empleada para las instalaciones, puesto que combina gran resistencia mecánica con una alta conductividad. En cambio, los mensajeros **AW** son empleados para aquellos donde el esfuerzo mecánico al cual estará sometido es muy elevado.

En las instalaciones de las líneas aéreas protegidas siempre se tiende y se tensiona primero el cable mensajero o portante antes de instalar los conductores, ya que éstos servirán para el sostén de los mismos.

FIGURA 2. 5 Cable mensajero

El cable mensajero o portante tiene básicamente cuatro aplicaciones, las cuales se mencionan a continuación:

✓ Cable mensajero con función de protección mecánica: Protege de la caída o el contacto de las ramas de los árboles y de objetos extraños a la red de distribución.

✓ El cable portante es el miembro resistente que da todo el soporte mecánico a los conductores de fase y a los espaciadores.

✓ El cable portante actúa como conductor neutro del sistema, dando de esta manera un camino con puesta a tierra múltiples para las corrientes de neutro.

✓ El cable mensajero proporciona un blindaje de protección pararrayos, ya que tiene características de operación similares a un hilo de guarda instalado en la cima de los postes de una línea de transmisión. Para asegurar la protección de

pararrayos es necesario prever adecuadas y frecuentes puestas a tierras del cable portante [6].

2.5.3. Accesorios

Dentro de los accesorios se pueden encontrar los siguientes

2.5.3.1. Accesorios Poliméricos

En las líneas aéreas de distribución son utilizados varios accesorios, entre éstos los espaciadores de polietileno.

Se describen a continuación los accesorios polímeros que son utilizados en los proyectos de líneas aéreas de distribución protegida.

Aisladores: accesorio de polietileno de alta densidad cuya función es la sujeción de los conductores semiaislados, y el aislamiento de estos con la estructura tipo “C” sobre el cual van instalados estos aisladores para sujetar a los conductores se procede a la instalación de gomas de silicona mediante los pernos, ya sea que de utilicen como soportes de alineación y de paso.

Dentro de los aisladores hay una clasificación, las cuales se puede apreciar a continuación.

FIGURA 2. 6 Aislador tipo pin

Los aisladores de polietileno se usan en las líneas de distribución protegidas o en las de conductores desnudos.

También se pueden encontrar los aisladores polimérico tipo pin con grapa incorporada, este tipo de aislador en una alternativa al método anterior de asegurar los cables al aislador anterior por medio del alambre para ataduras, ya que el aislador tiene una grapa para la sujeción de las fases. El aislador es una pieza la cual fue desarrollada por el proceso de inyección de polietileno de alta densidad [9]. La grapa está en la parte superior del aislador, siendo su ventaja el ahorro de tiempo en el montaje debido a que ya no se realiza el amarre. Si se va a montar este tipo de aislador en una red con cables desnudos, los aisladores deben tener insertos de aluminio en las mordazas de las grapas [6].

Sus características técnicas se muestran a continuación:

- Resistencia a la intemperie y al tracking.
- Material: polietileno de alta densidad.
- Es de color gris ceniza.
- Altísima resistencia al impacto, golpes y a los actos vandálicos.
- Son livianos.
- Pueden ser intercambiables con aisladores de porcelana.

FIGURA 2. 7 Aislador polimérico tipo pin con grapa incorporada

Además de los anteriores aisladores mencionados se tienen a los aisladores para retención, donde su núcleo está compuesto por fibra de vidrio el cual proporciona

una rigidez dieléctrica y una buena resistencia mecánica, toda esta parte interna esta revestida por una cubierta polimérica la cual protege al núcleo de la radiación ultravioleta y de la humedad.

Aunque son prácticamente irrompibles son también muy livianos, el material del cual están hechos estos aisladores hace que resistan al vandalismo y a la intemperie, evitan fugas de corriente y tienen buena hidrofobicidad, es decir repele en su mayoría la humedad que queda en la superficie del aislador.
Estos aisladores de retención cumplen con la función de aislar los conductores de fase de tierra en los circuitos terminales o estructuras de retención [6] .

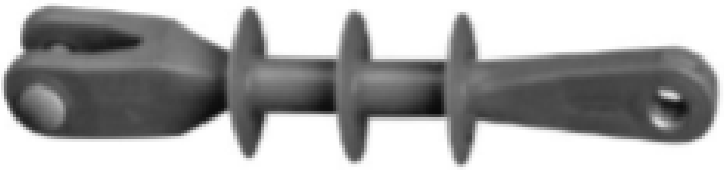


FIGURA 2. 8 Aislador de retención

Anillos de sujeción: los anillos de sujeción se utilizan en los espaciadores que no vienen con grapas incorporadas, son utilizadas para asegurar los conductores y el mensajero al espaciador. Pueden reemplazar también a los estribos, los cuales sujetan al espaciador a la ménsula cuando la red pasa por el poste.
Los anillos de sujeción son de goma EPDM, la cual aprieta los conductores firmemente en condiciones de corto circuito y más aún en condiciones normales de trabajo, su instalación en los espaciadores es fácil ya sea de forma manual o en caliente. Es resistente a la oxidación, a la intemperie, a los agentes atmosféricos y al calor; por lo que los anillos de sujeción son de larga duración y resistentes a los rayos ultravioletas [6].

FIGURA 2. 9 Anillos de sujeción y utilización

Espaciadores: accesorio de forma romboidal, poligonal con garras o vertical realizado en material polimérico para su utilización en líneas protegidas. Colgado de un cable mensajero, su función es la sustentación y separación de los cables protegidos a lo largo del vano, manteniendo la aislación eléctrica de la línea.
En la parte ecológica, su diseño permite una armonía con el medio ambiente, es decir, evitando la tala de los árboles al momento en que las ramas toquen las líneas, o tender la red a través de bosques que están protegidos.
El espaciador poligonal está fabricado en polietileno de alta densidad de color ceniza y fue desarrollado exclusivamente para obtener excelentes características mecánicas y satisfacer los requisitos de resistencia a los rayos ultravioleta, al tracking eléctrico y a la intemperie, exigidos en este tipo de líneas.

Existen varios modelos de espaciadores: sin grapas incorporadas, con grapas incorporadas, con grapas para desvíos mayores a 20º, los cuales se van a detallar a continuación:

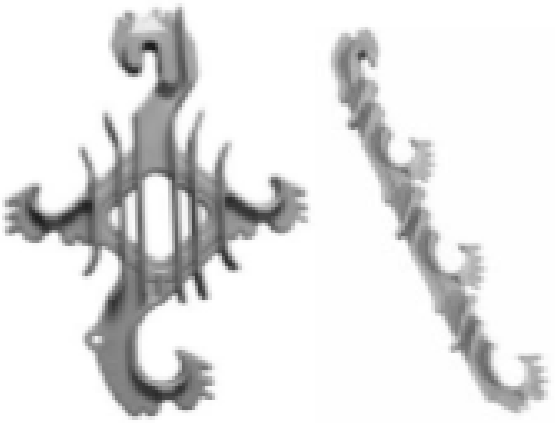


FIGURA 2. 10 Espaciador polimérico poligonal y vertical

- **Espaciadores sin grapas incorporadas** este tipo de espaciador asegura las fases y al mensajero mediante anillos de sujeción.
- **Espaciadores con grapas incorporadas** este modelo tiene las mismas aplicaciones que el modelo anterior, la diferencia radica en que el espaciador tiene grapas incorporadas para asegurar a las fases y el mensajero, haciendo que su montaje y remoción sean más rápidas y sencillas. Las grapas están diseñadas para sostener todas las secciones de los conductores y del mensajero.

FIGURA 2. 11 Espaciador con grapas incorporadas

El espaciador con garras fue desarrollado para cubrir los requerimientos eléctricos y mecánicos en ambientes típicos de una red de distribución aérea. El espaciador

fue proyectado con un mecanismo especial que asegura el cable utilizando una garra que mantiene la presión de apriete a través de un sistema mecánico [6] [8].

- **Espaciadores con grapas para desvíos mayores a 20º** este espaciador es una opción para las redes que presentan desvíos mayores a 20º, el cual posee una grapa metálica de sujeción con una especie de articulación giratoria para que el espaciador quede vertical, aunque el mensajero este inclinado según la pendiente.

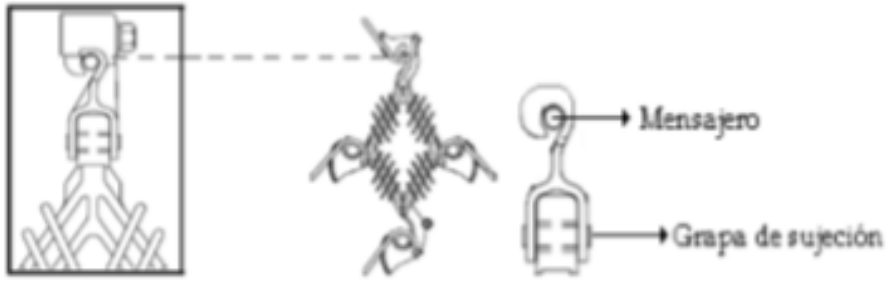


FIGURA 2. 12: Espaciador para desvíos mayores a 20ª

- **Coberturas protectoras:** en las líneas aéreas de distribución protegidas se deben montar sobre el mensajero, en la proximidad de los bornes de los transformadores a fin de eliminar cortocircuitos causados por efecto de las ramas, pájaros u otros objetos extraños [10].
- **Alambre recubierto para ataduras:** también conocido como preformado plástico o atadura plástica es un accesorio preformado fabricado en polietileno de alta densidad cuya función es la de sujetar el cable protegido al espaciador o al aislador de polietileno.

FIGURA 2. 13: Coberturas protectoras

- **Ménsula:** son accesorios donde se montan los espaciadores, o aisladores dependiendo del ángulo de desviación de la red para soportar el tendido del cable.

- **Ménsula para redes alineadas:** estas ménsulas se implementan en redes alineadas o en desvíos de hasta 6º.

FIGURA 2. 14 Alambre recubierto para ataduras y su instalación

- **Ménsula antibalanceo:** su función es la de reducir las vibraciones

FIGURA 2. 15 Ménsula anti balanceo y su utilización

mecánicas de las redes compactas, reducir el balanceo del conjunto de conductores por acción del viento, además de permitir realizar pequeños ángulos en suspensión, están diseñadas para utilizarse en los postes de alineación. Están fabricados en polietileno de alta densidad e incluyen una horquilla con un perno para ser conectadas a los espaciadores mediante el agujero de acople.

2.5.3.2. Accesorios Metálicos

- **Herraje o brazo tipo "L":** constan de un cuerpo principal en forma de percha, el cual está destinado a soportar el conductor portante o mensajero y a los espaciadores, por medio de un estribo metálico en forma de U. El extremo del herraje cuenta con una mordaza biplaca cuya función es la de fijar el cable de acero construido en fundición nodular galvanizada.

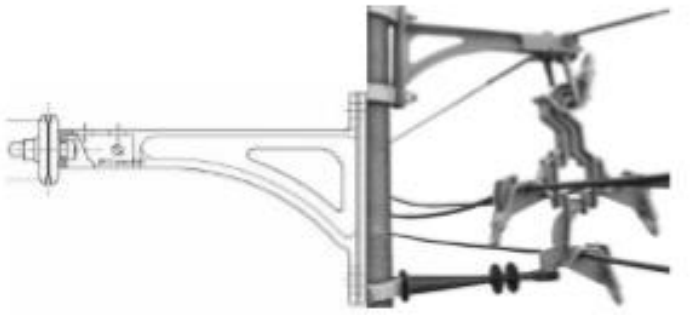


FIGURA 2. 16 Brazo tipo "L" y su implementación

- **Herraje o brazo tipo "C":** su función es la de soportar los conductores de la línea de distribución en el caso de suspensiones en ángulos importantes, derivaciones, amarres y en las finales de líneas construido en perfiles de hierro.

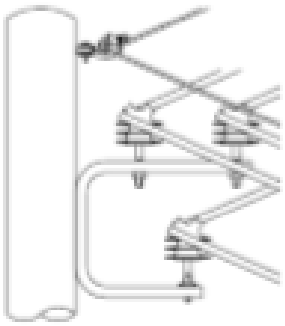


FIGURA 2. 17 Instalación de herrajes o brazo tipo "C"

- **Grapas de sujeción preformada para mensajero:** se utiliza cuando éste tiene la función de retención como por ejemplo en vanos largos, estructuras terminales o en ángulos de desvío de las líneas de distribución protegida, es decir, cuando el mensajero se sujeta del poste. Ambas partes de la grapa tienen

marcados en él los rangos admisibles de mensajero, por lo tanto, se debe seleccionar el adecuado para que de esta manera se pueda garantizar que la fuerza de apriete en los cables portantes o mensajero sea la correcta. Construido en fundición maleable y galvanizada por inversión.

FIGURA 2. 18 Grapas de sujeción del cable mensajero

- **Grapa de desvío mensajero: están elaboradas en** fundición maleable y galvanizado por inmersión. La primera imagen de la figura mostrada a continuación se utiliza solamente en los desvíos internos y se abulona sobre la ménsula de desvío. En cambio, para los desvíos externos a la línea de distribución aérea protegida se utiliza la segunda grapa de la imagen, pero la misma se vuelve a asegurar a la ménsula con un bulón en “U”.

FIGURA 2. 19 Grapa de desvío de mensajero

✓ **Estribo para ménsula de alineación:** es un accesorio utilizado para la instalación de los sistemas aéreos de distribución protegida, el cual se utiliza para sostener al espaciador cuando el mismo va montado directamente debajo de un brazo tangente.

Se fija en el agujero cercano al extremo del brazo tangente utilizando el perno provisto para tal fin. Está construido en fundición maleable y galvanizado por inmersión [10].

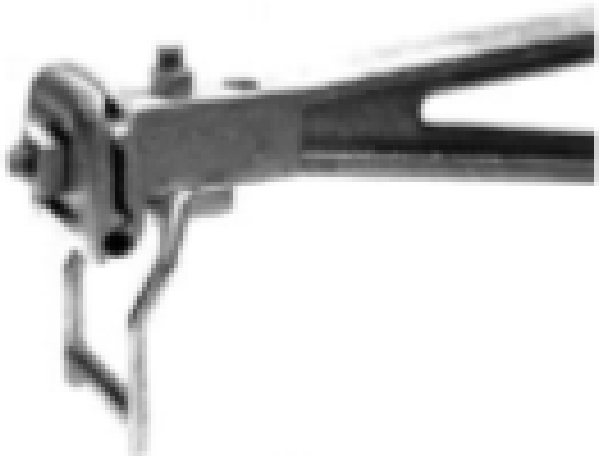


FIGURA 2. 20 Estribo para ménsula de alineación

- **Horquillas:** también conocido como Guardacabo, se tiene tres tipos de horquillas: guardacabo horquilla para servicio pesado, guardacabo horquilla y la horquilla con pasador.
- **Guardacabo horquilla** este tipo de horquillas son las que se montan en las curvas de las grapas de retención tanto para las fases como para el mensajero, el guardacabo horquilla no daña las curvas de las grapas mencionadas con anterioridad.

FIGURA 2. 21 Guardacabo horquilla preformada para mensajero

- **Guardacabo horquilla para servicio pesado** posee las mismas aplicaciones que el guardacabo horquilla con la diferencia que el guardacabo horquilla para servicio pesado tiene una mayor carga de rotura, casi cuatro veces mayor que el anterior.

FIGURA 2. 22 Guardacabo horquilla para servicio pesado para mensajero

- **Horquilla con pasador** son utilizadas cuando se necesita sostener los aisladores de suspensión a las correspondientes ménsulas [10].

FIGURA 2. 23 Horquilla con pasador preformado para mensajero

- **Guía tubular para mensajero** facilita la instalación del mensajero en los sistemas aéreos de distribución protegido. La guía tubular de mensajero está

construida en aluminio-bronce y se provee con la herrajeria necesaria para montar en cualquier brazo tangente [10].

FIGURA 2. 24 Guía tubular para mensajero

- **Ménsulas:** son accesorios donde se montan los espaciadores, o aisladores dependiendo del ángulo de desviación que presente la red de distribución protegida para que de esta manera pueda soportar el tendido del cable. Las mismas pueden ser clasificadas de la siguiente forma: ménsula para redes alineadas, ménsulas tangentes o de alineación, ménsula para redes con ángulos de desvío dentro de las cuales se vuelven a subdividir, ménsula anti balanceo y la ménsula de retención terminal.

- **Ménsulas para redes alineadas** estas ménsulas se implementan en las redes alineadas o en los desvíos de la línea de distribución protegida de hasta unos 6º.

- **Ménsula tangente o de alineación** este tipo de ménsulas poseen una grapa para la sujeción del mensajero. Con estas ménsulas es posible realizar el tendido de vanos largos, es decir mayores a 40m, la cual es la distancia de poste a poste que debe tenerse en cuenta para la elaboración de las redes protegidas, en estos vanos los cuales se encuentran alineados en forma consecutiva y los tres conductores a la vez, lo cual implica que si se aplica estas ménsulas habrá menor número de postes.

FIGURA 2. 25: Ménsula tangente o de alineación

- **Ménsulas para redes con ángulos de desvío** dentro de este tipo de ménsula se vuelven a subdividir en: ménsulas de desvío para redes con un circuito, ménsulas de desvío para redes con doble circuito, ménsulas de desvío en configuración vertical y ménsulas de retención terminal; todas estas ménsulas poseen un perfil en U, las cuales son galvanizadas por inmersión en caliente después de su construcción y tienen refuerzos de hierro soldados en las esquinas para aumentar los esfuerzos y las resistencias.

FIGURA 2. 26: Ménsula de desvío para redes con un circuito

- **Ménsulas de desvío para redes con un circuito** este tipo de ménsulas mantiene la configuración original de la red (en triangulo), tal como se puede llegar a apreciar en la siguiente figura:

La otra aplicación que se le da a este tipo de ménsulas en para los vanos largos en línea recta con retención del mensajero, en vez de utilizar el espaciador debido a que el mensajero va retenido al poste mediante el aislador de suspensión.

- **Ménsulas de desvío para redes con doble circuito** esta es una ménsula que se utiliza cuando se tiene un sistema de distribución aérea protegida con doble circuito, aunque la configuración ya no es triangular sino lineal, aun con esto se

sigue manteniendo el espacio compacto entre las respectivas fases sin riego alguno de ocurrencia de cortocircuito.

FIGURA 2. 27: Ménsula de desvío para redes con doble circuito

- **Ménsulas de desvío en configuración vertical** esta ménsula tiene las mismas aplicaciones y características que el accesorio anterior, con la salvedad de que los conductores de fase están dispuestos de forma vertical.

FIGURA 2. 28: Ménsula de desvío en configuración vertical

- **Ménsula de retención terminal** esta ménsula es la que se utiliza para los finales de los circuitos, manteniendo la configuración triangular de los espaciadores, en este caso el mensajero se monta por encima de la ménsula directamente al poste [6].

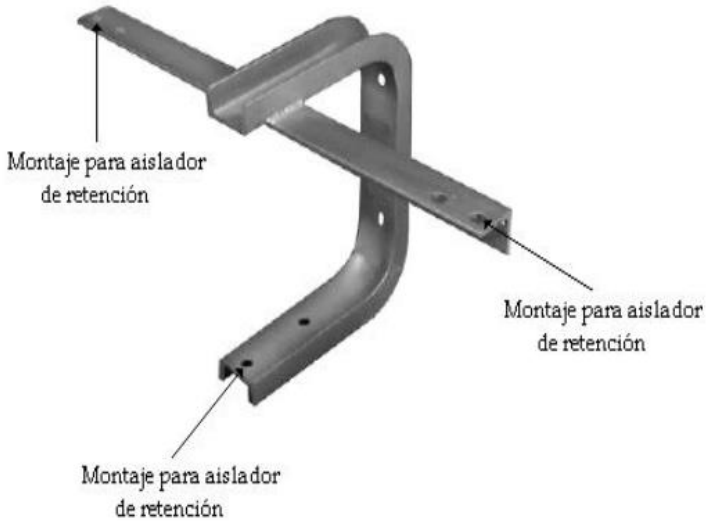


FIGURA 2. 29: ménsula de retención terminal

- **Pernos para aisladores de polietileno:** se utilizan para montar los aisladores de polietileno en las ménsulas del sistema de distribución aérea protegida. Existen dos tipos de pernos: pernos para montaje en ménsula (de cola corta) y pernos para montaje en cruceta convencionales (de cola larga). El diámetro de la rosca para el perno para aisladores montados en las crucetas es de 2,54 cm, mientras que para el perno del aislador montado en las ménsulas el diámetro de la rosca es de 3,4925 según la norma ANSI. Su cabeza tiene rosca estándar recubierto de polietileno y su cuerpo es de acero forjado y galvanizado por inmersión.

FIGURA 2. 30: Pernos para aislador montado en ménsula y en cruceta

- **Placa para doble aislador o pletina de unión:** es un accesorio que permite la instalación de dos aisladores por fase cuando se tienen ángulos de curvatura fuertes, dividiendo el esfuerzo mecánico en los dos pernos de los aisladores. Está construida en fundición maleable de acero y posteriormente galvanizada por inmersión en caliente [10].

FIGURA 2. 31: Placa para doble aislador o pletina de unión:

2.5.4. Estructuras Tipos

Los accesorios que componen cada una de las estructuras tipo se dará una breve explicación de cada una de ellas de acuerdo a su aplicación.

- **Estructuras Tangentes** este tipo de estructura se utiliza para redes lineales o desvíos con ángulos no mayores a 6º, básicamente se compone de una ménsula tangente, un espaciador y una ménsula anti oscilaciones.
- **Estructuras con ángulos de desviación menores a 45º** para este tipo de estructuras se utilizan las ménsulas para ángulos de desvío como se analizó anteriormente, con ángulos menores a 45º se necesita un solo aislador tipo pin por cada fase, tomando en cuenta si los ángulos son internos o externos.
- **Estructuras con ángulos de desviación mayores a 45º para redes con ángulos comprendidos entre 45º y 60º** este tipo de red utiliza placa para doble aislador siempre y cuando el calibre de la fase sea mayor o igual a 336,4 AWG mientras que para ángulos mayores siempre se utiliza esta placa.
- **Estructura derivación al transformador** la derivación se realiza directamente de la línea al transformador mediante una estructura tangente, es decir, ménsulas tangentes, de anti balanceo, espaciadores ya que el transformador está en el poste. Obviamente se tienen derivaciones a transformadores trifásicos y monofásicos.

Para realizar la derivación de las fases al seccionador y de ahí al transformador se utiliza un cable protegido para derivaciones el cual está cubierto de una capa de 3.8mm de espesor, esta capa está hecha de un compuesto elastomérico flexible color negro, disminuyendo las salidas de servicio por algún contacto accidental.
A continuación, se presenta la forma física del conductor:

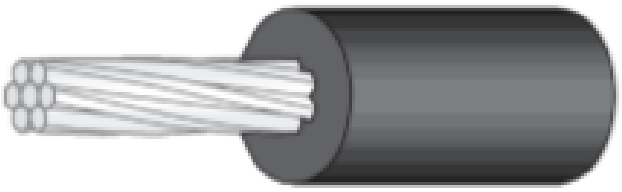


FIGURA 2. 32: Cable para derivaciones

- **Estructura de transición de red con conductor desnudo a red con cable protegido** para esta estructura se utilizan las crucetas convencionales, allí se montan los aisladores tipo pin los cuales van sujetados por un perno espiga para crucetas de conductores desnudos, además de un aislador de retención para cada fase tanto para la sujeción de la red desnuda como la red con cable protegido.
- **Estructura de retención terminal** En esta estructura se utiliza la ménsula especificada anteriormente para esta aplicación además de los aisladores de retención que también se los utiliza como fin de circuito.

CAPITULO 3

3. EQUIPOS DE PROTECCION

3.1. Equipos De Maniobra Y Protección

Son similares a los utilizados en las redes de distribución convencionales, así los equipos de maniobra según [7], serán:

3.1.1. Seccionadores Fusibles

Los cuales son elementos de protección que operan en los casos de cortocircuito, produciendo la apertura del circuito al cual protegen. Normalmente instalados en las derivaciones y en las acometidas de los usuarios de MT.

3.1.2. Seccionadores De Línea

Estos son elementos de maniobra instalados sobre el troncal del alimentador y generalmente son del tipo cuchilla, siendo operables con tensión y carga a través de un elemento de maniobra conocido como loadbuster. Existen además los seccionadores “bajo carga”, los cuales son de accionamiento tripolar.

3.1.3. Reconectadores

Es un dispositivo de protección instalados sobre los troncales de los alimentadores o en los ramales de cierta longitud, y tiene la particularidad de responder a una curva, corriente tiempo de tipo hiperbólica definida, es decir que, al aumentar la corriente circulante por encima de un valor prefijado, el dispositivo abre sus contactos y vuelve a cerrar en un cierto tiempo (recierre). Esta operación puede repetirse hasta 3 veces quedando abierto en forma permanente, aislando así el tramo con probable avería.

Mientras que los equipamientos utilizados para la protección de las líneas aéreas de distribución protegida también son similares a las implementadas en las líneas convencionales, es decir: [11].

3.1.4. Protección De Máxima Corriente

Los circuitos primarios de las redes aéreas compactas serán protegidos contra fallas de cortocircuito (máxima corriente) con los mismos tipos de dispositivos adoptados para las redes de conductores desnudos.

3.1.5. Protección Contra Las Sobretensiones

La protección contra sobretensiones en las redes aéreas compactas será realizada mediante los descargadores de óxido de zinc, adecuadamente dimensionados e instalados, de modo a obtener el mayor empleo del equipamiento protector y la máxima protección para la red.

3.1.6. Localización de los descargadores

se recomienda la instalación de los descargadores de sobretensión en:

- Todas las uniones de las líneas aéreas de distribución protegida con otros tipos constructivos de líneas, tales como: la transición a desnuda y a subterránea.
- En las estructuras terminales.
- En los puntos intermedios de las líneas de distribución.

3.1.7. Puesta A Tierra

Para las puestas a tierra se deben utilizar los conductores continuos sin uniones ni empalmes a fin de prevenir la discontinuidad en el conductor. Tampoco deben llevar en su trayecto fusibles, interruptores automáticos, ni interruptores. La pérdida de la conexión de puesta a tierra debido a la operación de un fusible, interruptor automático o interruptor iría frecuentemente en contra del propósito de una puesta a tierra.

El cable de acero galvanizado de sustentación deberá ser vinculado a tierra en, como mínimo, los puestos de transformación [11].

En los sectores donde no existan puestos de transformación deberá ser vinculado a tierra en intervalos de 300 a 500 metros. Donde el valor de la puesta a tierra debe ser como máximo de 25 ohmios, según ANSI.

Mientras que para la puesta a tierra temporaria en los circuitos primarios con conductores cubiertos se deberá instalar por intervalos de aproximadamente 300 (trescientos) metros, soportes con conectores tipo cuña para la ejecución de servicios de mantenimiento a la red en condiciones de seguridad operativa [12].

3.1.8. Redes Subterráneas

Las redes subterráneas tienen aplicación cuando se atienden grandes demandas de energía en donde se requiere una gran continuidad del servicio. Las redes

subterráneas de distribución son más confiables porque no están expuestas a descargas atmosféricas, tormentas, choques de vehículos, caídas de árboles, lanzamiento de objetos, etc., como lo están las redes aéreas. Las redes subterráneas también se usan en fraccionamientos residenciales de lujo por razones estéticas, es decir, el sistema de distribución de energía eléctrica se realiza en forma oculta, eliminando los postes, así como los transformadores y líneas aéreas que afean notablemente el paisaje. Las redes subterráneas presentan también algunas desventajas, entre las que sobresalen las siguientes: a) Su poca accesibilidad, lo que dificulta localizar las fallas. b) Una interrupción del servicio por falla más prolongada que en las redes aéreas. c) Mayor dificultad en los trabajos de mantenimiento. d) Un costo mucho mayor que el de redes aéreas.

3.2. Operación De Redes Subterráneas

Las redes subterráneas, por su operación, pueden ser divididas en dos grupos:

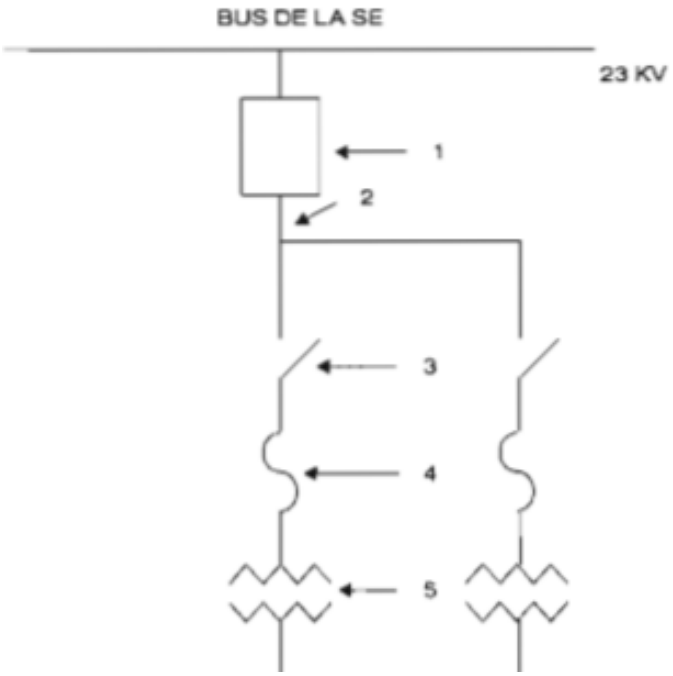


FIGURA 3. 1: Bus de la SE

a) operación radial, b) operación en paralelo.

a) Las **redes subterráneas de operación radial** son las de menor costo y sencillez, pues requieren protecciones simples y baratas, como las de sobrecorriente, por lo cual continuarán usándose por mucho tiempo.

b) La **operación en paralelo** es más confiable que la operación radial; sin embargo, por su alto costo, se emplea básicamente en redes de baja tensión. Con esto la red primaria puede mantener una estructura sencilla, por ejemplo, conectando los transformadores de distribución en derivación radial. En este caso la continuidad del servicio se asegura por medio de la red de baja tensión.

Las protecciones en estos casos sólo se instalan a la salida de los alimentadores de la red. Las fallas en la red de baja tensión se eliminan por autoextinción o bien instalando fusibles en los extremos de los cables. La autoextinción de la falla se da porque las corrientes de corto circuito en la malla de baja tensión son muy grandes y evaporan el conductor de cobre. El aislamiento se mantiene en los extremos del conductor quemado.

3.2.1. Estructuras De Redes Subterráneas

Por sus aspectos constitutivos las redes subterráneas pueden clasificarse en: radiales, de mallas, en anillos, en doble derivación y en derivación múltiple. Todas las estructuras tratan de ofrecer la máxima continuidad del servicio por diversos medios y costos, por lo que se pueden seleccionar aplicando estudios técnico-económicos.

3.2.2. Estructura Radial

Consta de cables troncales que salen en forma radial de la subestación de distribución y de cables transversales que unen a los troncales. La sección transversal de los cables troncales y transversales debe ser la misma. La figura 11.3 muestra un ejemplo de estructura radial en redes subterráneas. La estructura radial se recomienda en zonas extendidas con altas densidades de carga (de 15 a 20 MVA/km^) y fuerte tendencia al crecimiento. En operación normal cada alimentador lleva una determinada carga P, funcionando en forma radial, es decir, los elementos seccionadores operan normalmente abiertos. En caso de emergencia los alimentadores deben poder soportar la carga adicional que se les asigna, de acuerdo con la capacidad del equipo y del cable. A esto se debe que la estructura debe formarse por cable de igual sección.

3.2.3. Estructura en mallas

En esta estructura los transformadores de distribución se reparten en secciones, formando con el cable anillos de igual sección. Los anillos operan en forma radial, por lo cual el interruptor del transformador, que está aproximadamente a la mitad, se encuentra normalmente abierto. Además, existen amarres entre los anillos para tener alimentación de emergencia entre ellos. La figura II.4 muestra un esquema de estructura en mallas. En caso de falla dentro del anillo, ésta se liquida realizando maniobras entre grupos de transformadores con los propios elementos de conmutación del anillo.

3.2.4. Estructura en anillos o bucles

Este tipo de arreglo consiste en bucles de igual sección derivados directamente de la subestación de distribución. Los transformadores de distribución se alimentan exclusivamente en seccionamiento, según se ve en la figura.

Este arreglo es recomendable en zonas con densidad de carga de 5 a 15 MVA/km2 en conjuntos habitacionales de zonas suburbanas, sobre todo cuando la subestación de distribución está fuera del área de concentración de la demanda.

Las fallas en los transformadores se liquidan por el fusible, en tanto que las ocurridas en el anillo son eliminadas por el interruptor de potencia o por el restaurador desde la subestación. Luego se procede a realizar las maniobras para restablecer el servicio [1].

3.3. Normas Y Especificaciones Técnicas Para La Elaboración De Proyecto de Líneas De Distribución De Media Y Baja Tensión

3.3.1. Características y sección del conductor.

Las características y secciones de los conductores para las líneas de media y baja tensión, están normalizadas; no obstante, la ANDE indicará en el croquis orientativo las características y la sección del conductor.

Se proyectarán el tendido de conductores en media tensión de acuerdo a su tipo, sean estos desnudos de Aleación de Aluminio de secciones de 70 y 150 mm2 preensamblados de 185 mm^2 Al., protegidos de 35, 70 y 185 mm^2 Al., y para los de tipos subterráneos de 50 y 240 mm^2 Al. Asimismo, para

el tendido de conductores en baja tensión se proyectarán con el tipo preensamblado de secciones de 2x16, 2x25, 2x35, 3x16+ 1x16, 3x25+ 1x50, 3x25+ 1x35 y 3x70+ 1 x50 mm^2.

3.3.2. Consideraciones del proyecto ejecutivo

3.3.2.1. Escala y formato

El contratista presentará un original y dos copias no reducidas y en colores, en formato impreso del Proyecto Ejecutivo, según el formato del Anexo I, además en Disco Compacto en formato CAD o compatible (extensión .dxf o .dwg).

El proyecto Ejecutivo será elaborado a una escala general de 1 :5000 y una escala de 1 :25 para los detalles.

3.3.2.2. Detalles del diseño planimétrico

- Indicación de rutas principales y vías de ferrocarril, con sus nombres. b. Todos los caminos, ríos y arroyos, con sus nombres.
- Todas las líneas de transmisión, distribución y comunicación.
- División de propiedades, aeropuertos y pistas de aviación particulares. e. Se indicarán todos los cultivos, tipos de vegetación.
- Se indicarán los tipos de suelo, fangoso, rocoso y normal.
- En caso necesario de limpieza de franja se indicará el tipo de monte, y este deberá de ser hasta 6 metros a cada lado del eje de la línea proyectada
- Detalles de punto de llegada y de salida de líneas eléctricas
- Núcleos poblacionales, edificios públicos, escuelas, iglesias, comisarías, monumentos, estaciones de servicio, galpones, estaciones de radio y/o antenas.
- Se indicarán la numeración y los tipos de sostenes, estructuras y cimentación.
- Se indicará el norte verdadero o magnético.
- Se identificarán las propiedades residenciales, industriales, rurales y demás tipos.
- Se indicarán los equipos de protección, maniobras, operación, medición, etc.

3.3.2.3. Trazado de la línea

- Se evitará el paralelismo o aproximación de línea de distribución a ser proyectada con líneas telefónicas y telegráficas.
- Se proyectará paralelo a las rutas, posibilitando la mayor facilidad de construcción, mantenimiento y operación.
- Se evitará zonas montañosas, a fin de disminuir los esfuerzos en las estructuras debido al viento y evitar la mayor incidencia de descargas atmosféricas.
- No será permitido el trazado sobre casas o cualquier otra edificación.
- Se evitará el trazado sobre terrenos cuyos propietarios exijan indemnización.
- El trazado debe ser lo más recto posible, evitándose ángulos pronunciados que requieran estructuras especiales.
- Los ángulos deberán en lo posible preverse en puntos elevados y no en depresiones acentuadas.
- Los cruces de rutas se deben limitar al máximo.
- Al escoger el trazado, se debe evitar pasar por zonas arboladas.
- Se evitará la erección de sostenes en terrenos anegadizos o con problemas de erosión.
- La separación vertical mínima entre conductores de circuitos diferentes entre
- conductores y el suelo como de conductores y edificaciones se consignan en el Anexo V del Reglamento de Media Tensión.
- Los vanos reguladores están normalizados, y deberán ser:

a) Líneas desnudas de MT de 70 mm": vano máximo de 80 metros.
b) Líneas desnudas de MT de 150 mm": vano máximo de 60 metros
c) Líneas Protegidas y Preensambladas de MT de 70 y 185 mm': vano máximo de hasta 35 metros en alineación (en casos excepcionales verificados y aprobados por la ANDE, para líneas protegidas podrán ser de hasta 40 metros).
d) Líneas preensambladas de BT de hasta 3x35+ lx50 mm": vano máximo de 40 metros.
e) Líneas preensambladas de BT de hasta 3x70+ lx50 mm": vano máximo de35 metros

f) Si hubiere necesidad de salvar un obstáculo se admitirán vanos menores, pero en ningún caso mayor a lo indicado.
g) En caso de que la línea proyectada afecte a pistas de aviación, estaciones de servicios, galpones, balcones y otro tipo de edificaciones especiales, así como el cruce con otras líneas de media tensión
h) En caso de que la línea proyectada afecte a pistas de aviación, estaciones de servicios, galpones, balcones y otro tipo de edificaciones especiales, así como el cruce con otras líneas de media tensión alimentadoras o de distribución, que afecten la continuidad del tipo de línea a construir, deberá preverse salvar dicha situación, cambiando el tipo de línea a preensamblado, subterráneo o utilizar de postes de 15 metros con zócalos de protección, estructuras excéntricas, etc.
i) Se deberá cumplir lo indicado el Decreto-Ley N°. 40 sobre clasificación de Rutas Nacionales y el Decreto N°. 13.075, que define las Instalaciones Alámbricas dentro de la franja de los caminos de la República; resaltando entre otras el Capítulo 1 -Generalidades: Art. 4°. -Las Administraciones o empresas interesadas en colocar líneas alámbricas dentro del derecho de vía, solicitarán el permiso correspondiente al Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (M.O.P.C.). Por otra parte, dando cumplimiento a las reglamentaciones de este Ministerio, también se deberán tener en cuenta que, en rutas nacionales, las columnas deberán ser colocadas a 2 metros del lindero y en caso excepcional, hasta de 9 metros del borde exterior del pavimento. Para el caso de rutas secundarias (Departamentales) y en caso de travesías por zonas urbanas, las columnas se podrán colocar a 1,5 metros del lindero y en caso excepcional, hasta 7,5 metros del eje de la ruta.
j) Se deberá cumplir con lo indicado en la Ley 3.966/10, articulo 235 – Régimen General de Construcciones: "Toda persona interesada en construir, ampliar, reformar o demoler una obra deberá obtener previamente un permiso de la Municipalidad y ajustarse a las normas establecidas en las leyes y en las ordenanzas. Esta disposición rige igualmente para las entidades y organismos de derecho público y privado. Los permisos municipales de

construcción serán actos administrativos reglados y se limitarán a verificar el cumplimiento de las normas establecidas en las leyes y ordenanzas."

k) Las riendas se deberán colocar sobre los ejes de menor inercia.

Ejes de inercia: Acción de las resultantes de esfuerzos sobre sostenes terminales; coincide con el eje de menor inercia.

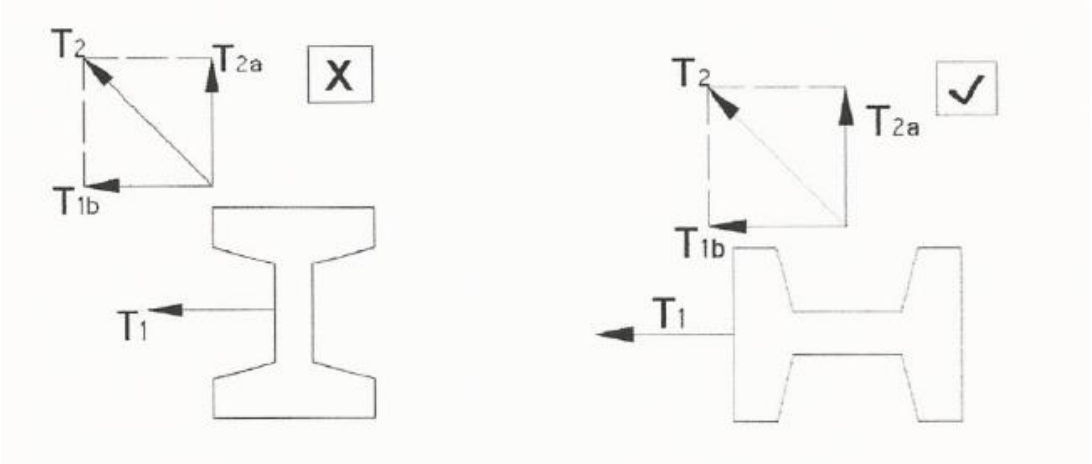


FIGURA 3. 2: Ejes de Inercia

3.3.3. Línea subterránea

A la salida del Centro de Distribución, deberá de utilizarse una salida subterránea en la cual se utilizará la estructura TIR 240, desde esta hasta llegar al poste de línea aérea se utilizará las estructuras LINVER 240 en vereda, y CRUCA 240 para todos los casos de cruces de calles, y en el terminal de ésta, se colocará un poste para la salida aérea donde se utilizará la estructura TSA 240.
En caso de cruce de Media Tensión subterránea bajo línea de transmisión y subtransmisión, deberá utilizarse una línea subterránea, y además de las estructuras ya indicadas, la estructura el tipo TIE 240.

3.3.4. Line Post

Line Post es un tipo de estructura para conductores fijado por aisladores directamente montados por el poste, de hasta 150 mm? de sección de conductor, existiendo dos tipos: Tipo I (MTHOC1) de O a 29° y Tipo ID (MTHOCID) de O a 29° con estructura de Descargadores, mayor a este ángulo se utilizarán las estructuras convencionales ya conocidas.

3.3.5. Línea Aérea Protegida

Las especificaciones técnicas, se encuentran referidas en las EE.TT: N° 18.01.06 Rev.1- Líneas Aéreas Protegidas. Asimismo, todas las acometidas convencionales en el trazado del proyecto deberán ser sustituidas por tipo protegida.

3.3.6. Línea Aérea de Baja Tensión

Toda la red de Baja Tensión debe adecuarse al tipo preensamblado. Asimismo, todas las acometidas convencionales en el trazado del proyecto deberán ser sustituidas por el tipo preensamblado, adecuado al tipo de instalación, ya sea monofásica o trifásica.

CAPÍTULO 4

4. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA ILUMINACIÓN

4.1. La luz

Se denomina luz a la manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas capaces de ser percibidas por el órgano visual, las longitudes de onda de estas radiaciones electromagnéticas están comprendidas en el rango de 380 y 770nm, conocido como espectro visible [13].

4.1.1. Radiación electromagnética

Las radiaciones electromagnéticas pueden definirse como aquellos procesos en los que se emite energía bajo la forma de ondas o partículas materiales y pueden propagarse tanto a través de un medio material como en el vacío.

Se diferencian unas de otras en el valor de su frecuencia. Cuanto mayor es la frecuencia de una radiación, mayor es su energía.

Las radiaciones electromagnéticas se clasifican mediante el espectro electromagnético de frecuencias:

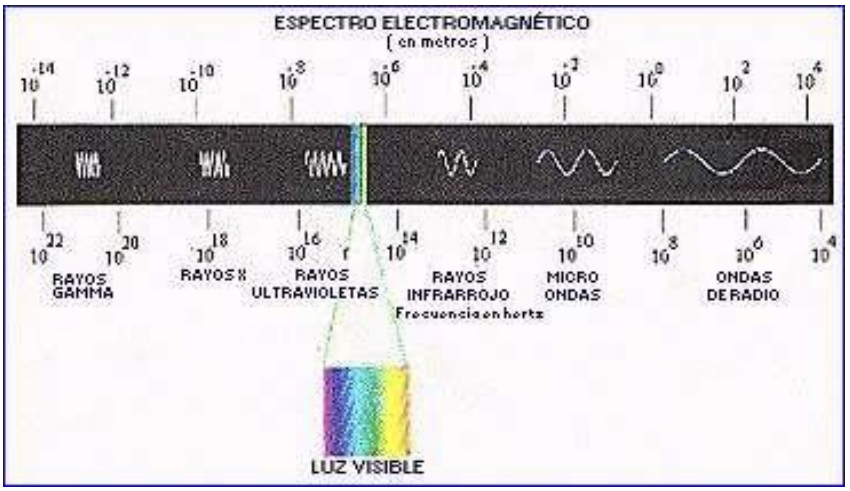


FIGURA 4. 1: Luz visible

Las radiaciones de alta frecuencia (superior a 1017 Hz) son ionizantes y cuando interaccionan con la materia producen la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga (iones).

Las radiaciones no ionizantes, de menor energía, no son capaces de ionizar la materia.

4.1.2. Espectro electromagnético

Consiste en la distribución energética del conjunto de ondas electromagnéticas, que viajan a través del vacío y se encuentran ordenadas de acuerdo a la longitud de onda (ʎ) y frecuencias (f) [14].

La frecuencia y la longitud de onda están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$\gamma \frac{c}{f}$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío (3 × 108 m/s).

Las radiaciones electromagnéticas se clasifican en:

- ondas de radio
- microondas
- infrarrojos
- visible (espectro visible para el ojo humano)
- ultravioleta
- rayos X
- rayos gamma

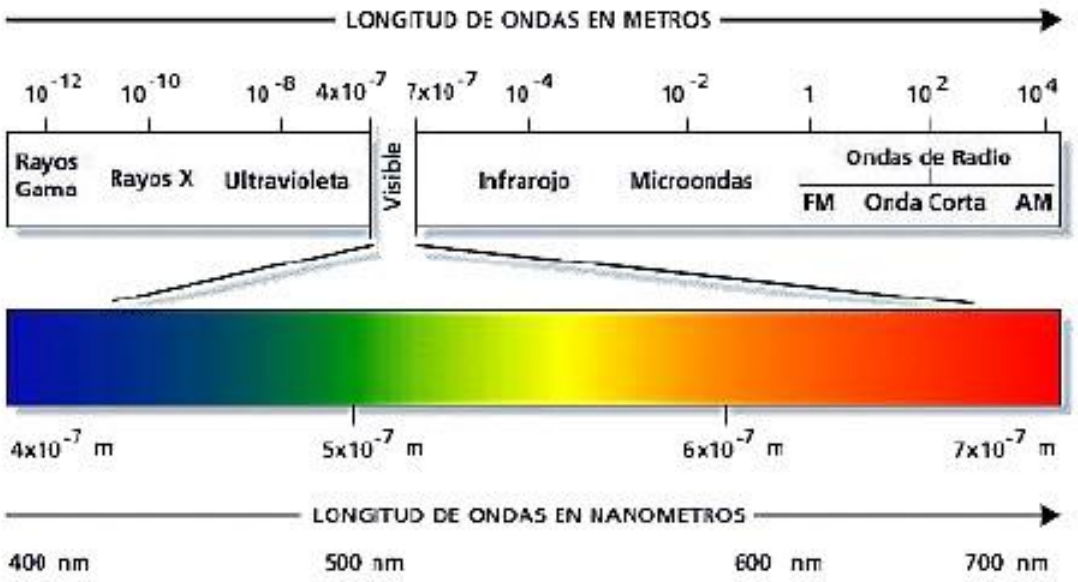


FIGURA 4. 2: Longitud de ondas en metros

En la figura se muestran estas dos curvas, que están relacionadas a los dos sistemas de fotorreceptores que tiene el sistema visual humano, el de los conos, que opera fundamentalmente en condiciones fotópicas, y el de los bastones, que opera en condiciones escotópicas. El ojo muestra su máxima sensibilidad para 555nm en condiciones fotópicas, mientras que para condiciones escotópicas este máximo se desplaza hacia los 507nm.

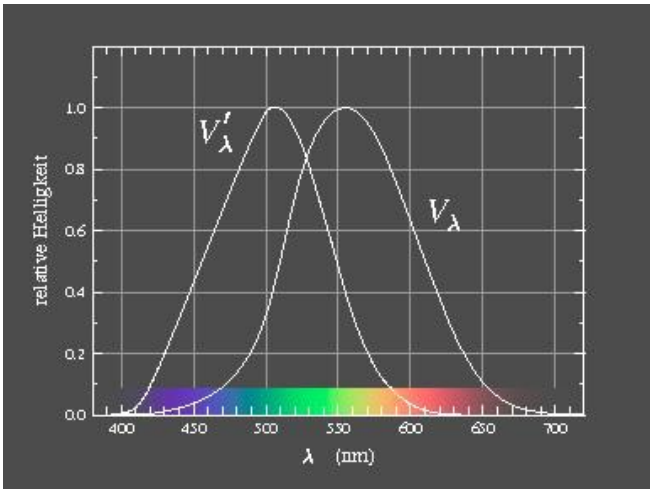


FIGURA 4. 3: Curvas de sensibilidad espectral para λ el observador CIE en condiciones fotópicas; el observador Cie en condiciones escotópicas (CIE,1970, 1978)

4.1.3. Propiedades De La Luz

En el instante en el que la luz llega a un objeto se producen los siguientes fenómenos:

- Reflexión.
- Transmisión-refracción.
- Absorción. [14].

4.1.4. Reflexión

La reflexión es un fenómeno que ocurre cuando la luz incide sobre una superficie, cambiando así su dirección. Este fenómeno está regido por la ley de reflexión. La dirección en la que sale reflejada la luz depende del tipo de superficie. Si la superficie es brillante toda la luz sale en una dirección única; es decir se produce una reflexión especular. Si la superficie es mate y la luz es reflejada en todas las direcciones se conoce como reflexión difusa. Se conoce como reflexión mixta

al fenómeno que ocurre en superficies metálicas sin pulir en el que predomina una dirección sobre las demás.

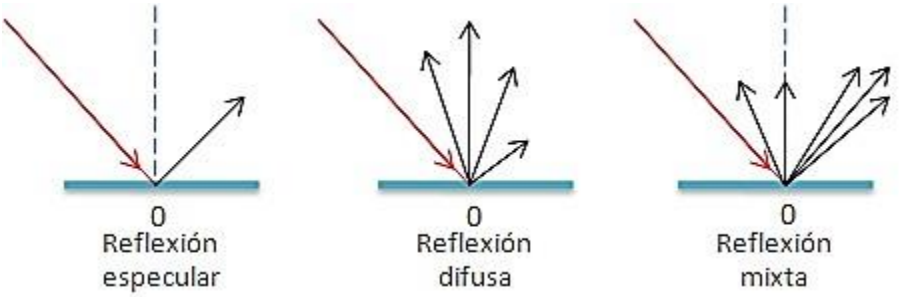


FIGURA 4. 4: Tipos de reflexión

4.1.5. Refracción

Este fenómeno se produce cuando un haz de luz atraviesa de un medio material a otro, desviando así su trayectoria según la ley de refracción. Esto se debe a que la velocidad de propagación de la luz en cada uno de ellos es diferente.

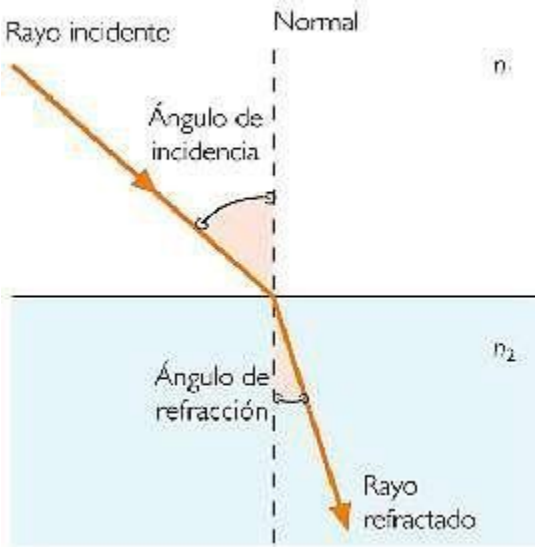


FIGURA 4. 5: Refracción

4.1.6. Transmisión

La transmisión es el fenómeno que ocurre cuando la luz atraviesa una superficie o un objeto, en este fenómeno la luz cambia su dirección por refracción al pasar de un medio a otro que tiene distinta densidad.

Existen 3 casos de transmisión:

1. Transmisión regular: Cuando el rayo de luz no es desviado de su trayectoria (Vidrios transparentes).

2. Transmisión difusa: Cuando el rayo de luz se difunde en todas las direcciones (Vidrios translucidos).

3. Transmisión mixta: Cuando predomina una dirección sobre las demás (vidrios Orgánicos).

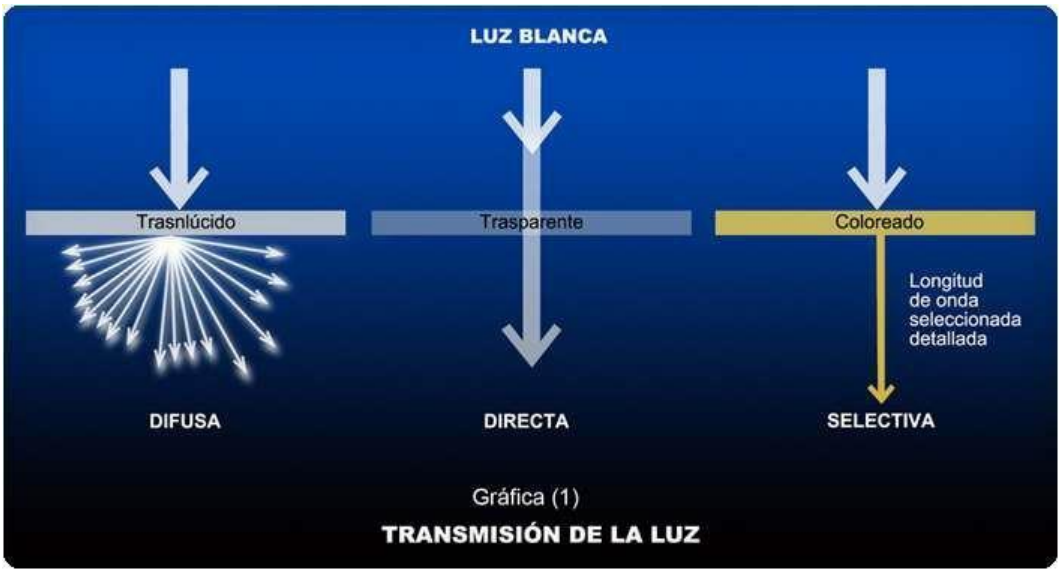


FIGURA 4. 6: Tipos de transmisión

4.1.7. Absorción

El ojo humano es sensible en un intervalo del espectro electromagnético denominado espectro visible, son los colores que mezclados forman la luz blanca.

La absorción es un proceso que se presenta al incidir luz blanca a un objeto, una parte de los componentes de la luz es absorbida por la superficie y el resto son reflejadas. Estas últimas son las que determinan el color que percibimos. Si absorbe a todas es negro y si las refleja a todas es blanco [15] [14].

FIGURA 4. 7: Absorción de la Luz

4.1.8. Magnitudes, Unidades Y Conceptos Básicos

La radiación del espectro electromagnético se cuantifica con la ayuda de las magnitudes radiométricas. Si se trata de cuantificar solo el espectro visible las magnitudes radiométricas se convierten en magnitudes fotométricas [14].

4.1.9. FLUJO LUMINOSO (ϕ)

Cantidad de energía luminosa emitida por una fuente de luz a la que el ojo humano es sensible, su unidad de medida es el lumen (lm).

$$\phi \frac{Q}{t}$$

Dónde:

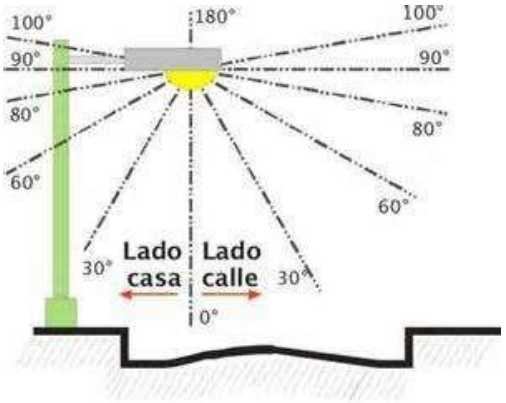
ϕ = Flujo luminoso en Lúmenes.

Q = Cantidad de luz emitida en Lúmenes x seg. t = Tiempo en segundos.

Intensidad Luminosa (I)

- **Flujo luminoso**

Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Se expresa en lúmenes (lm). Una Lámpara de 100w tiene un flujo luminoso comprendido entre 1200 y 1600 lm.



Flujo luminoso	Símbolo: Φ
	Unidad: lumen (lm)

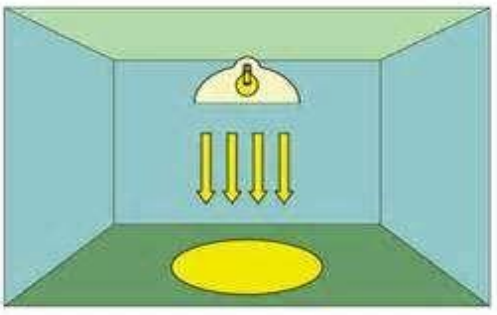
FIGURA 4. 8: Flujo luminoso

- **Intensidad luminosa**

Cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido. Magnitud que expresa la distribución del flujo luminoso en el espacio. La intensidad luminosa se expresa en candela (cd). Una linterna de bolsillo produce una intensidad luminosa de 200cd y un faro marítimo aproximadamente 2.000.000cd

Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: I	
	Unidad: candela (cd)	

FIGURA 4. 9: Intensidad Luminosa



Es la relación del flujo luminoso de una fuente puntual de luz proyectada en una determinada dirección dentro de un ángulo sólido (ω)4. Su unidad de medida es la candela (cd).

$$I = \frac{Q}{\omega}$$

Ecuación: Intensidad luminosa.

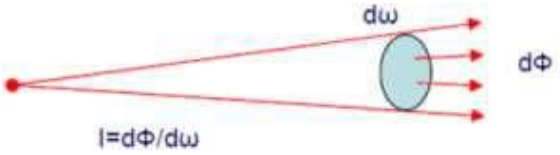
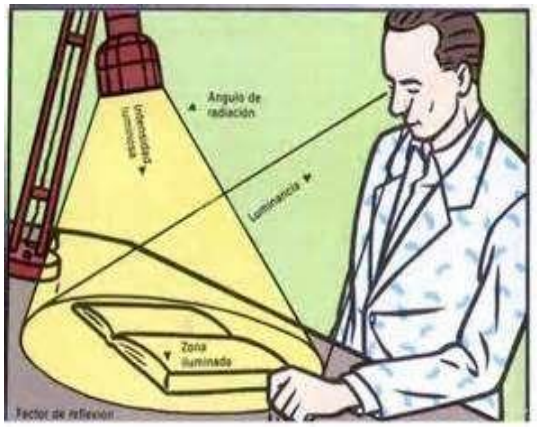


FIGURA 4. 10: Intensidad luminosa emitida por una fuente puntual

4.1.10. LA ILUMINANCIA (E)

Es la expresión cuantitativa para el flujo luminoso incidente sobre una superficie (el termino más familiar es nivel de iluminación). La iluminancia se expresa en Lux (lx). lx = 1 lm * m2.

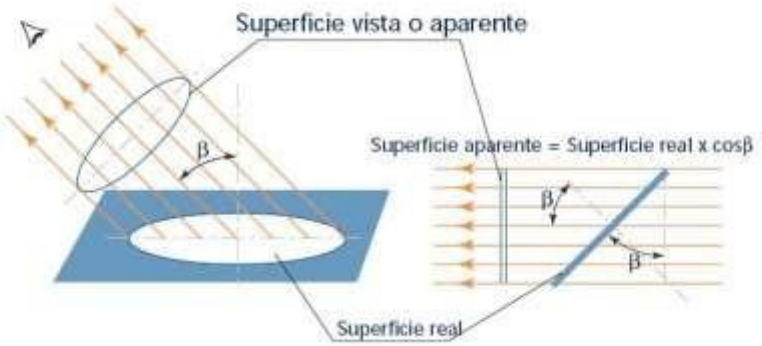


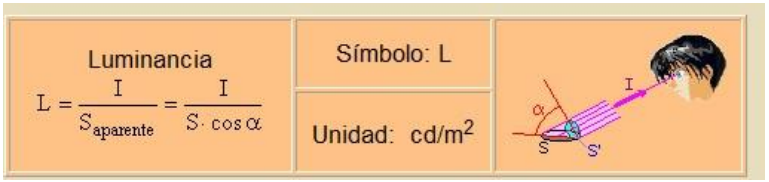
Iluminancia $E=\frac{\Phi}{S}$	Símbolo: E	$lux=\frac{lumen}{m^2}$
	Unidad: lux (lx)	

FIGURA 4. 11: Iluminancia

4.1.11. LA LUMINANCIA (L)

Es la expresión cuantitativa de la cantidad de luz reflejada por una superficie en una dirección determinada (una expresión más familiar es el brillo). La luminancia de una superficie se determina por la iluminancia de una superficie en cuestión y sus propiedades reflectantes. Se expresa en Candela por metro cuadrado (Cd/m2) [14]. Su símbolo es L y su unidad es $\frac{cd}{m^2}$.



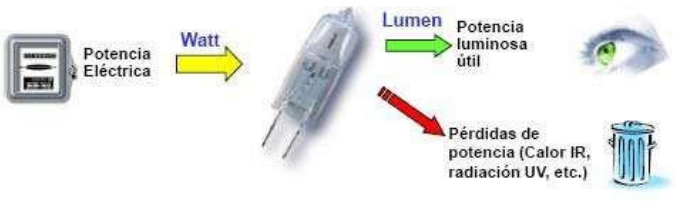


4-1. Luminancia e iluminancia

4.1.12. Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa

Cuando prendemos una lámpara, sólo una parte de la energía eléctrica que consume se convierte en luz emitida, otra parte se convierte en calor y otras radiaciones no visibles. Para saber cuánta energía, de toda la que consume, es emitida en forma de luz, se utiliza la eficacia luminosa.

Una lámpara eficaz desperdiciará menos energía, puesto que la mayor parte de la energía que recibe la transforma en radiaciones visibles o luz.



Rendimiento luminoso $\eta = \frac{\Phi}{W}$	Símbolo: η Unidad: lm / W	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$

FIGURA 4. 12: Rendimiento Luminoso

4.1.13. Deslumbramiento

Otro de los factores importantes del entorno que puede perturbar la percepción y el rendimiento visual es el deslumbramiento. En general, se puede producir deslumbramiento cuando:

a) La luminancia de los objetos del entorno (principalmente luminarias y ventanas) es excesiva en relación con la luminancia general existente en el entorno (deslumbramiento directo)
b) Cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

Ahora bien, en cualquiera de los dos casos, el deslumbramiento puede revestir dos formas distintas, aunque habitualmente se presentan juntas:

El deslumbramiento perturbador. - Cuyo efecto es reducir la percepción del contraste y, por tanto, el rendimiento visual (sin que ello provoque necesariamente disconfort).

El deslumbramiento molesto. - Cuyo efecto es producir una situación de disconfort visual (sin que ello reduzca necesariamente la percepción de contrastes) [16].

a) El deslumbramiento perturbador Tiene lugar habitualmente cuando una fuente de alta luminancia se percibe en las proximidades de la línea de visión. (Pequeñas fuentes de muy alta luminancia o fuentes extensas de relativamente alta luminancia). Existen dos efectos que causan este tipo de deslumbramiento: el efecto de adaptación y el efecto de velo.

Mecanismo de adaptación. - Cuando existen objetos con grandes luminancias en el campo de visión, más o menos cercanos a la línea de visión, el ojo se adapta a esa luminancia, resultándole entonces difícil o imposible percibir el contraste de una tarea mucho más oscura. (Un ejemplo de esto lo constituye la dificultad de leer un cartel situado junto a una ventana).

Mecanismo de velo. - Se debe a la dispersión de la luz en la córnea, el cristalino y demás medios intraoculares. La luz dispersa se proyecta sobre la retina de manera uniforme (como un velo de luz) reduciendo la sensibilidad al contraste. Este efecto suele aumentar con la edad.

b) Deslumbramiento molesto

El deslumbramiento molesto se experimenta como una sensación de disconfort que tiende a ir aumentando con el tiempo y causa fatiga visual. En los locales de oficina el deslumbramiento molesto resulta más habitual que el perturbador. Este tipo de deslumbramiento es producido por las fuentes luminosas situadas dentro del campo visual.

El grado de deslumbramiento molesto depende de los siguientes parámetros

- Luminancia de las fuentes.
- Su tamaño aparente (ángulo sólido subtendido).
- Número de fuentes en el campo visual.
- Distancia angular de cada fuente al eje visual.
- Luminancia L de fondo (que determina la luminancia de adaptación).

La sensación de deslumbramiento aumenta con los tres primeros factores y disminuye con los otros. Estos parámetros son los que intervienen en los procedimientos de estimación de la sensación o grado de deslumbramiento.

La C.I.E (Comisión Internacional de Iluminación) define el llamado índice UGR (unified glare rating) para determinar la sensación de deslumbramiento:

Cuanto mayor sea el índice UGR mayor será la sensación de deslumbramiento (menor calidad). En función del tipo de actividad se recomienda un límite máximo para dicho índice.

Por ejemplo

- En actividades de oficina UGR <19
- En control de procesos UGR <16
- En cuartos de máquinas UGR <25

Para controlar el deslumbramiento originado por las luminarias existen otros criterios. Uno de los más utilizados es el sistema C.I.E. de curvas de deslumbramiento.

Cada una de las curvas representa la limitación de la luminancia para diferentes valores de niveles de iluminación, estableciendo unos límites o grados que definen la calidad de la iluminación ante el deslumbramiento, para cada tarea visual.

El sistema establece cinco tipos de calidades o niveles de exigencia, según la tarea visual a cumplir.

Se definen cinco calidades de deslumbramiento (A, B, C, D y E) para diferentes valores de iluminancia, todo ello por la parte superior del diagrama, que es por donde se entra en él; una vez definida la calidad y el nivel de iluminación, se baja y se localiza la línea límite de luminancia, entonces se superpone en el diagrama la curva de luminancia de la luminaria a comprobar, debiendo quedar a la izquierda de la línea límite para que no exista deslumbramiento. Si la curva de la luminaria corta a la línea límite, o está hacia la derecha de ella, se producirá deslumbramiento y esa luminaria no cumplirá la calidad solicitada.

En el eje vertical izquierdo del diagrama se representan los ángulos de apantallamiento contra el deslumbramiento (ángulos críticos desde 45 a 85ºC), en el eje horizontal inferior los valores de la luminancia en cd/m^2 [16].

4.1.14. El Color En Las Fuentes De Luz

El color está definido, por la composición espectral de la radiación que llega al ojo, esta región, denominada espectro visible, comprende longitudes de onda desde los 380nm hasta los 760nm del espectro electromagnético, además, hay que tener en cuenta los procesos de adaptación del sistema visual del ojo.

4.1.15. Atributos Del Color

4.1.15.1. El Tono.

El tono está asociado al color predominante, sea este espectral o no, es decir es el atributo asociado con el nombre de los colores básicos: rojo, amarillo, naranja, verde, azul o púrpura. En el caso de un color no espectral como el púrpura, que resulta de una suma de luces rojas y azules, que no se corresponde con una longitud de onda, el tono se describe como la longitud de onda de su color complementario.

4.1.15.2. La Saturación

La saturación corresponde a la pureza del color que determina el tono. Un color monocromático espectral tiene la mayor saturación, mientras la luz blanca, es una luz completamente no saturada.

4.1.15.3. La Claridad.

La claridad denominada también luminosidad es una propiedad de los colores, asociada al nivel de la intensidad que emite una fuente de luz [13].

Diagrama Cromático Del Cie (Comisión Internacional De La Iluminación) Los colores del espectro visible, así como las mezclas de distintos colores, se pueden representar matemáticamente por medio de un diagrama de colores, conocido como el triángulo cromático aprobado por la CIE, el cual se emplea para tratar el color de las fuentes de luz y otros materiales. Todos los colores están ordenados respecto a los valores de tres coordenadas cromáticas x, y, z para cada uno de ellos, cumpliéndose la igualdad: x + y + z = 1. De esta forma, dos coordenadas cualesquiera son suficientes para determinar el punto representativo o lugar geométrico de un color o mezcla de colores.

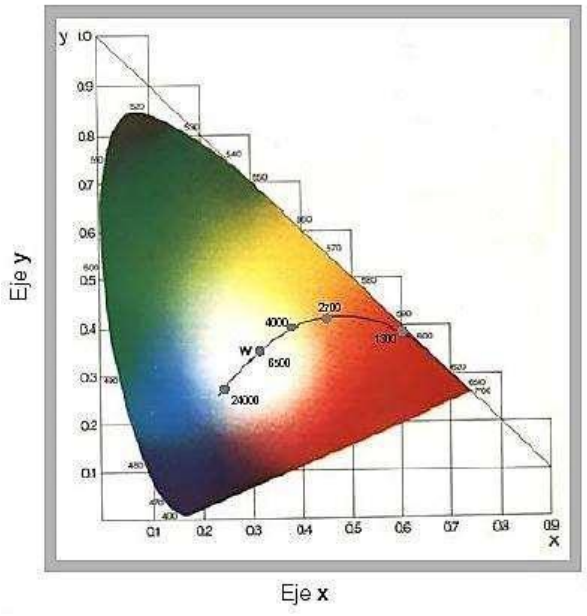


FIGURA 4. 13: Triangulo cromático CIE

4.1.15.4. Temperatura Del Color

Es una expresión que se utiliza para indicar el color de una fuente de luz es decir define sólo color y sólo puede ser aplicada a fuentes de luz que tengan una gran semejanza de color con el cuerpo negro. El cuerpo negro cambia de color a medida que aumenta su temperatura, adquiriendo al principio, el tono de un rojo sin brillo, para luego alcanzar el rojo claro, el naranja, el amarillo y finalmente el blanco, el blanco azulado y el azul. Por lo tanto, la temperatura de color no es en realidad una medida de temperatura [13].

4.1.16. Índice De Reproducción Cromática (CRI)

EI concepto de reproducción cromática de una fuente luminosa se define como el aspecto cromático que presentan los cuerpos iluminados con esta, en comparación con el que presentan bajo una luz de referencia; como referencia te toma la del cuerpo negro y como ideal se toma la luz día homologada por la CIE.

Convencionalmente, el CRI varía entre 0 y 100, pero no debe entenderse como un porcentaje de fiabilidad de reproducción de cada uno de los colores, ya que se obtiene como promedio de las reproducciones efectuadas en los colores de una muestra.

Dos fuentes de luz pueden tener un color muy parecido y poseer al mismo tiempo unas propiedades de reproducción cromática muy diferentes.

Índices de reproducción recomendados según la DIN 5035 (Instituto Alemán De Normalización):

Nivel	CRI
Excelente	85-100
Bueno	70-84
Regular	40-69
Mala	Hasta 39

FIGURA 4. 14: Niveles de reproducción cromático según DIN 5035

4.1.17. Efectos Psíquicos De Los Colores Y Su Armonía

Está comprobado que el color del medio ambiente produce en el observador reacciones psíquicas o emocionales. Por ello, el emplear los colores de forma adecuada es un tema del mayor interés para los psicólogos, arquitectos, luminotécnicos y decoradores.

No se pueden establecer reglas fijas para la elección del color apropiado con el fin de conseguir un efecto determinado, pues cada caso requiere ser tratado de una forma particular. Sin embargo, existe una serie de experiencias en las que se ha comprobado las sensaciones que producen en el individuo determinados colores. Una de las primeras sensaciones es la de calor o frío, y por eso se habla de “colores cálidos” y “colores fríos”. Los colores cálidos son los que en el espectro visible van desde el rojo al amarillo verdoso, y los fríos desde el verde al azul.

Los colores cálidos son dinámicos, excitantes y producen una sensación de proximidad, mientras que los colores fríos calman y descansan, produciendo una sensación de lejanía. Asimismo, la claridad del color también tiene sus efectos psicológicos. Los colores claros animan y dan sensación de ligereza, mientras que los colores oscuros deprimen y producen sensación de pesadez.

Cuando se combinan dos o más colores y producen un efecto agradable, se dice que armonizan. La armonía de colores se produce mediante la elección de una combinación de colores que es agradable y placentera para el observador en una situación determinada [17].

4.1.18. Sentido De La Visión

Este sentido se basa en la capacidad que tiene el ojo para absorber la luz del exterior y transmitirla a través del nervio óptico al cerebro y así extraer información útil para los individuos a partir de imágenes obtenidas de mundo externo.

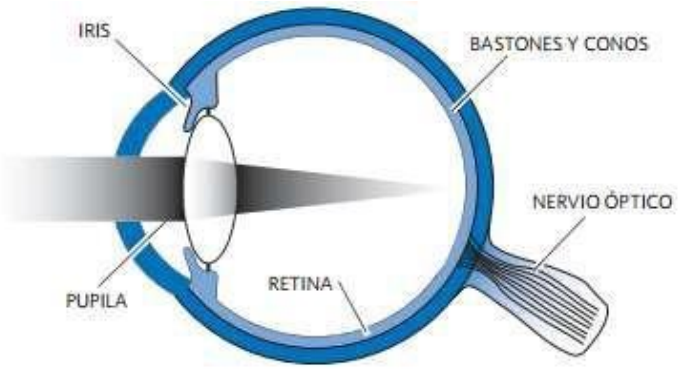


FIGURA 4. 15: Ojo humano

La visión comienza cuando la luz de una escena penetra en nuestro ojo. La lente de nuestro ojo enfoca la luz como una imagen sobre nuestra retina. La retina humana utiliza dos tipos de células para detectarla luz: bastones y conos. Estos sensores microscópicos están distribuidos por la retina y cada tipo sirve para una finalidad muy diferente. Los bastones y conos convierten la luz en impulsos eléctricos minúsculos que viajan por a través de fibras nerviosas hasta el cerebro. En el cerebro, se convierten en una impresión de la forma y el color del objeto observado.

Todos los bastones tienen la misma sensibilidad a las longitudes de onda de la luz y, por tanto, no pueden ver el color de un objeto. Los bastones ven todos los objetos como tonos del gris. Los conos nos permiten ver en niveles de luz muy bajos. En escenas de alta luminosidad sólo los conos suministran una información útil para el cerebro mientras que los bastones se inundan con la luz y cesan de producir la señal.

Existen tres tipos de conos: uno tiene la mayor sensibilidad a las longitudes de onda largas de la luz visible; vemos el rojo; otro tiene la mayor sensibilidad a las longitudes de onda medias de la luz visible; vemos el verde; y otro tiene la mayor sensibilidad a las longitudes cortas de la luz visible; vemos el azul.

Percibimos el brillo según sea el nivel total de la señal proveniente de todos los conos. Percibimos el color según sean los niveles relativos de la señal proveniente de los tres tipos de conos.

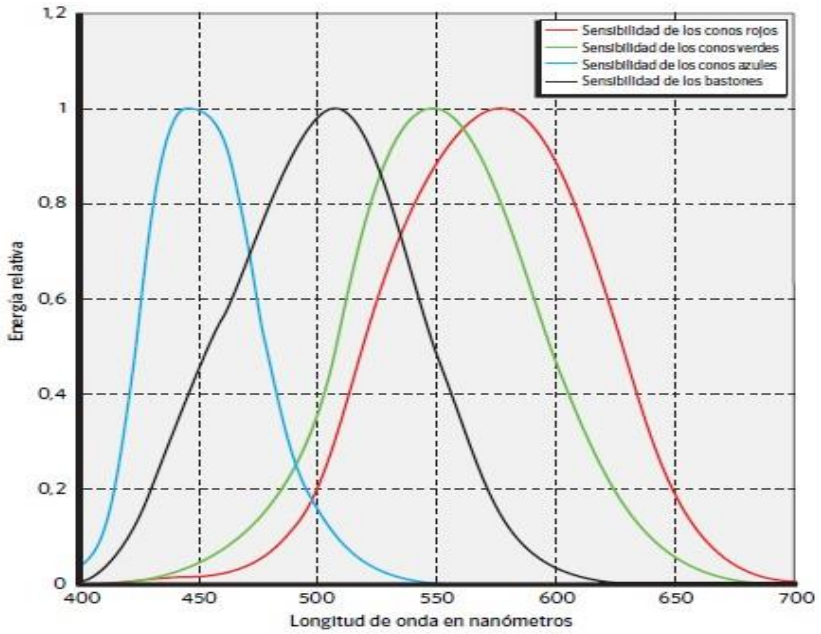


FIGURA 4. 16: Las sensibilidades espectrales de los bastones y los conos

4.1.19. Factores De La Visión

- **La acomodación visual:** es la capacidad del ojo para enfocar a diferentes distancias.
- **La adaptación visual:** proceso de adaptación del ojo a distintos niveles de luminosidad. Es más rápida de niveles de iluminación bajos a altos que viceversa.

La agudeza visual: capacidad de percibir y discriminar visualmente los detalles más pequeños.

4.2. Características De La Visión Humana

Cada ojo ve aproximadamente 150º sobre el plano horizontal y con la superposición de ambos se abarcan los 180º. Sobre el plano vertical sólo son unos 130º, 60º por encima de la horizontal y 70º por debajo.

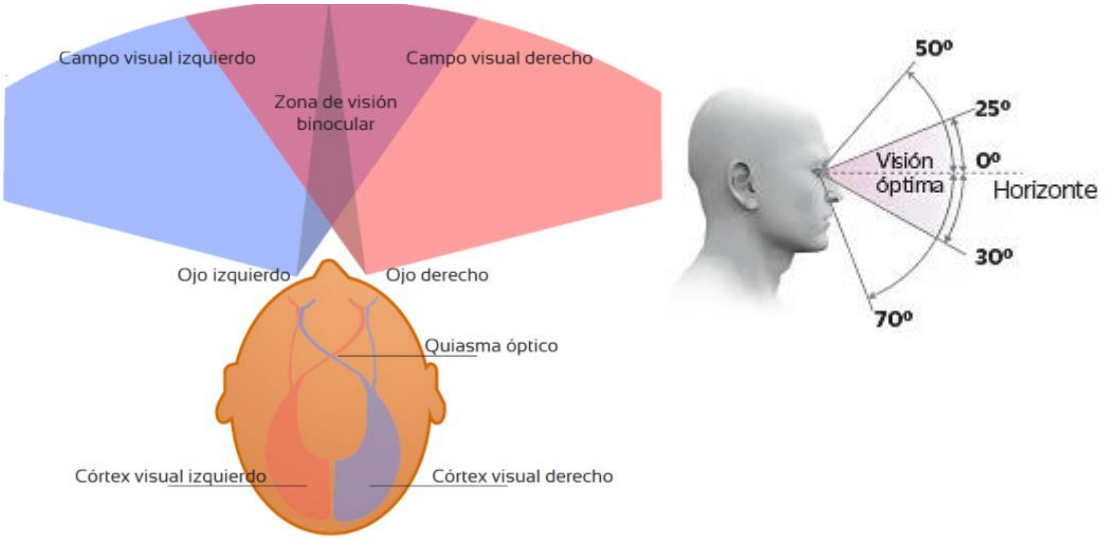


FIGURA 4. 17: Campo visual del ojo humano

El campo visual se extiende en las siguientes direcciones: alto (de arriba abajo), ancho (de derecha a izquierda) y profundo que es la máxima distancia alcanzada por la vista proyectada al frente y perpendicularmente al que mira [13].

4.2.1. La Visión Humana En La Iluminación

La visión humana está afectada por varios factores mencionados anteriormente como intensidad luminosa, color, contraste, reflexión, deslumbramiento, observador, etc.

Por esta razón existe la necesidad de considerar en el diseño de iluminación a la fisiología de la visión que requiere el desarrollo de modelos simplificados del sistema visual.

4.3. Fuentes De Iluminación Para Alumbrado Públicos

4.3.1. Luminarias

Al conjunto de elementos que se necesitan para ubicar y proteger una o más lámparas de cualquier tipo y los elementos auxiliares, en caso que corresponda, se lo denomina luminaria.

Es importante considerar el tipo de luminaria a utilizar, ya que ésta influye sobre el nivel de iluminación y la adecuada distribución del flujo luminoso.

Una luminaria debe cumplir con las siguientes funciones:

• Distribuir adecuadamente la luz en el espacio

• Evitar toda causa de molestia provocada por deslumbramiento o brillo excesivo

• Satisfacer las necesidades estéticas y de ambientación del espacio al que están destinadas.

• Optimizar el rendimiento energético, aprovechando la mayor cantidad de flujo luminoso entregado por las lámparas.

• Proteger adecuadamente la lámpara, el sistema fotométrico y el equipamiento auxiliar de las condiciones ambientales.

Existen además prácticas sencillas con las que mejorar la reflectividad de las luminarias existentes, simplemente agregando placas de aluminio pulido, en la parte posterior de la luminaria, se obtiene una mejora del nivel de iluminación.

Índice IP Corresponde al grado de protección contra cuerpos sólidos y agua que da la luminaria al grupo óptico (que incluye la lámpara) y al receptáculo para el equipamiento auxiliar (puede ser diferenciado para ambas partes de la luminaria).

El índice se compone de dos dígitos IP XY.

El primer dígito refiere a la protección contra objetos sólidos y varía de 0 a 6. Las clases 5 y 6 indican hermeticidad al polvo.

El segundo dígito refiere a la protección contra la penetración de agua y humedad. El índice varía entre 0 y 8, los números 3 al 6 indican protección contra lluvia y chorro de agua y, 7 y 8 protección frente a la inmersión.

Las luminarias con IP más bajo indican que la luminaria es más abierta, y requieren períodos de mantenimiento más cortos [18].

4.3.2. Lámparas

Estas son las encargadas de generar la luz, se utilizan lámparas de descargar de vapor de sodio, vapor de mercurio, y la nueva tecnología led.

4.3.2.1. Vapor de mercurio a alta presión

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se añaden sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara, la temperatura de color se mueve entre

3500 y 4500 ºK con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

Las lámparas de vapor de mercurio están constituidas por una pequeña ampolla de cuarzo, provista de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares, en cuyo interior se encuentra una cierta cantidad de argón y unas gotas de mercurio. Los electrodos auxiliares llevan una resistencia en serie que limita la corriente que circula por ellos.

La pequeña ampolla está contenida dentro de otra de mucho mayor tamaño, de vidrio, cuya misión es la de proteger a la pequeña ampolla, establecer equilibrio térmico, así como también la de ser un depósito de sustancias fluorescentes encargadas de darle una cierta tonalidad roja.

Como todas las lámparas de descarga, la lámpara de vapor de mercurio debe llevar un elemento limitador de corriente, balasto. Cuando se conecta a la red de alimentación, se produce inicialmente una descarga entre el electrodo principal y el auxiliar, que se encuentran muy próximos, lo que ioniza el argón, haciéndolo conductor y estableciendo un tenue arco entre los dos electrodos principales; el calor generado por esta descarga va progresivamente evaporando el mercurio de la ampolla, y poco a poco se va convirtiendo en el conductor principal.

A medida que aumenta la temperatura en el tubo de descarga, aumenta la presión del vapor de mercurio y con ella la potencia activa consumida y el flujo luminoso emitido, hasta alcanzar, al cabo de 3 o 4 minutos, los valores normales de régimen. La intensidad absorbida por el circuito se inicia con un valor del orden del 40 al 50% mayor que el nominal, y va reduciéndose progresivamente.

Esta variación de la intensidad durante el arranque de la lámpara tiene una influencia en el circuito, ya que, en un alumbrado de este tipo, el limitador deberá estar dimensionado para poder aguantar dicha intensidad.

Si por algún motivo se apaga la lámpara, y seguidamente queremos volver a encenderla, ello no resulta posible debido a que el vapor de mercurio no se habrá enfriado y estará con una presión elevada.

Transcurridos tres o cuatro minutos, la lámpara se habrá enfriado y reanudará el periodo de encendido; esto supone un serio inconveniente para este tipo de lámparas.

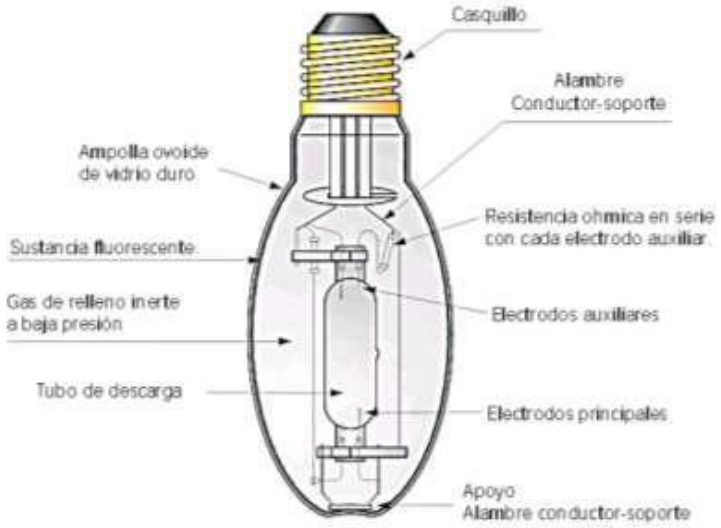


FIGURA 4. 18: Lampara de vapor de mercurio a alta presión

4.3.2.2. Lampara de vapor de sodio a alta presión

La lámpara de vapor de sodio a alta presión radia en todo el espectro visible, además posee en una temperatura de color entre 1900 a 2200 ºK y un índice de rendimiento de color de 22 esto para las lámparas de vapor de sodio estándar. Al aumentar la presión del vapor de sodio incrementa el porcentaje de longitudes de onda larga emitidas y mejora el índice de rendimiento del color hasta un valor de 65, aunque la eficacia y la vida disminuyen, estas lámparas tienen una vida útil entre 8000 y 12000 horas.

El fallo por fugas en el tubo de descarga y el incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria limitan la duración de la lámpara.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000 ºC), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Debido a que estas lámparas no tienen un electrodo de encendido por su menor diámetro, se suministra un pulso de alta tensión, entre 1,5 a 5 kV, mediante un ignitor, para ionizar al gas de encendido que es el xenón. Una vez encendida, la lámpara se calienta en 10 minutos aproximadamente, durante el cual va cambiando de color.

Una vez que se ha establecido el arco, la tensión del mismo es baja (por la baja presión de vapor). El color inicialmente es blanco por la descarga del xenón, cambiando luego a amarillo después de unos 20 segundos. Durante este tiempo el sodio se evapora y poco a poco se involucra en la descarga.

La eficacia de estas lámparas está en un rango entre 80 a 130 lm/W, dependiendo de su potencia y de las propiedades de reproducción del color. La lámpara de sodio "blanco" tiene una eficacia de 43 lm/W y un valor un 45 % menor de las de sodio de alta presión estándar, las mismas poseen un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, alojado en una envoltura tubular de vidrio transparente al vacío.

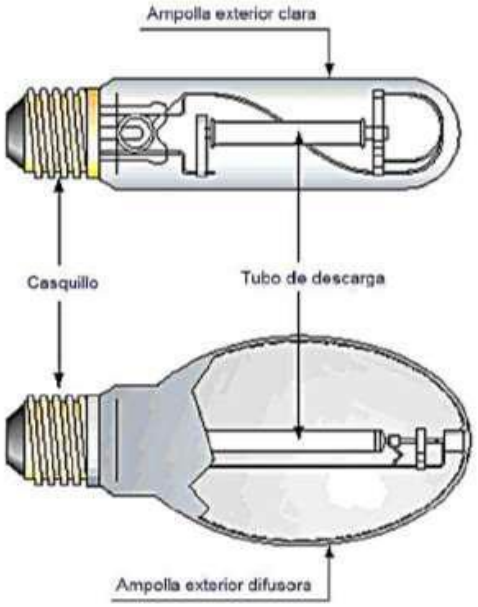


FIGURA 4. 19: Lampara de vapor de sodio a alta presión

4.3.2.3. Luminarias led

En los últimos años el sistema de alumbrado público ha recibido un impulso inusitado en lo referente a la instalación de lámparas LED (Diodo Emisor de Luz) por sus diferentes prestaciones.

En el país es previsible que la utilización de los LED se incremente, debido a que sus aplicaciones son superiores a las lámparas incandescentes y al tubo fluorescente, desde diversos puntos de vista. La iluminación con LED tiene ventajas para el alumbrado público como el ahorro energético que varía entre un 60% y 80% en relación con la iluminación tradicional [14].

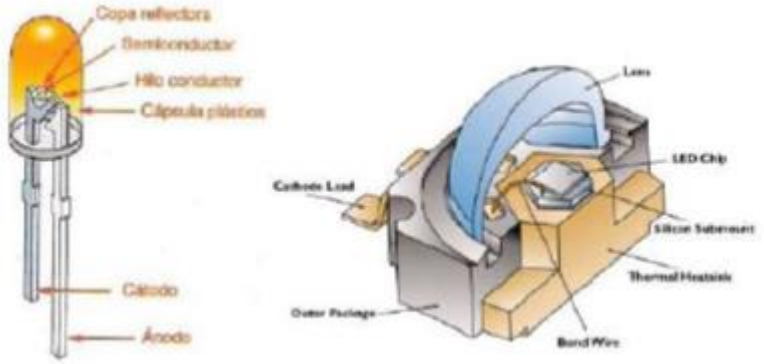


FIGURA 4. 20: Elementos que componen un LED

4.4. Métodos de cálculo para iluminación y simulación

4.4.1. Iluminación vial

Una de las aplicaciones de la Luminotecnia a la Ingeniera de Carreteras es el estudio de los niveles de iluminación de vías destinadas a la circulación de vehículos como de peatones.

Muchas veces, una correcta iluminación influye en forma indirecta en factores determinantes desde el punto de vista del tráfico, como son la velocidad de circulación, la capacidad de la vía o la seguridad de la misma. Por tanto, es conveniente disponer de una serie de nociones básicas acerca del tema para poder abordar la construcción de vías urbanas [19] [20].

4.4.2. Disposición de las luminarias

Unilateral: Las luminarias se disponen únicamente en uno de los márgenes de la vía, con lo que una sola calzada queda mucho más iluminada que la otra. Es una opción muy económica, aunque por su baja calidad de alumbrado está en desuso, empleándose únicamente en zonas rurales o poco transitadas

- **Al tresbolillo:** Se basa en la alternativa de luminarias a ambos lados de la calzada. Esta solución es aceptable y relativamente económica, aunque la uniformidad de alumbrado deja bastante que desear. Es antiestética.
- **Pareada:** La luminaria se sitúan enfrentadas, una a casa lado de la vía. Esta solución es sin duda la que mejor resultados da desde el punto de vista de la uniformidad, aunque debe procurarse distanciar las luminarias lo suficiente como para no producir el desagradable efecto túnel.
- **Doble axial:** En el caso de vías con medianas o calzadas muy anchas, puede colocarse en el centro de las mismas un basculo que se bifurque en dos luminarias, de forma que cada una de ellas ilumine uno de los lados. Esta solución hacia lo carriles más iluminados, con la consiguiente reducción de la capacidad de la vía.

Como ocurre normalmente, la mejor solución se obtendrá con la combinación de las tipologías anteriormente descritas.

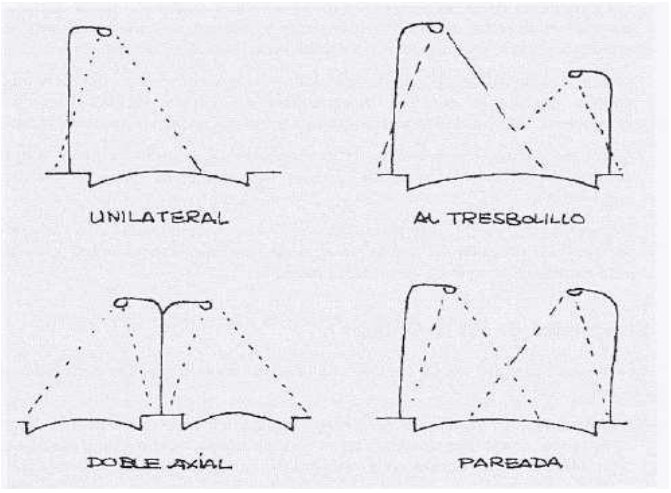


FIGURA 4. 21: Disposición de luminarias

4.4.3. Cálculo de iluminación puntual y media

4.4.3.1. Método de los coeficientes de utilización

Este método se basa en la utilización del coeficiente de utilización, que define el porcentaje de luz que llega a la superficie deseada. Este coeficiente, suministrado

por los fabricantes de luminarias, en función de la geometría y diseño de la propia luminaria.

Normalmente, los coeficientes de utilización se presentan en forma de curvas que relacionan el ángulo que la dirección forma con el eje óptico de la luminaria o la relación entre la distancia horizontal y la altura de la luminaria.

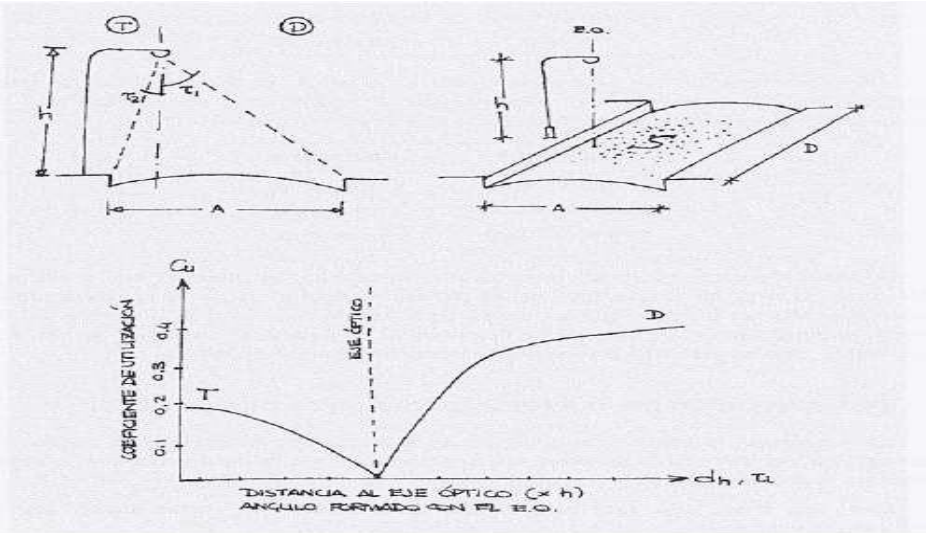


FIGURA 4. 22: Disposiciones genéricas del alumbrado vial

4.4.3.2. Método de los nueve puntos

Este procedimiento de cálculo mucho más preciso que el anterior se engloba en el conjunto de métodos de cálculo por elementos finitos, basados en el análisis de la iluminancia de una serie de puntos distribuidos en las intersecciones de una malla reticulada. Su cálculo se realiza mediante ordenadores, ya que se trata de procedimientos iterativos y tediosos de realizar manualmente.

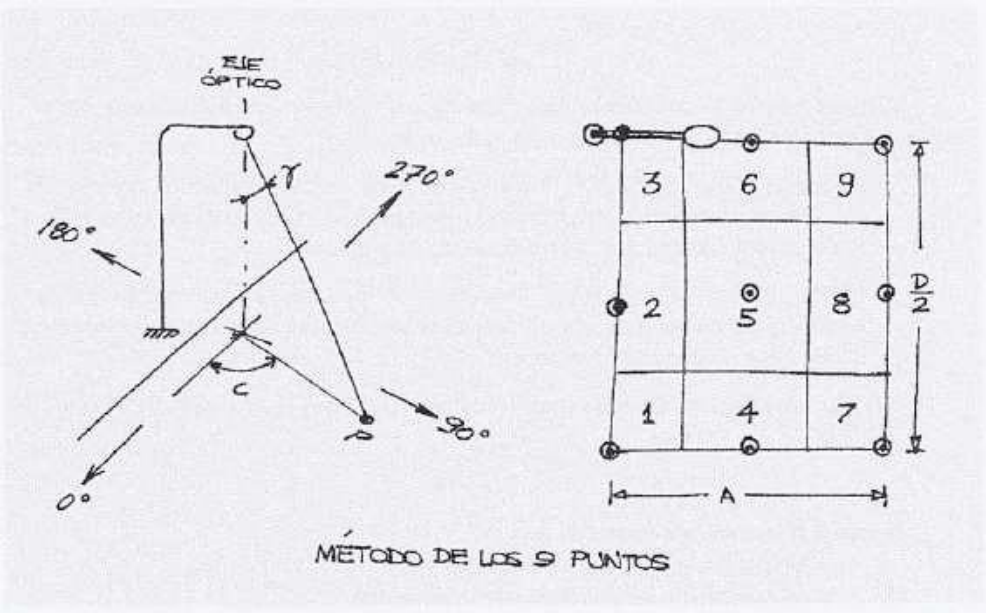


FIGURA 4. 23: Método de los nueve puntos

4.4.3.3. Factor de mantenimiento y utilización de software de cálculo

Los programas de cómputo que existen hoy en el mercado es un fenómeno que no existía tan solo hace 20 años. Los avances de estos se han dado debido al rápido crecimiento de la industria de la iluminación donde cada vez más se requiere a profesionales equipados con todas las herramientas que miden la eficiencia de un buen diseño de iluminación.

AGi32, Dialux, Calculux, Relux, WYSIWYG, y Litestar son algunos de los programas de cómputo actualmente en el mercado. Cada uno cuenta con diferentes ventajas y desventajas. De los más usados son AGi32 y WYSWYG por el software CAST.

AGi32 puede servir como una herramienta de diseño en todas las etapas del proceso, sobre todo para reducir el consumo de energía mediante el desarrollo de diseños exigentes. En su uso, el diseñador descubrirá constantemente maneras de reducir los niveles de luz del diseño en el que trabaja. Esta capacidad de desafiar las suposiciones y presunciones del diseñador permite crear diseños mejores [20].

III. RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO 5

5.1. Descripción del trabajo

El presente proyecto final de grado consiste en el diseño de un sistema de distribución eléctrica e iluminación pública para las ampliaciones de las rutas 2 km (128,6 - 136,9) y N°8 entre la rotonda de coronel Oviedo hasta el estadio Ovetenses Unidos respectivamente.

5.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas

5.1.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se llevará a cabo según el objeto y la extensión del estudio será la investigación aplicada, según el tipo de datos empleados será cuantitativa y del tipo transversal por el periodo temporal a realizarse.

La investigación aplicada se trata de un tipo de investigación centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. En cuanto a las transversales se centran en la comparación de determinadas características o situaciones en diferentes sujetos en un momento concreto, compartiendo todos los sujetos la misma temporalidad [21].

La investigación es cuantitativa porque se basará en un estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición [22].

5.1.1.2. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

Para la recolección de datos se utilizará como técnica el análisis del proyecto de la obra y como instrumentos se utilizarán planillas electrónicas para el procesamiento de datos. Se utilizarán instrumentos de mediciones (cinta métrica) o similares.

Los datos serán colectados según lo estipulado en Normas Técnicas y Reglamentaciones de los sistemas de distribución e iluminación.

5.1.1.3. Métodos y análisis de datos

El estudio será de tipo cuantitativo debido a que existe relación numérica entre las variables del problema investigado. Para el análisis de los datos se utilizará el

método deductivo para lograr llegar al diseño de los sistemas de distribución e iluminación.

5.1.1.4. Fases metodológicas

Se desarrollarán las siguientes fases metodológicas para encarar el logro de los objetivos perseguidos con este proyecto de fin de grado:

- **Fase I: Recolección de datos:**

  Se procederá al análisis del proyecto de ampliación de las rutas PY-02 y PY-08 para la obtención de los parámetros (trazado de rutas, líneas de distribución eléctrica existentes que serán afectadas, franjas de servidumbre, etc.) que serán necesarios para la elaboración del proyecto eléctrico, así también la obtención de las Reglamentaciones y Normativas Técnicas de los sistemas de distribución de media, baja tensión e iluminación necesarias para el proyecto.

- **Fase II: Identificación de las redes eléctricas afectadas:**

  Se realizará una revisión de las redes eléctricas que se encuentren afectadas por la ampliación de las rutas PY-02 y PY-08 con la finalidad de determinar las redes de distribución de media y baja tensión a ser adecuados o modificadas.

- **Fase III: Revisión normativa y reglamentaria:**

Se realizará un estudio de las Normas Técnicas y Reglamentaciones Internacionales y vigentes en el país para así adoptar los que mejor se ajusten al proyecto para el diseño de redes de distribución y de sistemas de iluminación pública pretendido.

- **Fase IV: Elaboración de proyecto:**

  Se procederá a la elaboración del proyecto ejecutivo de las ampliaciones y adecuaciones de las redes eléctricas, así como también del sistema de iluminación pública de todas las áreas afectadas por las ampliaciones de las rutas PY-02 y PY-08.

  Se recurrirán a las Reglamentaciones del sistema de distribución de media y baja tensión, y acorde al tipo de línea de distribución (protegidas, semi-protegidas y subterráneas) seleccionada se procederá a los cálculos eléctricos y mecánicos

pertinentes para cada tipo de línea de distribución. El software a ser utilizado para el trazado de líneas distribución será AutoCAD.

Se efectuarán cálculos de Iluminancia y Luminancia para el sistema de iluminación vial, con la finalidad de determinar las disposiciones y cantidad de luminarias teniendo en cuenta las Normas Técnicas de iluminación vial. Se realizarán simulaciones a través del software DIALUX.

- **Fase V: evaluación técnica y económica:** Se efectuarán las comparaciones técnicas y económicas con diferentes configuraciones para determinar cuál posee una mayor viabilidad. La evaluación técnica se realizará teniendo en cuenta aspectos tales como calidad, confiabilidad y seguridad para el diseño de los sistemas de distribución en media y baja tensión. Para el diseño del sistema de iluminación se tendrán en cuenta los aspectos tales como Temperatura de Color, Índice de Reproducción Cromática (IRC), Flujo Luminoso, Intensidad Luminosa, Vida útil y Etiquetado Energético.

5.2. Justificación

El presente proyecto tiene un impacto socioeconómico ya que permitiría un avance en el desarrollo de la ciudad de Coronel Oviedo, puesto que generará un mayor atractivo ya sea turístico o de futuras inversiones en el área, a si también mejorará la calidad de vida, la seguridad de tránsito vehicular como la peatonal. Promoverá el crecimiento de las zonas periféricas y espacios de esparcimiento tales como bicisenda y espacios verdes.

Es de suma importancia el contar con optimo suministro de energía eléctrica en las redes de distribución de media y baja tensión, así también contar con un sistema de iluminación eficiente que evite el deslumbramiento en las carreteras, además de garantizar la sustentabilidad de la misma conforme a las exigencias de las normas de iluminación, ya que en las diversas trayectorias de las ampliaciones de las carreteras se encuentran lugares muy concurridos como el Campus De La Universidad Nacional De Caaguazú, la Facultad De Derecho UNA, Instituto De Previsión Social, el Estadio Ovetenses Unidos, etc.

Los beneficiarios de este proyecto serán directamente los pobladores de la Ciudad de Coronel Oviedo así también a todos los conductores que utilicen el trayecto.

5.3. Finalidad del proyecto

Con la elaboración del proyecto final de grado se pretende:

Diseñar un sistema de suministro de energía eléctrica y un sistema de iluminación pública para el proyecto de las ampliaciones de las rutas PY-02 y PY-08 de la ciudad de Coronel Oviedo.

5.4. Metas

Diseñar al menos un sistema de suministro de energía eléctrica y un sistema de iluminación pública para el proyecto de las ampliaciones de las rutas PY-02 y PY-08 de la ciudad de Coronel Oviedo.

Mejorar la calidad de vida de los usuarios mediante una mejora del sistema de suministro de energía eléctrica e iluminación publica

5.5. Objetivos

5.5.1. Objetivos generales

Diseñar el sistema de suministro de energía eléctrica e iluminación pública para el proyecto de las ampliaciones de las rutas PY-02 y PY-08 en la Ciudad de Coronel Oviedo del Dpto. de Caaguazú.

5.5.2. Objetivos específicos

- Recolectar datos del proyecto de ampliación de rutas y obras complementarias.
- Identificar las redes de distribución a ser afectadas.
- Realizar revisión normativa y reglamentaria, vigentes en al país, para el diseño de redes de distribución y de sistemas de iluminación pública.
- Elaborar proyecto ejecutivo de las ampliaciones y adecuaciones en los sistemas de distribución de media y baja tensión, así como del sistema de iluminación vial según normas seleccionadas.
- Elaborar la evaluación técnica y económica de los proyectos elaborados.

5.6. Beneficiarios

Este proyecto beneficiara directamente a los pobladores de la ciudad de coronel Oviedo mediante la mejora de la calidad y confiabilidad del suministro de energía eléctrica. A su vez no solo a los pobladores de la ciudad de coronel Oviedo sino también a todos los transeúntes que circulen sobre las rutas PY-02 y PY-08 mediante el adecuado sistema de iluminación pública, generando mayor confort y seguridad.

5.7. Producto

El producto es la elaboración del proyecto ejecutivo en el cual se diseña un sistema de distribución de MT, BT e iluminación pública entre las intercepciones de la circunvalación con las rutas PY-02 y PY-08 de la ciudad de Coronel Oviedo.

5.8. Localización física y cobertura espacial

La ubicación física de las ampliaciones de las rutas se encuentra entre los km 128,6 y 136,9 sobre la ruta PY-02 respectivamente y sobre la ruta PY-08 desde la rotonda de la ciudad de Coronel Oviedo hasta unos 500 m posteriores a la ubicación del estadio Ovetenses Unidos.

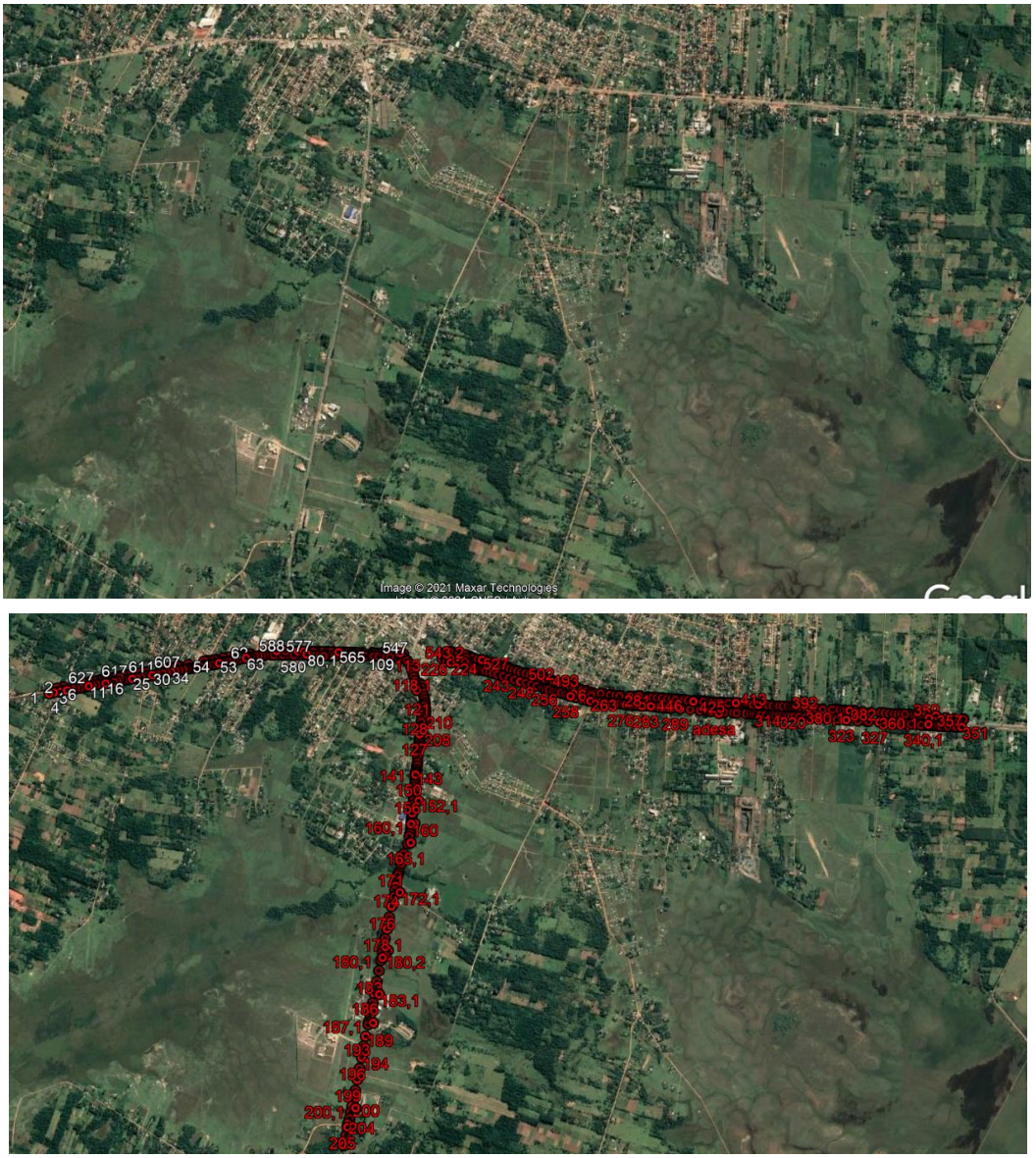


FIGURA 5. 1: Ubicación geográfica de los alimentadores implicados en el proyecto

5.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas

Este proyecto final de grado dará inicio con una revisión bibliográfica de las reglamentaciones y normativas técnicas para la elaboración de un proyecto ejecutivo para el diseño de un sistema de distribución eléctrica de media tensión y baja tensión (MT y BT), y de un sistema de iluminación vial acorde a la envergadura del proyecto. La consulta de textos técnicos para el diseño y las metodologías para el análisis económico del proyecto, también los materiales de líneas de distribución de media y baja tensión y las fichas técnicas necesarias de los artefactos de iluminación.

Seguido a la revisión bibliográfica realizada se procede a identificar y delimitar el área de estudio, se realiza un plano de la ubicación geográfica de los alimentadores obtenidos mediante un programa denominado CYMDIST. Se procede a realizar un levantamiento de campo de las líneas de distribución de MT implicadas en el trayecto, el levantamiento de datos realizado fue con un recorrido de línea mediante la observación y la utilización de un GPS para su ubicación geográfica en el plano, y así poder obtener los respectivos trechos entre los mismos. Con el relevamiento de datos realizado se pueden identificar las características técnicas en la red de media y baja tensión: cantidad de transformadores, disposición del conductor, localización geográfica de las estructuras, elementos de protección y maniobra, tipos de artefactos de iluminación con sus potencias, obstáculos al paso de los alimentadores, y todo lo relevante para la elaboración del proyecto ejecutivo.

Con todos los datos obtenidos mediante el relevamiento se procede a realizar un plano correspondiente de los alimentadores y sistemas de iluminación encontradas el trayecto delimitado mediante la utilización de la herramienta digital AutoCAD 2021 y DIALUX EVO respectivamente.

Los planos realizados son la base para la elaboración para la elección de las estructuras a ser utilizadas en cada tramo de las líneas de distribución de MT protegida y los respectivos sistemas de iluminación. Para el formato y simbología se tendrán en cuenta las especificaciones técnicas de la ANDE para los proyectos

ejecutivos de líneas de distribución aérea de MT, véase en la Apéndice B.1 – Proyecto ejecutivo.

Una vez culminado el plano eléctrico del proyecto se procederá a la lista de estructuras y materiales a ser utilizados que se encuentran especificadas en el manual de procedimientos para la elaboración de proyectos de líneas de distribución alimentadoras ANDE. En dicha lista se especificarán las estructuras y respectivos postes para las nuevas líneas aéreas de distribución de MT protegidas a ser proyectadas y a su vez las que deberán ser retiradas, en ella se detallara la cantidad postes, conductores, estructuras. Seguido a la lista de estructuras y materiales se procede a la simulación del diseño de iluminación vial previamente elaborado mediante la utilización del software DIALUX EVO. Posterior a la simulación se realiza un listado de los postes y cantidad de luminarias necesarias para el proyecto.

Una vez culminado el proyecto ejecutivo en su aspecto técnico, se prosigue a realizar el presupuesto del mismo, ya que mediante su realización permitirá la correcta selección de los materiales a ser utilizados.

Dando finalidad a todo lo anterior mencionado se procede a la presentación del informe final en el formato establecido.

5.10. Recursos necesarios

5.10.1. Recursos humanos

Para la realización del presente proyecto de grado se requerirán los siguientes recursos humanos:

- Responsables del proyecto. Jonny Barberán, Carlos Portillo. Alumnos de la facultad de ciencias y tecnologías de la UNCA. Carrera de ingeniería en electricidad
- Ingeniero tutor del proyecto final de grado.

5.10.2. Recursos materiales

Para la realización del presente proyecto de grado se requerirán los siguientes recursos materiales:

- Computadora y calculadora (propio).
- Software de diseño y simulación (Dialux - Autocad propio, CYMDIST prestado sin costo).
- Impresora (propio).
- Cartucho para impresora.
- Papel.
- Materiales de oficina.
- Libros (prestado sin costo, formato digital online gratuita).
- Transporte (combustible).
- Internet.

5.11. Factibilidad técnica

- Ahorro energético y mayor durabilidad en el sistema de alumbrado público proyectado.
- Se disminuyen los fueras de servicios ocasionados por el contacto de rama de árboles con los alimentadores de distribución de energía eléctrica.
- Aumento de la eficacia luminosa en el sistema de alumbrado público en los tramos proyectados.
- Se mejora la confiabilidad del sistema de distribución de media y baja tensión.
- Reducción de armónicos en el sistema de alumbrado público para los tramos proyectados.
- Se mejora la calidad del sistema de distribución de media y baja tensión.

- Se reduce la cantidad y frecuencia de poda de árboles a lo largo del trayecto de las líneas de distribución.
- Reducción de perdidas por reactivos y aumento del índice de rendimiento de color en el sistema de alumbrado público.

5.12. Factibilidad económica

5.12.1. Beneficios

5.12.1.1. Ahorro en la potencia instalada

Con la elaboración del proyecto ejecutivo en el cual se diseña el nuevo sistema de iluminación pública mediante artefactos de iluminación LED tendrá un ahorro en el consumo de energía eléctrica de 35.520 (w) que representa un 16,666 % como se puede visualizar en la siguiente tabla.

TABLA 5. 1: Ahorro en potencia mediante los artefactos LED

Cantidad	Potencia de equipo anterior (w)	Potencia de equipo nuevo (w)	Ahorro (w)
1	250	200	50
888	**222.000**	**177.600**	**44.400**

5.12.1.2. Ahorro de energía eléctrica

Mediante la utilización de artefactos de iluminación LED se obtiene una reducción en el consumo de energía eléctrica en comparación a otros equipos de iluminaciones convencionales. Dicho consumo de energía eléctrica anual se puede observar en la siguiente tabla.

TABLA 5. 2: Ahorro de energía eléctrica kWh/año

Consumo de artefactos de iluminación convencionales (kW/año)	Consumo de artefactos de iluminación Proyectado (kW/año)	Ahorro en consumo de energía eléctrica (kW/año)
810.300	648.240	162.060

5.12.1.3. Reducción de poda de arboles

Mediante el sistema de distribución eléctrica con la utilización de conductores protegidos para media tensión se logra reducir un 79,5% la poda de árboles [23], lo

cual conlleva a una disminución en el costo de podas. Tal y como se puede observar en la siguiente tabla.

TABLA 5. 3: Reducción de poda de arboles

AÑO	SISTEMA DE CONDUCTOR DESNUDO	SISTEMA DE CONDUCTOR PROTEGIDO	AHORRO (Gs.)
2021	15.573.870	3.114.774	12.459.096

Todos los cálculos de la inversión y el ahorro se pueden visualizar en el Apéndice A.1 - Reducción de podas de árboles.

5.12.1.4. Reducción de mantenimiento

Mediante el sistema de distribución eléctrica con la utilización de conductores protegidos para media y baja tensión se logra una reducción de 60,70% [23] en el mantenimiento.

5.12.1.5. Reducción de los fueras de servicios

Lo más importante que se consigue mediante la utilización de los sistemas de distribución eléctrica con conductores protegidos es la reducción de fueras de servicio en un 93,50% [23], mediante esto se obtiene un aumento en la calidad y confiabilidad del suministro de energía eléctrica.

5.12.2. Costos

5.12.2.1. Costos de líneas de distribución aérea protegida, el retiro de líneas de conductores aéreos desnudos y sistemas de iluminación publica

En el proyecto ejecutivo elaborado del diseño de un sistema de distribución de energía eléctrica de MT y BT, se realizó el estudio de materiales, mano de obra para el retiro de conductores desnudos existentes para la implementación de un nuevo sistema de distribución eléctrica y un nuevo sistema de iluminación pública. En la siguiente tabla se puede observar el costo total de los materiales a ser implementados en el nuevo sistema de distribución eléctrica aérea con la utilización de conductores protegidos y el nuevo sistema de iluminación pública.

TABLA 5. 4: Costo total de materiales

TOTAL, MATERIALES:	**9.293.072.234**

Teniendo los datos de los costos de materiales, equipos y mano de obra, en el cual se incluye el retiro de las estructuras convencionales y de los conductores desnudos, colocación de nuevos postes para el sistema de distribución de energía eléctrica y del sistema de iluminación pública, montaje de las nuevas estructuras, colocación del nuevo conductor protegido, montaje de los artefactos de iluminación; dentro de estos costos se incluirá el 15 % para gastos administrativos y un 5% para los imprevistos que podrían ocurrir durante el desarrollo del proyecto.

TABLA 5. 5: Costo total del proyecto de sustitución de línea de distribución aérea convencional a un sistema con conductores protegidos en MT con iluminación centralizada.

Total, materiales	**9.293.072.234**
Total, mano de obra	1.548.858.850
SUB TOTAL	**10.841.931.084**
Gastos admin. 15 % + imp. 5 %	2.168.386.217
TOTAL, GENERAL (GS)	**13.010.317.301**

IV. INGENIERÍA DE DISEÑO

CAPÍTULO 6

6.1. SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA DE MT

Coronel Oviedo, capital departamental de Caaguazú, ubicada en el centro de la región oriental, siendo nexo de varias rutas que llevan a los 4 puntos cardinales del país. Se proyecta en dicha cuidad la futura duplicación de las rutas PY-02 y PY-08 entre las intersecciones de la circunvalación que se encuentran entre los km 128,6 y 136,9 dando una trayectoria total de 8,3 km correspondientes a la ruta PY-02 y la intersección de la circunvalación con la ruta PY-08 desde la rotonda de la mencionada ciudad hasta el estadio Ovetenses Unidos dando una trayectoria de 4,5 km.

Debido a la futura duplicación de las rutas anteriormente mencionadas, implica la elaboración de un proyecto eléctrico en el cual se realicen el adecuamiento del sistema de distribución eléctrica de MT y BT, así como también un sistema de iluminación pública acorde a normativas actuales

6.1.1. Obtención de reglamentación y normativas para el sistema de distribución eléctrica de MT y BT

Se utilizó el manual de procedimientos para la elaboración de Proyectos De Líneas De Distribución De Media Y Baja Tensión N°1.03.13 Rev.1.

6.1.2. Relevamiento de campo

La ciudad de coronel Oviedo actualmente cuenta con un sistema de distribución de MT del tipo aérea (conductores desnudos, preensamblados y protegidos) y subterráneos, además de un sistema de distribución de BT del tipo aéreo desnudo y preensamblado. Dicho sistema de distribución de MT cuenta con 9 alimentadores los cuales se encuentran comprometidos con este proyecto, las cuales representan en longitud una distancia de:

TABLA 6. 1: Longitud de conductores implicados en el proyecto.

ALIMENTADOR	METROS LINEAL
COV1	4.060
COV2	300
COV3	300
COV4	0
COV5	500
COV6	2.440
COV7	5.000
COV8	3.440
COV9	3.000

En la siguiente tabla se puede observar el relevamiento de campo realizado en el cual se constata los tipos postes existentes para los TRAMOS 1, 2 y 3 de las Rutas PY-02 y PY-08 dando un total de 632 postaciones.

TABLA 6. 2: Postaciones existentes.

TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD
12/200	108	9/200	25
9/500	9	ACERO 9m	8
12/800	12	PALMA	90
12/300	193	15/800	13
ACERO 12m	104	PALMA	1
12/500	5	15/500	4
7,5/150	23	9/150	37

De la misma manera se puede observar en la siguiente tabla la cantidad y tipos de estructuras de MT existentes en los tramos ya mencionados dando un total de 517 tipos de estructuras de MT:

TABLA 6. 3: Estructura MT existentes.

TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD
CMAT	6	MMHH°3	2	MTH°3	1
EMPT°2	1	MMHH°7	8	MTH°6	3
EMPT°4	1	MTD°1	4	MTH°7	23
EP MTH°1	35	MTD°3	1	MTHH°1	97
EP MTH°1A	1	MTD°6	2	MTHH°2	8
EP MTH°3	2	MTD°7	2	MTHH°3	2
EP MTH°5	1	MTDH°1	86	MTHH°5	4
EP MTH°6	1	MTDH°2	5	MTHH°6	7
EP MTH°7	2	MTDH°3	1	MTHH°7	27
EPMT°4	2	MTDH°4	2	PEMT°1	4
EPMT°5A	1	MTDH°5	12	PEMT°5	1
EPMTH°1	13	MTDH°6	9	PEMT°8	1
EPMTH°1A	9	MTDH°7	21	TIE°240	4
EPMTH°2	4	MTDH°8	1	TSA°240	7
EPMTH°5	6	LPAHH°5	1	MMHH°1	1
EPMTH°5A	1	MMH°5	1	EPMTH°3	2
EPMTH°7	1	MMH°7	7	EPMTH°4	3
MTH°1	67	MTH°2	3		

Del mismo modo se observa en la siguiente tabla la cantidad y tipos de estructuras de BT existentes en los tramos ya mencionados dando un total de 530 tipos de estructuras de BT:

TABLA 6. 4: Estructuras BT existentes.

TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD
ERM°1	19	LPA°7	2	ERV°1	13
ERM°5	8	CBAT	1	ERV°5	5
ERM°6	1	REM°1	13	RAD°4	2
ERMH°1	3	REMH°1	6	RAM°5	2
ERMH°5	4	REMHH°1	4	ERM°4	1
ERVHH°1	9	REMH°7	2	ERMHH°4	3
ERVHH°5	4	REMHH°6	2	ERMHH°1	10
LPA°1	7	REMHH°7	2	ERMHH°5	4
LPA°5	10	ERMHH°2	1	ERV°7	1
LPAH°5	12	ERVHH°4	1	LPAH°1	3
LPAH°7	2	REMH°6	1	RED°6	1
LPAHH°1	25	ERVH°5	1	RED°7	3
LPAHH°5	34	REMHH°5	1	REDH°4	2
RAD°1	30	REM°4	1	REDH°7	5
RED°5	6	REDH°5	10	RADH°5	8
RADHH°1	27	REDHH°1	28	REDHH°7	6
RADHH°5	13	REDHH°5	22	RADH°7	3
RADHH°6	1	LPAHH°7	11	LPAHH°6	1
RADHH°7	7	RAD°5	7	REDHH°6	3
RED°1	53	RAD°7	5	ERM°7	2
RED°4	1	RAMH°1	1	RADH°1	13
REDH°1	30	ERVH°1	1	LPA°6	1
REDHH°4	3	REMH°5	1	RAD°6	5

En la siguiente tabla se visualiza la cantidad y tipos de transformadores instalados a lo largo de los tramos que contempla el relevamiento de campo. Dando un total de 28 transformadores.

TABLA 6. 5: Transformadores existentes.

TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD
TAH°6 NH	13	TAH°2 NH	9
TAH°6 A LIRA	1	TAH°1 NH	2
TAH°4 A LIRA	1	TAH°2 A LIRA	2

En la siguiente tabla se registra la cantidad total de 249 protecciones con las que cuentan los tramos contemplados en dicho relevamiento realizado.

TABLA 6. 6: Seccionadores, Riendas y Puestas a tierras.

TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD
SFT°1	21	RMS°1	9	PTMT	61
SFTH°1	36	RBS°1	1	SFTH°2	10
SLTH°1	26	SLT°1	3	SFT°2	2
DSH°1	26	DSH°1	1	RBSR°1	2
PTBT	16	RBSR°2	1	RBS°2	6
RMS°2	27	RBA°1	1		

En la siguiente tabla podemos observar la cantidad total de 414 acometidas en BT y los tipos de acometidas respectivamente.

TABLA 6. 7: Acometidas en BT.

TIPO	CANTIDAD
AAH°2	162
AAH°3	72
LPA°2	108
LPA°3	72

6.2. SISTEMAS DE ILUMINACION PUBLICA

6.2.1. Obtención de reglamentaciones y normativas para el sistema de iluminación publica

Se utilizó el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP.

6.2.2. Relevamiento De Campo

En la actualidad la ciudad de coronel Oviedo cuenta con dos tipos principales grupos de iluminación pública las cuales son del tipo vapor de mercurio y vapor de sodio. Dicho esto, mediante relevamiento de campo realizado se pudo registrar en una planilla la cantidad de artefactos de iluminación existentes en la ciudad.
Mediante el relevamiento realizado se registró una cantidad total de 450 artefactos de iluminación como se puede visualizar la siguiente tabla.

Se pudo registrar una cantidad total de 117 artefactos de iluminación que presentan averías representando un 26% del total de artefactos de iluminación pública.

TABLA 6. 8: Estructuras de iluminación.

TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD	TIPO	CANTIDAD
AP°1	10	APHS°2	293	APHHS°3	15
AP°2	3	APRU°1	6	APHH°1	11
APH°1	7	APS°1	5	APHHS°1	12
APHH°2	9	APS°2	9	APS°3	7
APHHS°2	38	APHS°3	6	APH°2	2
APHS°1	9	ARPU°1	1	APHH°3	7

6.3. Diseño del sistema de suministro de energía eléctrica

6.3.1. Análisis del sistema de distribución y elaboración del plano orientativo.

Mediante los datos obtenidos del relevamiento de campo realizado se realizó un plano del sistema de distribución actual, para así poder visualizar el panorama actual del sistema eléctrico tal como se puede visualizar en la siguiente figura. la cual se encuentra anexada en formato digital DWG.

FIGURA 6. 1: Plano del sistema de distribución existente

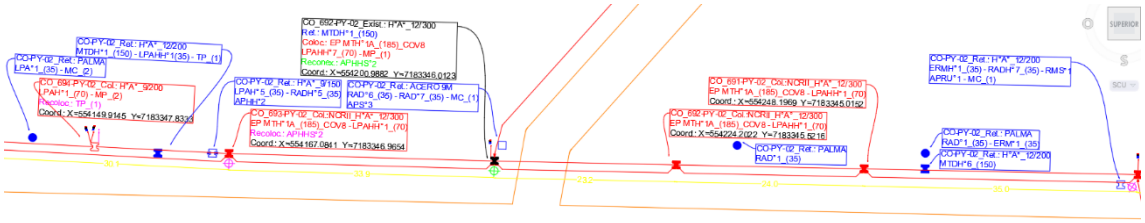


FIGURA 6. 2: Estructuras de MT incorrecta para sección de conductor utilizado

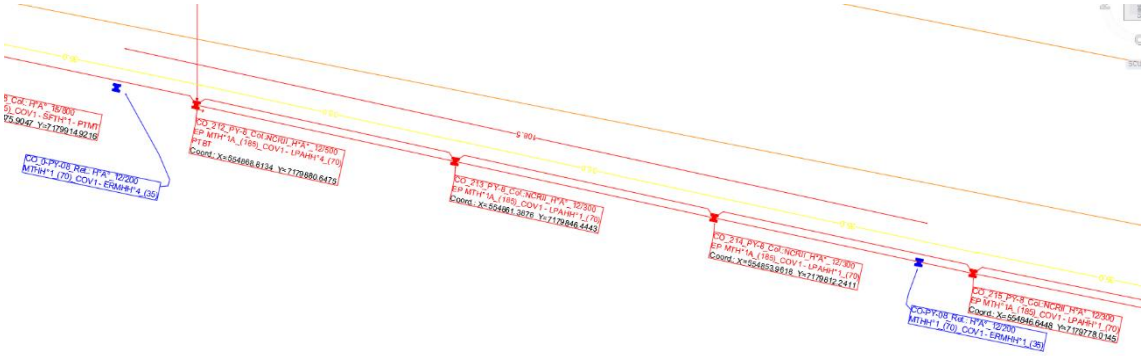


FIGURA 6. 3: Distancia superior a la máxima permitida entre poste a poste

Cómo se puede observar en las figuras, los postes a proyectados a ser retirados no cumplen con las reglamentaciones de la ANDE puesto que superan los límites establecidos en la distancia máxima a ser colocados entre poste a poste siendo de 98 metros para un conductor de 150 mm^2, y en otros tramos en ocasiones superan los 105 metros de vanos reguladores con conductores de 70 mm^2 y con postes de 12/200 kgf. Según el manual de PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA Y BAJA TENSION N° 1.03.13 REV.1 expuesto “3.3 – L”, expresa que los vanos reguladores para los conductores desnudos de 150 mm^2 serán hasta 65 metros y solo para conductores desnudos de 70 mm^2 pueden ser de hasta 80 metros.

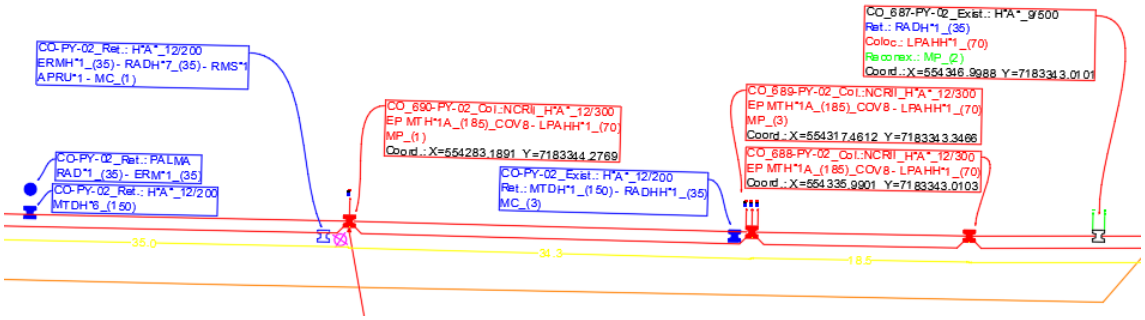


FIGURA 6. 4: Estructuras de MT incorrecta para sección de conductor utilizado

También se puede observar que no cumplen con las consideraciones especiales para las postaciones expuestas en el manual de Procedimientos Para Elaboración De Proyectos De Línea De Distribución puesto que en el manual mencionado detalla los tipos de postes a ser utilizados como se puede apreciar en la siguiente figura [24].

TABLA 6. 9: Tipos de conductores y Postes según sección de conductor

TIPO DE CONDUCTOR	**ANGULO**			
	0º a 5º	**6º a 29º**	**30º a 59º**	**60º a 90º**
DESNUDO 150 mm^2	12/300 Kgf.	12/300 Kgf.	12/500 Kgf.	12/800 Kgf.
PREENSAMBLADO	12/300 Kgf.	12/500 Kgf.	12/800 Kgf.	12/800 Kgf.
PROTEGIDO	12/300 Kgf.	12/500 Kgf.	12/800 Kgf.	12/800 Kgf.
***Para conductores de 70 mm^2 en alineación los postes serán de 12/200 Kgf.**				

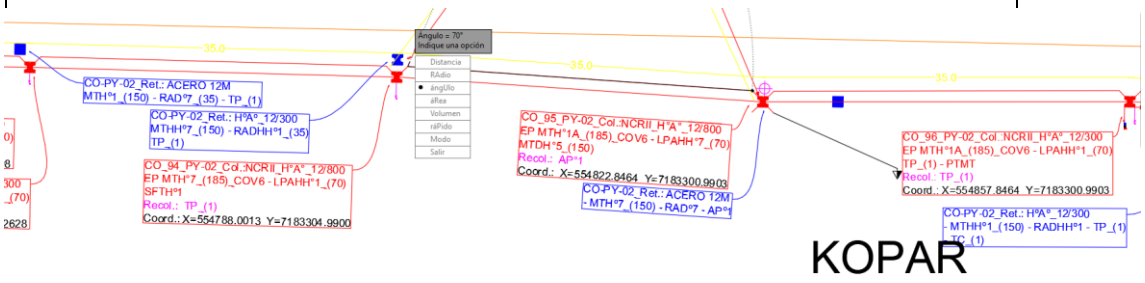


FIGURA 6. 5: Angulo superior al permitido de la estructura

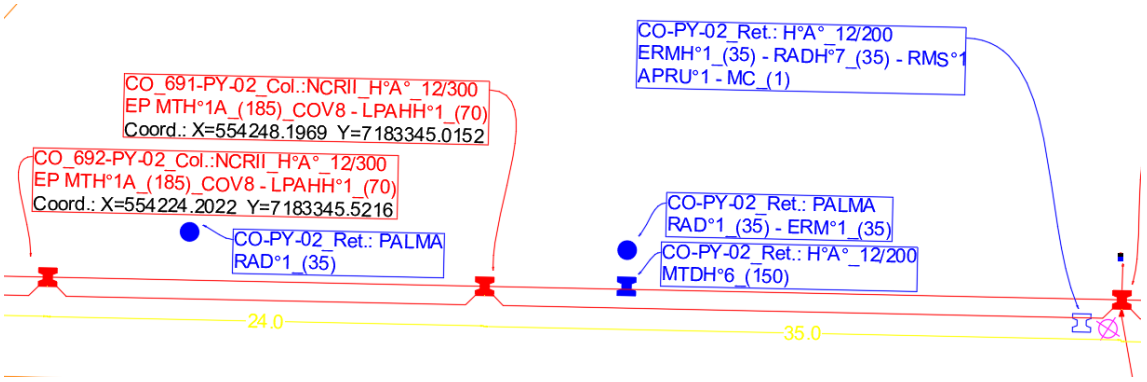


FIGURA 6. 6: Estructuras de MT incorrecta para sección de conductor utilizado

En los levantamientos de datos realizados se pudieron constatar la utilización de postes del tipo 12/200 kgf. que son utilizados para alineación para conductores desnudos de 150 mm^2 los cuales no se contemplan en dicho manual, así como son utilizados para estructuras del tipo MTDHº6. También se puede constatar la utilización postes 12/300 kgf. para estructuras MTHHº7 que superan los ángulos permitidos en las especificaciones técnicas de dicho manual.

Estos incumplimientos en las reglamentaciones se pueden visualizar de una forma constante a lo largo del recorrido de línea realizado en diversos alimentadores.

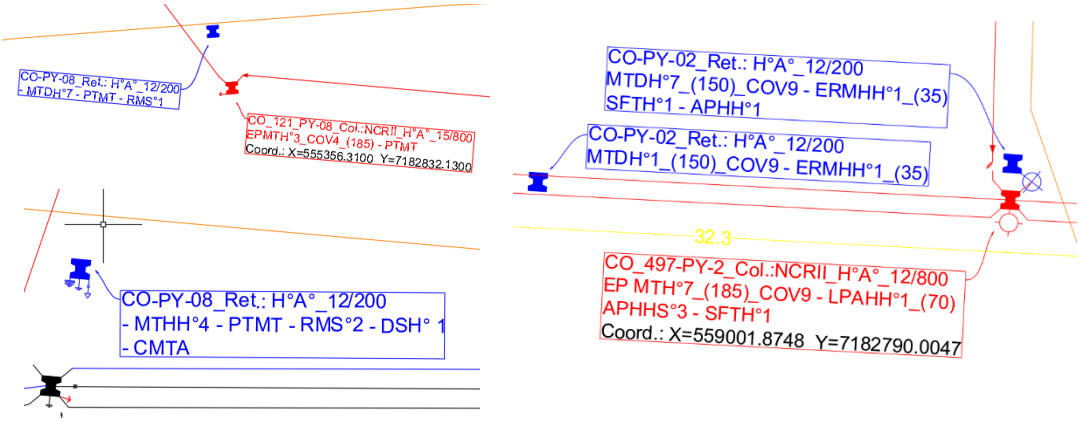


FIGURA 6. 7: Estructuras de MT incorrecta para sección de conductor utilizado.

6.4. Elaboración del plano para un nuevo sistema de distribución eléctrica de MT y BT

Para la elaboración de este plano de distribución de energía eléctrica se procedió a la adecuación según el manual de PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA Y BAJA TENSION N° 1.03.13 REV.1 [24].

Para el TRAMO mostrado más abajo se realizaron los siguientes cambios como se puede observar en la figura expuesta.

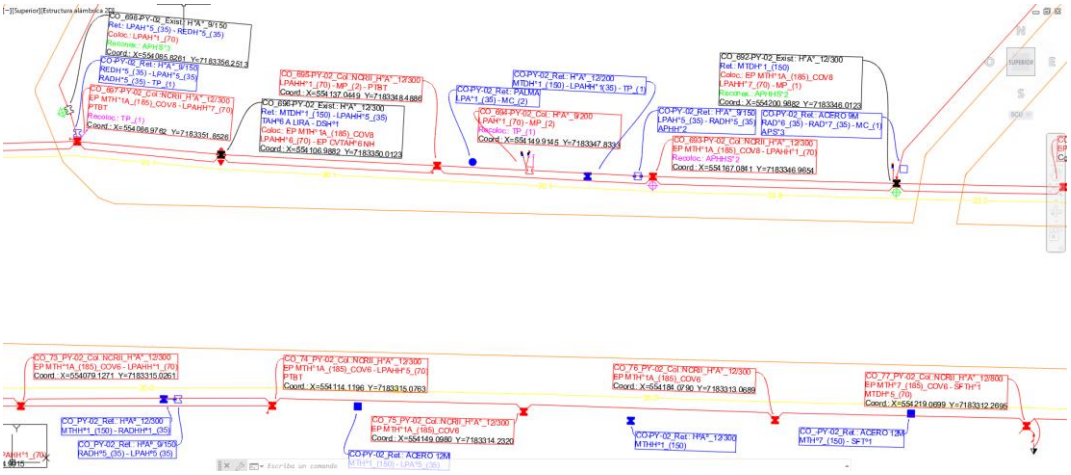


FIGURA 6. 8: Cambios en los Sistemas De Distribución De Energía Eléctrica.

Se proyecta el retiro de los conductores desnudos de MT de 70 y 150 mm^2, los conductores desnudos de BT de 35 mm^2, postes de 12/200 kgf, postes de palma, estructuras de MT para conductores desnudos tales como MTHHº1, MTHHº2, MTHHº3, MTHHº5, MTHHº7 y estructuras de BT para conductores desnudos como RADº1, RADº2, RADHHº7, etc. Todo lo mencionado se puede apreciar detalladamente en Apéndice B.1.

Seguido se procede a la ubicación de postes de acuerdo a las especificaciones técnicas para una línea protegida de 185 mm^2 de sección, la recolocación y/o reconexión de acometidas monofásicas, trifásicas y/o alumbrados públicos.

La ubicación y tipos de los postes proyectados serán de acuerdo a los requerimientos de la longitud del vano y de la resistencia mecánica al que estarán sometidos, esto conforme a la configuración del terreno, teniendo en

cuenta que los esfuerzos de la tracción de los conductores en las estructuras se trasladan al poste. Las cimentaciones se proyectarán del tipo II para todos los postes sin excepción alguna. Todas las consideraciones tomadas se pueden apreciar en el Apéndice B1 Proyecto ejecutivo.

Las distancias de los espaciadores para líneas protegidas serán tal y como especifica en Líneas aéreas Protegidas [24]. Véase en Apéndice B.4.

6.5. Consideraciones del proyecto ejecutivo.

El proyecto ejecutivo del sistema de distribución aéreo de conductores protegidos en MT está elaborado en una escala 1:100 en el programa AutoCAD 2021. Donde los detalles del diseño planimétrico y trazado de línea con simbologías correspondientes, basado en los alimentadores que se encuentran implicados en el proyecto de las ampliaciones de las rutas PY-02 y PY-08 de la ciudad de Coronel Oviedo. Esta puede ser visualizada en el Apéndice B.1 – Proyecto ejecutivo.

6.6. Lista de estructuras de MT y BT a ser colocadas

Se deben retirar todas las estructuras del sistema de distribución aérea de conductores desnudos, para ser sustituidas por los conductores protegidos para el nuevo sistema de distribución eléctrica.

Los nuevos conductores protegidos serán colocados en los postes por medios de las estructuras normalizadas, pudiendo ser de alineación, de retención y de cambio de trayectoria. En la siguiente tabla se puede visualizar la cantidad de estructuras a ser instaladas al nuevo sistema de distribución aéreo de conductores protegidos.

6.6.1. Estructuras de Media Tensión proyectadas

TABLA 6. 10: Lista de estructuras MT a ser colocados

ESTRUCTURAS MT	
DESCRIPCION	**CANTIDAD**
EPMTED	1.120.00
EPMTH 1A	480
MHCR 2	336
EP PT.MT	57
MHCR 2	44
EPSFT1-6	40
MHCR 2	32
EPDSH 1	31
EPMTH 5	25
EPSLT1-6	25
MHCR 2	24
EPMTH 7	19
EPMTH 1	16
MTDH 5	14
EPMTH 6	13
EPMTH 2	11
MTHH 5	8
EPMTA 1	7
EPMTH 3	7
MMHH 5	6
SFTH 2	5
EPMTH 4	5
EPMTDH 1	5
EPTIE240	2
EPSFT1-6	2
MTHH 3	1
EPMTA 5	1
EPMTA 7	1
EPMTDH 3	1

MATERIAL VARIABLE MT	
DESCRIPCION	**CANTIDAD**
CABLE Aa.PROTEGIDOS DE 185 mm^2	56.220
CABO DE ACERO 3/8" T.2 P/MENSAJ.Y RIENDA	56.220
POSTE Hº Aº 12 m. 300 Kgf M.T.	336
POSTE H° A° 12m 800Kgf Reforz.	44
POSTE Hº Aº 15 m 500 kg. M.T.	32
POSTE H°A°12m 500 Kgf Reforz.	24

6.6.2. Transformadores proyectados

TABLA 6. 11: Lista de transformadores proyectados.

ESTRUCTURAS TRAFO	
DESCRIPCION	CANTIDAD
TAH 1 NH	2
TAH 2	11
EPCVTAH6	14
EPCVTAH4	1

6.6.3. Estructuras de Baja Tensión proyectados

TABLA 6. 12: Lista de estructuras de BT proyectados.

ESTRUCTURAS BT	
DESCRIPCION	CANTIDAD
PTBT	76
LPA 1	5
LPA 5	2
LPA 7	2
LPAH 1	58
LPAH 4	1
LPAH 5	11
LPAH 7	4
LPAHH1	286
LPAHH2	103
LPAHH3	205
LPAHH4	15
LPAHH5	34
LPAHH6	8
LPAHH7	30
APHHS3	147

MATERIAL VARIABLE BT	
DESCRIPCION	CANTIDAD
POSTE H°A° 9m. 200 Kgf. B.T.	39
CABLE PREENSAMBLADO Al 3x1x70+1x50mm2 BT	13.924

En el Apéndice B.2 - lista de estructuras a ser montadas se puede visualizar de manera detallada.

6.6.4. Estructuras de Media Tensión proyectadas a ser retiradas

TABLA 6. 13: Lista de estructuras de MT proyectadas a ser retiradas.

ESTRUCTURAS MT			
DESCRIPCION	CANTIDAD	DESCRIPCION 2	CANTIDAD2
MTHH 1	102	MMHH 7	5
MTHH 2	9	MMH 7	4
MTHH 3	3	RMS 2	10
MTHH 5	4	CMAT	3
MTHH 6	6	EP PT.MT	13
MTHH 7	22	MTDH 1	61
MTH 1	65	MTDH 2	5
MTH 2	2	MTDH 4	1
MTH 3	1	MTDH 5	7
MTH 5	1	MTDH 6	7
MTH 6	3	MTDH 7	9
MTH 7	18	MTDH 8	1
MTD 1	6	P MTH 1	4
MTD 3	1	P MTH 5	2
MTD 6	2	EPMTH 2	1
MMHH 1	2	EPMTH 5	1
MMHH 3	1	EPDSH 1	4
MMHH 5	1	EPMTH 1A	2

MATERIAL VARIABLE MT	
DESCRIPCION	CANTIDAD
POSTE DE ACERO 12 m. NORMAL	90
POSTE Hº Aº 12 m. 200 Kg. M.T.	124
CABLE DESNUDO Aa.DE 70 mm^2	28.080
CABLE DESNUDO Aa.DE 150 mm^2	27.540

En el Apéndice B.3 - lista de estructuras a ser retiradas se puede visualizar de manera detallada.

6.6.5. Lista de estructuras de BT a ser retiradas

ESTRUCTURAS BT							
Descripcion	Cant.	Descripcion	Cant.	Descripcion	Cant.	Descripcion	Cant.
REM 1	14	RAMH 1	1	REDHH1	31	ERV 5	4
REM 4	1	ERM 01	17	REDHH4	3	RBS 1	9
REMH 1	5	ERM 04	2	REDHH5	20	LPA 1	6
REMH 5	2	ERM 05	6	REDHH6	3	LPA 5	10
REMH 6	2	ERM 6	1	REDHH7	5	LPA 7	1
REMH 7	1	ERMH 1	4	RAD 1	29	LPAH 1	2
REMHH1	4	ERMH 5	8	RAD 4	2	LPAH 5	16
REMHH6	1	ERMH 7	1	RAD 5	6	LPAH 7	1
REMHH7	2	ERMHH1	10	RAD 6	5	LPAHH1	21
RED 1	54	ERMHH4	3	RAD 7	6	LPAHH5	25
RED 4	1	ERMHH5	4	RADH 1	9	LPAHH6	1
RED 5	7	ERMHH7	1	RADH 5	10	LPAHH7	11
RED 6	1	ERVH 5	4	RADH 7	5	APS 1C	5
RED 7	3	ERVH 7	1	RADHH1	29	APS 2	8
REDH 1	30	ERVHH1	8	RADHH5	12	APHS 1C	12
REDH 4	3	ERVHH4	1	RADHH6	1	APHS 2	17
REDH 5	10	ERVHH5	4	RADHH7	3	RAM 5	2
REDH 7	4	ERV 1	13				

MATERIAL VARIABLE BT			
DESCRIPCION	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD
POSTE DE ACERO 9 m. REFORZADO	5	CABLE DESNUDO Aa. DE 16 mm²	4.800
POSTE DE PALMA DE 7 m.	91	CABLE DESNUDO Aa 25 mm²	23.048
POSTE H°A° 7.5 m 150 Kgf.	57	CABLE DESNUDO Aa.DE 35 mm²	27.848

En el Apéndice B.3 - lista de estructuras a ser retiradas se puede visualizar de manera detallada.

6.7. Lista de materiales y estructuras para el sistema de iluminación Publica

TABLA 6. 14: Lista de materiales para el sistema de iluminación pública.

ILUMINACION	
DESCRIPCION	CANTIDAD
ALUMBRADOS PUBLICOS LED	888
TAH 2 NH	7
MHCR 2	7

MATERIAL VARIABLE ILUMINACION	
DESCRIPCION	**CANTIDAD**
POSTE DE H°A° TIPO CONICO 12m/150kG.P/AP	444
POSTE DE H°A° 12 m. 300 Kgf M.T.	7
CABLE PREENSAMBLADO Al 2x16 mm^2 B.T.	18.728

6.8. Consideraciones Especiales

6.8.1. Postaciones

Las postaciones a ser proyectadas para su erección podrán ser de hormigón armado de 9 metros 200 Kgf reforzado para la red de baja tensión, y de 12 metros 300, 500 y 800 Kgf. reforzado para media tensión; en caso de postaciones en terreno de difícil acceso podrán ser de acero de 12 metros normales y reforzados. En casos especiales se utilizarán postes de H°A° de 15 metros 500 Kgf, y 15 metros 800 Kgf.

Para postaciones en general se utilizarán los postes de acuerdo a la configuración a la que estarán sometidos los conductores:

6.8.2. Tipos de postes

6.8.2.1. Postes de Acero

Los postes de aceros proyectados para su erección en sitios donde no es factible la erección de postes de HºAº; por la dificultad que presenta su traslado y maniobrabilidad; sitios estos como ser pasillos, franjas de servidumbres, calles angostas, suelos fangosos e inundables y otros lugares que por su maniobrabilidad sea conveniente su utilización. Estos postes llevaran fleje de acero y zócalo de hormigón armado en la base del mismo.

6.8.2.2. Postes de H°A°

Los postes de HºA° proyectados de acuerdo a los requerimientos de la longitud del vano y de la resistencia mecánica al que estarán sometidos, esto conforme a la configuración del terreno, teniendo en cuenta que los esfuerzos de la tracción de los conductores en las estructuras se trasladan al poste.

Los postes a utilizarse en los vanos intermedios de la red de media tensión y donde no presentan tracción por el esfuerzo de los conductores, serán del tipo de 12 metros 300 Kgf.

Para las líneas protegidas de media tensión se utilizarán ineludiblemente postes de 12/800 kgf en todos los cortes, finales de línea, quiebres y retenciones [24].

6.8.2.3. Cimentaciones

Se proyectará la cimentación reforzada tipo II para todos los postes, de media y baja tensión, sin excepción alguna.

6.8.3. Descargador de Sobretensión y Puesta a Tierra

Los vanos reguladores para descargadores en red de media tensión serán;

- Para líneas alimentadoras Protegidas: serán colocadas los descargadores cada 1000 metros.

Los vanos reguladores para PUESTA A TIERRA serán;

- Para líneas alimentadoras de media tensión Protegidas: serán colocadas las puestas a tierra cada 300 metros en zonas urbanas y 500 metros para zonas rurales y en todos aquellos puntos donde el cabo mensajero o portante se corta o empalma.
- Para líneas de baja tensión en general: serán colocadas las puestas a tierra cada 200 metros y en los dos postes adyacentes de un puesto de distribución.

La conexión a tierra de líneas de media tensión aéreas con descargadores o hilo de guardia y en líneas subterráneas, cumplirán con lo establecido en el reglamento para instalaciones eléctricas para Media Tensión, Ítem 16.5 Normas generales de las tierras [24].

La conexión de los conductores de tierra a las jabalinas será del tipo exotérmico, en todos los casos.

6.8.4. Seccionadores

• Los seccionadores de Líneas serán utilizados en líneas de media tensión troncales, como seccionamientos para ciertos tramos en casos de fallas o averías, también en los casos de transición entre dos tipos de líneas o del mismo tipo de línea y de diferente sección de conductor, y serán colocados a una distancia de 1200 metros para líneas protegidas.

• Los seccionadores Fusibles serán utilizados como protección en los arranques de líneas de media tensión de mayor sección a una de menor sección, en derivaciones de una línea troncal o alimentadores, en puestos de distribución y en acometidas de Media Tensión aéreas.

- Los seccionadores Baja Tensión tipo NH serán utilizados en la parte secundaria de los puestos de distribución. En aquellos casos en los que se encuentran puestos de distribución en el trazado del proyecto, serán adecuados los conductores de alimentación del transformador y los seccionadores fusibles de BT al tipo NH.

6.8.5. Elaboración del plano de iluminación publica

Se realizo un plano de la ubicación de los postes de iluminación pública mediante la utilización del software AutoCAD tal como se puede observar en Apéndice B.1 – Proyecto ejecutivo. A su vez se realizaron los cálculos de los transformadores y sección de conductores a ser utilizados para los respectivos alumbrados públicos. Dichos cálculos de sección de conductores y potencia de trasformadores se encuentras en Apéndice B.5.

La longitud del conductor a ser utilizado se calcula a sabiendas la altura de los postes a ser proyectados, la separación entre las mismas, la cantidad total artefactos de iluminación seleccionados, así como la potencia de los transformadores.

La cantidad de artefactos de iluminación pública y postes a ser colocados, así como los conductores a ser utilizados se encuentran en Apéndice B.1 – Lista de estructuras a ser colocados

6.8.6. Simulación mediante software Dialux Evo

Para la simulación se utilizaron artefactos de iluminación para alumbrado público LED ALCON 200 con una potencia de 200w, una temperatura de color equivalente a 4.000k y 27.000 lúmenes. La ubicación de dicho artefacto y conductores se pueden apreciar en el Apéndice B.1- Proyecto ejecutivo.

La ficha técnica del artefacto de iluminación y los resultados de la simulación se encuentran en Apéndice B.5 – Iluminación pública.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se proyectó el cambio de conductores en su totalidad de las líneas aéreas desnudas a conductores aéreos protegidos de la ciudad de Coronel Oviedo, para los tramos comprendidos entre los km 128,6 y 136,9 correspondientes a la ruta PY-02 y la intersección de la circunvalación con la ruta PY-08 desde la rotonda de la mencionada ciudad hasta el estadio Ovetenses Unidos.

Este proyecto contempló el retiro de 367 postes y estructuras tanto de MT y BT, de los cuales 236 deben ser retiradas por el incumplimiento de las exigencias técnicas actuales y 131 no cumplirán con los requerimientos técnicos para las nuevas estructuras proyectadas [24].

Mediante el cambio de conductor se logrará el mejoramiento de la calidad y confiabilidad del sistema de distribución de energía eléctrica suministrada a los usuarios a través de la ANDE. Consecuentemente se disminuirá la poda de árboles lo cual ayudará a reducir el impacto visual, así como también reducirá los gastos en el mantenimiento de la línea de distribución eléctrica.

También se proyectó un sistema de iluminación vial centralizada para las ampliaciones de las rutas mencionadas con anterioridad, mediante la implementación de 888 artefactos de iluminación LED disponible en el mercado nacional, que se ajusten a los criterios técnicos según el reglamento técnico de iluminación y alumbrados públicos (RETILAP). Con el nuevo sistema de iluminación pública se obtiene un mayor IRC, mayor flujo luminoso, reducción en el consumo de energía eléctrica equivalente al 17% más que el (VS), mayor vida útil del artefacto en un equivalente a 2,5 veces más que el convencional (VS). Asimismo, se contempla la recolocación de 110 artefactos de iluminación pública del tipo APHHSº3 ubicadas en los postes a ser retirados, así como también la instalación de 37 nuevos artefactos LED en reemplazo de los artefactos de iluminación que no cumplen con las reglamentaciones técnicas [25].

VI. CONCLUSIONES

Dentro de lo expuesto en este proyecto, el sistema de distribución aérea de MT tendría un costo aproximado de Gs. 9.392.329.124, contemplando el reemplazo del sistema actual de distribución de energía eléctrica de conductores aéreos desnudos a conductores aéreos protegidos, este cambio de conductor dará como resultado una mejora de la confiabilidad y calidad en el suministro de energía eléctrica.

En relación al mantenimiento y la poda de árboles se reducirán los costos aproximadamente en Gs. 8.015.411 de manera anual mediante la implementación de conductores aéreos protegidos, igualmente se reducirá la polución visual causada por la poda excesiva de árboles.

De igual forma, el nuevo sistema de iluminación pública tendrá un costo total de Gs. 3.617.988.176, en el cual se incluyen; los artefactos de iluminación, montaje, fijación, erección y cimentación de postes. Mediante el nuevo sistema de iluminación pública se logrará mejorar los niveles de iluminación vial, produciendo una mayor seguridad y confort para los automovilistas y transeúntes.

RECOMENDACIONES

Según lo presentado en el proyecto, se dan las siguientes recomendaciones

- La implementación del sistema de distribución de energía eléctrica aérea protegida en MT y BT, de manera a mejorar la confiabilidad y calidad del mencionado sistema de distribución.
- La realización de normas técnicas reguladoras para la tecnología LED y un régimen de control de calidad de las lámparas disponibles en el mercado nacional.

VII. APÉNDICE

Apéndice A: Resumen ejecutivo

Apéndice A: Reducción de poda de arboles

A.1. Cálculo de poda de aboles

El cálculo de poda de aboles de los alimentadores de la ciudad de Coronel Oviedo en él sistema de distribucional aérea de conductores desnudos [26], se expresa en la siguiente tabla.

TABLA A. 1: Calculo de poda de árboles.

Longitud de poda para MT	2385	METROS
Longitud de poda para BT	1300	METROS
Tiempo Unitario para Red MT	0,00260	HORAS
Tiempo Unitario para Red BT	0,00900	HORAS
Costo Horas-Hombre	870.000	Gs./horas.mtrs
Costo para RED MT	5.394.870	Gs.
Costo para RED BT	10.179.000	Gs.
Costo Total GS.		**15.573.870**

A.2. Reducción de costo por poda de arboles

Mediante la utilización del sistema de distribución aérea de conductores protegidos en MT y BT el costo destinado a poda de árboles se reduce en un 79,50% [23], así como la poda en volumen y frecuencia.

TABLA A. 2: Ahorro con el sistema de distribución de las líneas MT y BT.

AÑO	SISTEMA DE CONDUCTOR DESNUDO	SISTEMA DE CONDUCTOR PROTEGIDO	AHORRO (Gs.)
2021	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2022	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2023	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2024	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2025	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2026	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2027	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2028	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2029	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2030	15.573.870	3.114.774	12.459.096
2031	15.573.870	3.114.774	12.459.096

A.2. Cálculo de impedancia para conductores desnudos

Calcular z

Conductores de 150 mm^2

Conductor tipo ACSR

DATOS:

ρ= 0,0028 mm^2/m (a 20ªC)

TABLA A. 3 Datos de conductores

Diámetro	Nº de hebras	Diámetro de alambre	Diámetro nominal
35 mm^2	37	2,52 mm	7,56 mm
150 mm^2	37	2,52 mm	15,75 mm

Cálculo de resistencia

$$R = \frac{r\ x\ l}{A}$$

$$R_{35} = \frac{0{,}028\ r\ 1000\ x\ 1{,}02}{\pi\left(\frac{2{,}52}{2}\right)^2\ x\ 7} = 0{,}8180\ {}^{\Omega}/_{km}$$

$R_{35} = 0{,}8180\ {}^{\Omega}/_{km}\ a\ 20º\ C$

$\boldsymbol{R_{35} = 0{,}9992\ {}^{\Omega}/_{km}\ a\ 75º\ C}$

$$R_{150} = \frac{0{,}028\ r\ 1000\ x\ 1{,}02}{\pi\left(\frac{2{,}52}{2}\right)^2\ x\ 37} = 0{,}1941\ {}^{\Omega}/_{km}$$

$R_{35} = 0{,}1941\ {}^{\Omega}/_{km}\ a\ 20º\ C$

$$R_{35} = 0,2371\ {}^{\Omega}/_{km}\ a\ 75º\ C$$

Cálculo de reactancia inductiva

$$L = 0,7411\ x\ log\frac{Deq}{Ds}\left({}^{mH}/_{mi}\right)$$

$$XL = 2\pi\ x\ f\ x\ 10^{-3}$$

$$Deq = \sqrt[n]{D1\ x\ D2\ x\ \ldots\ldots x\ Dn}$$

$$Deq = \sqrt[3]{0,75\ x\ 1,45\ x\ 2,2}$$

$$Deq = 1,3375m\ par\ 35\ mm^2\ y\ 150\ mm^2$$

$$Ds \cong K\sqrt{A}$$

Para conductor de 35 mm²

K= 0,4114 (conductor de 7 alambres)

A = 35 mm²

$$Ds\ \cong 0,4114\sqrt{35}$$

$$Ds\ 2,433\ mm$$

$$L = 2,03062\ {}^{mH}/_{mi}$$

$$XL =\ 0,6379\ {}^{\Omega}/_{mi}$$

$$XL =\ 0,3964\ {}^{\Omega}/_{km}$$

Para conductor de 150 mm²

K= 0,3637 (conductor de 37 alambres)

A = 150 mm²

$$Ds\ \cong 0,3637\sqrt{150}$$

$$Ds =\ 4,4544\ mm$$

$$L = 1,8361\ {}^{mH}/_{mi}$$

$$XL =\ 0,5768\ {}^{\Omega}/_{mi}$$

$$XL = 0{,}584\ ^{\Omega}/_{km}$$

Entonces, tenemos para:

Conductores de 35 mm²:

$$Z_{35} = 0{,}9992 + J\ 0{,}3964\ ^{\Omega}/_{km}$$

Conductores de 150 mm²

$$Z_{150} = 0{,}2371 + J\ 0{,}3584\ ^{\Omega}/_{km}$$

Parámetros eléctricos de redes protegidas

Conductores

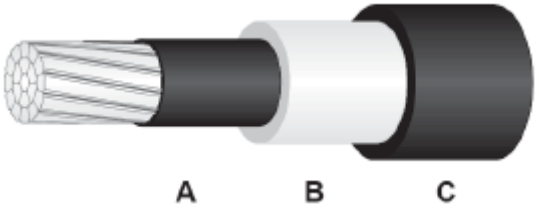


FIGURA A. 1 Conductor protegido

$$Z1 = Z\,2 = Ra + J\,(Xa + Xd)$$

$$Z0 = (Ra + Re) + J(Xa + Xe - 2Xd)$$

Determinación de la DMG

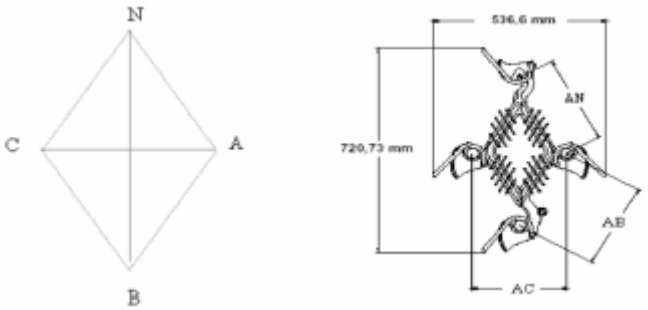


TABLA A. 4 Separación entre conductores

Tension nominal	24 KV	
Separacion entre conducotres (mm)	AB	292,1
	BC	292,1
	CN	305
	NA	305
	BN	520,7
	AC	292

$$DMG = \sqrt[n]{D1\ x\ D2\ x\ \ldots..Dn}$$

$$DMG = \sqrt[n]{D1\ x\ D2\ x\ \ldots..Dn}$$

$DMG = 292{,}1\ mm = 29.21\ cm = 0{,}2921\ m$

Determinación de RMG

$$RMG \cong K\sqrt{S}$$

Para conductor de 70 mm^2

K= 0,4700 conductores de 7 alambres

S= 70 mm^2

$$RMG \cong 0{,}4700\sqrt{70}$$

$RMG = 3{,}9323\ mm = 0{,}39323\ cm = 0{,}0039323\ m$

Para conductores de 185 mm^2

K= 0,4482 conductores de 19 alambres

S= 185 mm^2

$$RMG \cong 0{,}4482\ \sqrt{185}$$

$$RMG = 6{,}0962\ mm = 0{,}60962\ cm = 0{,}0060962\ m$$

Conductores de 70 mm²

Calculo de impedancia de secuencia positiva y negativa

- Calculo de resistencia de secuencia positiva "R1" a temperatura de 75ºC
  La resistencia en el conductor esta dada por la siguiente expresión:

$$R1_{75ºC} = R1_{20}[1 + \alpha(t_c - t_\alpha)]\left(\Omega/_{Km}\right)$$

$$R1_{75ºC} = 0{,}5207\ \left(\Omega/_{Km}\right)(datos\ del\ fabricante)$$

- Calculo de reactancia de secuencia positiva "X1"

$$X1 = 0{,}002894\ x\ f\ x\ log\left(\frac{DMG}{RMG}\right)\ \left(\Omega/_{Km}\right)$$

Con f= 50 Hz

$$X1 = 0{,}002894\ x\ f\ x\ log\left(\frac{DMG}{RMG}\right)\ \left(\Omega/_{Km}\right)$$

$$\boldsymbol{X1 = 0{,}2707\left(\Omega/_{Km}\right)}$$

Calculo de resistencia de secuencia cero "R0"

$$R0_{75ºC} = Ra\ + Re\left(\Omega/_{Km}\right)\ donde\ R1_{75ºC} = Ra$$

$$Re = 0{,}00296985\ x\ f\ \left(\Omega/_{Km}\right) = 0{,}1480\left(\Omega/_{Km}\right)$$

$$R0_{75ºC} = 0{,}6687\ \left(\Omega/_{Km}\right)$$

Calculo de reactancia de secuencia positiva "X0"

$$\boldsymbol{X0 = Xa\ + Xe - 2Xd}$$

$$\boldsymbol{Xa = 0{,}27285\left(\Omega/_{Km}\right)}$$

$$\boldsymbol{Xd = 0{,}002674\ \left(\Omega/_{Km}\right)}$$

$$\boldsymbol{Xe = 0{,}004341\ x\ f\ x\ log\ \left(4{,}665{,}600\frac{\rho}{f}\right)\left(\Omega/_{Km}\right)}$$

Donde f= 50 Hz; $\rho = 100\ \Omega\ xm$

$$\boldsymbol{Xe = 0{,}002674\ \left(\Omega/_{Km}\right)}$$

$$\boldsymbol{X0 = 1{,}7909\ \left(\Omega/_{Km}\right)}$$

Por lo tanto, para conductores de 70 mm²

$$\boldsymbol{Z1 = Z2 = 0{,}5207\ + j\ 0{,}2707\ \left(\Omega/_{Km}\right)}$$

$$\boldsymbol{Z0 = 0,6687 + j\,1,7909\ (\Omega/Km)}$$

Conductores de 185 mm

Calculo de impedancia de secuencia positiva y negativa

- Cálculo de resistencia de secuencia positiva "R1" a temperatura de 75ºC

La resistencia a 75ºC en el conductor esta dada por la siguiente expresión:

$$R1_{75ºC} = R1_{20}[1 + \alpha(t_c - t_\alpha)](\Omega/Km)$$

$$R1_{75ºC} = 0{,}2063\ (\Omega/Km)(datos\ del\ fabricante)$$

- Cálculo de reactancia de secuencia positiva "X1"

$$X1 = 0{,}002894\ x\ f\ x\ log\left(\frac{DMG}{RMG}\right)\ (\Omega/Km)$$

Con f= 50 Hz

$$X1 = 0{,}002894\ x\ f\ x\ log\left(\frac{DMG}{RMG}\right)\ (\Omega/Km)$$

$$\boldsymbol{X1 = 0,2431(\Omega/Km)}$$

Calculo de resistencia de secuencia "R0"

$$R0_{75ºC} = Ra + Re(\Omega/Km)\ donde\ R1_{75ºC} = Ra$$

$$Re = 0{,}00296985\ x\ f\ (\Omega/Km) = 0{,}1480(\Omega/Km)$$

$$R0_{75ºC} = 0{,}3543\ (\Omega/Km)$$

Cálculo de reactancia de secuencia positiva "X0"

$$\boldsymbol{X0 = Xa + Xe - 2Xd}$$

$$\boldsymbol{Xa = 0,2458(\Omega/Km)}$$

$$\boldsymbol{Xd = 0,002674\ (\Omega/Km)}$$

$$\boldsymbol{Xe = 0,004341\ x\ f\ x\ log\left(4,665,600\frac{\rho}{f}\right)(\Omega/Km)}$$

Donde f= 50 Hz; $\rho = 100\ \Omega\ xm$

$$\boldsymbol{Xe = 1,5128\ (\Omega/Km)}$$

$$\boldsymbol{X0 = 1,7639}\ \left(^{\Omega}/_{Km}\right)$$

Por lo tanto, para conductores de 185 mm^2

$$\boldsymbol{Z1 = Z2 = 0,2063\ + j\ 0,2431}\ \left(^{\Omega}/_{Km}\right)$$

$$\boldsymbol{Z0 = 0,3543\ + j\ 1,7639}\ \left(^{\Omega}/_{Km}\right)$$

Con los cálculos realizados se puede demostrar que los conductores protegidos presentan una menor impedancia, al ser comparadas con los conductores desnudos, así mismo presentan menor caída de tensión, mejorando de esta forma la calidad del servicio de energía eléctrica brindada a los usuarios finales

Apéndice B: Ingeniería de diseño

Apéndice B.1: Proyecto ejecutivo

B.1.1. Mapa de la ubicación de los alimentadores

FIGURA B. 1: Ubicación de los Alimentadores de Distribución.

TABLA B. 1: Representación en colores de cada alimentador.

ALIMENTADOR	COLOR
COV1	NEGRO
COV2	GRIS
COV3	VERDE
COV4	VERDE MATE
COV5	AZUL
COV6	VERDE LIMON
COV7	ROJO
COV8	ROJO OSCURO
COV9	AMARILLO

B.1.2. Plano del proyecto ejecutivo de los alimentadores implicados

Resumen de obra del sistema de distribución

Cambio de conductor de línea en MT de desnudo 3 x 150 mm^2 a protegido de 3x185 mm^2.

Cambio de conductor de línea en MT de desnudo 3 x 70mm^2 a protegido de 3x185 mm^2.

Reconectar las líneas MT protegidas existentes.

Cambio de conductor de línea en BT de desnudo 3 x 35 mm^2 a conductor preensamblado de 3x70 mm^2.

Reconectar y/o recolocar acometidas monofásicas y trifásicas en BT.

Ubicación y colocación de puestos de distribución eléctrica.

B.1.3. Plano del proyecto ejecutivo del nuevo sistema de iluminación publica

Resumen de obra del sistema de iluminación

Cálculo de conductores y puestos de distribución para el nuevo sistema de iluminación pública.

Selección de tipo de iluminación con mayor grado de eficiencia y simulación de la misma.

Ubicación en un plano de los artefactos de iluminación pública LED.

Apéndice B.2:

Apéndice B.2: Lista de estructuras a ser montadas

B.2.1 Estructuras de MT proyectada detallada

TABLA B. 2: Lista de estructuras MT detallada

DESCRIPCION	CANT.	COSTO EN GS.
CABLE Aa.PROTEGIDOS DE 185 mm²	56.220	2.597.364.000
POSTE Hº Aº 12 m. 300 Kgf M.T.	336	522.799.200
CABO DE ACERO 3/8" T.2 P/MENSAJ.Y RIENDA	56.220	339.119.040
PERCHA SEPARADORA TIPO DIAMANTE EP MT	1.623	210.134.679
POSTE Hº Aº 15 m 500 kg. M.T.	32	154.560.000
POSTE H° A° 12m 800Kgf Reforz.	44	146.740.000
SOPORTE BRAZO TIPO "L" P/CABO MENSAJ. EP	523	105.253.750
SECCIONADOR LINEA UNIPO CUCHILLA MT 400A	75	98.224.125
CEMENTO PORTLAND TIPO 1	84.200	87.147.000
POSTE H°A°12m 500 Kgf Reforz.	24	57.960.000
AISLADOR POLIM.RETEN. MT. L.PROTEG. 70KN	660	48.100.800
SECCION FUS UNIP INTEMP AER EXPU MT 100A	137	47.138.960
CABLE DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE 70mm2	1.540	45.568.600
DESCARGADOR DE SOBRETENSION 23 KvMT	177	38.355.015
SOPORTE BRAZO ANTI-BALANCEO P/E.P. M.T.	480	36.537.600
JABALINA CILINDRICA COBREADA 3/4"x3m	348	30.625.044
A.Preformado Aisl.Retensión 185mm² EP MT	654	28.128.540
Piedra triturada 3a	453.600	27.216.000
CABLE AISLADO FLEXIBLE Cu. 35 mm²P/23 Kv	760	26.752.000
Piedra triturada 4a	167.520	21.777.600
AISLAD.POLIM.PERNO RECTO MT P/C.PROTEG.	185	19.425.000
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x9"	1.775	19.423.825
CRUCETA DE MADERA LAPACHO 3"x4"x2.4m MT	230	16.560.000
GUARDACABO RETENC.LINEA PROTEG.3/8"MT EP	648	16.319.880
GRILLETE AMARRE P/AISLAD.RETENC POLIM.EP	648	16.312.752
ARENA LAVADA DEL RIO (Kg.)	243.464	12.660.128
PROTECTOR P/CABO MENSAJERO EP M.T.	141	12.553.371
ESTRIBO P/BRAZO TIPO "L" EP M.T.	503	11.489.023
MANO FRANCESA P/ POSTE H°A° MF2 M.T.	501	9.859.680
AISLADOR A DISCO VIDRIO TEMPLADO 23 KV	216	9.563.400
GUARDACABO RETENC.REFORZ p/MENSAJERO EP	230	9.310.400
CABLE DESNUDO Cu duro DE 25 mm²	636	9.146.316
SOPORTE TIPO "C" MAS PERFIL "L" P/EP MT	36	8.859.600
SOPORTE TIPO "C" P/EP Angulo MT	38	8.521.500
CONECTOR TIPO CUÑA 70/35 EP	252	7.969.500
CONJUNTO ESTRIB.CONEC.TIPO CUÑA 185 P/LV	171	7.495.785

ARANDELA LISA CUADRADA AcGa 5/8" AC 5	3.251	7.022.160
PERNO TODO ROSCA 5/8" x 16"	316	6.907.444
CABLE Al UNIPOLAR AISL.SUBT.1x240mm2 MT	72	6.851.016
CONECTOR T.CUÑA 185/185 mm^2derivacion EP	120	6.193.440
PRENSA DE LINEA VIVA P/ESTRIBO L. PROT	171	5.520.735
PRENSA PARALELA Cu / Cu 95/25 mm^2	568	4.311.120
ALAM.PREFOR.AISL TOPE 70/185 mm^2(1=2m)EP	376	3.164.040
TUERCA OJAL DE 5/8"	690	3.084.990
ALAMBRE PREFORM.P/CABO AC.3/8" 889MME EP	230	2.990.000
GUARDA CABO P/CABO DE ACERO DE 3/8"	100	2.517.400
PRENSA PARAL.BRONCE P/CABLE(JAB)10/50mm^2	234	2.338.596
PERNO RECTO P/AISL POLIM.5/8"x 8" EP MT	142	2.209.520
BANDA DE ACERO INOXIDABLE DE 5/8" 1R=30m	570	2.131.800
BULON CAB HEXA AcGa 1/2"x4.1/2"	493	1.965.098
PERNO ANCLAJE C/OJAL DE 5/8"x 8"	171	1.624.500
CAÑO DE HIERRO GALVANIZADO DE 4"	12	1.593.900
CAJA TERMIN.INTER.CONTRAC.EN FRIO 240mm^2	6	1.277.760
CRUCETA DE MADERA KURUPAY 3"x4"x2.4m MT	20	1.265.000
SOPORTE TIPO "Z" P/SEC.FUSIB.Y DESC.P/EP	52	1.255.800
HIERRO PERFIL U 65 mm^2	8	1.253.868
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-CR	62	959.016
TERMINAL A COMPRESION P/CABLE Cu 35 mm^2	177	788.535
PERNO RECTO P/AISLAD.POLIM.5/8"x13.5" MT	43	783.288
ALAMBRE PREFORMADO DE RETENSION P/70 mm^2	72	684.000
HIERRO ANGULO DE 1/4" x 2" x 2"	20	650.100
ELEMENTO FUSIBLE MT 5A SFAereo cab fija	126	637.560
AISLADOR POLIETILENO TIPO PERNO RECTO EP	3	618.948
CABLE DESNUDO Cu duro 35 mm^2	30	588.030
GUARDA CABO EN ANG.P/MENSAJERO P/EP CMA1	11	554.070
Gancho p/herramienta rompearco.23kV/400A	25	500.000
HEBILLA P/BANDA DE ACERO INOXID. DE 5/8"	570	376.200
PRENSA LINEA VIVA HASTA 13/150-8/70 mm^2	11	278.300
TUBO PVC 3/4" P/ELECTRODUCTO	342	262.656
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x7"	22	197.186
ALAMBRE PREFORMADO DE RETENSION P/35 mm^2	22	154.264
CRUCETA MADERA 3"x4"x1 m P/HºAº M.T.	5	147.000
PRENSA PARALELA Cu/Cu50/10 mm^2	12	124.740
BULON CAB HEX Ac Gª DE 5/8" x 3"	110	121.880
TERMINAL A COMPRESION Al P/CABLE 150 mm^2	6	108.270
TERMINAL COMPRESION Al P/CABLE 240 mm^2	6	90.090
*ABRAZAD.H°GALV.C/PERF.5/8"POST.ACERO EP	48	89.280

BULON Cab hex Ac Gª de 1/2" x 7"	15	87.000
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8"x2 1/2"	26	83.200
Estribo p/prensa LV 150mm^2	6	82.500
BULON DE 5/8" x 2"	60	54.540
AISLADOR PORC.P/PERNO RECTO TRI. CAMP.MT	2	53.130
PERNO RECTO 3/4"x11" P/ AIS.PORCELANA MT	2	45.488
BULON CAB HEXA AC GALV 1/2"x2 1/2"	14	39.200
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x6.1/2"	5	28.000
CAÑO PVC RIGIDO DE 1"	12	27.780
ELEMENTO FUSIBLE MT 3A SF Aereo Cab fija	5	25.850
CINTA AISL.AUTOVULCANIZANTE Nº 23 P/M.T.	2	22.808
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-CN	2	22.572
CABLE DESNUDO Aa.DE 35 mm^2	10	20.920
BULON CAB HEXA Ac Gª de 1/2"x4"	24	19.872
ARANDELA LISA REDONDA TIPO AR4 DE 1/2"	34	18.700
BANDA DE ACERO INOXIDABLE DE 1/2"	6	16.500
BULON CAB HEX Ac Gª DE 5/8" x 1 1/2"	21	15.708
CINTA AISLADORA DE PLASTICO 3/4" P/BT	2	9.460
SOPORTE CAJA TERMINAL IMTEMPERIE	6	9.108
BULON CAB HEX Ac Gª DE 5/8" x 5"	5	8.540
ALAMBRE PREFORMADO DE TOPE P/70 mm^2	2	7.590
HEBILLA P/BANDA DE ACERO INOXID.DE 1/2"	12	7.260
ARANDELA LISA REDONDA TIPO AR5 DE 5/8"	9	5.310
BULON CAB HEX Ac Gª de 5/16"x1 1/2"	24	3.840
Estribo p/Prensa Linea Viva 35mm^2 M.T.	5	550

B.2.2 Estructuras de transformadores proyectados detallado

TABLA B. 3: Lista de estructuras detalladas de transformadores a ser colocados

DESCRIPCION	CANT.SOLIC.	COSTO EN GS.
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-BR	13	175.500
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-CR	103	1.593.204
ARANDELA LISA REDONDA TIPO AR3 DE 3/8"	24	7.680
ARANDELA LISA REDONDA TIPO AR4 DE 1/2"	34	18.700
ARANDELA LISA CUADRADA AcGa 5/8" AC 5	154	332.640
BULON CAB HEX Ac Gª DE 3/8" x 3"	15	14.700
BULON CAB HEXA Ac GALV DE 1/2" x 3"	48	32.208
BULON CAB HEXA Ac Gª de 1/2"x4"	60	49.680
BULON CAB HEXA AcGa 1/2"x4.1/2"	86	342.796
BULON CAB HEX Ac Gª 1/2"x5 1/2"	30	96.600
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8"x2 1/2"	60	192.000
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x9"	13	142.259
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x7"	13	116.519
BANDA DE ACERO INOXIDABLE DE 5/8" 1R=30m	140	523.600
CABLE AISLADO UNIP.Cu 35 mm² P/B.T.	78	1.759.680
CABLE UNIPOLAR AISLADO Cu 70 mm² - B.T.	12	517.428
CABLE UNIPOLAR AISLADO Cu 95 mm² - B.T.	168	10.017.000
CABLE DESNUDO Aa.DE 35 mm²	65	135.980
CABLE AISLADO FLEXIBLE Cu. 35 mm²P/23 Kv	225	7.920.000
CABLE DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE 70mm2	434	12.842.060
TUBO PVC 3/4" P/ELECTRODUCTO	129	99.072
CONECTOR ACOMPRES.Al/Cu 35/70-10/25 mm²	78	210.210
CONECTOR COMPRES AL/CU 16-35/35-16 mm²	146	554.800
CRUCETA MADERA 2"x 3"x 1 m BT Alineacion	28	421.680
CRUCETA MADERA 3"x4"x1 m P/HºAº M.T.	13	382.200
CRUCETA DE MADERA LAPACHO 3"x4"x2.4m MT	15	1.080.000
DESCARGADOR DE SOBRETENSION 23 KvMT	58	12.568.310
ELEMENTO FUSIBLE MT 1A SF Aereo Cab fija	2	10.560
ELEMENTO FUSIBLE MT 3A SF Aereo Cab fija	14	72.380
ELEMENTO FUSIBLE MT 5A SFAereo cab fija	42	212.520
Estribo p/Prensa Linea Viva 35mm² M.T.	13	1.430
CONJUNTO ESTRIB.CONEC.TIPO CUÑA 185 P/LV	45	1.972.575
FUSIBLE TIPO LIRA P/B.T. 60 Amp.	22	85.910
FUSIBLE TIPO LIRA 150 Amp. B.T.	42	164.010
FUSIBLE TIPO LIRA 125 Amp. B.T.	3	37.950
ELEMENTO FUSIBLE 1 Amp. P/PORTAFUSIBLE	2	18.700
FUSIBLE TIPO NH 50 Amp P/2 y 4 BORNES BT	4	144.320
HEBILLA P/BANDA DE ACERO INOXID. DE 5/8"	140	92.400

JABALINA CILINDRICA COBREADA 3/4"x3m	58	5.104.174
MANO FRANCESA P/POSTE HºAº MF1 B.T.	56	940.800
MANO FRANCESA P/ POSTE H°A° MF2 M.T.	43	846.240
PRENSA LINEA VIVA HASTA 13/150-8/70 mm²	13	328.900
PRENSA DE LINEA VIVA P/ESTRIBO L. PROT	45	1.452.825
PRENSA PARALELA Cu / Cu 95/25 mm²	90	683.100
PROTECTOR P/CABO MENSAJERO EP M.T.	30	2.670.930
SECCION FUS UNIP INTEMP AER EXPU MT 100A	58	19.956.640
SECC FUS UNIP CUCH INTEMP C/PFUS 400A BT	67	14.500.475
SECCIONADOR FUSIBLE NH LINEA AEREA BT	4	581.900
SOPORTE PLANCHUELA 5/16"x2" T2 SAE 1010	26	671.632
SOPORTE PLANCHUELA 5/16"x3" TIPO ABRT-05	30	3.600.000
TERMINAL A COMPRESION P/CABLE Cu 35 mm²	233	1.038.015
TRAFO TRIFASICO DISTRIBUCION 100KVA 23KV	14	158.369.904
TRAFO DISTRIBUCION TRIFASICO 63KVA 23KV	1	8.602.000
TRAFO DISTRIBUCION MONOFASE 10KVA 13.2KV	2	7.170.274
TRAFO MONOFASE DISTRIBUCION 25KVA 13.2KV	11	65.527.000

B.2.3 Estructuras de BT proyectada detallada

TABLA B. 4: Lista de materiales y estructuras a ser colocadas en Baja Tensión.

DESCRIPCION	CANT.SOLIC.	COSTO EN GS.
ABRAZADERA TIPO AC 2-125 mm HIERRO GALV.	22	166.320
ABRAZADERA 2 1/2" P/PREENSAMBLADO	206	298.082
ABRAZADERA 3" P/PREENSAMBLADO	410	796.220
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-AN	632	7.128.960
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-AR	46	734.160
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-CR	158	2.443.944
PERNO ANCLAJE C/OJAL DE 5/8"x 8"	75	712.500
ARANDELA LISA CUADRADA AcGa 5/8" AC 5	150	324.000
BULON CAB HEXA Ac Gª DE 1/2"x 1 1/2"	616	288.904
BULON CAB HEXA AC GALV 1/2"x2 1/2"	846	2.368.800
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8"x2 1/2"	14	44.800
CABLE DESNUDO Cu duro DE 25 mm²	912	13.115.472
CONECTOR ACOMPRES.Al/Cu 35/70-10/25 mm²	76	204.820
CONECTOR Comp p/Acom Al/Cu 16/35-2/8 mm²	1026	1.523.610
CONECTOR DIENTE p/PREENS16-35/50-70mm²BT	1026	4.570.830
CONECTOR DERIVAC.ADIENTE 50/70-50/70 mm²	144	1.281.456
MORDAZA DE RETENC P/COND.CONCEN.MONO BT	616	3.218.600
CONJUNTO DE RETENSION P/LINEAS PREENS.BT	131	2.226.345
CONJUNTO SUSPENSION LineaP/PREENSAMBL BT	385	3.006.850
Mat.PTBT t/A jab5/8" cable Cu desn25mm2	76	1.453.576
Jabalina p/ PAT Ac.Cu 5/8"x2m s/ prensa	76	3.679.464
POSTE H°A° 9m. 200 Kgf. B.T.	39	37.090.950
TUERCA OJAL DE 5/8"	2	8.942
CABLE PREENSAMBLADO Al 3x1x70+1x50mm2 BT	13.924	363.374.628
ABRAZADERA TIPO AC 2-125 mm HIERRO GALV.	441	3.333.960
ARTEFACTO AP 400W SODIO T. CERRADO	147	102.436.950
BRAZO P/AP AC.GALV2"x3.4mPOSTE HºAºTIPO2	147	22.579.200
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8"x2 1/2"	588	1.881.600
CABLE UNIPOLAR AISLADO Cu. 2 mm² - B.T	1470	2.178.540
CABLE AISL BIP Cu. 2 x 2.5 mm² P/AP B.T.	441	2.910.600
CONECTOR Comp p/Acom Al/Cu 16/35-2/8 mm²	294	436.590
LAMPARA VAPOR DE Na. ALTA PRESION 400 W	147	9.079.455
INTERRUPTOR FOTOELECTRICO P/AP	147	3.839.934
PORTAFUSIBLE AEREO 10 Amp. P/B.T.	147	1.228.185

B.2.4 Estructuras para Iluminación Publica detallada

TABLA B. 5: Lista detallada de materiales y estructuras para Iluminación publica.

DESCRIPCION	CANT.SOLIC.	COSTO EN GS.
BRAZO P/AP AC.GALV2"x3.4mPOSTE HºAºTIPO2	888	136.396.800
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8"x2 1/2"	1776	5.683.200
CABLE UNIPOLAR AISLADO Cu. 2 mm² - B.T	8880	13.160.160
CABLE AISL BIP Cu. 2 x 2.5 mm² P/AP B.T.	2664	17.582.400
CONECTOR Comp p/Acom Al/Cu 16/35-2/8 mm²	1776	2.637.360
POSTE DE H°A° TIPO CONICO 12m/150kG.P/AP	444	244.200.000
ALUMBRADOS PUBLICOS LED ALCON	888	1.687.200.000
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-BR	7	94.500
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-CR	7	108.276
ARANDELA LISA REDONDA TIPO AR3 DE 3/8"	14	4.480
ARANDELA LISA REDONDA TIPO AR4 DE 1/2"	14	7.700
ARENA LAVADA DEL RIO (Kg.)	3185	165.620
BULON CAB HEX Ac Gª DE 3/8" x 3"	7	6.860
BULON CAB HEXA Ac GALV DE 1/2" x 3"	28	18.788
BULON CAB HEXA AcGa 1/2"x4.1/2"	14	55.804
BULON CAB HEX Ac Gª 1/2"x5 1/2"	14	45.080
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x9"	7	76.601
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x7"	7	62.741
BANDA DE ACERO INOXIDABLE DE 5/8" 1R=30m	35	130.900
CABLE AISLADO UNIP.Cu 35 mm2 P/B.T.	42	947.520
CABLE DESNUDO Aa.DE 35 mm2	35	73.220
CABLE DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE 70mm2	70	2.071.300
TUBO PVC 3/4" P/ELECTRODUCTO	21	16.128
CEMENTO PORTLAND TIPO 1	1225	1.267.875
CONECTOR ACOMPRES.Al/Cu 35/70-10/25 mm2	42	113.190
CONECTOR COMPRES AL/CU 16-35/35-16 mm2	14	53.200
CRUCETA MADERA 2"x 3"x 1 m BT Alineacion	7	105.420
CRUCETA MADERA 3"x4"x1 m P/HºAº M.T.	7	205.800
DESCARGADOR DE SOBRETENSION 23 KvMT	7	1.516.865
ELEMENTO FUSIBLE MT 3A SF Aereo Cab fija	7	36.190
Estribo p/Prensa Linea Viva 35mm2 M.T.	7	770
FUSIBLE TIPO NH 63 Amp P/3 Y 4 BORNES BT	14	505.120
HEBILLA P/BANDA DE ACERO INOXID. DE 5/8"	35	23.100
JABALINA CILINDRICA COBREADA 3/4"x3m	7	616.021
MANO FRANCESA P/POSTE HºAº MF1 B.T.	14	235.200
MANO FRANCESA P/ POSTE HºAº MF2 M.T.	7	137.760
Piedra triturada 3a	9450	567.000
POSTE Hº Aº 12 m. 300 Kgf M.T.	7	10.891.650

PRENSA LINEA VIVA HASTA 13/150-8/70 mm2	7	177.100
SECCION FUS UNIP INTEMP AER EXPU MT 100A	7	2.408.560
SECCIONADOR FUSIBLE NH LINEA AEREA BT	14	2.036.650
SOPORTE PLANCHUELA 5/16"x2" T2 SAE 1010	14	361.648
TERMINAL A COMPRESION P/CABLE Cu 35 mm2	28	124.740
TRAFO MONOFASE DISTRIBUCION 25KVA 13.2KV	7	41.699.000
CABLE PREENSAMBLADO Al 2x16 mm² B.T.	18728	498.164.800

Apéndice B.3: Lista de estructuras a ser retiradas

B.3.1 Estructuras de MT proyectada para su retiro detallada

DESCRIPCION	CANT.SOLIC.	COSTO EN GS.
POSTE DE ACERO 12 m. NORMAL	90	324.000.000
CABLE DESNUDO Aa.DE 150 mm²	27.540	157.776.660
POSTE Hº Aº 12 m. 200 Kg. M.T.	124	139.748.000
CABLE DESNUDO Aa.DE 70 mm²	28.080	114.341.760
AISLADOR A DISCO VIDRIO TEMPLADO 23 KV	972	43.035.300
AISLADOR PORC.P/PERNO RECTO TRI. CAMP.MT	862	22.899.030
PERNO RECTO 3/4"x11" P/ AIS.PORCELANA MT	862	19.605.328
BAYONETA RECTA P/HILO GUARDIA	184	19.320.000
MANO FRANCESA P/ POSTE H°A° MF2 M.T.	870	17.121.600
CRUCETA DE MADERA KURUPAY 3"x4"x2.4m MT	261	16.508.250
CRUCETA DE MADERA LAPACHO 3"x4"x2.4m MT	191	13.752.000
GUARDA CABO P/CABO DE ACERO DE 3/8"	461	11.605.214
CABLE DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE 70mm2	336	9.942.240
PERNO TODO ROSCA 5/8" x 16"	346	7.563.214
DESCARGADOR DE SOBRETENSION 23 KvMT	33	7.150.935
PINZA SUSPENSION P/HILO GUARDIA 5/11 mm	184	6.648.840
JABALINA CILINDRICA COBREADA 3/4"x3m	54	4.752.162
ARANDELA LISA CUADRADA AcGa 5/8" AC 5	2042	4.410.720
ALAMBRE PREF.DE TOPE P/ CABLE Al 35mm2	755	4.135.135
ALAMBRE PREFORMADO DE RETENSION P/35 mm²	423	2.966.076
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x6.1/2"	494	2.766.400
CABO DE ACERO 3/8" T.2 P/MENSAJ.Y RIENDA	455	2.744.560
PREFORMADO DE PROTECCION P/35 mm²	184	2.631.200
BULON CAB HEXA AcGa 1/2"x4.1/2"	654	2.606.844
PRENSA LINEA VIVA HASTA 13/150-8/70 mm²	90	2.277.000
ABRAZADERA TIPO AC 2-125 mm HIERRO GALV.	281	2.124.360
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x9"	189	2.068.227
AISLADOR POLIM.RETEN. MT. L.PROTEG. 70KN	27	1.967.760
TUERCA OJAL DE 5/8"	405	1.810.755
AISLAD.POLIM.PERNO RECTO MT P/C.PROTEG.	15	1.575.000
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x7"	135	1.210.005
CABLE DESNUDO Cu duro DE 25 mm²	80	1.150.480
CONECTOR COMPRES AL/CU 16-35/35-16 mm²	282	1.071.600
CABLE AISLADO FLEXIBLE Cu. 35 mm²P/23 Kv	30	1.056.000
TRONCO ANCLAJE 0.20 m x 1.20 m TIPO TA 2	10	990.000
BAYONETA ANGULO P/HILO DE GUARDIA	9	945.000
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-CR	52	804.336
PROTECTOR P/CABO MENSAJERO EP M.T.	9	801.279

ALAMBRE PREFORM.P/CABO AC.3/8" 889MME EP	53	689.000
CONJUNTO ESTRIB.CONEC.TIPO CUÑA 185 P/LV	15	657.525
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8"x2 1/2"	154	492.800
PRENSA PARALELA Cu / Cu 95/25 mm²	64	485.760
PRENSA DE LINEA VIVA P/ESTRIBO L. PROT	15	484.275
PERNO ANCLAJE C/OJAL DE 5/8"x 8"	46	437.000
VARILLA ANCLAJE VA 2 5/8"x2.10m.	10	420.000
ALAMBRE PREF LAT DOBLE P/ CABLE 35mm2	48	408.000
SOPORTE BRAZO TIPO "L" P/CABO MENSAJ. EP	2	402.500
BANDA DE ACERO INOXIDABLE DE 5/8" 1R=30m	102	381.480
CONECTOR COMPRES. Al/Al 35/70-95/150 mm²	9	317.295
CONECTOR ACOMPRES. Al/Al 16-35/16-35 mm²	54	294.030
AISLADOR PARA RIENDA DE MT	10	270.000
PRENSA PARAL.BRONCE P/CABLE(JAB)10/50mm²	26	259.844
PERCHA SEPARADORA TIPO DIAMANTE EP MT	2	258.946
SOPORTE TIPO "C" MAS PERFIL "L" P/EP MT	1	246.100
PERNO RECTO P/AISL POLIM.5/8"x 8" EP MT	15	233.400
SOPORTE TIPO "C" P/EP Angulo MT	1	224.250
ARANDELA LISA REDONDA TIPO AR4 DE 1/2"	378	207.900
ALAMBRE PREFORMADO DE TOPE P/150 mm²	12	158.400
BULON CAB HEX Ac Gª DE 5/8"x 4"	148	152.440
SOPORTE BRAZO ANTI-BALANCEO P/E.P. M.T.	2	152.240
BULON CAB HEXA Ac Gª DE 1/2"x 1 1/2"	319	149.611
ALAMBRE PREFORMADO RETENSION P/150 mm²	6	145.800
BULON Cab hex Ac Gª de 1/2" x 7"	24	139.200
A.Preformado Aisl.Retensión 185mm² EP MT	3	129.030
PRENSA PARALELA Cu/Cu50/10 mm²	12	124.740
BULON CAB HEXA Ac Gª DE 1/2" x 5"	72	102.672
CABLE DESNUDO Aa.DE 35 mm²	42	87.864
JABALINA PUESTA a TIERRA 2 m Ag	6	80.040
GUARDACABO RETENC.LINEA PROTEG.3/8"MT EP	3	75.555
GRILLETE AMARRE P/AISLAD.RETENC POLIM.EP	3	75.522
ARANDELA LISA REDONDA TIPO AR5 DE 5/8"	124	73.160
HEBILLA P/BANDA DE ACERO INOXID. DE 5/8"	108	71.280
BULON CAB HEXA Ac GALV DE 1/2" x 3"	102	68.442
TERMINAL A COMPRESION P/CABLE Cu 35 mm²	15	66.825
CRUCETA MADERA 3"x4"x1 m P/HºAº M.T.	2	58.800
ALAM.PREFOR.AISL TOPE 70/185 mm²(1=2m)EP	6	50.490
GUARDA CABO EN ANG.P/MENSAJERO P/EP CMA1	1	50.370
SOPORTE TIPO "Z" P/SEC.FUSIB.Y DESC.P/EP	2	48.300
TUBO PVC 3/4" P/ELECTRODUCTO	60	46.080
ESTRIBO P/BRAZO TIPO "L" EP M.T.	2	45.682
GUARDACABO RETENC.REFORZ p/MENSAJERO EP	1	40.480

ALAMBRE PREFORMADO LATERAL P/35 mm²	11	27.830
BULON CAB HEXA Ac Gª de 1/2"x4"	32	26.496
BULON CAB HEX Ac Gª DE 5/8" x 5"	12	20.496
ARANDELA A PRESION DE 1/2" (AP 2)	222	11.766
Estribo p/Prensa Linea Viva 35mm² M.T.	90	9.900
BULON CAB HEX Ac Gª DE 5/8" x 3"	8	8.864
ABRAZADERA TIPO A-2 115 mm HIERRO GALV.	6	8.622
TUERCA P/PERNO HEXAGONAL DE 1/2" .	6	954
ARANDELA CUADRADA AL 5/8"	8	928

B.3.2 Estructuras de BT proyectada para su retiro detallada

DESCRIPCION	CANT.SOLIC.	COSTO EN GS.
ABRAZADERA TIPO AC 2-125 mm HIERRO GALV.	632	4.777.920
ABRAZADERA P/POSTE HºAº TIPO DR	29	391.500
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-AN	74	834.720
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-AR	264	4.213.440
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-CR	140	2.165.520
ABRAZADERA P/POSTE DE HºAº AH-A-CN	172	1.941.192
AISLADOR PORCELANA T. ROLDANA BT 380V	1.653	6.587.205
AISLADOR PARA RIENDA DE BT	9	171.000
ALAMBRE PREFORMADO DE RETENSION P/35 mm²	655	4.592.860
ALAMBRE PREFORM.P/CABO AC.3/8" 889MME EP	36	468.000
ALAMB.PREFORMAD.P/AISL.ROLDANA DE 35 mm²	999	1.483.515
PERNO ANCLAJE C/OJAL DE 5/8"x 8"	20	190.000
ARANDELA LISA CUADRADA AcGa 5/8" AC 5	1.100	2.376.000
ARMADURA VERTICAL TIPO AR 34	24	1.424.688
ARMADURA VERTICAL TIPO AR 22	36	178.380
ARMADURA VERTICAL TIPO AR 44 TRIFASICO	198	21.859.200
BULON CAB HEXA Ac Gª DE 1/2"x 1 1/2"	16	7.504
BULON CAB HEXA AC GALV 1/2"x2 1/2"	672	1.881.600
BULON CAB HEXA Ac GALV DE 1/2" x 3"	870	583.770
BULON CAB HEXA Ac Gª de 1/2"x4"	58	48.024
BULON CAB HEXA Ac Gª DE 1/2" x 5"	156	222.456
BULON CAB HEXA Ac Gª 1/2"x 6 1/2"	14	48.300
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8"x2 1/2"	34	108.800
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x9"	10	109.430
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8" x 8"	14	32.368
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x7"	180	1.613.340
CABO DE ACERO 3/8" T.2 P/MENSAJ.Y RIENDA	81	488.592
POSTE DE ACERO 9 m. REFORZADO	5	1.149.080
CONECTOR COMPRES AL/CU 16-35/35-16 mm²	282	1.071.600
CONECTOR ACOMPRES. Al/Al 16-35/16-35 mm²	70	381.150
CONECTOR DIENTE p/PREENS16-35/50-70mm²BT	52	231.660
CRUCETA MADERA 2"x 3"x 1 m BT Alineacion	176	2.650.560
CRUCETA DE MADERA 2x3x0.50 m P/BT RURAL	65	585.000
GANCHO SUSPENSION P/MORDAZA ALINEACION	1	3.300
CONJUNTO DE RETENSION P/LINEAS PREENS.BT	66	1.121.670
CONJUNTO SUSPENSION LineaP/PREENSAMBL BT	42	328.020
GUARDA CABO P/CABO DE ACERO DE 3/8"	18	453.132
HORQUILLA C/PERNO P/AISLADOR ROLDANA B.T	302	2.910.072

MANO FRANCESA P/POSTE HºAº MF1 B.T.	366	6.148.800
PERNO TODO ROSCA 5/8" x 14"	154	2.679.292
PERNO TODO ROSCA 5/8" x 16"	64	1.398.976
PERNO RECTO 5/8" x 8" P/AISL.ROLDANA B.T	369	2.951.631
POSTE DE PALMA DE 7 m.	91	4.656.925
POSTE H°A° 7.5 m 150 Kgf.	57	27.834.525
TRONCO ANCLAJE 0.8 m x 0.1 m TIPO TA1	9	248.400
TUERCA OJAL DE 5/8"	10	44.710
TUERCA P/PERNO HEXAGONAL DE 1/2" .	96	15.264
TUERCA HEXAGONAL P/PERNO DE 5/8"	268	162.944
VARILLA ANCLAJE VA 1 5/8"x1.80m.	9	333.000
CABLE DESNUDO Aa. DE 16 mm ²	4.800	3.168.000
CABLE DESNUDO Aa. DE 25 mm ²	23.048	31.691.000
CABLE DESNUDO Aa. DE 35 mm ²	27.848	58.258.016
ABRAZADERA TIPO AC 2-125 mm HIERRO GALV.	20	151.200
ARANDELA LISA CUADRADA AcGa 5/8" AC 5	24	51.840
ARTEFACTO AP p/lamp 150W Na Cerrado	17	5.508.085
ARTEFACTO AP 250W Sodio Cerrado	25	9.739.125
BRAZO P/AP AC.GALV2"x3.4mPOSTE HºAºTIPO2	25	3.840.000
Brazo AP cerrado 2"x2m BR2	17	1.391.229
BULON CAB HEX Ac Gª 5/8"x2 1/2"	36	115.200
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x9"	24	262.632
BULON CAB HEXA AcGa 5/8"x7"	17	152.371
CABLE UNIPOLAR AISLADO Cu. 2 mm² - B.T	284	420.888
CABLE AISL BIP Cu. 2 x 2.5 mm² P/AP B.T.	109	719.400
CONECTOR Comp p/Acom Al/Cu 16/35-2/8 mm²	84	124.740
LAMPARA VAPOR Na ALTA PRESION 250W ovoid	25	1.261.850
LAMPARA DE SODIO 150 W ALTA PRESION	17	605.319
INTERRUPTOR FOTOELECTRICO P/AP	42	1.097.124
PORTAFUSIBLE AEREO 10 Amp. P/B.T.	42	350.910

Apéndice B.4: cantidad de espaciadores y vanos para cada tipo de estructura

Distancias entre los tipos de estructuras

TABLA B. 6: Distancia entre espaciadores EPMT1 / EPMT1 A.

DISTANCIA ENTRE CADA ESPACIADOR: 7 a 10 m.	
ENTRE EPMT1 Y EPMT1/EPMT1A	
Vanos	Espaciadores
HASTA 20 m	1
De 21 Hasta 30 m.	2
De 31 Hasta 40 m.	3
De 41 Hasta 50 m.	4
De 51 Hasta 60 m.	5
De 61 Hasta 70 m.	6
De 71 Hasta 80 m.	7

TABLA B. 7: Distancia entre espaciadores EPMT1-EPMT1 A, y otras que no sean de alineacion.

DISTANCIA ENTRE CADA ESPACIADOR: 7 a 10 m.	
ENTRE EPMT1/EPMT1A y cualquier otro tipo de estrucutra (que no sea alineacion)	
Vanos	Espaciadores
HASTA 23 m	2
De 24 Hasta 33 m.	3
De 34 Hasta 43 m.	4
De 44 Hasta 53 m.	5
De 54 Hasta 63 m.	6
De 64 Hasta 73 m.	7
De 74 Hasta 83 m.	8

TABLA B. 8: Distancia entre espaciadores EPMT2 / EPMT2; EPMT2/EPMET3.

DISTANCIA ENTRE CADA ESPACIADOR: 7 a 10 m.	
ENTRE EPMT2/EPMT2; EPMT2/EPMT3 etc.	
Vanos	Espaciadores
HASTA 24 m	1
De 25 Hasta 34 m.	2
De 35 Hasta 44 m.	3
De 45 Hasta 54 m.	4
De 55 Hasta 64 m.	5
De 65 Hasta 74 m.	6
De 75 Hasta 84 m.	7

Apéndice B.5: Iluminación Publica

Figura B.5.1: Simulación en el software Dialux del sistema de iluminación Publica.

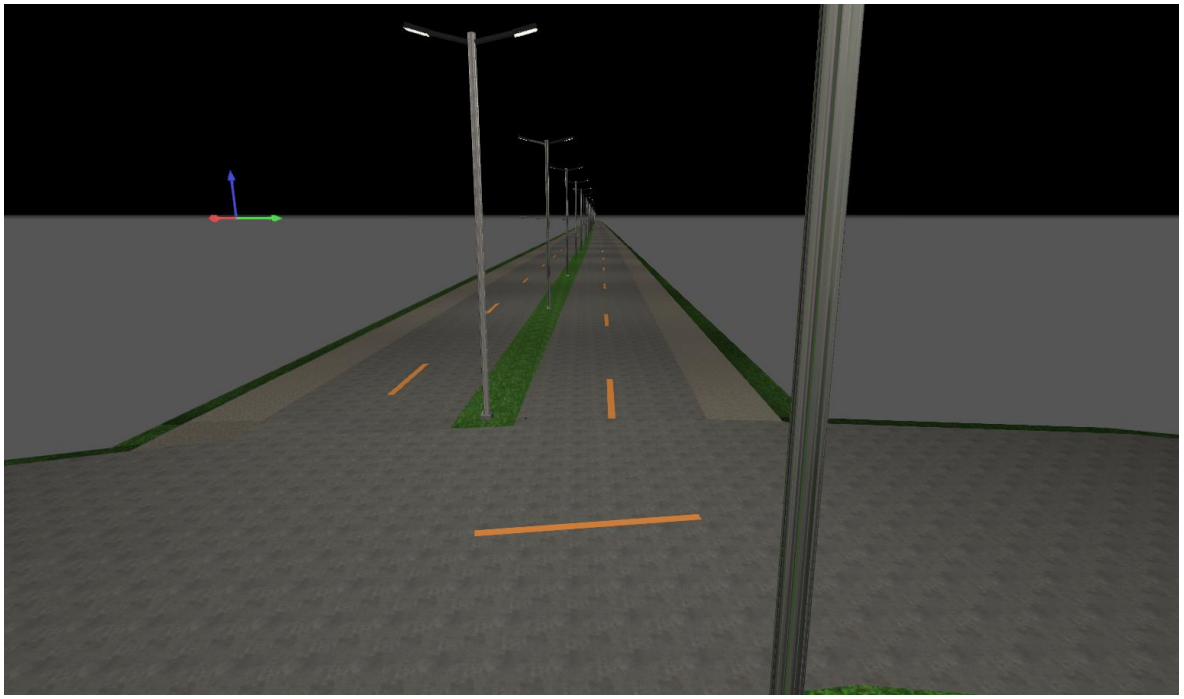


FIGURA B. 2: Vista 1 del sistema de iluminación pública.

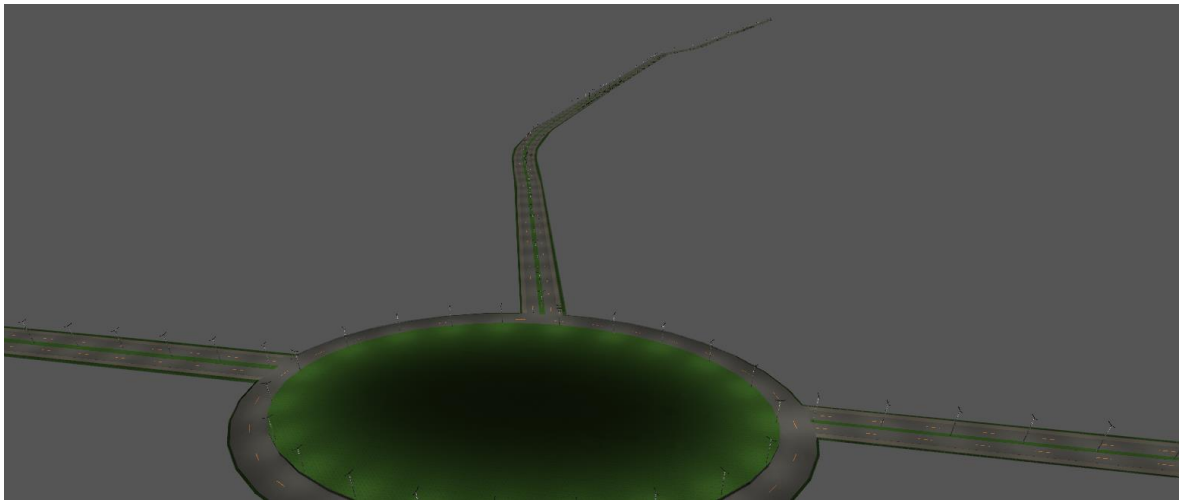


FIGURA B. 3: Vista 2 del sistema de iluminación pública.

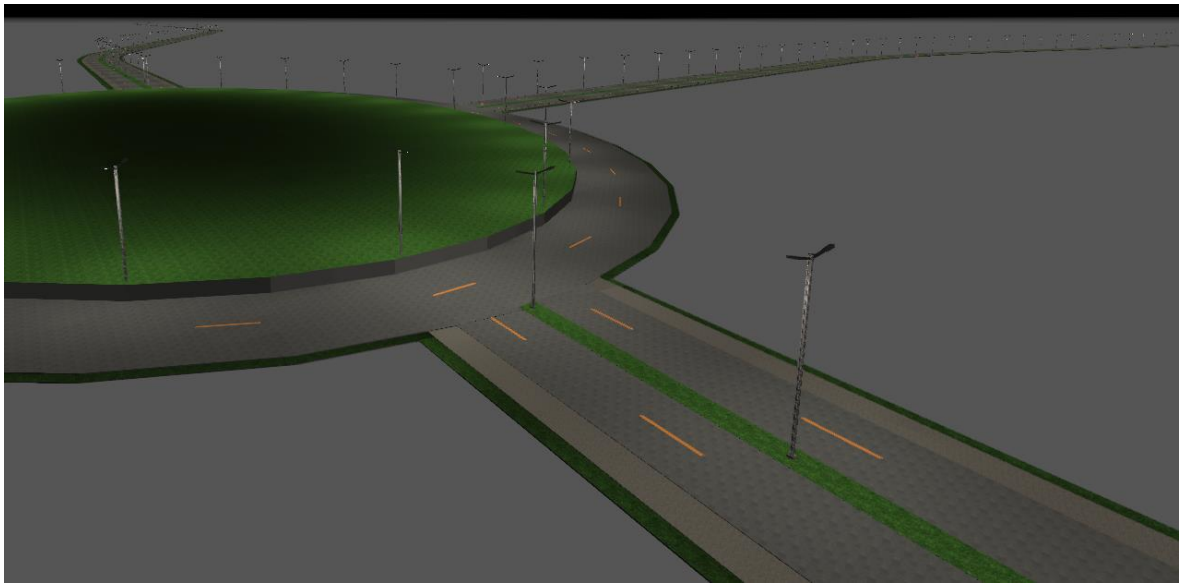


FIGURA B. 4: Vista 3 del sistema de iluminación pública.

Tabla B.5.1: Luminaria Alcón – LUXACRIL

TABLA B. 9: Ficha técnica de la luminaria ALCON- LUXACRIL.

LUMINARIA ALCON - LUXACRIL (Arcén central, 2 por mástil)

Distancia entre mástiles	30.000 m
(1) Altura de punto de luz	12.000 m
(2) Saliente del punto de luz	1.500 m
(3) Inclinación del brazo	0.0°
(4) Longitud del brazo	2.444 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 392.0 W
Consumo	12936.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidad lumínica máx Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	≥ 70°: 621 cd/klm ≥ 80°: 108 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Clase de potencia lumínica Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	G*2
Clase de índice de deslumbramiento	D.6

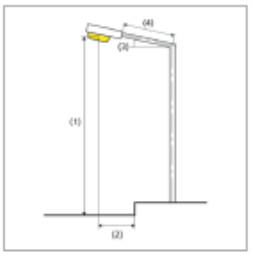


Tabla B.5.2: Resultados para campos de evaluación

TABLA B. 10: Resultados para campos de evaluación.

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (M2)	L_m	2.81 cd/m²	≥ 1.50 cd/m²	✓
	U_o	0.71	≥ 0.40	✓
	U_l	0.91	≥ 0.70	✓
	TI	7 %	≤ 10 %	✓
	R_{EI}	0.82	≥ 0.35	✓
Calzada 2 (M2)	L_m	2.81 cd/m²	≥ 1.50 cd/m²	✓
	U_o	0.71	≥ 0.40	✓
	U_l	0.91	≥ 0.70	✓
	TI	7 %	≤ 10 %	✓
	U_{ow}	0.24	≥ 0.15	✓
	R_{EI}	0.82	≥ 0.35	✓

Para la instalación se ha calculado con un factor de mantenimiento de 0.67.

Tabla B.5.3: resultados para el observador

TABLA B. 11: Resultados para el observador.

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Observador 1 Posición: -60.000 m, 11.750 m, 1.500 m	L_m	2.81 cd/m²	≥ 1.50 cd/m²	✓
	U_o	0.71	≥ 0.40	✓
	U_l	0.93	≥ 0.70	✓
	TI	7 %	≤ 10 %	✓
Observador 2 Posición: -60.000 m, 15.250 m, 1.500 m	L_m	3.01 cd/m²	≥ 1.50 cd/m²	✓
	U_o	0.74	≥ 0.40	✓
	U_l	0.91	≥ 0.70	✓
	TI	7 %	≤ 10 %	✓

Tabla B.5.4: valores de mantenimiento iluminancia horizontal

TABLA B. 12: Valores de mantenimiento iluminancia horizontal lx (líneas Isolux) Calzada 1 M2.

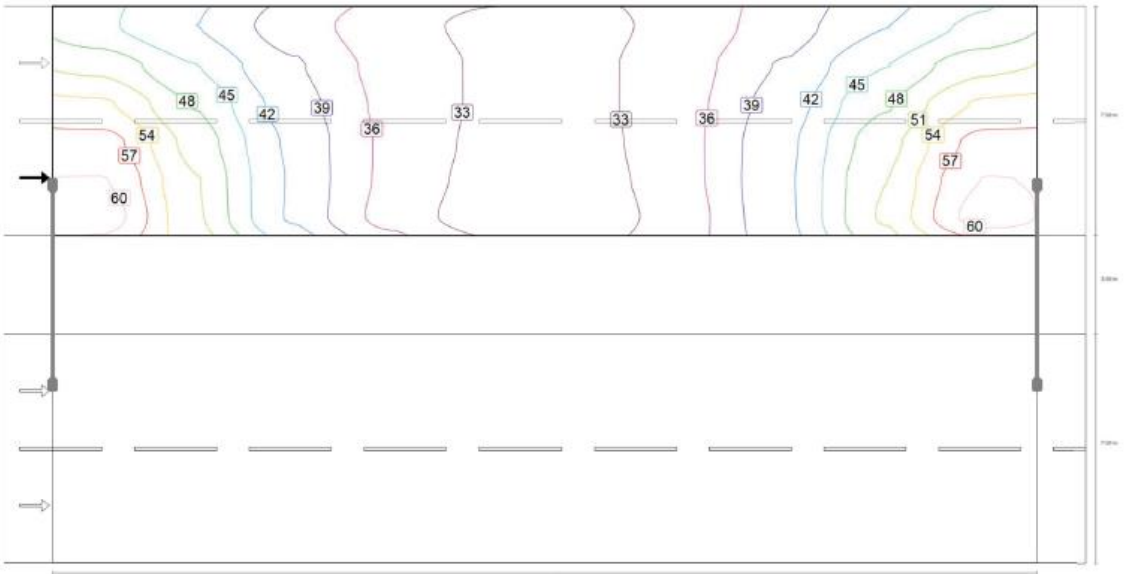


Tabla B.5.5: valores de mantenimiento iluminancia horizontal lx

TABLA B. 13: Valores de mantenimiento de iluminancia horizontal.

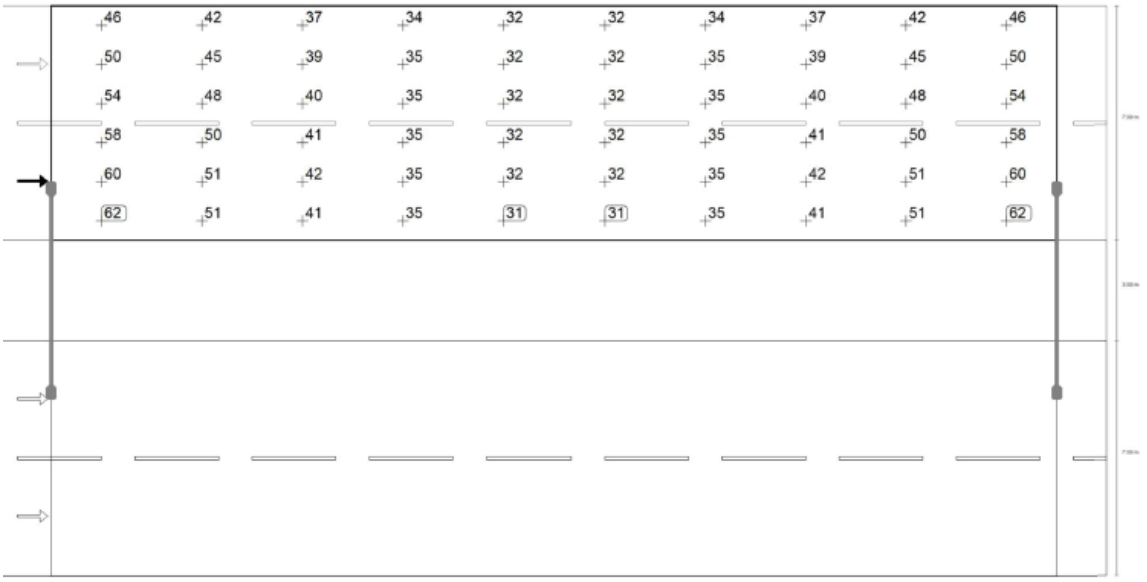


Tabla B.5.6: Luminancia para una instalación nueva

TABLA B. 14: Valores para luminancia de una instalación nueva.

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
16.417	3.46	3.51	3.44	3.44	3.46	3.35	3.34	3.39	3.37	3.43
15.250	4.19	4.16	4.04	4.02	3.97	3.83	3.82	3.92	4.00	4.11
14.083	4.93	4.90	4.79	4.71	4.67	4.58	4.47	4.51	4.62	4.76
12.917	5.33	5.25	5.19	5.12	5.11	5.03	4.95	4.95	5.06	5.27
11.750	5.15	5.04	4.98	4.93	4.92	4.89	4.89	4.93	5.08	5.25
10.583	4.94	4.75	4.62	4.59	4.60	4.58	4.60	4.69	4.80	5.04

Observador 2: Luminancia para una instalación nueva [cd/m²] (Tabla de valores)

	L_m	L_{min}	L_{max}	g_1	g_2
Observador 2: Luminancia para una instalación nueva	4.50 cd/m²	3.34 cd/m²	5.33 cd/m²	0.743	0.626

VIII. Bibliografía

[1] J. D. J. CERVANTES, SISTEMAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA, 1995.

[2] I. R. E. y. Lara, SISTEMAS DE DISTRIBUCION, MEXICO, 1990.

[3] A. J. PANSINI, Distribution System Coonsiderations, 2007.

[4] J. Nogués, Lineas Aéreas Electricas de Distribucion en Media y Baja Tensión, 2004 - 2005.

[5] Prysmian, Lineas Aéreas de Media Tensión, Buenos Aires, 2008.

[6] M. A. Pérez, Proyecto de Tésis. Redes de Distribucion Aéreas Compactas en Media Tensión, 2009.

[7] I. O. J. Grosso, «Tesla - Facultad de Ingeniería - UNLP,» [En línea]. Available: https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/sispot/Libros%202007/libros/legro/compact1.htm.

[8] C. S.A, Redes Aéreas Compactas, Buenos Aires, 2011.

[9] C. d. P. p. L. P. Ltda., Distribución, Cajamar SP.

[10] A. E. Salvador, Sistema semi-asilado de contruccion compacto, El Salvador.

[11] I. O. J. Grosso, «Facultad de Ingenieria - Universidad Nacional del Plata,» [En línea]. Available: https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/sispot/Libros%202007/libros/legro/compacta.htm.

[12] copel, NORMA TECNICA COPEL - NTC, vol. 1er Edicion, 1997.

[13] V. Alderete, *PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCION DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PUBLICO DE LA CONCESIONARIA CLYFSA DE LA CIUDAD DE VILLARICA,* Coronel Oviedo, 2018.

[14] B. G. Vicente, Magnitudes Fotométricas básicas, 2007.

[15] E. C. Y. B. O'Donel, Iluminacion Eficiente, 2002.

[16] F. Paukste, Iluminación Eficiente, 2002.

[17] A. a. C. Ordoñez, *Psicologia del color e Ilumiacion aplicada a un espacio interior,* cuenca, 2015.

[18] L. Assaf, Sistemas Innovadores de Iluminación.

[19] C. 140-200, Road Lighting Calculations.

[20] L. M. L. Leon, Mejoramiento del sistema de alumbrado publico de una arteria de circulacion vehicular de la ciudad de Cuenca, mediante la sustitucion por tecnologia LED (Light Emitting Diode), Cuenca, 2014.

[21] R. F. C. y. B. M. Hernández, Metodología de la Investigación, 2010.

[22] J. Sánchez Carrión, Manual de análisis de datos, 1995.

[23] G. d. N. Velasco, *Arborizacao Viaria X Sistemas de Distribuicao de Energia Eléctrica: Avalicao dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotecnicos,* Sao Paulo, 2003.

[24] I. D. M. DD/DPD2, PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACION DE PROYECTOS DE LINEAS DE DISTRIBUCION DE MEDIA Y BAJA TENSION, 2016.

[25] M. d. M. y. Energias, *Reglamento Tecnico de Iluminacion y Alumbrado Publico,* Bogota, 2010.

[26] E. R. Girett, *Proyecto de sustitucion de lineas electricas de distribucion aerea desnuda de media tension por lineas electricas de distribucion aerea protegida de la ciudad de coronel oviedo,* coronel oviedo, 2015.