

**CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE EXPANSIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL
SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA- CESAR**

JHON JAIRO AMAYA TORO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2007

**CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE EXPANSIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL
SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA- CESAR**

JHON JAIRO AMAYA TORO

**TESIS DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO FINAL
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA**

**Director
CIRO JURADO JEREZ
Ingeniero Electricista**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2007

A Dios,
A todos los que creyeron y creen en mí,
En especial a mi padre Juan Bautista Amaya Prado (QEPD),
A mi madre Luz María Toro Peñaranda,
A mí esposa Yesenia López y mi hija Sofía Valentina,
A mis hermanas Sandra Milena y Eine Paola,
A mi familia,
Que de alguna forma contribuyeron a que este sueño se hiciera realidad.
Jhon Jairo Amaya Toro.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Profesor Ciro Jurado Jerez por sus orientaciones, motivación y colaboración durante el desarrollo de este proyecto.

Ingeniero Hacid Carrascal Arciniegas por su empeño y dedicación para que este proyecto se llevara a cabo.

Profesores Gerardo La Torre, Julio Gálvez, Raúl Vila, Jaime Galindo y demás profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica por la enseñanza recibida a lo largo de la carrera.

A todas las personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	20
OBJETIVO GENERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1. GENERALIDADES	21
1.1 OBJETO DEL ALUMBRADO PÚBLICO	21
1.2 SEGURIDAD	21
1.3 COMODIDAD	22
1.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO	22
1.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN	22
1.5.1 Iluminación	22
1.5.2 Contraste	23
1.5.3 Sombras	23
1.5.4 Deslumbramiento	24
1.5.5 Color	25
2. FUNDAMENTOS	26
2.1 NATURALEZA DE LA LUZ	26
2.2 PRODUCCIÓN DE LA LUZ	26
2.3 CARÁCTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN LUMINOSA	26

2.4 LUZ NATURAL	27
2.5 LUZ ARTIFICIAL	27
2.6 RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO	28
2.7 FENÓMENO DE LA LUMINISCENCIA	29
2.8 FLUJO LUMINOSO	30
2.9 INTENSIDAD LUMINOSA	31
2.10 EFIFICENCIA LUMÍNICA	32
2.11 ILUMINANCIA	33
2.12 LUMINANCIA	34
3. LEYES DE LA LUMINOTECNIA	36
3.1 LEY INVERSA DEL CUADRO	36
3.2 LEY DEL COSENO	36
3.2.1 Iluminación Horizontal	37
3.2.2 Iluminación Vertical	37
3.3 REFLEXIÓN	38
3.3.1 Reflexión Especular	38
3.3.2 Reflexión Difusa	38
3.4 REFRACCIÓN	38
3.5 ABSORCIÓN	39
4. DOCUMENTOS FOTOMÉTRICOS	40
4.1 SISTEMA DE COORDENADAS CIE	40
4.2 SISTEMA DE COORDENADAS IES	41
4.3 DIAGRAMA ISOCANDELA	42

4.4	DIAGRAMA ISOLUX	42
4.5	DIAGRAMA POLAR DE INTENSIDAD LUMINOSA	44
4.6	CURVA DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN	45
4.7	LA MATRIZ DE INTENSIDADES	47
5.	LUMINARIAS	49
5.1	CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS POR LA IES	49
5.2	CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS POR LA CIE	51
5.3	COMPONENTES DE LA LUMINARIA	53
5.3.1	Conjunto Óptico	54
5.3.2	Conjunto Eléctrico	55
5.4	GRADOS DE HERMETICIDAD Y PROTECCIÓN MECÁNICA DE LAS LUMINARIAS	56
6.	DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA VÍA	58
6.1	DISPOSICIÓN UNILATERAL	58
6.2	DISPOSICIÓN CENTRAL SENCILLA	59
6.3	DISPOSICIÓN BILATERAL ALTERNADA	59
6.4	DISPOSICIÓN BILATERAL OPUESTA	60
6.5	COMBINACIONES DE DISPOSICIONES	60
6.6	CASOS ESPECIALES DE DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS	61
6.6.1	Disposición en curvas	62
6.6.2	Disposición en calzadas con pendiente	63
6.6.3	Cruces en T y cruces en Y	64
6.6.4	Cruces en X	65

6.6.5 Glorietas	65
7. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS	67
7.1 CLASIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LAS CALZADAS (Estado Seco)	67
7.2 TIPOS DE VÍAS	69
7.3 NIVELES ADECUADOS DE ILUMINACIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE VÍA	70
7.4 CLASE DE ILUMINACIÓN, ALTURAS DE MONTAJE Y DISPOSICIÓN A UTILIZAR	71
8. CÁLCULOS Y MEDICIONES	73
8.1 MÉTODO EUROPEO DE LOS NUEVE PUNTOS (Cálculo de Iluminancia media en la vía)	73
8.2 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN POR EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (Cálculo de iluminancia medio en la vía)	75
8.3 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD GENERAL DE ILUMINANCIA	77
8.4 CÁLCULOS COMPUTARIZADOS	77
8.5 COEFICIENTE DE LUMINANCIA	78
8.6 CÁLCULO DE LUMINANCIA PROMEDIO SOBRE LA VÍA	80
8.7 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD GENERAL DE LUMINANCIA	81
8.8 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD LONGITUDINAL DE LUMINANCIA	81
8.9 CÁLCULO DE LA LUMINANCIA DE VELO	82
8.10 CÁLCULO DE INCREMENTO UMBRAL	84
8.11 CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE ALREDEDORES	85
9. CÁLCULOS ELÉCTRICOS	86
9.1 TOPOLOGÍA	86

9.2 REGULACIÓN	86
9.3 PROTECCIONES	87
10. MATERIALES UTILIZADOS EN ALUMBRADO PÚBLICO	88
10.1 POSTES DE CONCRETO	88
10.2 POSTES METÁLICOS	90
10.3 BRAZOS METALICOS	92
10.4 CABLE TRENZADO	92
10.5 TRANSFORMADORES	94
11 INFRAESTRUCTURA DE ALUMBRADO EXISTENTE EN AGUACHICA	95
11.1 AFORO DE CARGA INSTALADA MUNICIPIO DE AGUACHICA	95
11.2 PANORAMA DE LUMINARIAS DE MERCURIO	97
11.3 PANORAMA DE EXPANSIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO	97
12. MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO	98
12.1 MODERNIZACIÓN LINEAL	98
12.2 MODERNIZACIÓN NO LINEAL	99
12.3 PROYECCIÓN DE LAS CANTIDADES DE OBRAS DE LA MODERNIZACIÓN	99
12.4 CONJUNTO ELÉCTRICO REQUERIDO PARA LA MODERNIZACIÓN	100
12.4.1 Bombillas de sodio	101
12.4.2 Balastos para bombillas de sodio tipo reactor	102
12.4.3 Arrancadores para sodio alta presión	104
12.4.4 Condensadores	104
12.4.5 Portabombillas	104

12.4.6 Conexiones internas	105
12.5 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	106
13. EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO	108
13.1 PROYECCIÓN DE LAS CANTIDADES DE OBRA	108
13.2 ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA EXPANSIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO	109
13.3 FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE	110
13.4 APLICACIÓN DEL SOFTWARE “CALCULOS Y DISEÑOS DE ALUMBRADO PÚBLICO”	115
13.4.1 expansión de alumbrado público de los sectores residenciales “M4”	115
13.4.2 Expansión de alumbrado público de las vías secundarias “M3”	120
13.4.3 Expansión de alumbrado público de las vías principales “M2”	125
13.4.4 Expansión de alumbrado público avenida campo serrano “M2”	129
13.4.5 Expansión de alumbrado público vía principal que comunica Aguachica con Gamarra”M2”	139
13.4.6 Expansión de alumbrado público vía principal de acceso al barrio Barahona y hospital materno infantil “M2”	152
14. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	164
14.1 DEPRECIACIÓN DE LAS BOMBILLAS DE SODIO ALTA PRESIÓN	164
14.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	168
14.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	168
15. MANEJO AMBIENTAL Y VALOR DE SALVAMENTO	169
15.1 ELEMENTOS RECICLABLES	169
15.2 ELEMENTOS NO RECICLABRES	170

16. RECAUDOS Y DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA LA LA INVERSIÓN PROYECTADA	171
16.1 RECAUDOS, COSTOS DE LA ENERGÍA CONSUMIDA Y EL MANTENIMIENTO REALIZADS	172
16.2 DISPONIBILIDAD DE PRESUPUESTO E INVERSIÓN PROYECTADA	172
17. CONCLUSIONES	174
BIBLIOGRAFÍA	176
ANEXOS	177

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. Deslumbramiento	24
FIGURA 2. Espectro electromagnético	26
FIGURA 3. Región visible en la radicación de cuerpo negro	28
FIGURA 4. Fenómeno de la luminiscencia	30
FIGURA 5. Flujo luminoso	31
FIGURA 6. Intensidad luminosa	32
FIGURA 7. Iluminancia	34
FIGURA 8. Luminancia	34
FIGURA 9. Ley de la inversa del cuadro	36
FIGURA 10. Ley del coseno	37
FIGURA 11. Sistema de coordenadas CIE	40
FIGURA 12. Sistema de coordenadas IES	41
FIGURA 13. Diagrama isocandela	42
FIGURA 14. Curva isolux	43
FIGURA 15. Diagrama polar	44
FIGURA 16. Coeficiente de utilización	46
FIGURA 17. Clasificación de luminarias según la IES	51
FIGURA 18. Clasificación por dispersión	52
FIGURA 19. Parte de las luminarias	54
FIGURA 20. Disposición unilateral	59
FIGURA 21. Disposición central sencilla	59
FIGURA 22. Disposición bilateral alternada	60
FIGURA 23. Distribución bilateral opuesta	60
FIGURA 24. Disposición central doble	61
FIGURA 25. Combinación de distribución central sencilla y bilateral Opuesta	61
FIGURA 26. Disposición de luminarias en curvas	62
FIGURA 27. Disposición de luminarias en planos inclinados	63
FIGURA 28. Disposición de luminarias en cruces T	64
FIGURA 29. Disposición de luminarias en cruce X	65
FIGURA 30. Disposición bilateral en cruce X	65
FIGURA 31. Disposición de luminarias en las glorietas	66
FIGURA 32. Cálculo de iluminación media de los 9 puntos	73
FIGURA 33. Ubicación de los nueve puntos según su localización	74
FIGURA 34. Curvas de coeficiente de utilización	75
FIGURA 35. Coeficiente de utilización en la disposición central sencilla	76
FIGURA 36. Cálculo de luminancia sobre la vía	78
FIGURA 37. Parámetros que intervienen en el coeficiente de luminancia	79
FIGURA 38. Cálculo de luminancia de velo	83

FIGURA 39	Montaje de luminaria en poste de concreto	89
FIGURA 40	Montaje de luminaria en poste metálico	91
FIGURA 41	Brazo para luminaria horizontal de 1.5 metros	93
FIGURA 42	Conductores	93
FIGURA 43	Transformador trifásico	94
FIGURA 44	Ventana general para insertar los datos del proyecto	111
FIGURA 45	Parámetros de cada una de las superficies a calcular	112
FIGURA 46	Parámetros de las luminarias	113
FIGURA 47	Disposición bilateral opuesta del software	114
FIGURA 48	Explot. de luminancia	114
FIGURA 49	Curva isolux sobre la vía del software	114
FIGURA 50	Disposición unilateral para luminaria de sodio 70W	116
FIGURA 52	Luminaria PE-VP sodio 70W	118
FIGURA 51	Curva isolux sodio 70W	118
FIGURA 53	Disposición unilateral para luminaria de sodio 150W	121
FIGURA 54	Curva isolux sodio 150W	123
FIGURA 55	Luminaria calima II sodio 150W	123
FIGURA 56	Disposición unilateral para luminaria de sodio 250W	126
FIGURA 57	Curva isolux sodio 250W	127
FIGURA 58	Luminaria Calima II sodio 250W	128
FIGURA 59	Disposición central sencilla avenida campo serrano	131
FIGURA 60	Diagrama topológico iluminación avenida campo serrano	138
FIGURA 61	Diagrama topológico iluminación vía principal que Comunica el municipio de Aguachica con Gamarra	151
FIGURA 62	Plano topológico iluminación barrio Barahoja	163
FIGURA 63	Eficiencia luminosa y promedio de vida de la fuentes	164
FIGURA 64	Depreciación luminosa de la bombilla de sodio 150W	166
FIGURA 65	Recaudos y costos por energía y mantenimiento realizados A septiembre de 2006	172

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Eficiencia luminosa	33
Tabla 2. Matriz de intensidad luminosa dentro del sistema C- γ	48
Tabla 3. Distribución longitudinal o alcance	49
Tabla 4. Distribución lateral del flujo	50
Tabla 5. Clasificación de luminarias por apantallamiento	50
Tabla 6. Clasificación de luminarias según su alcance	52
Tabla 7. Clasificación de luminarias según su dispersión	53
Tabla 8. Clasificación de luminarias según su control	53
Tabla 9. Grados de hermeticidad y protección contra el impacto	56
Tabla 10. Límites del factor especular S_1	67
Tabla 11. Designación aproximada de las superficies en las clases típicas	68
Tabla 12. Superficie normalizada R_2	68
Tabla 13. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías	69
Tabla 14. Criterios admitidos según el tipo de vía	70
Tabla 15. Criterios de control	70
Tabla 16. Relación a la interdistancia y la altura de montaje de las luminarias	71
Tabla 17. Parámetros geométricos, cargas y deflexiones de postes	88
Tabla 18. Dimensiones generales de los postes metálicos	90
Tabla 19. Calibre de conductores en cable trenzado	93
Tabla 20. Aforo de carga instalada	96
Tabla 21. Luminarias de mercurio instaladas en Aguachica	97
Tabla 22. Características de las bombillas de sodio alta presión	98
Tabla 23. Características de las bombillas de mercurio alta presión	98
Tabla 24. Equivalencia entre las luminarias de sodio y luminarias de mercurio	99
Tabla 25. Cantidades de obra proyectada	100
Tabla 26. Carga ahorrada debido a la modernización del alumbrado	100
Tabla 27. Caracterización de la bombilla de sodio alta presión de 70 vatios	101
Tabla 28. Caracterización de la bombilla de sodio alta presión de 150 vatios	101
Tabla 29. Caracterización de la bombilla de sodio alta presión de 250 vatios	102
Tabla 30. Características del balasto tipo reactor	103
Tabla 31. Pérdidas máximas admisibles para el balasto tipo reactor	103
Tabla 32. Características de los arrancadores	104
Tabla 33. Conjunto eléctrico para cada luminaria de acuerdo a su potencia	105
Tabla 34. Presupuesto de inversión para la modernización en el año 2007	106
Tabla 35. Presupuesto de inversión para la modernización en el año 2008	107
Tabla 36. Factor de mantenimiento	110
Tabla 37. Información del área sodio 70W	117
Tabla 38. Parámetros de calidad sodio 70W	117
Tabla 39. Confort visual sodio 70W	117

Tabla 40.	Contaminación visual sodio 70W	118
Tabla 41.	Análisis de resultados sodio 70 W	119
Tabla 42.	Presupuesto para la expansión de luminarias de sodio 70W	119
Tabla 43.	Parámetros de calidad sodio 150W	121
Tabla 44.	Información del área sodio 150W	122
Tabla 45.	Confort visual sodio 150W	122
Tabla 46.	Contaminación visual sodio 150W	122
Tabla 47.	Análisis de resultados sodio 150W	124
Tabla 48.	Presupuesto de inversión para la expansión de sodio 150W	124
Tabla 49.	Información del área vías principales sodio 250W	126
Tabla 50.	Confort visual vías principales sodio 250W	127
Tabla 51.	Parámetros de calidad vías principales sodio 250W	127
Tabla 52.	Contaminación visual vías principales sodio 250W	127
Tabla 53.	Análisis de resultados vías principales sodio 250W	128
Tabla 54.	Presupuesto de inversión para la expansión de sodio 250W	129
Tabla 55.	Confort visual avenida campo serrano	132
Tabla 56.	Información del área avenida campo serrano	132
Tabla 57.	Parámetros de calidad avenida campo serrano	133
Tabla 58.	Contaminación visual avenida campo serrano	133
Tabla 59.	Análisis de resultados avenida campo serrano	133
Tabla 60.	Perdidas de voltaje avenida campo serrano	134
Tabla 61.	Presupuesto de inversión de la avenida campo serrano	135
Tabla 62.	Herrajes para la expansión de la avenida campo serrano	136
Tabla 63.	Materiales requeridos para la construcción del proyecto	137
Tabla 64.	Confort visual Aguachica-Gamarra	140
Tabla 65.	Contaminación visual Aguachica-Gamarra	141
Tabla 66.	Información del área Aguachica-Gamarra	141
Tabla 67.	Parámetros de calidad Aguachica-Gamarra	142
Tabla 68.	Análisis de resultados Aguachica-Gamarra	142
Tabla 69.	Perdidas de voltaje Aguachica-Gamarra	143
Tabla 70.	Presupuesto de inversión vía que comunica Aguachica- Gamarra	145
Tabla 71.	Materiales del proyecto vía que comunica Aguachica –Gamarra	147
Tabla 72.	Estructuras para la vía que comunica Aguachica –Gamarra	149
Tabla 73.	Parámetros de calidad barrio Barahona	153
Tabla 74.	Información del área barrio Barahona	154
Tabla 75.	Confort visual barrio Barahona	154
Tabla 76.	Contaminación visual barrio Barahona	155
Tabla 77.	Análisis de resultados barrio Barahona	155
Tabla 78.	Perdidas de voltaje barrio Barahona	156
Tabla 79.	Presupuesto vía barrio Barahona y al hogar materno infantil	158
Tabla 80.	Materiales requeridos para la realización del proyecto	160
Tabla 81.	Herrajes y estructuras que se requieren para el proyecto	161
Tabla 82.	Mano de obra proyecto barrio Barahona y hospital materno infantil	162
Tabla 83.	Conservación del flujo luminoso y bombillas sobrevivientes	167
Tabla 84.	Usuarios por estrato municipio de aguachica	171

RESUMEN

TITULO

CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE EXPANSIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA- CESAR.*

AUTOR

JHON JAIRO AMAYA TORO**

PALABRAS CLAVES

Alumbrado Público, Modernización, Expansión, Sodio, Mercurio, Luminiscencia, Incandescencia, Repotenciación.

DESCRIPCIÓN

Los avances que se han hecho en el campo de la luminiscencia se ha visto reflejados en el alumbrado público, con la implementación de mejores tecnologías, con un elevado ahorro de energía, rendimiento lumínico y bajo costo de mantenimiento en comparación con las fuentes de luz que trabajan a base de la incandescencia.

La expansión del alumbrado público es uno de lo requerimientos que se trabajaron en el proyecto, con la implementación de redes, transformadores y luminarias que utilizan la tecnología de sodio alta presión, exclusivos para el sistema del alumbrado, como también se puede realizar la instalación de nuevas luminarias utilizando las redes de distribución existentes, de conformidad a los niveles de iluminación requeridos para cada tipo de vía.

El uso racional y eficiente de los recursos energéticos es el principio fundamental para llevar a cabo la modernización o repotenciación del alumbrado público, con lo cual se busca sustituir la infraestructura existente de tipo mercurio, por la tecnología de sodio alta presión, la cual es más eficiente y con un menor consumo energético, generando la reducción en los costos de operación del sistema y evitando la generación de nuevos productos a base de mercurio, los cuales son considerados de gran riesgo para el medio ambiente y la salud humana.

*Proyecto de grado

**Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones. Director. Ciro Jurado Jerez.

SUMMARY

TITLE

TECHNICAL APPROACHES FOR THE EXPANSION DESIGN AND MODERNIZATION OF THE ILLUMINATION SYSTEM PUBLISH IN THE AGUACHICA-CESAR MUNICIPALITY*.

AUTHOR

JHON JAIRO AMAYA TORO**

KEY WORDS

Illumination Publisher, Modernization, Expansion, Sodium, Mercury, Luminescence, Incandescence.

DESCRIPTION

The advances that have been made in the field of the luminescence have been reflected and the illumination publishes, with the implementation of better technologies, with a high energy saving, yield light and low maintenance costs in comparison with the sources of light that you they work whit the help of the incandescence.

The expansion of the illumination publishes it is one of the requirements that were worked in the project, with the implementation of nets, transformers and stars that use the technology of sodium high pressure, exclusive for the illumination system, as well as it can be carried out the installation of new stars using the existent distribution nets, of conformity at the levels of illumination required for each type of road.

The rational and efficient use the energy resources is the fundamental principle to carry out the modernization or the illumination publish, with that which is looked for to substitute the infrastructure existent type mercury for the technology of sodium high pressure which is but efficient and with a smaller energy consumption, generating the reduction in the costs of operation of the system and avoiding the generation of new products with the help of mercury which are considered of great risk for the environment and the human health.

*Degree project

**Ability of mechanical physical engineering, electric, electronic school of engineering and telecommunications. Director, Ciro Jurado Jerez.

INTRODUCCIÓN

El Alumbrado Público es un servicio público no domiciliario; la prestación de este servicio le corresponde al ente territorial en este caso el municipio de Aguachica de conformidad a la resolución CREG 043 de 1995 en su artículo 2º, la precitada resolución también estableció las reglas sobre el suministro de energía eléctrica destinada al alumbrado público, así como para el Mantenimiento, Repotenciación y Expansión de la infraestructura requerida para prestar dicho servicio. Los municipios pueden dar a concesión, contrato o convenio la prestación del servicio de alumbrado público a las empresas comercializadoras y/o distribuidoras de energía eléctrica.

Actualmente Centrales Eléctricas del Norte de Santander está a cargo del servicio de alumbrado público a través de la modalidad de contrato con el municipio de Aguachica. CENS enfrenta la necesidad de hacer uso racional y eficiente de los recursos energéticos, estableciendo para ello criterios técnicos aplicables para la modernización del sistema existente y la expansión del alumbrado público.

La metodología para el desarrollo este proyecto parte de una fundamentación técnica aplicable al desarrollo la modernización y expansión del sistema de alumbrado público, seguidamente se realiza la recopilación de información de la infraestructura de alumbrado, con el fin de determinar las condiciones en las que se encuentra el sistema existente en el municipio de Aguachica, en base a esa información se fijan unas proyecciones de obras, posteriormente se realizan los análisis y diseños a través de un software para cálculos de iluminación donde se obtendrán los parámetros de iluminación requeridos para una buena proyección, seguidamente se realizaran los presupuestos de inversión requeridos para la ejecución de cada una de las obras proyectadas y por ultimo se tomaran los recaudos que el municipio de Aguachica a tenido por concepto del impuesto de alumbrado público en periodos anteriores para hacer un comparativo de la inversión del proyecto con la recuperación y endeudamiento que puede tener el Municipio en la ejecución del proyecto.

La modernización de la infraestructura existente consiste en reemplazar la tecnología de mercurio alta presión por tecnologías más eficientes como los es el sodio alta presión de alto rendimiento lumínico y bajo consumo de energía, con la implementación de esta tecnología no solo se realizara una considerable reducción en los costos de operación del sistema sino que se reducirá la generación de nuevos productos a base de mercurio que son nocivos para el medio ambiente.

Por otra parte los diseños de expansión y modernización del alumbrado público deben considerar aspectos como la visibilidad, requerimientos estéticos de las

vías, valor económico, costos energéticos, condiciones ambientales, niveles de polución y facilidad para el mantenimiento.

Pero no solo los importantes aspectos técnicos deben ser los tenidos en cuenta para la toma de una decisión, es de suma importancia conocer también lo que representa el costo económico y financiero de la expansión y la adopción de la nueva tecnología, sobre todo si ello repercute de manera directa en el valor de la tarifa que los usuarios del servicio de alumbrado público deberán cubrir, ya que en la actualidad, es el esquema que tiende a garantizarse para cubrir dichos costos y están avalados por las leyes 97 de 1913 y 84 de 1915, donde autorizan a los concejos municipales a fijar el cobro del impuesto por alumbrado público.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer los criterios técnicos aplicables, para la realización de diseños de expansión y la modernización de la infraestructura existente de alumbrado público en el municipio de Aguachica, mediante la implementación de nuevas tecnologías haciendo uso racional y eficiente de la energía.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los parámetros técnicos de luminotecnia, aplicables para realizar la modernización del sistema de alumbrado público existente en el municipio de Aguachica con el fin de hacerlo más eficiente con un menor costo de inversión y menor consumo de energía.
- Desarrollar diseños de expansión para el alumbrado público, que cumpla con los requerimientos técnicos establecidos en el RETIE, la NTC 2050, la NTC 900, y la norma para el diseño y construcción de sistemas de distribución de CENS.
- Determinar y realizar los presupuestos de inversión requeridos para llevar a cabo el proyecto.

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETO DEL ALUMBRADO PÚBLICO

El objeto del alumbrado público es permitir a los usuarios de la calzada y del andén, circular sobre ellas con toda seguridad y con el máximo de comodidad. De igual manera debe permitir a los automovilistas circular durante la noche en condiciones adecuadas de seguridad, comodidad y velocidad, similar a como pueden hacerlo en el día. Los conductores deben percibir cómoda y rápidamente no solo los bordes de la vía, la superficie de ella, sino también su geometría y los obstáculos fijos y móviles situados sobre la calzada.

El mejoramiento de las condiciones de visibilidad constituye un medio eficaz para reducir la frecuencia de los accidentes y para aumentar la capacidad de tránsito; por otra parte el alumbrado debe permitir a otros usuarios de la vía (peatones, ciclistas, etc.) ver sin riesgo de error o de deslumbramiento todo vehículo que se acerque, esto aplicable al peatón que atraviesa la vía, como al que se dispone a hacerlo.

1.2 SEGURIDAD

La seguridad se logra si el alumbrado permite evitar un obstáculo cualquiera, a los usuarios que circulen a velocidad normal. La iluminación debe permitir, en particular, ver a tiempo los bordes, las aceras, separadores, encrucijadas, señalización vial, es decir, toda la geometría de la vía. Para este efecto se considera que el criterio de seguridad consiste en la visibilidad de un obstáculo fijo o móvil constituido por una superficie de 0.20m x 0.20m con un factor de reflexión de 0.15. Se considera que:

- La seguridad de un peatón se logra si se puede distinguir este obstáculo a una distancia hasta de 10 m.
- La seguridad de un automóvil depende esencialmente de su velocidad. A velocidad media (60 Km/h), el debe percibir este obstáculo a una distancia hasta de 100 m, para velocidades más altas, esta distancia oscila entre 100m y 200m.

La noción de seguridad resultante del alumbrado público no es la misma en carreteras que en la ciudad, en el primer caso, el alumbrado interesa sobre todo al automovilista que circula a una velocidad relativamente alta sobre una carretera, donde los obstáculos fijos o móviles son raros; por el contrario, en ciudades, la circulación es más densa, los obstáculos son generalmente más frecuentes pero la velocidad de circulación es menor. Se concibe que de acuerdo al objeto que se

persigue, la velocidad de circulación, su densidad y su naturaleza, vayan a influir en la elección del sistema de alumbrado a diseñar.

1.3 COMODIDAD

La comodidad de un sistema de alumbrado depende del patrón de luminancia, de su uniformidad, del nivel de iluminación, del grado de deslumbramiento, de la disposición y de la naturaleza de las fuentes luminosas, estos criterios deben ser escogidos de tal manera que reduzcan al mínimo su tensión nerviosa.

La noción de comodidad resultante del alumbrado público, no es la misma en las ciudades que en las carreteras; por otra parte, el hecho de encontrarse en las aglomeraciones urbanas puede aumentar los imperativos de la comodidad.

En efecto es indispensable iluminar también las aceras y fachadas, tener en cuenta el color de la luz con el fin de crear un ambiente luminoso agradable; todo esto evitando el deslumbramiento directo, debido a las fuentes, o indirecto, debido a los objetos brillantes que se encuentran sobre la calzada. A esto diferentes aspectos se agregan las nociones de estética que complementan la noción de comodidad.

1.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO

La solución de un problema de alumbrado exige el análisis previo de los siguientes puntos.

- La complejidad y la velocidad de la vía.
- Control de tráfico y separación de rutas.
- Tipos de vías.
- Tipos de usuarios de la vía.

Además de tenerse en cuenta la geometría de la vía (rectilínea, curva, número de carriles de circulación, reglas de tránsito, superficie de la vía, ayudas ópticas entre otras.), así como los puntos particulares que se pueden encontrar sobre ella (cruces, puentes, túneles, alrededores, etc.) Se deben considerar el gran total del que forma parte el sitio que se piensa iluminar.

1.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN

1.5.1 Iluminación.

La capacidad visual depende de la iluminación. Esta, a su vez, afecta el estado de ánimo de las personas y su aptitud para desarrollar un trabajo, su poder de

relajación, etc. Cada actividad requiere una determinada iluminación normal, que debe existir como valor medio en la zona en que se desarrolla la actividad.

El valor medio de iluminación para una determinada actividad esta en función de una serie de factores entre los que se puede citar:

- Tamaño de los detalles a captar
- Distancia entre el ojo y el objeto a observar
- Factor de reflexión del objeto observado
- Contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que se destaca
- Tiempo empleado en la observación
- Rapidez de movimiento del objeto

Entre mayor sea la dificultad para la percepción visual, mayor deberá ser el nivel medio de iluminación. Esta dificultad se acentúa mucho más en las personas de edad avanzada.

Se ha comprobado que mientras un niño de 10 años, para leer normalmente una página de un libro con buena impresión, necesita un nivel de iluminación de 175 luxes, una persona de 40 años requiere 500 luxes y otra de 60 años requiere de 2.500 luxes.

1.5.2 Contraste.

El ojo solo aprecia diferencias de luminancias. La diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato es lo que se conoce como contraste. Los trabajos que requieran gran agudeza visual precisan de un mayor contraste. Combinando bien los grados de reflexión de las superficies de un recinto, se obtiene una distribución armónica de la luminancia, produciéndose con ello un contraste fácil de distinguir.

1.5.3 Sombras.

Si no tuviéramos dos ojos, no veríamos los objetos en relieve; es decir unos mas cerca que otros. Ello se debe a que cada ojo se forma una imagen ligeramente distinta y al juntarse las dos en el cerebro dan la sensación de relieve. Pero, además, para poder captar el relieve de los objetos es preciso que estos presenten unas zonas menos iluminadas que otras, estas zonas menos iluminadas son las sombras, las cuales destacan las formas plásticas de los objetos.

Las sombras en si son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas iluminadas. Se distinguen dos clases de sombras: fuertes y suaves. Sombras fuertes son las que resultan de iluminar un objeto con luz dirigida intensa

desde un punto determinado más o menos alejado, y que se caracteriza por su profunda oscuridad y dureza. En contraposición a las sombras fuertes, las sombras suaves son las que resultan de iluminar un objeto con una luz difusa y que se caracterizan por su suavidad y menor efecto de relieve.

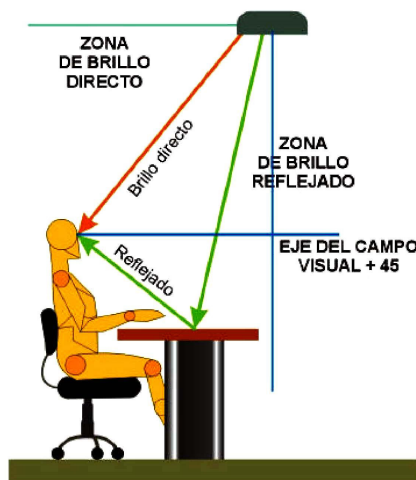
1.5.4 Deslumbramiento.

El deslumbramiento es un fenómeno fisiológico que reduce la capacidad visual debido a una diferencia de luminancia a la que el ojo no puede adaptarse.

Cuando la luminancia es excesiva, provoca una enérgica reacción fotoquímica en la retina, insensibilizándola durante un cierto tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse.

El deslumbramiento puede producirse directamente, esto ocurre cuando la propia fuente de luz es la que se encuentra dentro del campo visual (por efecto del brillo). Hay deslumbramiento indirecto cuando las fuentes de luz se hallan fuera del campo visual, pero su luz la recibe el ojo reflejada por superficies que poseen un alto grado de reflexión (luminancia propiamente dicha).

Figura 1. Deslumbramiento



Fuente: Manual único de alumbrado público

El modelo matemático desarrollado permite estimar unos niveles de molestia expresados como Grados de Confor y depende de la geometría del sistema, el grado de deslumbramiento de las luminarias, el tipo de fuentes luminosas, entre otras.

El valor máximo tolerable de luminancia para la visión directa es de 0.75 Cd/cm^2 (7500 Cd/m^2).

1.5.5 Color.

La presencia de la luz produce una serie de estímulos en la retina y unas reacciones en el sistema nervioso que comunican al cerebro un conjunto de sensaciones cromáticas (colores). El color es, por tanto, una interpretación psicofisiológica del espectro electromagnético visible.

Comúnmente el color suele emplearse para señalar una propiedad de los cuerpos y se dice que un cuerpo tiene un determinado color pero esto no es cierto, pues el color como tal no existe ni se produce en ellos, los cuerpos solo tienen unas determinadas propiedades de reflejar, transmitir o absorber los colores de la luz que reciben.

2. FUNDAMENTOS

2.1 NATURALEZA DE LA LUZ

La luz es una forma de energía radiante capaz de producir sensaciones visuales. Esta energía es un conjunto de radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda varía entre 3.800 y 7.800 Ångstrom (Å), dicha banda se conoce como espectro visible.

El ojo humano capta cada una de estas longitudes de onda con una eficiencia diferente, si predomina una cualquiera de estas longitudes, el ojo la capta como un color en particular, si todas las longitudes de onda tienen la misma intensidad forma un espectro continuo y el ojo la capta como luz blanca.

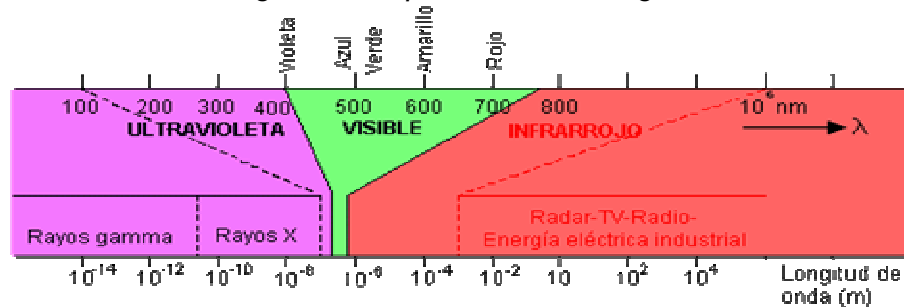
2.2 PRODUCCIÓN DE LA LUZ

Existe una gran variedad de formas de producir luz artificial, no obstante y para los fines prácticos las dos principales formas son: la INCANDESCENCIA y la LUMINISCENCIA. La incandescencia es el fenómeno por el cual un cuerpo emite luz cuando su temperatura sobrepasa los 600 °C, los filamentos de las bombillas incandescentes son la aplicación más importante de este efecto. La luminiscencia se produce cuando hay una descarga eléctrica entre electrodos, en un medio gaseoso o un vapor metálico, esto requiere condiciones apropiadas de tensión y corriente; el color de la luz producida depende del gas o vapor empleado y el espectro resultante no es continuo.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE RADIACIÓN LUMINOSA

Por ser la luz una radiación electromagnética, su velocidad de propagación en el vacío es de 299×10^3 Km/s. La longitud de onda y la velocidad pueden alterarse cuando esta pasa a través de un medio a otro, pero la frecuencia permanece fija independiente del medio.

Figura 2. Espectro electromagnético



Las ondas luminosas del espectro visible y cualquiera que sea su longitud, viajan con la misma velocidad a través del espacio, pero en un ambiente transparente (de densidad diferente a la del aire), los rayos azules de longitud de onda más corta viajan más lentamente que los rayos rojos, lo que explica el por qué de la descomposición de colores en un prisma, fenómeno que releva el espectro de la luz y permite su estudio.

2.4 LUZ NATURAL

La naturaleza tiene muchos fenómenos en los cuales se genera luz. El más evidente de todos quizás sea el sol, que es capaz de radiar energía sobre la tierra a razón de 0.135 W/cm^2 . Cerca del 75% de esta energía alcanza la superficie de la tierra al nivel del mar, en un día soleado.

La luminancia promedio del sol es de 160.000 cd/cm^2 , (unos 1.600 millones de cd/m^2) observada desde el nivel del mar, de modo que la iluminación sobre la superficie de la tierra debida al sol puede exceder los 100.000 Luxes. En un día nublado, la iluminación puede descender a 10.000 Luxes.

Otros fenómenos naturales en los que esta presente la luz son el firmamento, la luna, los rayos o descargas atmosféricas, las auroras boreales y algunas plantas y animales que generan luz a partir del fenómeno de la bioluminiscencia.

2.5 LUZ ARTIFICIAL

A partir del desarrollo de las ciencias físicas, el hombre ha aprovechado diferentes fenómenos naturales para controlarlos de tal manera que produzcan luz. Los más importantes son la incandescencia y la luminiscencia como se mencionó anteriormente.

A partir de la incandescencia se desarrollan dispositivos para generar luz de manera controlada, como las bombillas incandescentes, los arcos eléctricos de carbón y las fuentes de luz basadas en combustibles, como la gasolina y el gas. Cada una de ellas con aplicaciones específicas aun en la actualidad.

A partir de la luminiscencia se han desarrollado la mayor cantidad de fuentes luminosas orientadas al alumbrado público y a la iluminación de grandes áreas, debido a que su eficiencia de generación de luz es mayor que cualquiera de las incandescentes, esto a su vez tienen un costo en cuanto a la calidad de la luz. Mientras las fuentes incandescentes prácticamente no distorsionan la visión de los colores, debido a que el espectro de emisión es similar a al del sol, las fuentes basadas en luminiscencia llegan a distorsiones de color hasta del 50%. Estas características determinan en gran parte el uso de las fuentes de luz. Generalmente, el mercado residencial y el de las exposiciones comerciales está dominado por fuentes de luz incandescentes, en tanto que el mercado de

exteriores para alumbrado público, zonas verdes, iluminación industrial e incluso la iluminación comercial de granes interiores, esta dominado por las fuentes de luz basadas en luminiscencia.

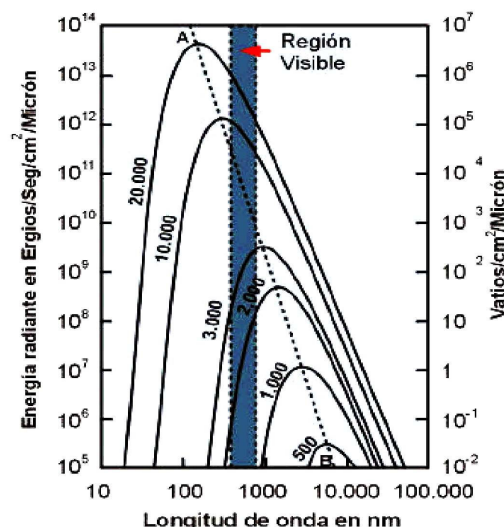
Ejemplos de fuentes incandescentes son: las bombillas de filamento para uso residencial, las bombillas de tungsteno para TV y las bombillas dicroicas para vitrinas, entre otras. Fuentes basadas en luminiscencia son los tubos fluorescentes, las bombillas de vapor de mercurio, las bombillas de vapor de sodio, tanto a alta como a baja presión y las bombillas de mercurio enriquecidas con materiales halógenos (metal halide).

Otras fuentes basadas en luminiscencia pero que no tiene como fin iluminación de espacios de trabajo en su estado de desarrollo actual son los diodos emisores de luz (LED) y los rayos láser.

2.6 RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

Se define como termo-radiación, a la emisión de energía radiante que depende exclusivamente de la temperatura del material. A la parte de esta radiación emitida dentro del espectro visible, se le denomina incandescencia. Así, la incandescencia es la producción de luz por elevación de la temperatura de un cuerpo, el espectro de luz emitida por un cuerpo así, es continuo, pues emite radiación en toda la banda del espectro visible, aunque con diferentes intensidades. A medida que aumenta la temperatura del cuerpo emisor, la cantidad de energía radiada es mayor y la longitud de onda se hace más corta y más próxima al espectro visible.

Figura 3. Región visible en la radicación de cuerpo negro



Fuente: Manual único de alumbrado público

El valor máximo de este rendimiento visual se establece alrededor de 4.300 °K, cifra notablemente superior al punto de fusión de los materiales utilizados en la producción de luz por incandescencia, ello explica el bajo rendimiento de conservación a luz de las fuentes incandescentes.

Los objetos que absorben bastante bien la radiación, también son buenos emisores y un cuerpo cuya superficie sea perfectamente negra, (es decir, que es un absorbente perfecto) también es un emisor perfecto. Este objeto se conoce como cuerpo negro o radiador de **Plank** y es capaz de absorber totalmente la radiación incidente, cualquiera que sea su longitud de onda, dirección de incidencia o polarización. Este radiador posee, para cualquier longitud de onda o dirección, la máxima concentración espectral de radiación a cualquier temperatura.

2.7 FENÓMENO DE LA LUMINISCENCIA

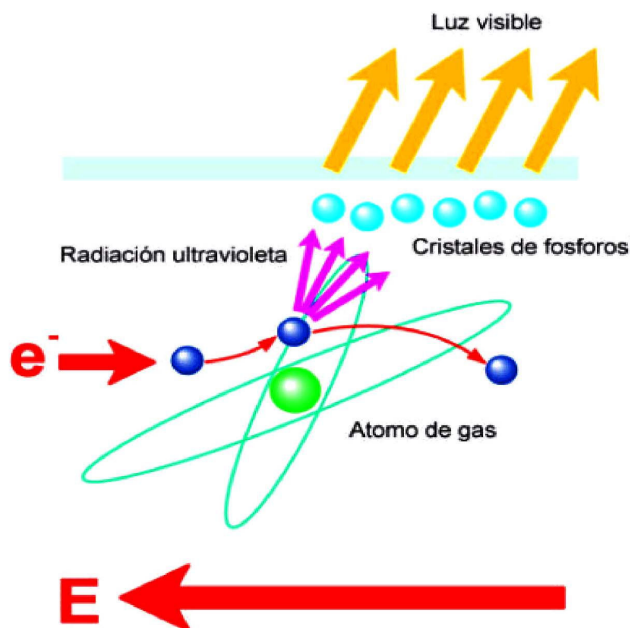
Analizando primero la forma de operar de una fuente de descarga gaseosa, se puede explicar más fácilmente el fenómeno de la luminiscencia.

Un tubo de descarga gaseosa es básicamente un recipiente de vidrio sellado y al vacío, que tiene dos electrodos en sus extremos, conectados a una fuente de potencial controlado. Como entre ellos hay una diferencia de potencial, el electrodo positivo se llama ánodo y el negativo cátodo.

Desde le punto de vista de su comportamiento eléctrico, es posible comprobar que hay una relación de proporcionalidad directa aproximada, entre la tensión eléctrica mediad de ánodo a cátodo y a la corriente que circula en el circuito. Además, la constante de proporcionalidad depende de la temperatura del cátodo, así, a mayor tensión y mayor temperatura del cátodo, circulara mayor corriente eléctrica por circuito.

La explicación física a este fenómeno, que aparentemente resultaría sencilla, sirvió para iniciar todo el desarrollo de la física cuántica, a partir de la teoría del átomo de **N. BÖHR**. Un resumen muy simplificado de esta explicación, se ofrece a continuación, por resultar útil para explicar el origen de la mayor parte de las fuentes lumínicas utilizadas en el alumbrado en general.

Figura 4. Fenómeno de la luminiscencia



Fuente: Manual único de alumbrado público

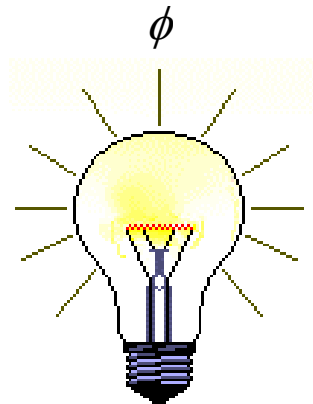
Entre el cátodo y el ánodo del tubo de descarga, existe un campo eléctrico E que actúa sobre los electrones del cátodo, produciendo una fuerza F , si esta fuerza es suficientemente grande, moverá electrones hacia el ánodo con velocidad creciente (esta emisión será más fácil si el cátodo está más caliente), este fenómeno se conoce como emisión termoiónica. Si se llena el tubo de gas, los electrones no se podrán mover libremente desde el cátodo hasta el ánodo y empezaran a chocar continuamente con los átomos de gas emitiendo energía en forma de radiación ultravioleta.

Durante el fenómeno de la emisión termoiónica se aprovecha la radiación ultravioleta, para excitar sustancias que producen mucha luz en presencia de este tipo de excitación y la emisión continuara mientras dure la excitación. Estas sustancias se conocen como fluorescentes y se colocan en la parte inferior del tubo de descarga, o en el interior del bulbo de la bombilla.

2.8 FLUJO LUMINOSO

Es la cantidad de luz incidente sobre una superficie de un metro cuadrado, dispuesta de manera que cada uno de sus puntos esta a una distancia de un metro del foco, en el que se encuentra una fuente luminosa uniforme de una candela, por unidad de tiempo.

Figura 5. Flujo luminoso



También se define como la potencia en vatios (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible.

El flujo luminoso se representa por la letra ϕ siendo su unidad el lumen* (Lm) que, como unidad de potencia, corresponde a 1/680 W emitidos en la longitud de onda de 5500 Å (Ángstrom).

$$\phi = \int_{\omega=0}^{\omega=1} I d\omega \quad (1)$$

2.9 INTENSIDAD LUMINOSA

Es el límite del cociente entre la cantidad de energía radiada en forma de luz (flujo luminoso ϕ medido en lúmenes) y el ángulo sólido (ω medido en estereorradianes**). Es por lo tanto, un vector cuya magnitud y dirección corresponden a las de la intensidad luminosa. Se representa con la letra I y su unidad es la candela *** (Cd).

*Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI)

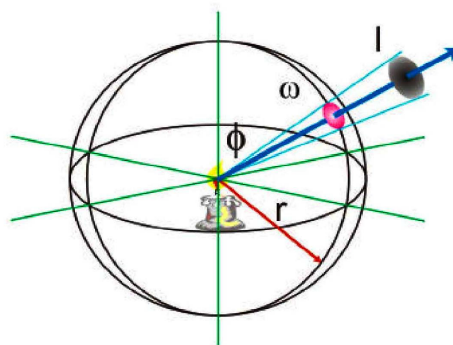
**Un estereorradián se define como el ángulo sólido (ω), formado entre el centro de una esfera de radio unitario y una porción de superficie de esa esfera de una unidad cuadrada, según esta definición una esfera tendrá 4π estereorradianes.

*** Unidad del Sistema Internacional (SI).

$$I = \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{d\phi}{d\omega} \quad (2)$$

Si una fuente tiene una intensidad luminosa de 1 Cd en todas direcciones, el flujo luminoso total de dicha fuente será de 4π lúmenes (12.56 lúmenes) y corresponde al resultado de evaluar la integral cerrada sobre una superficie esférica.

Figura 6. Intensidad luminosa



Fuente: Manual único de alumbrado público

$$\oint d\omega = 4\pi \quad (3)$$

2.10 EFICIENCIA LUMÍNICA

También conocida como eficiencia luminosa, expresa la relación entre el flujo que emite una fuente de luz y la potencia eléctrica absorbida para su obtención. La eficiencia se expresa en η (eta), siendo su unidad el lumen por vatio (Lm/W).

$$\eta = \frac{\phi}{W} \quad (4)$$

La eficiencia máxima teórica que puede obtenerse en luz monocromática de 5500 Å es de 680 Lm/W y los rendimientos luminosos obtenidos asta ahora quedan muy por debajo de ese valor. Es común encontrar fuentes luminosas con una eficiencia entre 15 y 200 Lúmenes/vatio.

Tabla 1. Eficiencia luminosa

TIPO	Lúmenes / Vatio
Incandescentes	15 a 23
Incandescentes-halógeno	20 a 25
Fluorescentes	35 a 100
Fluorescente compacta	35 a 100
Mercurio alta presión	50 a 60
Metal-Halide	80 a 125
Sodio alta presión	100 a 140
Sodio baja presión	135 a 200

Fuente: Manual único de alumbrado público

La evaluación de la eficiencia luminosa constituye una herramienta importante de selección de las fuentes lumínicas, toda vez que un elevado valor implica mejor aprovechamiento del recurso energético eléctrico.

2.11 ILUMINANCIA

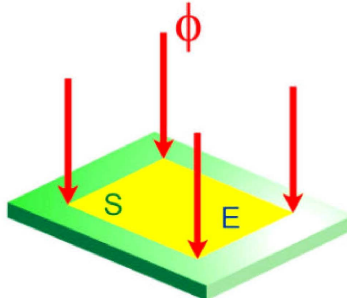
La iluminancia de una superficie plana es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie de una manera uniforme y el área de la misma, se representa por la letra E y su unidad es el Lux (1 Lux = 1 Lúmen/m²).

$$E = \frac{\phi}{S} \quad (5)$$

Esta forma de calcular la iluminancia es importante de tener en cuenta, porque es la forma como trabaja la mayor parte del software de cálculos lumínicos.

Una superficie plana S se encuentra iluminada con una densidad de un Lux, cuando sobre ella incide un flujo uniforme ϕ de un lúmen por cada metro cuadrado.

Figura 7. Iluminancia

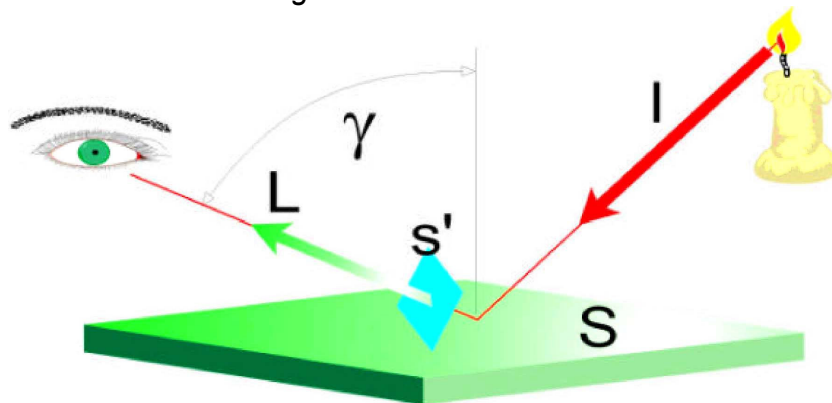


El Lux es el término mas usado para describir una instalación de alumbrado pero no hay que olvidar que representa solamente la cantidad de luz que llega a un plano y no da indicación alguna sobre la calidad (uniformidad, deslumbramiento, color, etc.) de la iluminación.

2.12 LUMINANCIA

La luminancia de una superficie en una dirección es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente s' (superficie vista por el observador situado en la misma dirección). Se representa por la letra L, siendo su unidad en Sistema Internacional (SI) la candela por metro cuadrado (Cd/m^2 internacionalmente se conoce como el NIT).

Figura 8. Luminancia



Fuente: Manual único de alumbrado público

$$L = \frac{dI}{dS} \times \frac{1}{\text{Cos } \gamma} \quad (6)$$

La luminancia puede ser directa (brillo) cuando proviene de un manantial luminoso; o indirecta, cuando se trata del reflejo de un objeto iluminado. La luminancia es la que produce en el ojo la sensación de claridad, pues la luz no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La mayor o menor claridad con que se ven los objetos igualmente iluminadas, depende de su luminancia.

La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. Se puede decir, por tanto que el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación. Grandes variaciones de luminancias en el campo visual pueden causar deslumbramiento y fatiga visual.

En alumbrado público, la luminancia se calcula como una fracción de la iluminancia en una superficie, esta fracción se denomina Factor de Luminancia y depende de la geometría del sistema.

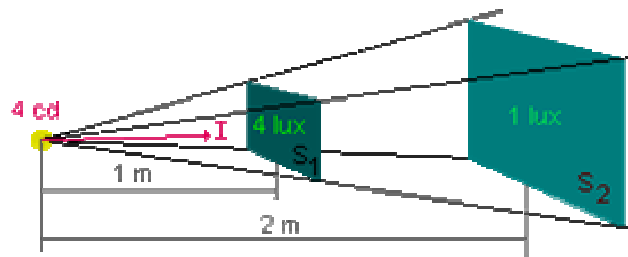
3. LEYES DE LA LUMINOTECNIA

La luminotecnia es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de la luz, así como su control y aplicación.

3.1 LEY INVERSA DEL CUADRO

Para un mismo manantial luminoso, la iluminancia en diferentes superficies situadas perpendicularmente a la dirección de la radiación, son directamente proporcionales a la intensidad luminosa de la fuente e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

Figura 9. Ley de la inversa del cuadro



$$E = \frac{I}{d^2} \quad (7)$$

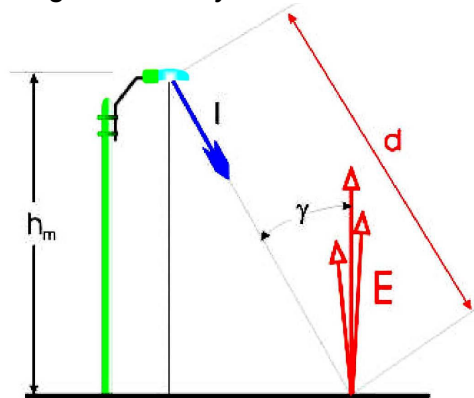
Esta ley se cumple cuando se trata de una fuente puntual, de superficies perpendiculares a la dirección del flujo luminoso y cuando la distancia es grande con relación al tamaño del foco (se asume grande cuando su relación supera el 10:1).

3.2 LEY DEL COSENO

Es la iluminancia en un punto cualquiera de una superficie, es directamente proporcional al coseno del ángulo de incidencia de los rayos luminosos en el punto de iluminación e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el punto y la fuente.

En la ley inversa del cuadro la superficie estaba situada perpendicularmente a la dirección de los rayos luminosos; pero cuando forma con esta un determinado ángulo γ , el resultado hay que multiplicarlo por el coseno del ángulo de incidencia, pues de esta manera se calcula solo su componente vertical.

Figura 10. Ley del coseno



$$E = \frac{I}{d^2} \cos \gamma \quad (8)$$

3.2.1 Iluminación horizontal.

La iluminación horizontal es la comúnmente aplicada en alumbrado público y corresponde a la iluminación sobre un plano que esta horizontal.

La componente de la iluminación horizontal se calcula multiplicando la intensidad luminosa incidente por el coseno trigonométrico del ángulo de incidencia denominado γ y dividiendo por el cuadrado de la distancia entre la fuente y el punto de cruce con la superficie.

$$E = \frac{I}{d^2} \cos \gamma \quad \Rightarrow \quad E_H = \frac{I}{h^2} \cos^3 \gamma \quad (9)$$

3.2.2 Iluminación vertical.

Se utiliza para evaluar diseños de fachadas de edificios, vías peatonales, monumentos y en escenarios deportivos, debido a que esta es un requisito para garantizar la calidad de la visión humana en planos verticales. Igualmente define uno de los parámetros de calidad requerido en las transmisiones de televisión.

La componente de la iluminación vertical se calcula multiplicando la intensidad luminosa incidente por el seno trigonométrico del ángulo de incidencia denominado γ y dividido por el cuadrado de la distancia entre la fuente y el punto de cruce con la superficie.

$$E = \frac{I}{d^2} \text{Sen } \gamma \quad \Rightarrow \quad E_v = \frac{I}{h^2} \text{Sen}^3 \gamma \quad (10)$$

3.3 REFLEXIÓN

Devolución de una radiación por una superficie sin cambio de frecuencia. La reflexión depende del pulimento superficial. Las hay de dos clases.

3.3.1 Reflexión especular.

Proceso mediante el cual el rayo incidente se refleja con el mismo ángulo de incidencia. El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en el mismo plano.

3.3.2 Reflexión difusa.

Proceso por el cual el flujo incidente es redireccionado sobre un rango de ángulos.

3.4 REFRACCIÓN

Proceso mediante el cual la dirección de un rayo de luz cambia conforme pasa oblicuamente de un medio a otro en el que su velocidad es diferente, este fenómeno puede ser especular o difuso.

Existen muchos tipos de luminarias que aplican estas cualidades de los materiales para manejar los haces de luz hacia ciertos puntos donde se pueden aprovechar de manera mas eficiente. La mayor parte de las luminarias de alumbrado público hacen uso de la refracción especular o dirigida dando origen a refractores de vidrio liso plano y vidrio liso curvo.

Otras tecnologías más avanzadas y generalmente más costosas, utilizan refractores de superficies tanto de entrada como de salida que no son paralelos entre si, de modo que el ángulo de refracción de cada sector del refractor, depende de manera exclusiva de su diseño. Estos diseños se basan en el modelo matemático estudiado y conocido como el Principio de **Huygens** por el cual, definidos los índices de refracción para dos medios, los ángulos de incidencia y refracción en la interfase relacionada por la Ley de **Snell**.

$$n_1 \times \text{Sen} \theta_1 = n_2 \times \text{Sen} \theta_2 \quad (11)$$

Donde n_1 y n_2 son los índices de refracción de los medios transparentes y θ_1 y θ_2 son los ángulos de incidencia y refracción respectivamente.

3.5 ABSORCIÓN

Es el fenómeno por el cual la cantidad de luz incidente es disminuida al reflejarse en una superficie o al refractarse a través de un material traslúcido. En los fenómenos de reflexión y transmisión, parte de la luz que incide sobre los cuerpos es absorbida en mayor o menor proporción según la constitución de los materiales.

4. DOCUMENTOS FOTOMETRICOS

Toda fuente de luz y en particular las utilizadas en alumbrado publico, para una adecuada descripción desde el punto de vista fotométrico, requiere de una serie de información condensada en los documentos fotométricos. Estos documentos están compuestos básicamente por curvas o diagramas típicos deducibles de la matriz de intensidades. La matriz de intensidades es, el documento fotométrico fundamental de cualquier fuente de luz o luminaria.

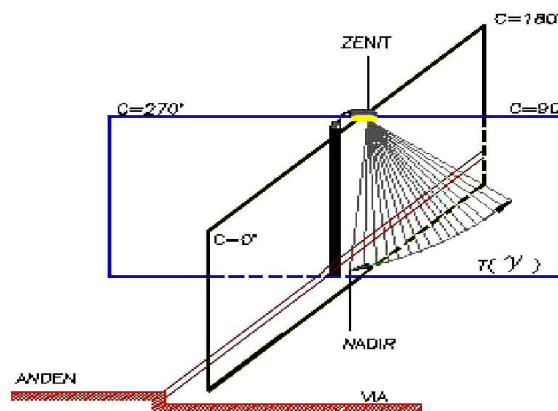
Los principales documentos fotométricos de una fuente lumínica o de una luminaria son: el diagrama isocandelas, el diagrama isolux, el diagrama polar de intensidad luminosa y la curva de coeficiente de utilización.

La referencia de estos documentos, en particular el sistema de coordenadas utilizado para su presentación y utilización varía de acuerdo con el organismo internacional seleccionado. Los actualmente usados en Colombia son el de la CIE con aplicación en los países Europeos y el de la IES con aplicación en Estados Unidos de Norteamérica.

4.1 SISTEMA DE COORDENADAS CIE

Este tipo de coordenadas de tipo esférico se denominan coordenadas esféricas de tipo (C - γ CIE). En este modelo, el ángulo C en el sentido longitudinal de la vía (ángulo $C=0^\circ$), desde la derecha (visto en planta y desde arriba) y avanza en sentido contrario al uso horario. Así, la porción simétrica de una luminaria para alumbrado publico cubre los ángulos desde $C = -90^\circ$ hasta $C = +90^\circ$. Cada uno de estos planos distingue un plano C

Figura 11. Sistema de coordenadas CIE



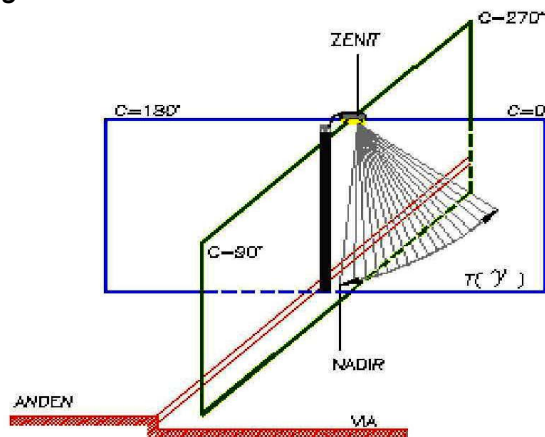
Fuente: Manual único de alumbrado público

Cada plano C se puede distinguir unos ángulos verticales denominados γ (Gamma). La denominación de estos ángulos comienzan en 0° el cual se halla ubicado en la vertical en dirección hacia abajo ($\gamma=0^\circ$ o Nadir) y avanzan en forma ascendente hasta la horizontal ($\gamma=90^\circ$). En algunas ocasiones puede incluir ángulos verticales hasta 180° (en dirección vertical hacia arriba o Zenit), para algunas luminarias decorativas.

4.2 SISTEMA DE COORDENADAS IES

En el modelo americano de coordenadas definido por la IES, el ángulo horizontal del diagrama isocandela inicia justo al frente de la luminaria (ángulo $C=0^\circ$) y avanza en sentido al uso horario, visto en planta, desde arriba. Igual que en el modelo anterior, cada ángulo C define un plano C.

Figura 12. Sistema de coordenadas IES



Fuente: Manual único de alumbrado público

Con respecto al ángulo vertical, denominado γ (Gamma), avanza desde la vertical en dirección hacia abajo ($\gamma=0^\circ$ o Nadir) hasta la horizontal ($\gamma=90^\circ$), aunque en algunas ocasiones puede incluir ángulos verticales hasta 180° , es decir en dirección vertical hacia arriba o Zenit, para alguna luminarias decorativas.

El ángulo γ (Gamma) se comporta de manera similar en ambos sistemas de coordenadas.

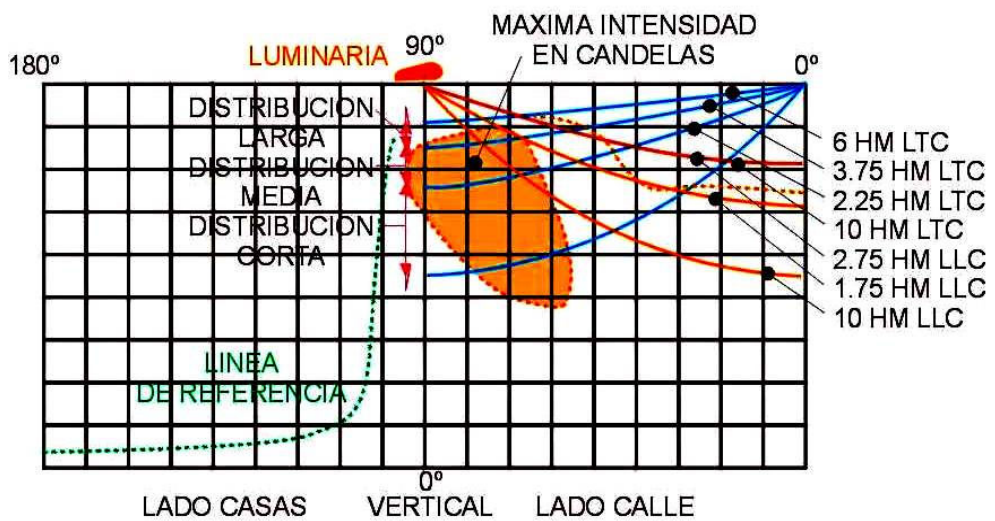
Este tipo de coordenadas esféricas se denomina coordenadas (C - γ IES). Para hacer una transformación de coordenadas entre sistemas, se utiliza una formula que da la relación entre planos C_{CIE} y planos C_{IES} es:

$$C_{CIE} = 90^\circ - C_{IES} \quad (12)$$

4.3 DIAGRAMA ISOCANDELA

Es la representación del lugar geométrico formado por puntos con igual magnitud en candelas. Generalmente cubre los planos en los 360° horizontales y ángulos en los 90° del hemisferio inferior (o nadir) de la luminaria o la fuente luminosa en estudio.

Figura 13. Diagrama isocandela



Fuente: Manual único de alumbrado público

HM: Altura de montaje

LLC: Líneas longitudinales al eje de la calle

LTC: Líneas transversales al eje de la calle

La curva constitutiva de las isocandelas, generalmente se da en Cd/klm en relación con la bombilla o fuente de luz utilizada (Candelas radiadas por cada mil lúmenes de la bombilla).

Con este diagrama se puede calcular manualmente tanto la iluminancia como la luminancia dada por la fuente de luz sobre cualquier superficie. Basta conocer la geometría del sistema y utilizar las ecuaciones correspondientes.

4.4 DIAGRAMA ISOLUX

Es una representación a escala de los niveles lumínicos que se alcanzan sobre algún plano horizontal de trabajo en relación inversa al cuadrado de la altura de montaje. Permite realizar cálculos manuales bastante precisos punto a punto en instalaciones de alumbrado público, canchas deportivas cuando se trate de proyectores.

El diagrama isolux cubre un área comprendida sobre el plano de trabajo horizontal normal de la luminaria en sentido transversal entre -2.5 y +5.0 veces la altura de montaje. En el sentido longitudinal cubre desde 0.0 hasta 7.0 veces la altura de montaje. Lo anterior, asumiendo que la luminaria se encuentra en el punto (0.0). Los valores negativos en sentido transversal expresan que la iluminación esta orientada hacia el lado de las casa (cuando la luminaria esta usada en distribución unilateral) en tanto que los valores positivos, expresan que la iluminación esta orientada hacia el lado de la vía.

El diagrama isolux debe presentar con claridad dos referentes, con el fin de establecer los respectivos factores de corrección: a) La altura de montaje a la que esta referido, (permite establecer la escala) y b) con que fuente de luz se realizo.

Para facilitar el calculo de estos valores de conversión, se acostumbra presentar el diagrama isolux como si la luminaria estuviera a una altura de montaje de 1.0 metros y tuviera una bombilla de 1000 lúmenes. Así, las diferentes curvas del diagrama se expresan en luxes.

Figura 14. Curva isolux



Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

La curva del mínimo valor isolux en el diagrama, debe permitir el cálculo de niveles de iluminación hasta de 1 lux, cuando la luminaria esté ubicada en la altura de

montaje recomendada por el fabricante y tenga la bombilla igualmente recomendada para su uso.

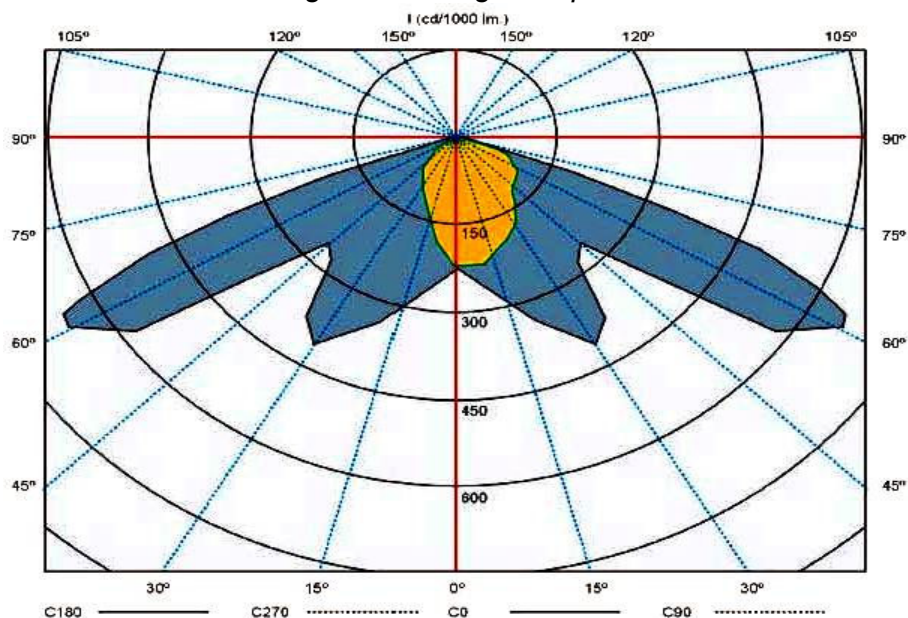
El factor de corrección por la altura de montaje se establece en términos de $(h_o/h_m)^2$ donde h_m corresponde a la altura de montaje del proyecto en tanto que h_o corresponde a la altura a la cual se obtuvo la curva isolux presente.

El factor de corrección por los lúmenes de la bombilla, es directamente proporcional y se expresa como (ϕ_1/ϕ_o) , donde ϕ_1 son los lúmenes del proyecto actual y ϕ_o los lúmenes con los cuales se representa la curva isolux.

4.5 DIAGRAMA POLAR DE INTENSIDAD LUMINOSA

Corresponde a uno o varios planos C específicos en un diagrama isocandela. Por ejemplo, en el modelo CIE, los planos utilizados para conformar diagramas polares son: el que queda justo al frente y atrás de la luminaria (planos C=90° y 270° Respectivamente) y el que contiene el valor máximo intensidad (aproximadamente entre 0°<C<15° Y 165°<C<180° en una luminaria con simetría bilateral como las de alumbrado publico). Su principal utilización se da al momento de establecer la clasificación de las luminarias con relación al control que tenga sobre las componentes de la luminaria que contribuyen a efectos deslumbrantes sobre los usuarios.

Figura 15. Diagrama polar



Un diagrama polar de intensidad luminosa consta de un plano polar en el cual el ángulo corresponde al ángulo γ (Gamma) dado y el vector o radio corresponde a

la intensidad en candelas que tiene la luminaria o fuente lumínica bajo prueba. Las referencias de los ángulos γ se grafican cada 5° , 10° o 15° dependiendo de la precisión dada al diagrama. Para facilitar la lectura del vector de candelas, se grafican circunferencias concéntricas cada 25, 50, 75, 100 o 200 Cd. Dependiendo igualmente de la precisión y tamaño del diagrama; debe indicar, además, el flujo luminoso de la bombilla con el cual se obtuvo o en su defecto correlacionar la escala en candelas/kilo-lumen (Cd/Klm).

Una luminaria de alumbrado público razonablemente buena debe tener una distribución de candelas elevada entre 60° y 75° en el sentido longitudinal de la vía ($C=0^\circ$ y $C=180^\circ$ sistema CIE). Debe tener una distribución de candelas mayor al frente ($C=90^\circ$) que atrás ($C=270^\circ$) de la luminaria, para que ilumine en el sentido transversal de la vía.

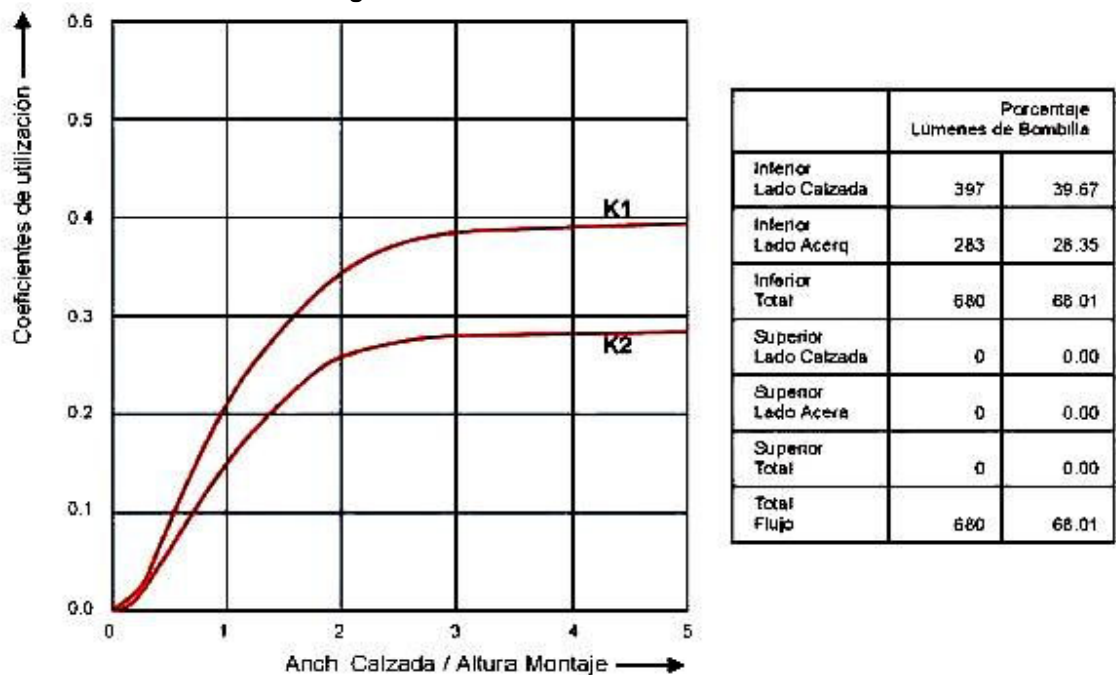
4.6 CURVA DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN

Contiene la información acerca de la cantidad de lúmenes que caen sobre una franja longitudinal de la vía de acuerdo con el ancho (W) que presente y su localización. Permite realizar cálculos manuales de iluminancia sobre una vía de una manera rápida. Su precisión es buena al momento de calcular iluminancia promedio sobre la vía. Así que el diseñador puede usar este método como un diseño final de iluminación (para el caso de iluminancia promedio). Se utiliza cuando no se dispone de métodos computarizados de cálculo.

La presentación de la mencionada curva se basa en un plano cartesiano en el que el eje X representa la distancia horizontal abarcada por la luminaria. Generalmente las unidades no se dan directamente en metros sino en la relación X/h_m donde h_m es la altura de montaje.

El eje Y representa el coeficiente de utilización propiamente dicho, el cual consta de dos componentes: la curva de coeficiente de utilización de la luminaria desde su vertical (nadir) hacia el frente (lado de la calle) cuyo aporte se denomina K_1 y la curva del coeficiente de utilización de la luminaria desde su vertical hacia atrás (lado de las casas o lado de la acera) cuyo aporte se denomina K_2 , la suma de los dos coeficientes anteriores dan como resultado el coeficiente de utilización total, denominado K_t .

Figura 16. Coeficiente de utilización



Ahora, la distancia considerada en el sentido positivo de las X va desde el nadir hasta encontrar la acera del frente, en tanto que en el sentido negativo de las X, va desde el nadir hasta el inicio de la acera, de esta manera se recorre todo el ancho de la vía.

Se complementa la curva del coeficiente de utilización con cuatro datos y tres resultados a saber:

- El dato de lúmenes totales de la bombilla sobre el lado de la calle así como el porcentaje a que equivale.
- El dato de los lúmenes totales de la bombilla sobre el lado de las casas así como el porcentaje a que equivale.
- El dato de los lúmenes totales de la bombilla sobre el lado de las casas provenientes del hemisferio superior, así como el porcentaje a que equivale.
- El dato de los lúmenes totales de la bombilla sobre el lado de las casas provenientes del hemisferio inferior, así como el porcentaje a que equivale.

Los datos de resultados son:

- Lúmenes totales del hemisferio inferior y porcentaje sobre los lúmenes totales.

- Lúmenes totales del hemisferio superior y porcentaje sobre lúmenes totales.
- Lúmenes totales entregados por la luminaria y porcentaje sobre los lúmenes totales.

De esta manera se identifica la eficiencia total de la luminaria con respecto a los lúmenes de la bombilla utilizada.

4.7 LA MATRIZ DE INTENSIDADES

Es el elemento de caracterización más importante que puede tener una fuente luminosa hoy en día. Además permite, mediante software adecuado, obtener cualquier clase de cálculo lumínico: bien sea punto a punto o bien sea de promedios; tanto la luminancia como de iluminancia y permite igualmente calcular deslumbramiento y uniformidades como elementos evaluadores de la calidad de la iluminación en el alumbrado público. En la luminotecnia moderna, es pues la huella digital de las luminarias.

La matriz de intensidades definida por la CIE consiste en una matriz bidimensional donde cada fila tabula el valor del ángulo γ (Gamma) y cada columna corresponde a un plano C (coordenadas polares esféricas del tipo C- γ CIE).

Los planos C que deben tener la matriz de intensidades son : 270°, 285°, 300°, 310°, 315°, 320°, 325°, 330°, 335°, 340°, 345°, 350°, 355°, 360°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 60°, 75° y 90°.

Para γ (Gamma) los ángulos a tomar son: 0°, 10°, 20°, 30°, 35°, 40°, 45°, 47.5°, 50°, 52.5°, 55°, 57.5°, 60°, 62.5°, 65°, 67.5°, 70°, 72.5°, 75°, 77.5°, 80°, 82.5°, 85°, 87.5°, 90°. En los casos aplicables se incluyen los ángulos 92.5°, 95°, 97.5°, 100°, 102.5°, 105°, 120°, 135°, 150°, 165° y 180°.

Adicionalmente es necesario definir, durante los cálculos, el tipo de interpolación que permite la matriz, pues pueden llegar a generar errores de cálculo procedimentales que son evitables. Por otra parte, al no ser proporcional el intervalo entre planos C sucesivos, la precisión y método de interpolación varían. Al respecto se debe consultar la recomendación CIE 140 de 2000, donde se analiza este tipo de cálculos así como sus implicaciones al momento de escribir software para cálculos lumínicos.

La matriz de intensidades definida por la IES consiste igualmente en una matriz bidimensional donde cada fila tabula un valor del ángulo gamma y cada columna corresponde a un plano C (coordenadas polares esféricas del tipo C- γ IES).

En el modelo americano para la matriz de intensidades, los planos C referenciados varían de 0° a 180° (o de 360° según se necesite) y en intervalos de 2.5°, 5° o 10°, de acuerdo con la precisión de la matriz. En ese caso de debe indicar el numero de ángulos horizontales utilizados.

Igual sucede con el ángulo γ (Gamma) el cual varia de 0° a 90° (o de 180°, de ser necesario), en intervalos iguales bien sean de 1°, 2.5°, 5°, o de 10°, de acuerdo con la precisión de la matriz. De igual manera, y en ese caso, de debe indicar el numero de ángulos verticales utilizados. Finalmente se expresa el ángulo de inclinación de la luminaria al cual de obtuvo la matriz (normalmente se hacen a 0°) así con el reglaje da la fonometría.

Ambos modelos de matrices se usan para el cálculo lumínico mediante software; pero ante las diferencias sutiles y de referenciación de las matrices, se debe tener muy claro antes de iniciar a usar el software si se opta para uno u otro sistema.

Tabla 2. Matriz de intensidad luminosa dentro del sistema C- γ

PLANOS C		Candelas/ 1.000 lúmenes (Cd/kdm)													
$\gamma \backslash C$	270°	285°	300°	310°	315°	...	30°	35°	40°	45°	50°	60°	75°	90°	
0.0°	184	185	185	184	184	...	184	184	183	184	184	184	184	186	
10°	179	180	182	184	185	...	185	186	186	187	186	188	188	188	
20°	174	176	176	181	184	...	186	187	187	188	189	189	189	191	
30°	166	168	172	179	182	...	187	187	189	190	191	190	191	192	
35°	160	164	169	177	183	...	190	191	194	193	193	191	188	189	
40°	153	156	163	175	182	...	192	194	197	196	194	190	185	182	
...						...									
...						...									
...						...									
72.5°	022	031	042	058	074	...	090	087	081	069	059	047	028	021	
75.0°	016	024	034	049	062	...	077	075	069	058	049	039	024	018	
77.5°	011	019	027	039	051	...	064	062	058	037	040	031	020	014	
80.0°	004	010	015	021	029	...	039	037	035	029	024	019	012	009	
82.5°	004	007	011	015	020	...	027	026	026	021	018	014	010	008	
85.0°	003	005	008	009	013	...	017	017	017	014	013	011	007	007	
87.5°	003	004	004	005	005	...	006	006	006	006	006	006	006	006	
90.0°	002	003	003	003	004	...	004	004	004	004	004	004	004	004	

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900 (1998-07-22)

5. LUMINARIAS

La luminaria es un aparato de iluminación que tiene como función controlar, distribuir, filtrar y transformar la luz emitida por una o más bombillas incluyendo todos los elementos y accesorios ópticos y eléctricos necesarios para fijar y proteger las bombillas y conectarlas a la red de suministro de energía eléctrica.

5.1 CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS POR LA IES

En el modelos de la IES, las luminarias para alumbrado público se clasifican básicamente de acuerdo con parámetros como distribución vertical, distribución lateral y control de deslumbramiento, permitiendo de esta manera estandarizar ciertos diseños de vías típicas, de acuerdo con la distribución vertical, se clasifican en luminarias de alcance corto (S), medio (M) o largo (L), dependiendo del lugar geométrico en el que se encuentre el punto de máxima intensidad con respecto a las líneas transversales de la vía.

Para garantizar una buena iluminación se debe cumplir que los puntos de máxima intensidad de luminarias adyacentes, que se encuentren o traslapen a nivel de piso y que la interdistancia de luminarias denominada S se mantenga dentro de los límites establecidos a continuación.

Tabla 3. Distribución longitudinal o alcance

TIPO DISTRIBUCIÓN O ALCANCE	CRITERIO: POSICIÓN DE LA Cd MAX. SOBRE LAS LTC
S (corta)	1,00 a 2,25
M (media)	2,25 a 3,75
L (larga)	3,75 a 6,00

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

De acuerdo a la distribución lateral, el modelo IES clasifica las luminarias en tipo I, II, III, IV y V, el tipo I se utiliza en vías angostas en tanto que los tipos IV se utilizan en vías anchas. La tipo V es una distribución utilizada en zonas verdes o senderos, por luminarias decorativas.

* LTC= Línea transversal a la calzada

Tabla 4. Distribución lateral del flujo

TIPO DE LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN LATERAL	CRITERIO: POSICIÓN DE LA TRAZA* DEL 50% DE Cd MAX. SOBRE LAS LLC**
I	ANGOSTA	-1 a +1
I.A	CUATRO VÍAS	-1 a +1 en cruz
II	MEDIA	Desde 0 +1 a +1.75 ⁽¹⁾
III	ANCHA	Desde 0 +1.75 a 2.75
IV	MUY ANCHA	Desde 0 +2.75 a +6.0
V	ZONA VERDE	Circular

Fuente: Manual único de alumbrado público

De acuerdo a la capacidad para controlar la emisión lumínica por encima de $\gamma=80^\circ$ en el plano $C=90^\circ$ denominada apantallamiento las luminarias se clasifican en apantallamiento controlado (Cut-off), semicontrolado (Semi-Cut-off) y no controlado (Non-Cut-off).

Tabla 5. Clasificación de luminarias por apantallamiento

TIPO DE LUMINARIA	APANTALLAMIENTO	CONDICIÓN 1: Cd/klm EN $C=90^\circ$ $\gamma=90^\circ$	CONDICIÓN 2: Cd/klm EN $C=90^\circ$ $\gamma=80^\circ$
Cut-off	Controlado	<2,5% de I_{max} sin exceder de 25	<10% de I_{max} sin exceder de 100
Semi-Cut-off	Semicontrolado	<5% de I_{max} sin exceder de 50	<20% de I_{max} sin exceder de 200
Non-Cut-off	No controlado	No hay limitaciones	

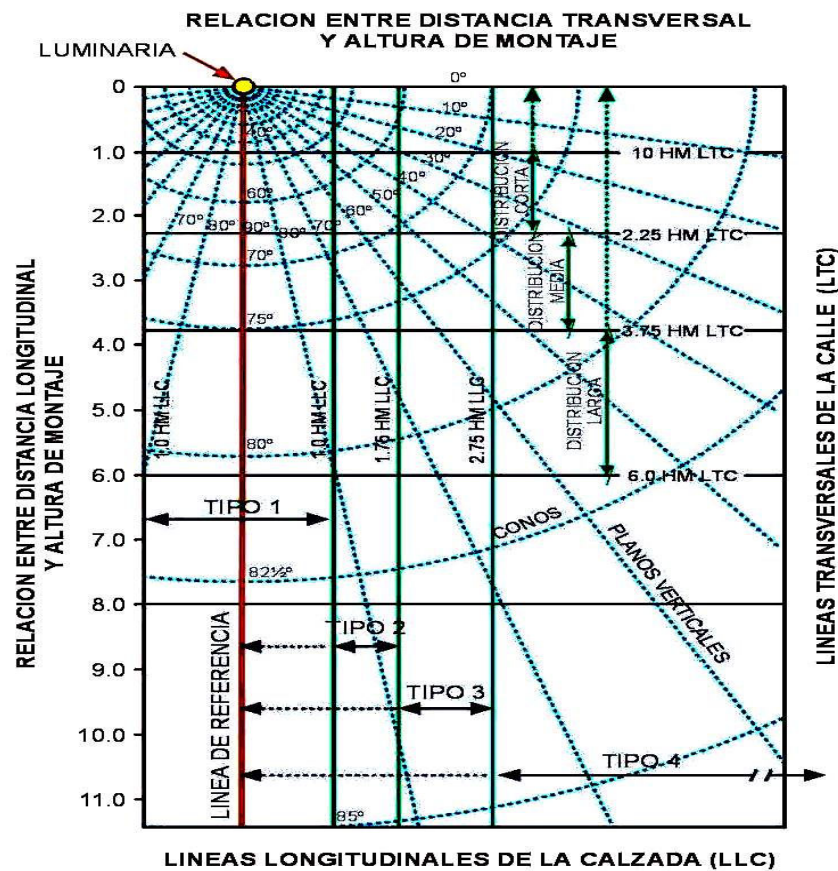
Fuente: Manual único de alumbrado público

Para facilitar el entendimiento de la clasificación IES se presenta una plantilla para la clasificación de luminarias. Sobre ella se trazan las isocandelas y el punto de máxima intensidad y se procede a revisar con las tablas dadas, a que tipo de luminaria corresponde.

*La traza a la que hace referencia debe quedar preferiblemente entre +1 y +1.75 LLC. Pero si la traza pasa por la zona 0 a +1 LLC se considera dentro del tipo de luminaria especificado.

**2 LLC = Línea longitudinal a la calle, referida a la altura de montaje h_m .

Figura 17. Clasificación de luminarias según la IES



Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

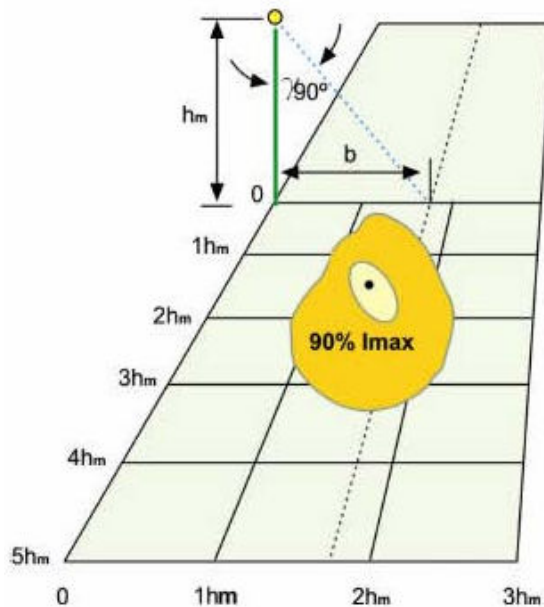
5.2 CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS POR LA CIE

Este modelo de la CIE, en general, no clasifica las luminarias sino que se concentra en los resultados del diseño lumínico. De esta manera, la clasificación de las luminarias puede utilizarse para aplicaciones en las que se necesiten luminarias que provean niveles de iluminación, luminancia, uniformidad y limitación del deslumbramiento similares.

La actual clasificación de la CIE para luminarias, de acuerdo con sus características fotométricas, se basa en la medición de tres propiedades de la luminaria:

- El alcance o distribución luminosa en el sentido longitudinal de la vía.
- La dispersión o distribución luminosa en el sentido transversal de la vía.
- El control de deslumbramiento.

Figura 18. Clasificación por dispersión



Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

Alcance: se define mediante el ángulo de elevación del centro del haz de luz. Se representa por el ángulo γ_{max} el cual se obtiene promediando los ángulos de elevación correspondientes al 90% de la intensidad máxima I_{max} de acuerdo con el valor obtenido, se da la clasificación... en la tabla 6...

Tabla 6. Clasificación de luminarias según su alcance

TIPO DE LUMINARIA	CARACTERÍSTICAS
ALCANCE CORTO	$\gamma_{max} < 60^\circ$
ALCANCE MEDIO	$60^\circ < \gamma_{max} < 70^\circ$
ALCANCE LARGO	$\gamma_{max} > 70^\circ$

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

Dispersión: se define mediante la posición de la LLC de mayor valor que pasa tangente a la curva correspondiente al 90% de I_{max} en el plano horizontal de la calzada. Siempre se toma para $C=90^\circ$. Los grados de dispersión se definen de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 7. Clasificación de luminarias según su dispersión

TIPO DE LUMINARIA	CARACTERÍSTICAS
DISPERSIÓN ESTRECHA	$\gamma_{90^\circ} < 45^\circ$
DISPERSIÓN MEDIA	$45^\circ < \gamma_{90} < 55^\circ$
DISPERSIÓN ANCHA	$\gamma_{\max} > 55^\circ$

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

Tanto el alcance como la dispersión se pueden calcular desde el diagrama isocandela de la luminaria.

Control: el control queda definido por el índice específico de la luminaria, SLI es la parte del índice de deslumbramiento, determinada únicamente por las propiedades de la luminaria. En las hojas de características fotométricas se da el valor numérico del SLI de las luminarias.

Tabla 8. Clasificación de luminarias según su control

TIPO DE LUMINARIA	CARACTERÍSTICAS
CONTROL LIMITADO	SLI<2
CONTROL MODERADO	2<SLI<4
CONTROL INTENSO	SLI>4

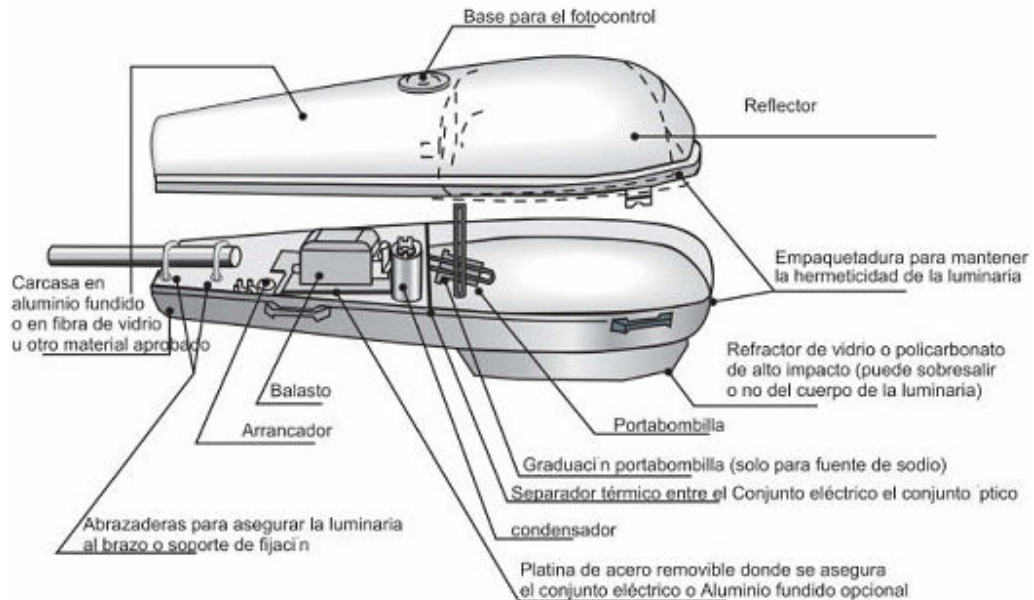
Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

Es de aclarar que una luminaria no es mejor o peor por su clasificación en cualquiera de los apartes mencionados, simplemente tiene otros usos. Pero lo más importante es que las condiciones de calidad lumínica finales (seguridad y confort) dependen en su totalidad de todas las variables involucradas en el diseño mismo; de su geometría, de la luminaria y de las condiciones de reflectancia de la vía.

5.3 COMPONENTES DE LA LUMINARIA

Las luminarias poseen dos clases de componentes, uno óptico y otro eléctrico. El primero se compone de todos los elementos necesarios para controlar y dirigir la luz producida por una bombilla y el segundo de brindar las condiciones adecuadas para que la bombilla reciba la energía requerida para su óptimo funcionamiento.

Figura 19. Partes de la luminaria



Fuente: Manual único de alumbrado público

5.3.1 Conjunto óptico.

Durante el diseño de una luminaria debe procurarse que el conjunto óptico mantenga la forma y distribución de la luz, así como el rendimiento del conjunto bombilla-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Debe ser de fácil instalación y mantenimiento, empleando materiales adecuados que resistan el ambiente en el cual trabajará la luminaria y que mantengan la temperatura de la bombilla dentro de los límites de funcionamiento, teniendo siempre en cuenta la economía y la estética.

El conjunto óptico de una luminaria esta compuesto por:

- **Reflector.** Esta ubicado en el interior de la luminaria , este aprovecha el flujo de la bombilla dirigiéndolo en un patrón de distribución de luz deseable; están contruidos generalmente en laminas de aluminio anodizado, policarbonato metalizado y satinado o plancha de acero esmaltado, para producir una modificación difusa de la distribución luminosa de la bombilla.
- **Refractor.** Es un elemento translucido empleado para alterar la distribución espacial del flujo luminoso, mediante el proceso de refracción de la luz, así como garantizar el IP de la luminaria. Generalmente están contruidos de vidrio o policarbonato mejorado al impacto, compuestos de prismas con áreas acanaladas

verticales, que sirven para modificar la distribución del flujo luminoso en forma simétrica o asimétrica. Los refractores más utilizados son de forma curva, debido a que mejora sustancialmente el reparto de intensidad luminosa y permite una mejor iluminación sobre la vía.

5.3.2 Conjunto eléctrico.

El conjunto eléctrico de una luminaria varía sus elementos de acuerdo al tipo de bombilla empleada. Para las bombillas incandescentes normales no se requiere de elementos auxiliares; para las bombillas halógenas se debe tener un transformador o una fuente electrónica; y para las bombillas fluorescentes y de descarga eléctrica, se compone por un arrancador, una bombilla, un balasto y un condensador o poseen un conjunto electrónico para el control del encendido y regulación del voltaje; como elemento común se tiene el portabombillas que en algunos casos permiten su graduación dentro del conjunto óptico para satisfacer la fonometría de la luminaria y los aspectos de reglaje relativos a su diseño.

El reglaje hace referencia a las diferentes posiciones de la bombilla dentro del conjunto óptico. A través de las cuales el fabricante garantiza los parámetros fotométricos de un diseño particular: Su ventaja consiste en que con una misma luminaria, se puede obtener más de una fonometría ofreciendo alternativas flexibles del diseño.

El conjunto eléctrico de una luminaria esta compuesto por:

- **Balasto.** Elemento usado con una bombilla de descarga eléctrica, para obtener las condiciones necesarias del circuito (tensión, corriente y forma de onda) para el encendido y operación de la bombilla.
- **Arrancador.** Dispositivo encargado de generar pulsos de tensión para iniciar el proceso de encendido de las bombillas de descarga sin precalentamiento de electrodos.
- **Condensador.** Dispositivo que tiene por objeto corregir el factor de potencia del conjunto eléctrico de la luminaria al 90% mínimo en balasto tipo reactor.
- **Bombilla.** Termino genérico para denominar una fuente de luz fabricada por el hombre. Por extensión, el término también es usado para denotar fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacente a la zona visible.

5.4 GRADOS DE HERMETICIDAD Y PROTECCIÓN MECÁNICA DE LAS LUMINARIAS

Las luminarias deben cumplir con un grado de hermeticidad específico, para el conjunto eléctrico y otro para el conjunto óptico, definidos de acuerdo con la clasificación usada por el código IP.

La clasificación para indicar el grado de protección consiste en las letras de denominación IP, seguidas de los dígitos (números característicos), que indican la conformidad con las condiciones establecidas en las recomendaciones IEC 60529 y 60598 y las letras de denominación IK, seguidas de dos dígitos (números característicos) que indican la conformidad con las condiciones establecidas en las normas EN-50102.

Los códigos IP son la marca principal en las luminarias, pero pueden usarse símbolos normalizados adicionales con los dígitos correspondientes. A continuación se indica el grado de protección:

Primer dígito: Protección del equipo contra la entrada de cuerpos extraños sólidos y comprende siete dígitos, desde el grado 0 (sin protección) hasta el grado 6 (totalmente protegido contra polvo).

Segundo dígito: Protección del equipo dentro de la cubierta contra entrada de agua y comprende nueve grados, desde el grado 0 (sin protección) hasta el grado 8 (protegido contra los efectos prolongados de inmersión bajo presión)

El índice IK en las luminarias, corresponde al grado de protección contra el impacto o protección mecánica del cuerpo de la luminaria y/o refractor o cubierta contra choques sólidos y comprende once grados desde el 00 (sin protección) hasta el grado 10 (energía de choque 20 Julios unos 5Kg a una distancia de 40cm).

Tabla 9. Grados de hermeticidad y protección contra el impacto

PRIMERA CIFRA		SEGUNDA CIFRA		INDICE IK	
IP	Protección contra cuerpos sólidos	IP	Protección contra líquidos	IK	Protección contra el impacto. Energía de impacto (JULIOS)
0	Sin protección	0	Sin protección	0	No protegido
1	Ø > 50 mm (contactos involuntarios)	1	Caída vertical de gotas de agua	1	0.15
2	Ø > 12 mm (Contactos Involuntarios)	2	Caída de agua hasta 15° de la vertical	2	0.2
3	Ø > 2.5 mm (Herramientas cables)	3	Agua lluvia hasta 60° de la vertical	3	0.35

4	Ø > 1 mm (Herramientas finas cables)	4	Proyección de agua en todas las direcciones	4	0.5
5	Protegido contra el polvo	5	Lanzamiento de agua en todas las direcciones	5	0.7
6	Totalmente protegido contra el polvo	6	Lanzamiento de agua similar a los golpes de mar	6	1
		7	Inmersión	7	2
		8	Efectos prolongados de inmersión bajo presión	8	5
				9	10
				10	20

Fuente: Manual único de alumbrado público

6. DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA VÍA

La disposición de las luminarias en la vía esta relacionada con su patrón de disposición, con los requerimientos lumínicos de la vía, con la altura de montaje de las luminarias, con el perfil de la vía, la proximidad a las redes de MT. (En donde se deberán cumplir las normas de distancias mínimas de seguridad y zonas de servidumbre), mobiliario urbano, etc. Aparte de estas consideraciones, la altura de montaje se relaciona con las facilidades para el mantenimiento y el costo de los apoyos, por lo que un proyecto se normaliza la altura y modelo de dichos postes.

Alturas mayores de postes, en general dificulta el mantenimiento. Para casos especiales, la altura mínima permitida es de 6 metros (senderos peatonales) y la máxima es de 16 metros (grandes áreas). Luminarias de mayor potencia permiten elevar la interdistancia de postes y reducir su cantidad.

La interdistancia se conoce como el valor S y corresponde a la distancia (en metros) entre dos luminarias consecutivas, distancia que se mide siguiendo el eje de la vía, la interdistancia es el resultado del diseño fotométrico.

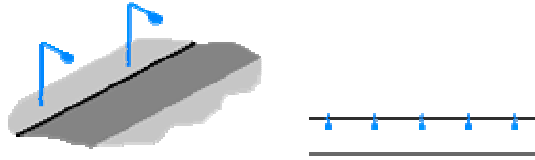
En las disposiciones o distribuciones de las luminarias se debe tener en cuenta la limitación en el carril apuesto a donde se encuentra las luminarias y compensarlas con uno de los cuatro conceptos o con una combinación de ellos.

- Cambiar el reglaje para que la luminaria sea más dispersante (dispersión media o estrecha).
- Aumentar el ángulo de inclinación de la luminaria (pasar de 0° a 5° , 10° o 15°), diseños por encima de esta elevación no son recomendables porque terminan iluminando las fachadas del frente y generando polución luminosa.
- Aumentar la longitud del brazo para que el avance de la luminaria sobre la calzada sea mayor.
- Seleccionar la interdistancia de las luminarias y la altura de montaje de tal manera que se logre los parámetros mínimos de uniformidad y luminancia tanto en la vía vehicular como en los andenes adyacentes y opuestos.

6.1 DISPOSICIÓN UNILATERAL

Es una disposición donde todas las luminarias se instalan a un solo lado de la vía. Esta disposición se usa en proyectos donde el ancho de la vía, denominado W , es inferior a la altura de montaje denominada h_m .

Figura 20. Disposición unilateral

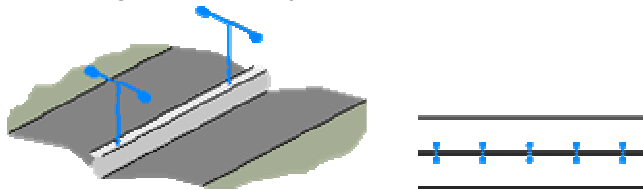


Para este caso se puede utilizar con ventaja técnica y económica luminarias con clasificación IES Tipo I o con clasificación CIE Dispersión Estrecha.

6.2 DISPOSICIÓN CENTRAL SENCILLA

Es común ver vías donde los carriles de circulación en una dirección y otra se encuentran separadas por un pequeño andén o separador que puede alcanzar hasta 2 metros de ancho.

Figura 21. Disposición central sencilla



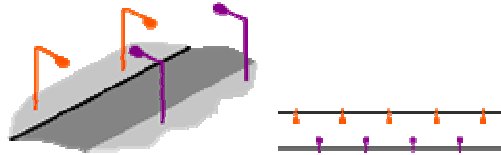
Se logra una buena economía en el proyecto si los postes se comparten en el separador central a manera de dos disposiciones unilaterales. Esta disposición generalmente resulta ser la más atractiva por su bajo costo inicial en comparación con una distribución unilateral que utiliza postes en los andenes exteriores al separador central.

6.3 DISPOSICIÓN BILATERAL ALTERNADA

Las luminarias se ubican alternadamente a cada lado de la calzada de la vía, esta distribución asegura una buena distribución de las áreas de luminancia sobre la calzada, siempre que se haga una buena selección de la interdistancia de las luminarias.

Esta distribución se utiliza cuando la vía presenta un ancho W superior a la altura de montaje h_m de las luminarias ($1.0 < (W/h_m) < 1.5$), se pueden utilizar luminarias clasificadas como tipo II de la IES o de dispersión media en el modelo de la CIE.

Figura 22. Disposición bilateral alternada

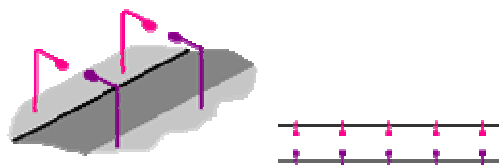


También es conveniente utilizar esta disposición en zonas comerciales o de alta afluencia de personas en la noche, para iluminar las aceras y las fachadas de las edificaciones frente a la calzada y crear de esta manera un ambiente luminoso agradable.

6.4 DISPOSICIÓN BILATERAL OPUESTA

En este caso de iluminación consta de dos filas de luminarias, una a cada lado de la vía y cada luminaria se encuentra enfrentada con su correspondiente del lado contrario. Se utiliza cuando la vía presenta un ancho muy superior a la altura de montaje de las luminarias ($1.25 < (W/h_m) < 1.75$). Se pueden utilizar luminarias clasificadas como Tipo III de la IES o de dispersión ancha en el modelo de la CIE.

Figura 23. Disposición bilateral opuesta



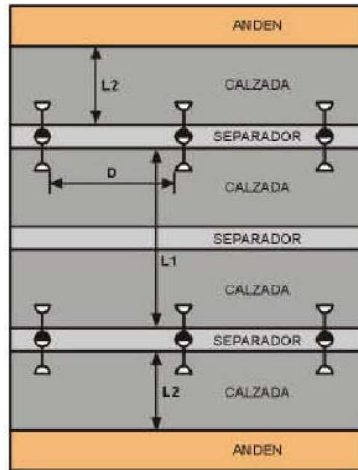
Esta disposición permite, además, el mejor efecto de iluminación sobre la vía, tanto en cantidad de luminancia como en la uniformidad de su reparto y en todos los carriles de circulación vehicular y peatonal.

6.5 COMBINACIONES DE DISPOSICIONES

En vías compuestas de cuatro o más calzadas de circulación y que incluyen separadores generalmente 2 o 3, se utilizan combinaciones de distribución de luminarias. Las más comunes son la central doble, en la cual cada dos calzadas se iluminan con disposición central sencilla.

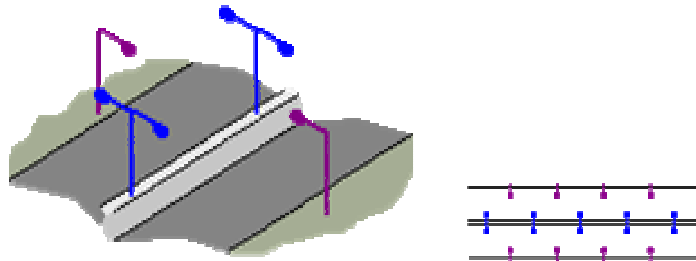
Cada calzada se trata por separado desde el punto de vista del requerimiento lumínico. Así las calzadas en seguida de los andenes (carril de baja velocidad) pueden ser de tipo M3 en tanto que las calzadas centrales (calzadas principales) pueden ser de tipo M2.

Figura 24. Disposición central doble



Otra forma muy eficiente para vías de cuatro calzadas es utilizar una distribución central doble para las calzadas centrales y una distribución bilateral alternada en conjunto con las céntricas, para los carriles externos.

Figura 25. Combinación de distribuciones central sencilla y bilateral alternada



6.6 CASOS ESPECIALES DE DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS

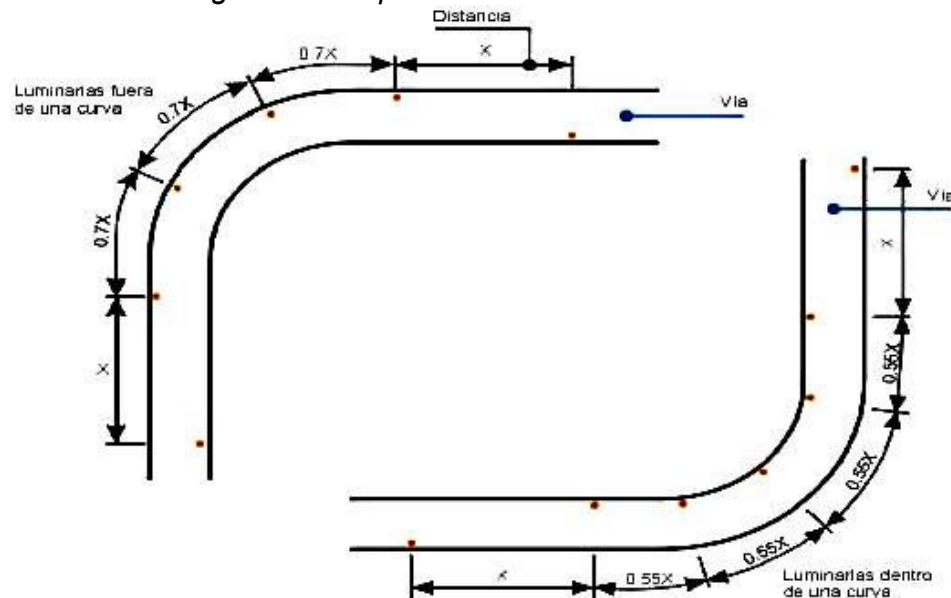
Además de las disposiciones de luminarias anteriores, es necesario tener en cuenta otras normas de colocación y cambios en la interdistancia, como consecuencia de cambios en la calzada. Unas veces estos cambios aumentan la iluminación cuando se disminuye la interdistancia de modo que facilite la percepción de obstáculos y de la calzada misma. Otras veces los postes y luminarias se ubican para complementar la guía visual.

Estos casos se presentan en bifurcaciones, curvas, cruces o cualquier otro cambio en la vía, se debe reforzar la iluminación tanto en la aproximación como en el sitio mismo, de modo que se aumente la seguridad de la circulación vehicular.

6.6.1 Disposición en curvas.

La disposición de las luminarias debe ser preferencialmente en el andén exterior de las curvas, con el fin de mantener una guía visual más estable, se deben usar distribuciones de luminarias tipo unilateral o bilateral opuesta. Así mismo, se debe evitar el uso de la distribución bilateral alternada, porque puede causar confusión respecto a la forma del camino, otra distribución que se debe evitar es cambiar el sentido de la distribución unilateral al entrar a una curva y dejar luminarias justo al frente de la prolongación de la vía, esto retarda la percepción de la curva por parte del conductor y aumenta la posibilidad de un accidente.

Figura 26. Disposición de luminarias en curvas



Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

El trabajo visual del conductor en las curvas se aumenta, por lo que en las curvas leves (entre 0° y 30°) se reduce la interdistancia básica a $0.90S$ (*interdistancia*) en el trayecto de entrada o salida de la curva (normalmente comprende 100 a 200 metros para velocidades de circulación de 60 o 75 Km/h respectivamente) y a $0.75S$ en el trayecto mismo de la curva.

Cuando se trata de curvas mas pronunciadas (entre 30° y 90° y radio inferior a 300 m) la interdistancia se reduce hasta $0.70S$, cuando las luminarias se encuentran

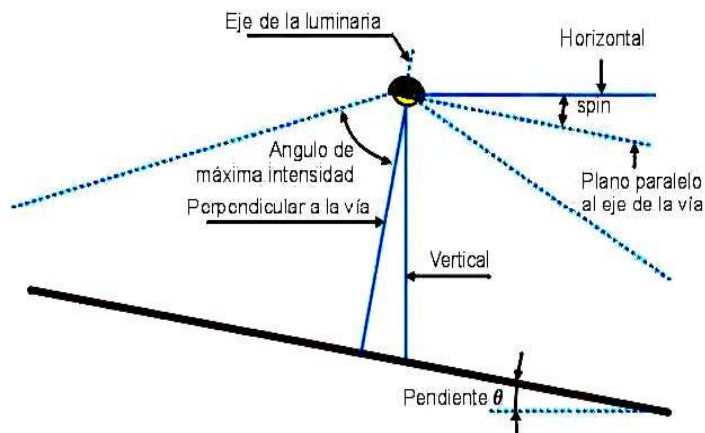
instaladas en la acera exterior de la curva. Si se encuentra en la acera inferior, esta reducción va hasta 0.55S.

6.6.2 Disposición en calzadas con pendiente.

Los postes, en los trayectos con pendientes, deberán permanecer verticales e independientes de la inclinación de la calzada. Si un trayecto de la calzada es inclinado y además es curvo, los postes o apoyos de la luminarias deben ubicarse detrás de las barreras protectoras o naturales que existan, con el fin de evitar accidentes de tránsito y reducir sus complicaciones, cuando se produzcan, considerando siempre la iluminación amplia sobre vehículos, calzadas, andenes, barreras, elementos de señalización existentes así como el mismo poste.

Las luminarias deben ser orientadas de tal manera que el rayo de luz en el nadir sea perpendicular a la vía. El ángulo de giro formado entre el brazo y la luminaria se denomina spin y debe ser igual al ángulo de inclinación de la vía θ , asegurando la máxima uniformidad en la distribución de la luz y reduce el deslumbramiento de una manera eficaz.

Figura 27. Disposición de luminarias en planos inclinados



Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

Al igual que en las curvas, el trabajo visual del conductor en una calzada en pendiente se aumenta. Se considera que una calzada esta en pendiente, como para variar las condiciones de iluminación, cuando ésta excede los 3° , por debajo de este valor, se considera la iluminación en un trayecto plano.

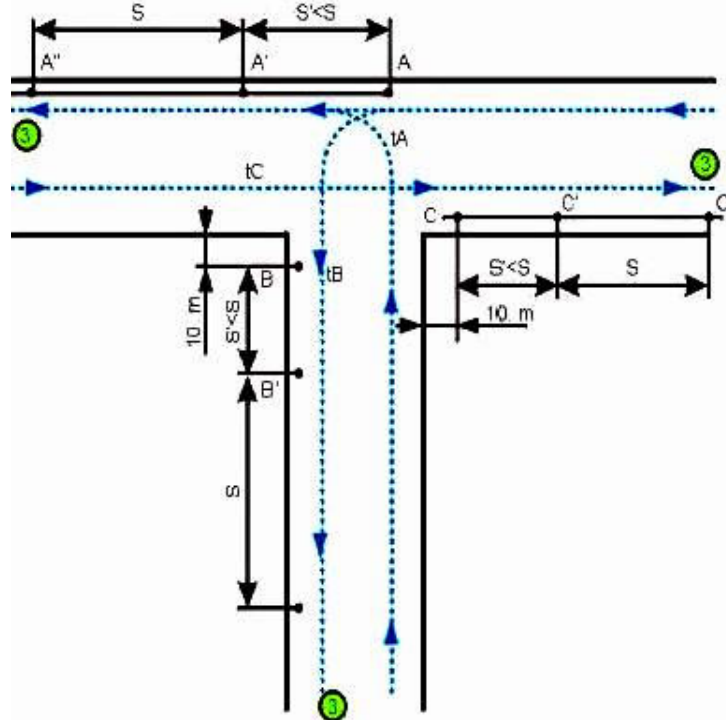
En los trayectos con pendientes los primeros 100 o 200 metros (dependiendo del a velocidad de circulación) al entrar a una sección de la calzada en pendiente, el diseñador debe reducir la interdistancia a 0.90S y en la cima, unos 100 a 200

metros antes y después, dependiendo de la velocidad de circulación, la interdistancia se reduce paulatinamente hasta llegar a 0.70S.

6.6.3 Cruces en T y cruces en Y.

Esta situación es común en las entradas a barrios o sectores urbanizados. La iluminación se refuerza con tres luminarias denominada **a**, **b**, **c**, cada una de ellas debe cubrir la entrada a una de las vías del cruce T, de modo que el conductor encuentre mas iluminadas las intersecciones entre trayectorias en esta caso la trayectorias t_a , t_b , y t_c . Se complementa la iluminación disminuyendo las interdistancias de las luminarias S en el trayecto de aproximación al cruce hasta el 75% del la interdistancia original.

Figura 28. Disposición de la luminarias en cruces T



Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

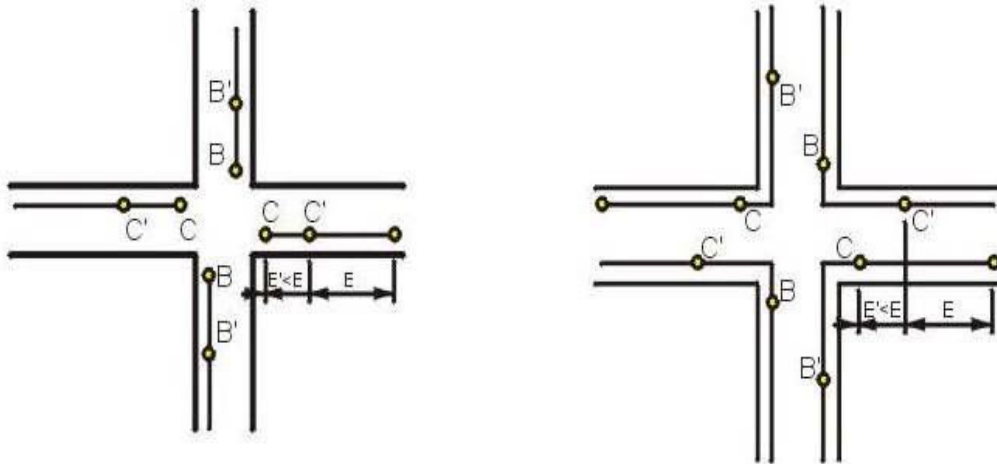
Esta disminución cubre generalmente los últimos 100 o 200m, dependiendo de la velocidad de circulación diseñada para la vía. Se usan 100m si la velocidad de diseño es inferior a 60 Km/h y 200m si la velocidad es superior a 60 Km/h.

Los mismos criterios se utilizan para el tratamiento de los cruces en Y, lo que justifica la presencia y disposición de las luminarias **a**, **b**, **c**.

6.6.4 Cruces en X.

El criterio utilizado para el cruce T en cuanto a la disposición de apoyos sigue siendo válido, en el sentido de proporcionar una guía visual al conductor de ambas calzadas y en los recorridos posibles de los vehículos, con énfasis en el cruce de dichos recorridos así como las demarcaciones del camino. Lo anterior justifica la presencia y disposición de las luminarias **b**, **c** tanto en la distribución unilateral como en la bilateral. Deben tenerse en cuenta además los cruces peatonales en donde la luminancia debe subirse al doble de lo requerido para la vía principal, también es necesario cubrir los andenes y aceras y garantizar la iluminancia vertical de los objetos sobre el área peatonal.

Figura 29. Disposición unilateral en X Figura 30. Disposición bilateral en X



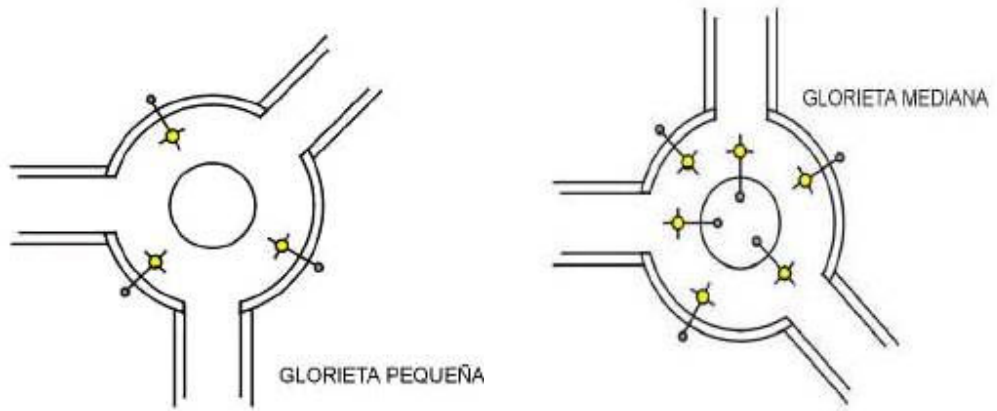
Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

Igualmente se mantiene el criterio de disminuir la interdistancia de las luminarias hasta el 75% del original, desde 100 o 200m antes de cada llegada al cruce, dependiendo de la velocidad de circulación.

6.6.5 Glorietas.

La manera de iluminar es usar las aceras fuera de la glorieta y resaltarlas, junto con el centro cuando las glorietas son pequeñas (30m o menos de diámetro), estas son las luminarias denominadas **a**. Si es de mayor tamaño se ubican postes al frente de cada vía que confluye a la glorieta, denominadas luminarias **b**, y se dejan los postes en las afueras de la glorieta con el fin de señalar las curvas. La guía visual se completa con las luminarias **c** que señalan las salidas de la glorieta.

Figura 31. Disposición de las luminarias en las glorietas



Fuente: Manual único de alumbrado público

7. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS

7.1 CLASIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LAS CALZADAS (Estado seco)

Definir las propiedades de reflexión de la superficie de una vía no es fácil, sin embargo, para los cálculos de luminancia se pueden definir con tres parámetros característicos que son:

- El factor especular S_1
- El factor especular S_2
- El coeficiente promedio de luminancia Q_0 conocido como el grado de claridad de la superficie.

Con el fin de mantener unas características normalizadas, las calzadas se han clasificado de acuerdo con los tres factores anteriores definidos y se ha llegado a cuatro calzadas tipo. Siendo el coeficiente S_1 el que define la forma básica del cuerpo R por su altura, aunque el brillo sea el mismo, una superficie reflejara diferente cantidad de luz según varíe este coeficiente y en consecuencia será más reflectante.

Esto hace que la primera clasificación de superficies se base en el comportamiento del factor S_1 .

Tabla 10. Límites del factor especular S_1

CLASE	VARIACIÓN S_1	S_1	S_2	Q_0	REFLEXIÓN
R1	$S_1 < 0,42$	0,25	1,53	0,1	Casi Difusa
R2	$0,42 < S_1 < 0,85$	0,58	1,8	0,07	Ligeramente Difusa
R3	$0,85 < S_1 < 1,35$	1,11	2,38	0,07	Ligeramente Brillante
R4	$S_1 > 1,35$	1,55	3,03	0,08	Brillante

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

Cada tipo de superficie de calzada de la misma clase se caracteriza por un solo cuerpo o tabla R. Esto hace que las tablas R funcionen como patrón mediante la cual pueden llevarse a cabo los cálculos de luminancia. Las características resumidas de las cuatro tablas R de acuerdo al patrón definido por la CIE:

Tabla 11. Designación aproximada de las superficies en las clases típicas

CLASE	DESCRIPCIÓN
R1	*Superficie de calzada asfáltica, con un mínimo de 15% de abrillantadores artificiales.
	*Revestimientos superficiales con grava que cubra más del 80% de la superficie de la calzada
	*Superficies de calzadas en concreto u hormigón
R2	*Revestimiento que tenga una superficie áspera con agregados normales
	*Hormigón asfáltico grueso y áspero, rico en grava
	*Calzadas en asfalto-cemento
R3	*Revestimiento en asfalto de textura gruesa
R4	*Superficie de asfalto que tenga una textura muy suave y pulida

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

Los tipos de tablas R pueden ser escogidos se acuerdo con el tipo de acabado de la calzada y de los materiales utilizados en su construcción de conformidad a lo anterior la tabla más utilizada es la R2.

Tabla 12. Superficie normalizada R_2

β	$Q_0=0.07$ $S_1=0.58$ $S_2=1.80$																				
	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	75°	90°	105	120	135	150	165	180	
$Tan \gamma$	0.00	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
	0.25	411	411	411	411	411	411	411	411	411	379	368	357	357	346	346	346	346	335	335	355
	0.50	411	411	411	411	403	403	384	379	370	346	325	303	281	281	271	271	271	260	260	260
	0.75	379	379	379	369	357	346	325	303	281	260	238	216	206	206	206	206	206	206	206	206
	1.00	335	335	335	325	292	291	260	238	216	195	173	152	152	152	152	152	141	141	141	141
	1.25	303	303	292	271	238	206	184	152	130	119	108	100	103	106	108	108	114	114	119	119
	1.50	271	271	260	227	179	152	141	119	108	93	80	76	76	80	84	87	89	91	93	95
	1.75	249	238	227	195	152	124	106	91	78	67	61	52	54	58	63	67	69	71	73	74
	2.00	227	216	195	152	117	95	80	67	61	52	45	40	41	45	49	52	54	56	57	58
	2.50	195	190	146	110	74	58	48	40	35	30	27	24	26	28	30	33	35	38	40	41
	3.00	160	155	115	67	43	33	26	21	18	17	16	16	17	17	18	21	22	24	26	27
	3.50	146	131	87	41	25	18	15	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	18	21
	4.00	132	113	67	27	15	12	10	9.4	8.7	8.2	7.9	7.6	7.9	8.7	9.6	11	121	13	15	17
	4.50	118	95	50	20	12	8.9	7.4	6.6	6.3	6.1	5.7	5.6	5.8	6.3	7.1	8.4	10	12	13	14
	5.00	106	81	38	14	8.2	6.3	5.4	5.0	4.8	4.7	4.5	4.4	4.8	5.2	6.2	7.4	8.5	9.5	10	11
	5.50	96	69	29	11	6.3	5.1	4.4	4.1	3.9	3.8										
	6.00	87	58	22	8.0	5.0	3.9	3.5	3.4	3.2											
	6.50	78	50	17	6.1	3.8	3.1	2.8	2.7												
	7.00	71	43	14	4.9	3.1	2.5	2.3	2.2												
	7.50	67	38	12	4.1	2.6	2.1	1.9													
	8.00	63	33	10	3.4	2.2	1.8	1.7													
	8.50	58	28	8.7	2.9	1.9	1.6	1.5													
	9.00	55	25	7.4	2.5	1.7	1.4														
	9.50	52	23	6.5	2.2	1.5	1.3														
	10.00	49	21	5.6	1.9	1.4	1.2														
	10.50	47	18	5.0	1.7	1.3	1.2														
	11.00	44	16	4.4	1.6	1.2	1.1														
	12.00	41	13	3.6	1.4	1.1															

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

7.2 TIPOS DE VÍAS

Las vías se clasifican en función al tráfico vehicular que circula por ellas.

Tabla 13. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías

DESCRIPCIÓN DE LA VÍA	TIPO DE VÍA
Vías de alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas). Con densidad de tráfico y complejidad* de circulación	
ALTO	M1
MEDIO	M2
BAJO	M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación, control de tráfico** y separación*** de diferentes usuarios de la vía.	
ESCASO	M1
SUFICIENTE	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía.	
ESCASO	M2
BUENO	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía.	
ESCASO	M4
BUENO	M5

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

***La complejidad de la vía:** se refiere a su infraestructura, movimiento del tráfico y sus alrededores visuales. Se deben considerar los siguientes factores: número de carriles, inclinación, letreros, señales, entradas y salidas de rampas entre otras, y para las intersecciones viales y otros sitios complejos serán analizados separadamente.

****Control de tráfico:** se refiere a la presencia de letreros y señales así como la existencia de regulaciones. Los métodos de control son semaforización, reglas y regulaciones de prioridad, avisos y demarcaciones de la vía.

*****La separación:** puede ser por medio de carriles específicos o por normas que regulan la restricción para uno o varios tipos de tráfico

De acuerdo con la caracterización anterior, se adoptaron cinco (5) tipos de iluminación.

Tabla 14. Criterios admitidos según el tipo de vía

TIPO DE VÍA	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN V(Km./h)		TRÁNSITO DE VEHÍCULOS T (Veh/h)	
Vía M1	Muy Importante	V>90	Muy Importante	T>1000
Vía M2	Importante	60<V<90	Importante	500<T<1000
Vía M3	Media	30<V<60	Media	250<T<500
Vía M4	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
Vía M5	Muy Reducida	Al paso	Muy Reducida	T<100

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

7.3 NIVELES ADECUADOS DE ILUMINACIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE VÍA

Los niveles de iluminación recomendados dependen de las normativas en vigor en cada territorio o electrificadora, aunque muchas de ellas toman como referencia los valores aconsejados por la CIE.

Tabla 15. Criterios de control

TIPO DE VÍA	CALZADAS VEHICULARES				CICLOS RUTAS ADYACENTES		ANDENES ADYACENTES		RELACION DE ALREDEDORES
	Luminancia Promedio	Uniformidad General	Uniformidad Longitudinal	Restricciones de Deslumbramiento	Iluminancia Promedio	Uniformidad General	Iluminancia Promedio	Uniformidad General	SR
CIE-115	Lprom=cd/m2	Uo> (%)	Ui> (%)	T.I. < (%)	Eprom=(lx)	Uo> (%)	Eprom=(lx)	Uo> (%)	(%)
M1	1,5-2	40	50-70	10	20-25	40	11 a 15	33	50
M2	1-1,5	40	50-70	10	15-20	40	7 a 11	33	50
M3	0,75-1	40	50	10	15-20	40	7 a 11	33	50
M4	0,5-0,75	40	50	15	11 a 15	40	5 a 7	33	50
M5	0,5	40	N.R.	15	N.A	N.A	3 a 5	33	50

Fuente: Manual único de alumbrado público

7.4 CLASE DE ILUMINACION, ALTURAS DE MONTAJE Y DISPOSICION A UTILIZAR

A continuación se presentara los criterios a tener en cuenta a la hora de determinar el tipo de disposición a utilizar de acuerdo a la clase de iluminación requerida para la vía, a la altura de montaje y la interdistancia entre luminarias.

Tabal 16. Criterios para las disposiciones en relación a la interdistancia y la altura de montaje de las luminarias

Clase de iluminación	Altura (m)	Relación (W/h _m)	Disposición de las luminarias	
			Criterios	Disposición
M1	10. - 12	2.5 - 3	Dos carriles de circulación	unilateral
			Tres carriles de circulación	Bilateral alternada
			Cuatro carriles de circulación	Bilateral opuesta
M2	8.5 - 10	3. - 4	Dos carriles de circulación	unilateral
			Tres carriles de circulación	Bilateral alternada
			Cuatro carriles de circulación	Bilateral opuesta
M3	8.5 - 10	3. - 4	Ancho de la calzada menor o igual a la altura de las luminarias	Unilateral
			Ancho de la calzada entre 1 y 1.5 veces la altura de las luminarias	Bilateral alternada
			Ancho de la calzada mayor a 1.5 veces la altura de las luminarias	Bilateral opuesta
M4	7. - 10	3. - 5	Unilateral	
M5	3. - 6	4. - 5	A criterio del diseñador	

Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

- La iluminación tipo M1 y M2 con alturas que varían entre 8.5m y 12m conviene una disposición unilateral en las calzadas de dos carriles con un ancho de vía del orden de 7m y una disposición alternada cuando la calzada tenga tres carriles con un ancho de vía del orden de 10.5m. Cuando la calzada es mas ancha, se debe utilizar la disposición bilateral opuesta.
- La iluminación tipo M3. Para este tipo de iluminación a la cual corresponde alturas entre 8.5m y 10m, se recomienda utilizar una disposición unilateral cuando el ancho de la calzada tiene el mismo orden de magnitud que la altura de montaje. Se aconseja la disposición bilateral alternada cuando el ancho de la calzada esta comprendido entre 1 y 1.5 veces la altura de la luminaria, y la disposición bilateral opuesta cuando el ancho sea superior a 1.5 veces la altura de la luminaria.

- Iluminación tipo M4. La iluminación requiere una disposición unilateral, ya que las vías secundarias tiene generalmente dos carriles.
- Iluminación tipo M5. La disposición debe escogerse teniendo en cuenta las condiciones locales: arborización, jardines, etc.

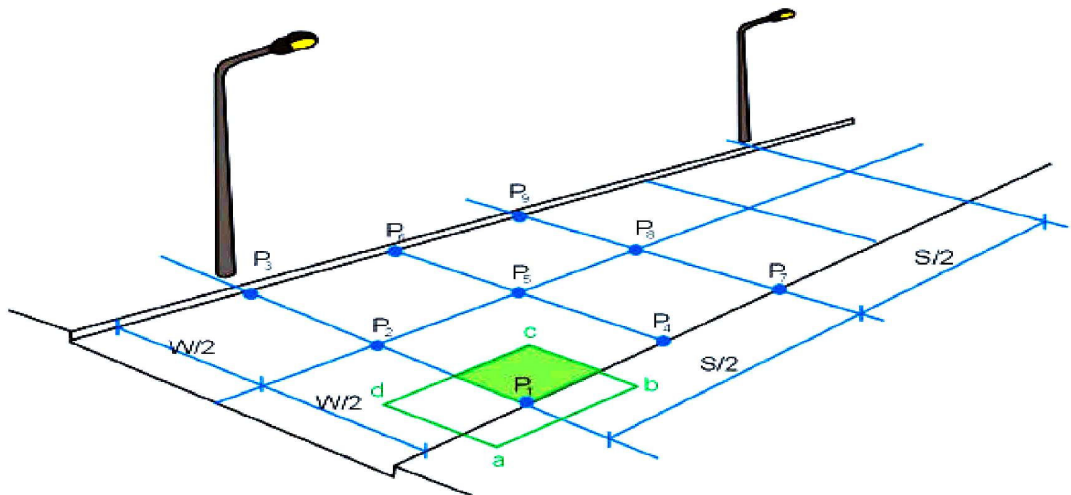
8. CÁLCULOS Y MEDICIONES

Para iniciar un cálculo lumínico destinado a alumbrado público, se deberán tener en cuenta tanto la función del espacio público como los detalles y características del sitio de instalación y de los puntos de luz. La exigencia del alumbrado público esta en relación directa con la intensidad del tráfico y la velocidad media de los vehículos que la transitan. A continuación se definirá la forma de realizar cada uno de los cálculos lumínicos necesarios en los proyectos de iluminación.

8.1 MÉTODO EUROPEO DE LOS NUEVE PUNTOS (Cálculo de iluminancia media en la vía)

De acuerdo con el método europeo de los 9 puntos, que se usa para calcular la iluminancia media sobre la vía en una instalación de alumbrado público, es necesario ubicar cada uno de esos puntos de cálculo sobre la mínima porción típica de la vía considerada. De este modo se divide en cuatro partes (dos longitudinales y dos transversales) de modo que los puntos a considerar son cada uno de los vértices de los rectángulos generados. Así se obtienen los 9 puntos considerados en el método.

Figura 32. Cálculo de iluminación media de los 9 puntos



Fuente: Manual único de alumbrado público

La iluminancia media sobre la vía se calcula teniendo en cuenta el grado de multiplicidad de cada punto. Así, los puntos extremos tienen un grado de multiplicidad de 0.25; los puntos intermedios tienen un grado de multiplicidad de 0.5 y el punto central tiene un grado de multiplicidad de 1.0.

Los anteriores grados de multiplicidad se deducen del siguiente razonamiento: la iluminación E_1 leída en el punto P_1 corresponde al área **abcd**, pero tan solo la cuarta parte de esa área corresponde a un área sobre la vía considerada (área rayada). Igual sucede con la iluminación de los puntos P_3 , P_7 y P_9 . Por lo tanto la contribución de esos puntos debe ser ponderada al 25%.

Por el mismo razonamiento, los puntos P_2 , P_4 , P_6 y P_8 representan la iluminación de áreas que tan solo tienen el 50% sobre la vía.

El punto P_5 , a diferencia de los demás, representa un área totalmente contenida en la vía por lo que su contribución al promedio es completa.

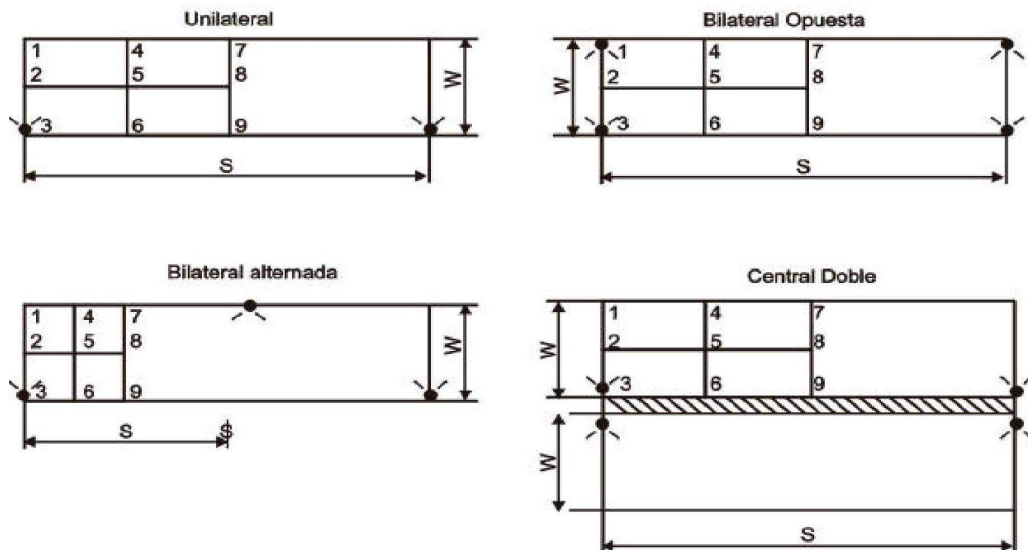
A partir de la lectura de la iluminación en los 9 puntos, la iluminación media sobre la vía se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \times (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \times E_5] \quad (13)$$

Siendo $E_1, E_2 \dots E_9$ la iluminación en los puntos $P_1, P_2 \dots P_9$ respectivamente.

Ubicación de los 9 puntos para diferentes sistemas de alumbrado, se acuerda con la distribución de los postes y la forma de la vía.

Figura 33. Ubicación de los nueve puntos según la localización de las luminarias



Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900.

8.2 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN POR EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN (cálculo de iluminancia medio en la vía)

Como se menciona anteriormente uno de los documentos fotométricos que identifica una luminaria, es la curva del coeficiente de utilización, el cual sirve para calcular, a partir del conocimiento de la geometría de la vía considerada y la disposición de las luminarias, la iluminancia media sobre la calzada. En el proceso de diseño y a partir de una iluminancia dada, puede usarse para calcular la interdistancia. Otra forma de aplicar esta curva, es calcular el flujo luminoso necesario para obtener una iluminancia dada, a partir de una interdistancia fija.

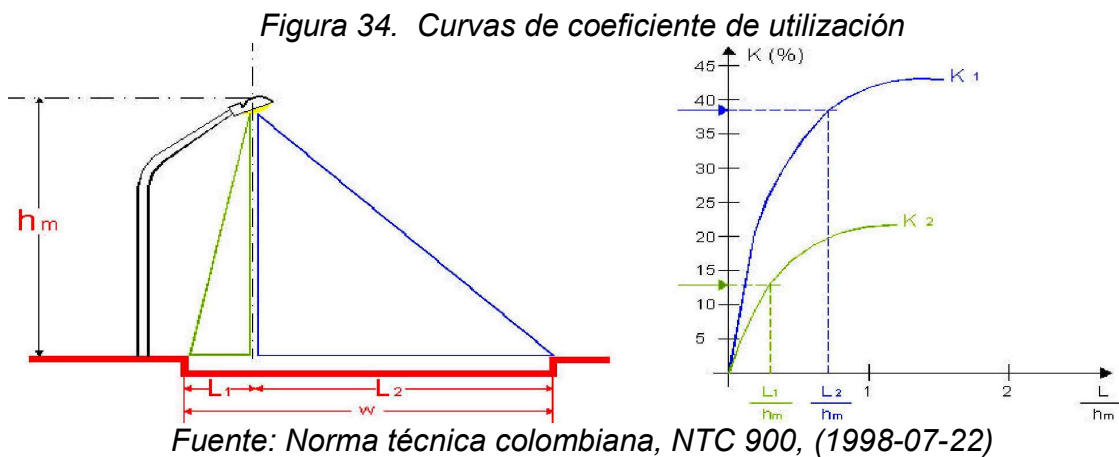
La formula general del cálculo es:

$$E_{med} = \frac{\phi \times k_t \times FM}{S \times W} \quad (14)$$

Donde:

- E_{med} Iluminación media sobre la calzada (en Luxes)
- ϕ Flujo luminoso de la bombilla (en Lúmenes)
- k_t Coeficiente de utilización total calculado (en %)
- FM Factor de mantenimiento de la instalación (en %)
- S Interdistancia de luminarias (en m)
- W Ancho de la vía (en m)

Las curvas de coeficiente de utilización k expresan el porcentaje del flujo luminoso emitido por la luminaria y que cae sobre la superficie de la calzada, en función del ancho de la misma. Como punto de referencia se toma la vertical de la luminaria como se muestra a continuación.



Una luminaria de alumbrado público tiene dos curvas k . La primera denominada k_1 , representa el flujo luminoso hacia el frente, hacia delante, hacia la calzada. La segunda, denominada k_2 , representa el flujo luminoso hacia atrás, hacia la casas, hacia el andén.

En la ordenada de se indica el valor d k en porcentaje y en la abscisa se indica el ancho de la calzada expresada en función de la altura de montaje h_m con el fin de facilitar su uso en diferentes esquemas de montaje.

Para calcular k_1 se calcula la relación L_1/h_m , se ubica el valor en la abscisa y se sigue verticalmente hasta cortar la curva k_1 . En este punto horizontalmente de lee el valor k_1 .

Igual procedimiento se sigue para el cálculo de k_2 , pero utilizando el valor L_2 y la curva k_2 .

Ahora, dependiendo de la disposición de las luminarias, se obtienen el k_t con el siguiente raciocinio:

Distribución Unilateral

$$k_t = k_1 + k_2 \quad (15)$$

Distribución Bilateral Opuesta

$$k_t = (k_1 + k_2) / 2 \quad (16)$$

Distribución Bilateral Alternada

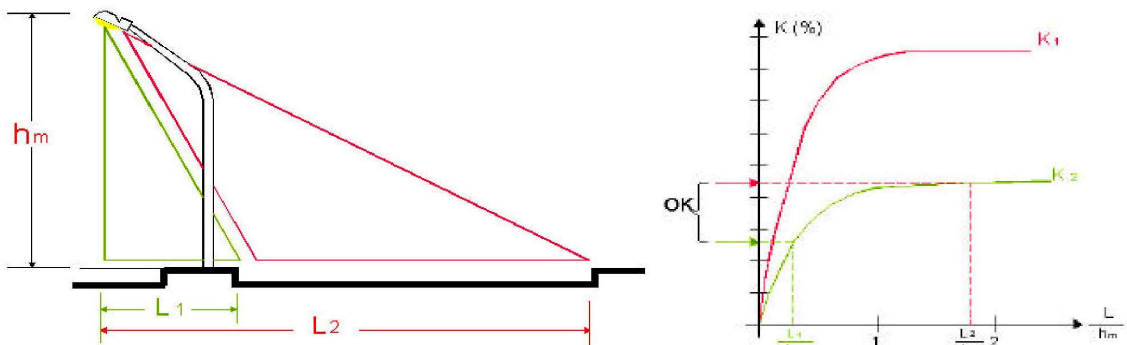
$$k_t = (k_1 + k_2) / 2 \quad (17)$$

Distribución Central Sencilla

$$k_t = (k_1 + k_2) / 2 \quad (18)$$

Se debe tener en cuenta que en el caso de la distribución central sencilla, como en aquellos donde la vertical desde la luminaria no corte la calzada, el cálculo de cada coeficiente k incluye una parte positiva, (la que esta en la calzada) y otra negativa (la que esta en el andén o fuera de la calzada en consideraron).

Figura 35. Coeficiente de utilización en la disposición central sencilla



Fuente: Manual único de alumbrado público

8.3 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD GENERAL DE ILUMINANCIA

El valor de la uniformidad general de iluminancia se calcula de acuerdo con los dos criterios siguientes:

Como $U_o = E_{min} / E_{prom}$ tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sea los 9 puntos del método europeo o los 20, 30 o 60 puntos del método computacional.

E_{min} Corresponde al punto de menor iluminación entre todos los puntos calculados.

E_{prom} Corresponde al valor promedio calculado entre todos los n puntos considerados, desde el primero E_1 hasta el final E_n .

La formula aplicable es:

$$E_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i}{n} \quad (19)$$

Como $U_g = E_{min} / E_{max}$ Tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sea los 9 puntos del método europeo o los 20, 30 o 60 puntos del método computacional.

Donde:

E_{min} Corresponde al punto de menor iluminación entre todos los puntos calculados.

E_{max} Corresponde al punto de mayor iluminación calculado entre todos los puntos considerados.

8.4 CÁLCULOS COMPUTARIZADOS

Con el advenimiento de las computadoras y el software para el cálculo lumínico, la dificultad para obtener los valores de manera manual, prácticamente desaparecieron y hoy en día, todos los cálculos de iluminación se realizan a través de la aplicación de software especializado; pero así mismo se puede incrementar el número de puntos considerados, pues los 9 puntos del método europeo son un límite de aproximación.

Así, se pueden definir nuevas zonas de cálculo más amplias y con más puntos para que sean más precisas. Las zonas de cálculo se toman longitudinalmente sobre la calzada cubriendo todo el espacio entre dos luminarias; transversalmente de toma el ancho de la calzada.

La formula básica utilizada es:

$$L = q \left(\frac{I_a}{h^2} \cos^3 \gamma \right) = \left(\frac{I_a}{h^2} \right) * r \quad (20)$$

L = Luminancia en un punto

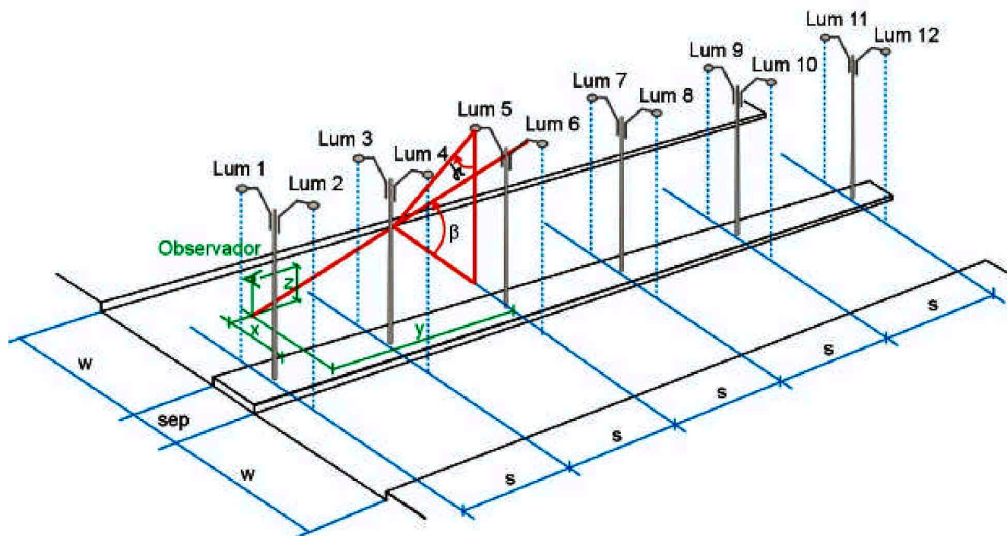
I_a = Intensidad luminosa incidente sobre el punto a

h = Altura de montaje de la fuente luminosa

q = Coeficiente de luminancia evaluado en el punto a

r = Coeficiente de luminancia reducido

Figura 36. Cálculo de luminancia sobre la vía



Fuente: Manual único de alumbrado público

8.5 COEFICIENTE DE LUMINANCIA

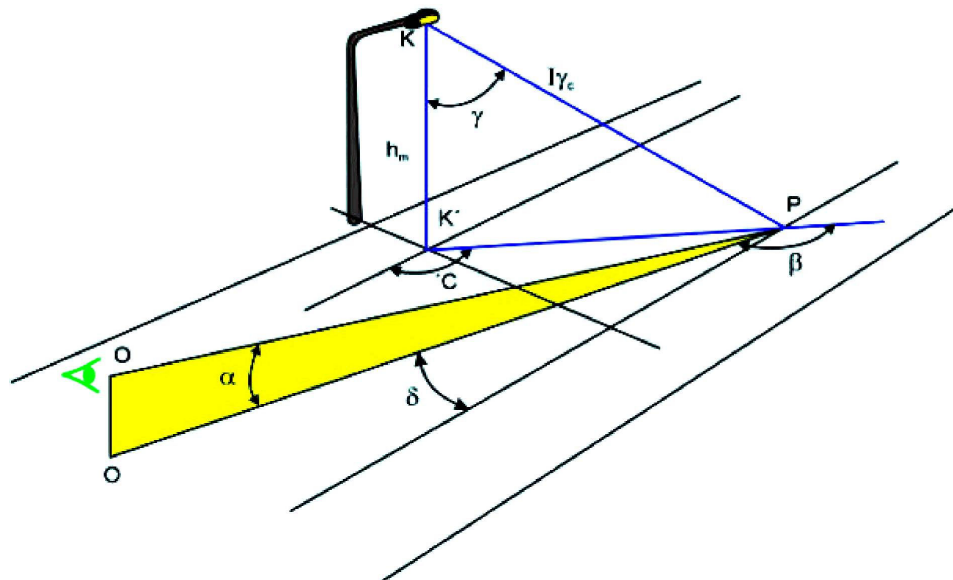
La luminancia depende de la cantidad de luz reflejada que llega al observador, en consecuencia, la luminancia en alumbrado público depende de al cantidad de luz que llega a la calzada de la posición del observador y de las características reflexivas propias de la calzada.

Para tales efectos, se puede definir un coeficiente de reflexión q como la relación entre la luminancia y la iluminancia de un punto de la superficie de tal modo que:

$$q = \frac{L}{E} \quad \text{Donde} \quad q = f(\beta, \gamma) \quad (21)$$

El coeficiente de luminancia depende de la posición del observador y de la fuente de luz con respecto al punto en cuestión de modo que se pueda establecer una función tal que:

Figura 37. Parámetros que intervienen en el coeficiente de luminancia



Fuente: Norma técnica colombiana, NTC 900, (1998-07-22)

$$L = qE \quad \text{y} \quad E = \frac{I}{h^2} \cos^3 \gamma \quad \Rightarrow \quad L = \frac{I}{h^2} (q \cos^3 \gamma) \quad (22)$$

Así, pues, el coeficiente q puede tabularse en función de las dos variables independientes descritas β y γ en diferentes tabulaciones de acuerdo a otros que diferencian las características reflectivas de las calzadas.

El término $(q \cos^3 \gamma)$ se conoce como coeficiente de luminancia reducido. Se representa por R y en consecuencia las tablas que caracterizan las propiedades reflexivas de una superficie no se dan en términos de q sino de R . Estas tabulaciones características se denominan Tablas R .

A partir de las tablas R es muy fácil calcular la luminancia en cada punto, pues basta determinar los ángulos β y γ del punto considerado para tener el R . La intensidad luminosa y la altura de montaje se calculan con la matriz de intensidades y la geometría del sistema respectivo.

8.6 CÁLCULO DE LUMINANCIA PROMEDIO SOBRE LA VÍA

Es necesario definir la zona de cálculo. Esta zona corresponde a un sector típico de la vía entre dos luminarias consecutivas colocadas sobre un mismo lado en el sentido longitudinal. En sentido transversal la zona de cálculo cubre el ancho total de la calzada. Es necesario aclarar que cada carril de circulación deberá cumplir con los requerimientos mínimos de la uniformidad longitudinal.

Una vez definida la zona, es necesario ubicar los puntos de cálculo. Para este efecto se siguen las siguientes reglas:

- Longitudinalmente deben ser por lo menos 10 puntos, para interdistancias hasta de 50 metros entre luminarias. Si la interdistancia es mayor, el número de puntos es un entero tal que la separación entre puntos conocida como d sea inferior a 5m.
- En dirección transversal se toman 3 o 5 puntos del carril. Uno de estos puntos, cada vez, debe estar en el centro del carril y los dos puntos extremos se colocan a $1/6$ o $1/10$ respectivamente del ancho del carril medido desde el borde exterior del carril.

Así, un cálculo sencillo para una vía de dos carriles e interdistancia menor a 50m involucra 60 o 100 puntos; y un cálculo muy preciso para una vía de cuatro carriles y una interdistancia de 45m involucra 120 o 200 puntos.

Definidos los puntos, es necesario definir la posición del observador. De acuerdo con la NTC 900, el observador debe estar:

- En sentido longitudinal, a 60m antes de la primera fila de puntos.
- En sentido transversal, a $1/4$ del ancho de la calzada a partir de su borde derecho.
- En sentido vertical, a 1.5m sobre el nivel de la vía.

Para el cálculo de luminancia en cada punto, se tendrá en cuenta todas aquellas fuentes luminosas situadas dentro de: 5 veces la altura de montaje hacia atrás de

la primera fila de puntos; 12 veces la altura de montaje hacia delante (aunque su aporte es muy pequeño o nulo) y 5 veces la altura de montaje hacia los lados de los puntos de cálculo.

Entonces, L_{prom} corresponde al valor promedio calculado entre todos los n puntos considerados, desde el primero L_1 hasta el final L_n . La formula aplicable es:

$$L_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} L_i}{n} \quad (23)$$

8.7 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD GENERAL DE LUMINANCIA

Los puntos de cálculo son los mismos definidos en la sección 8.6. Que se usan para calcular la luminancia promedio sobre la calzada. Así, la uniformidad general de luminancia se calcula a partir de la formula general:

$$U_o = L_{min} / L_{prom} \quad (24)$$

Donde:

L_{min} Corresponde al punto de menor luminancia entre todos los puntos calculados en el carril.

L_{prom} Corresponde a la luminancia promedio sobre la calzada

8.8 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD LONGITUDINAL DE LUMINANCIA

Se escoge la misma zona de cálculo utilizada para la luminancia promedio y se ubican los puntos de cálculo. Para este efecto, se siguen las siguientes reglas:

- Longitudinalmente deben ser por lo menos 10 puntos, para interdistancias hasta de 50 metros entre luminarias. Si la interdistancia es mayor, el número de puntos es un entero tal que la separación entre puntos conocida como d sea inferior a 5m.
- En la dirección transversal se toma una fila de puntos, la cual estará en el centro del carril.

Así, un cálculo sencillo para una vía de dos carriles e interdistancia menor a 50m involucra dos series de 10 puntos; y un cálculo para una vía de cuatro carriles y una interdistancia de 45m involucra cuatro series de 10 puntos.

De acuerdo a la NTC 900 la posición del observador debe estar.

- En sentido longitudinal, a 60m antes de la primera fila de puntos.
- En sentido transversal, estará en el eje de cada carril.
- En sentido vertical, a 1.5m sobre el nivel de la vía.

La uniformidad longitudinal se calcula para cada uno de los carriles que tenga la vía como:

$$U_L = L_{\min} / L_{\max} \quad (25)$$

8.9 CÁLCULO DE LA LUMINANCIA DE VELO

La luminancia de velo corresponde a una de las medidas del deslumbramiento incapacitivo que provoca una disminución real de la capacidad visual del observador.

✚ De acuerdo con la CIE puede calcularse mediante la siguiente fórmula empírica:

$$L_v = K \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{Eg_i}{\theta_i^2} \right) \quad \text{Cd / m}^2 \quad (26)$$

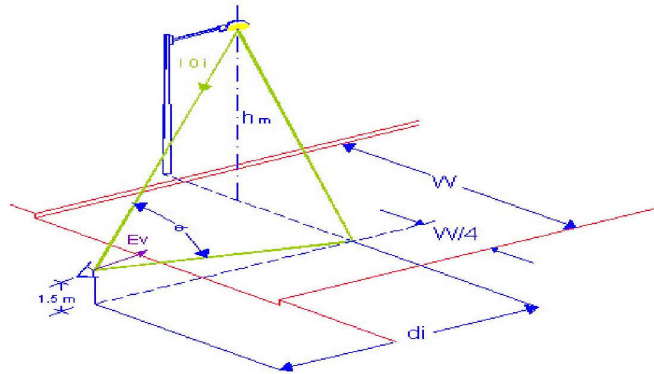
Donde:

K = Factor que depende de la edad del observador (se asume un observador de 30 años) $K=10$ si el ángulo Θ está en grados y $K=10^{-3}$ si el ángulo Θ está en radianes.

Eg_i= Componente de iluminancia (es decir, en un plano perpendicular a la línea de visión del ojo) que proviene de la fuente *i*-ésima lumínica generadora de deslumbramiento. También puede entenderse como la iluminancia en el ojo del observador producida por la fuente deslumbrante en el plano perpendicular a la línea de visión, expresada en luxes. El subíndice *i* varía entre 1 y *n*.

Θ_i= Ángulo (en grados) formado por una línea entre la fuente luminosa y el observador y la línea entre el observador y un punto de visión.

Figura 38. Cálculo de la luminancia de velo



Fuente: Manual único de alumbrado público

Restricciones y alcance en la aplicación de las formulas.

- El ángulo θ_i está comprendido entre 1.5° y 60° (en la practica se limita a 20°).
 - El observador esta mirando a un punto de la vía a 90m delante de él y colocado a la misma distancia de él, del lado de la carretera, de la primera luminaria que se incluye en el cálculo.
 - El punto d e visión del observador se encuentra a $\frac{1}{4}$ del ancho de la calzada (de derecha a izquierda) justo al frente de la primera luminaria y el ángulo de visión comprende hasta 20° por encima de la visual, debido a la forma del vehiculo.
 - Se involucra en el cálculo 12 luminarias (o 24 para disposición bilateral) sin embargo, solo las cuatro primeras luminarias tienen un aporte significativo.
 - Las luminarias deben estar colocadas de modo que su reparto sea longitudinal al eje da la vía.
- ✚ De acuerdo a la IES, la luminancia de velo se calcula con una formula empírica. Se calcula la contribución de cada luminaria y se suman para obtener el valor final de la luminancia de velo.

$$L_v = \sum_{i=1}^n \frac{10E_{vi}}{\theta^2 + 1.5\theta} \quad (27)$$

Donde:

L_v = Luminancia de velo

E_v = Iluminancia vertical en el plano de la pupila del observador, en luxes.

Θ = Ángulo entre la línea de circulación y la luminaria, en grados. La línea de circulación es una línea paralela a la vía localizada a $\frac{1}{4}$ del ancho de la vía a la altura del ojo del observador, a 1.45m.

n = Numero de luminarias del proyecto que se ven directamente desde el punto de evaluación de la luminancia de velo. Debe ser desde el mismo punto y las mismas luminarias a las utilizadas para evaluar la luminancia de la calzada.

8.10 CÁLCULO DEL INCREMENTO UMBRAL

Es una medida de la perdida de visibilidad causada por un deslumbramiento encefuecedor originado por la luminaria. Por tanto, es una medida del deslumbramiento fisiológico. La formula para calcular este valor se basa en calcular porcentualmente la diferencia de luminancia necesaria par volver a ver el objeto en presencia de un nivel de deslumbramiento dado, respecto a la diferencia de luminancia necesaria para ver el objeto pero en ausencia del deslumbramiento. Así, la formula parte de:

$$T_i = \frac{\Delta L_g - \Delta L_o}{\Delta L_o} \times 100 \quad (28)$$

De acuerdo con la recomendación CIE 31 y partiendo de la definición anterior, se calcula el incremento umbral como:

$$T_i = 65 \left(\frac{L_v}{(L_{prom})^{0.8}} \right) \text{ En } \% \quad (29)$$

Donde:

L_v = Luminancia de velo en Cd/m^2

L_{prom} = Luminancia promedio sobre la vía en Cd/m^2

Restricciones en al aplicación de las formulas.

- La luminancia promedio L_{prom} debe estar entre 0.05 y 5.0 Cd/m^2
- Valores por debajo de 2% en el cálculo de T_i se desprecian.

8.11 CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE ALREDEDORES

La función de la relación de alrededores es la de asegurar que la luz dirigida al entorno, sea lo suficiente para que los objetos que están en esos lugares sean visibles.

La relación de alrededores (SR) es el cociente entre la iluminancia promedio sobre franjas adyacentes: una ubicada en la vía y otra en la acera. Cada una de estas franjas tiene un ancho igual a la mitad del ancho de la calzada o el ancho máximo que permita la geometría del andén, sin exceder de 5m de ancho.

Por ejemplo: Al tomar el diseño de iluminación sobre una calzada compuesta por dos elementos: la vía, por donde circulan los vehículos y el andén, por donde circulan los peatones. Ahora, suponga que el carril más próximo al andén tiene un ancho de 3m y se le ha calculado una iluminancia promedio de 32.2 luxes, si la relación mínima SR es de 0.5, se deduce que $SR \times E_{prom}$ es al menos 16.1 luxes. Así que el cálculo de iluminancia sobre la acera deberá dar un resultado al menos igual a este valor (16.1 luxes). Esta luminancia promedio deberá mantenerse en toda la extensión del andén., suponga que este andén tiene 1.5m.

9. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Se dividen en tres aspectos que son los más relevantes en el momento de diseñar: la topología de los circuitos de alumbrado público, el cálculo de regulación como principal factor del diseño eléctrico y finalmente los circuitos de control y protección de la instalación.

9.1 TOPOLOGÍA

Los circuitos destinados al alumbrado público, como las avenidas se distinguen por tener transformadores y redes exclusivos para tal instalación. A diferencia de los circuitos en los sectores residenciales y comerciales, donde la red eléctrica de distribución domiciliaria es compartida con las instalaciones de alumbrado público. Para efectos del presente proyecto, la red más utilizada es de tipo radial trifásica tetrafilar.

La característica de diseño, ya sea circuito aéreo o subterráneo depende básicamente de la ubicación, la complejidad del sitio y los costos del proyecto.

9.2 REGULACIÓN

El criterio de diseño más importante desde el punto de vista eléctrico, es conseguir que la máxima regulación no exceda el 3%. Para garantizar este valor, es necesario considerar las siguientes variables.

- Longitud de cada circuito y topología
- Distribución de las luminarias en el circuito
- Potencia de cada luminaria (incluyendo sus pérdidas por balasto)
- Factor de potencia de la instalación (dado por el FP de las luminarias)
- Material del conductor a utilizar (cobre, aluminio)
- Calibre del conductor (6,4,2 AWG en Cu para circuitos subterráneos; 6, 4 ,2 AWG en Al para circuitos aéreos)
- Tensión de distribución

La regulación esta dada por la formula:

$$\%R = F_c \frac{K_G}{V_L^2} M \quad (30)$$

Donde:

%R = Regulación calculada

K_G = Constante de regulación generalizada del conductor.

F_C = Factor de corrección, se establece de acuerdo al tipo de conexión y al tipo de sistema del circuito.

V_L = Voltaje de línea en voltios

M = Momento eléctrico, se calcula como el producto de la potencia aparente en (KVA) y la longitud del tramo en metros.

9.3 PROTECCIONES

Los transformadores tendrán protecciones de acuerdo con las normas de distribución eléctrica del operador del servicio de alumbrado público para esta caso se tendrán en cuenta las Normas para el diseño y construcción de sistemas de distribución de Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. ESP. (CENS), destacando lo siguiente:

- DPS (lado de alta, red aérea)
- Cortacircuitos (lado de alta, red aérea)
- En subestaciones de pedestal o en las capsuladas se acepta el seccionalizador propio de la subestación.

En las instalaciones subterráneas, los cables bajantes de baja tensión llegaran a un barraje premoldeado por cada fase en donde se instalaran fusibles limitadores de corriente para cada cable de fase en cada derivación del circuito para la alimentación del alumbrado público.

10. MATERIALES UTILIZADOS EN ALUMBRADO PÚBLICO

10.1 POSTES DE CONCRETO

Los postes de concreto se utilizan como soporte estructural para redes exclusivas de alumbrado público o compartido con líneas aéreas de distribución de media y baja tensión.

Los suelos donde se instalaran los postes pueden ser terrenos de relleno, arenosos, rocosos, arcillosos, semiduros, entre otros. Los postes de concreto pueden ser de sección circular llena, sección anular, o sección ortogonal ahuecado.

Todos los postes que se van a utilizar en redes de distribución y/o alumbrado público, deben llevar de la cima hacia abajo, un número de perforaciones cuyas distancias entre si y sus características deben cumplir con las especificaciones correspondientes a su construcción.

En la tabla 17, se establece la carga de trabajo, carga mínima de rotura, características geométricas y flechas de deflexión para todos los postes de concreto reforzado y pretensado a ser utilizados en el sistema de alumbrado público.

Tabla 17. Parámetros geométricos, cargas y deflexiones de postes

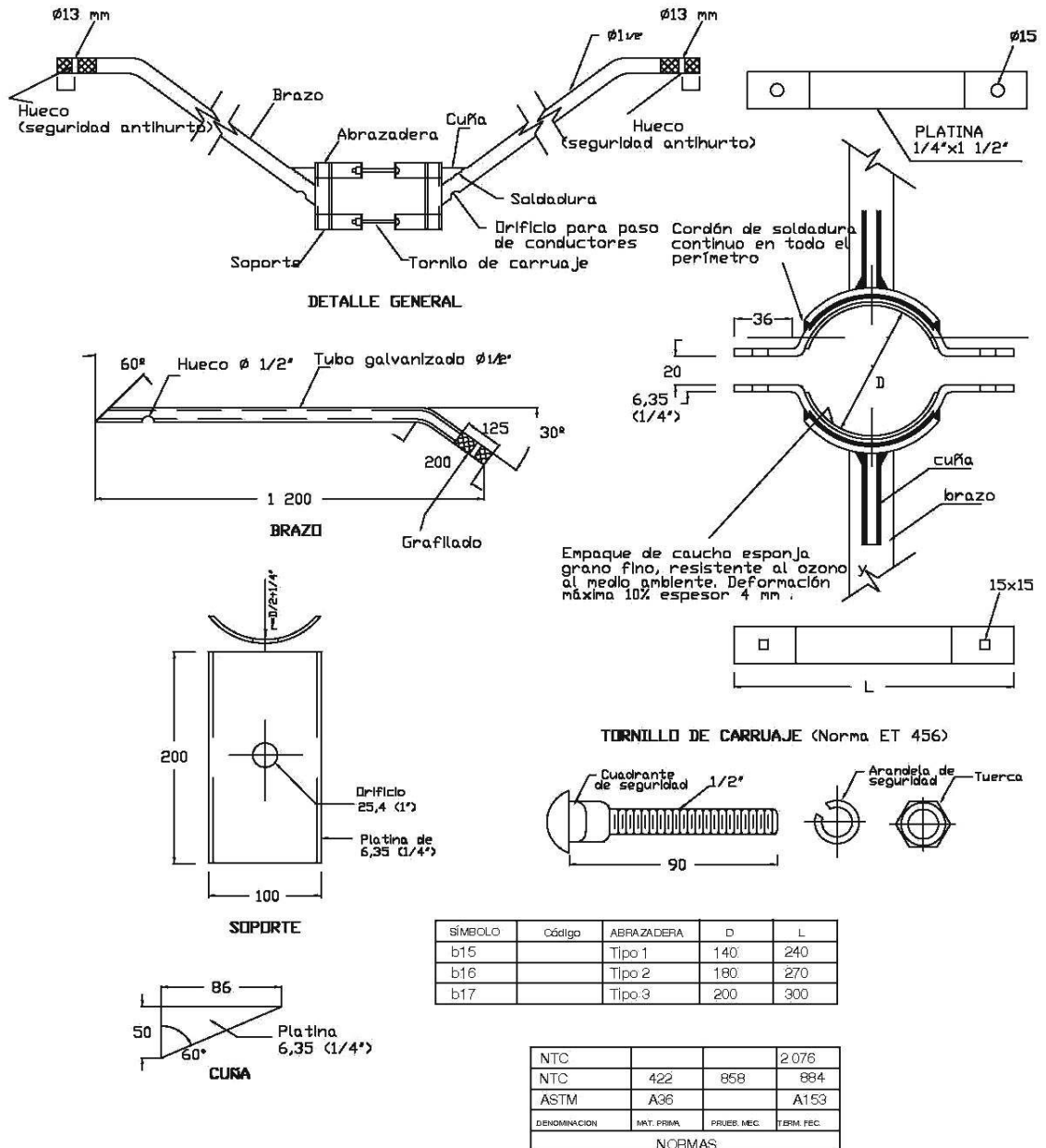
Longitud Total (m)	Carga de trabajo (Kg)	Carga mínima de Rotura (Kg)	Diámetro (cm)		Deflexión bajo Carga (mm)	Deformación Permanente (Kg)
			Cima	Base		
10	204	510	14	510	252	12,6
	300	750	14	750		
	420	1050	17	1050		
12	204	510	14	510	306	15,3
	300	750	14	750		
	420	1050	19	1050		
14	204	510	16	510	360	18
	300	750	16	750		
	420	1050	19	1050		
	540	1350	20	1350		

Fuente: Manual único de alumbrado público

La conicidad debe ser de 1.5 cm/m de longitud, para todos los tipos de postes de sección circular llena, anular o de sección octogonal, ya sean centrifugados,

vibrados o pretensados. El poste bajo la acción de una carga aplicada de 20 cm de la cima, con una intensidad igual al 40% de la carga mínima de rotura, no debe producir una flecha superior al 3% de la longitud libre del poste y al cesar la acción de esa carga, la deformación permanente no debe ser superior al 5% de la flecha máxima especificada para el tipo de poste correspondiente.

Figura 39. Montaje de luminaria en poste de concreto



USO: En poste de concreto para alumbrado público de avenidas

Fuente: Manual único de alumbrado público

10.2 POSTES METÁLICOS

El material empleado para la fabricación de los postes, serán de acero galvanizado y deberán cumplir con las especificaciones de las normas **A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials)**. Tanto el poste y la base del mismo, como el brazo de montaje de la luminaria deberán ser de gran rigidez y resistencia mecánica libre de impurezas y porosidades.

El montaje de las luminarias puede ser doble o sencillo, y de doble propósito, especialmente diseñados para alumbrado público. La altura mínima establecida para los postes metálicos para vías peatonales es de 6 metros.

La altura de los postes metálicos, tanto para vías vehiculares y peatonales, de doble propósito o de soporte sencillo se establecen en la tabla 18.

Tabla 18. Dimensiones generales de los postes metálicos

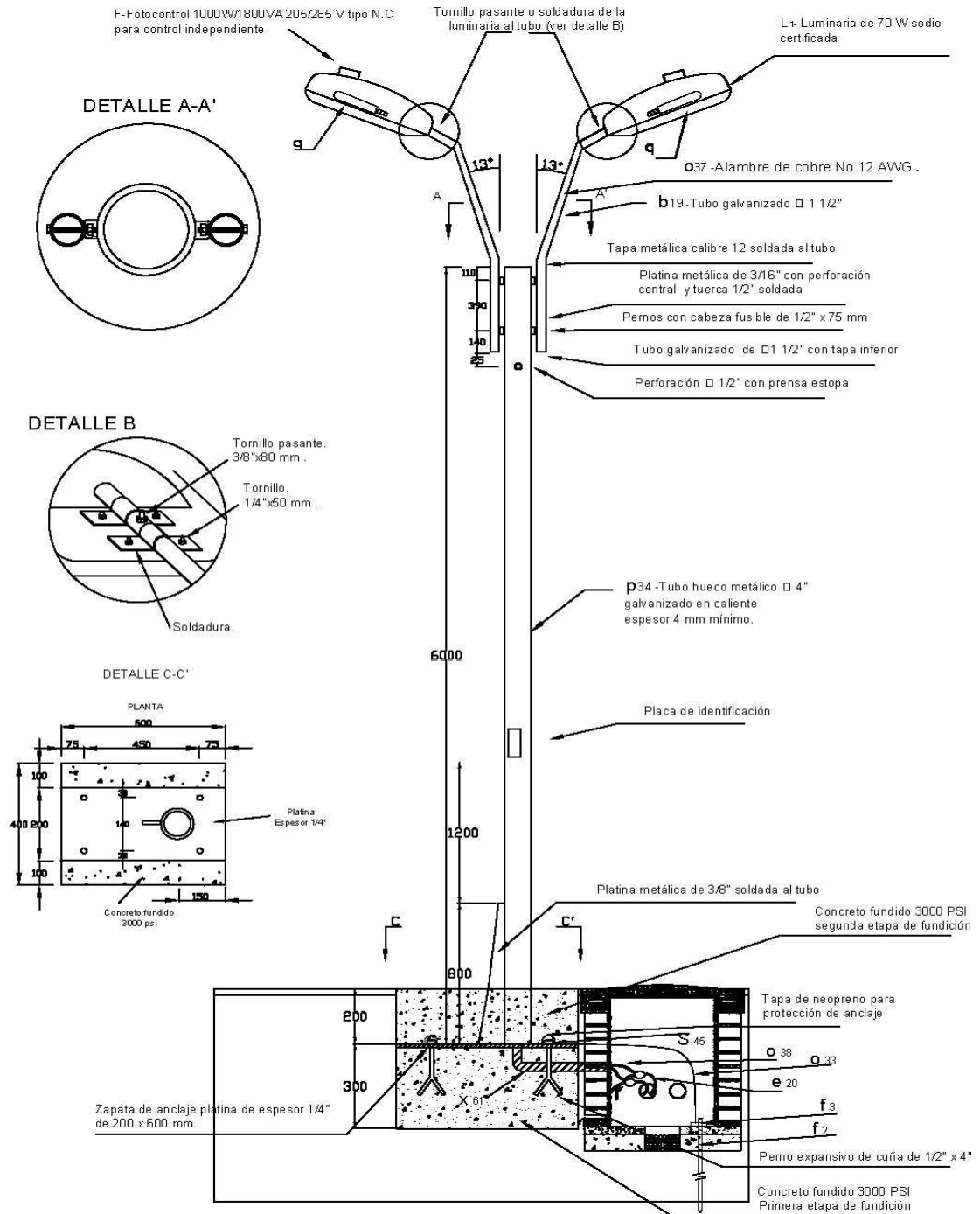
Descripción	Long. (mm)	Diámetro de la cima (mm)	Diámetro de la base (mm)	Espesor de lamina (mm)	Placa de al base			Diámetro de los huecos (mm)
					Espesor (mm) "C"	Lado (mm) "B"	Distancia entre huecos (mm) "A"	
Poste de 6m	6000	101,6	101,6	4	6,3	400	300	22
Poste de 8m	8000	127	170	3	12	400	300	22
Poste de 9m	9000	127	190	3	12	400	300	22
Poste de 10m	10000	127	190	3	12	400	300	22
Poste de 12m	12000	127	195	3	12	400	300	22
Poste de 14m	14000	127	250	3	19	500	400	24
Poste de 16m	16000	140	250	4	19	500	400	24

Fuente: Manual único de alumbrado público

El acabado exterior del cuerpo del poste debe ser de color gris aluminio, garantizando la adherencia de la pintura y estabilidad del color contra rayos ultravioleta.

El poste será fabricado en tubería de acero $\Phi 4"$, galvanizado en caliente de 80 micras y espesor de 3 mm. En la parte superior debe llevar dos platinas en acero galvanizado de espesor de $3/8"$ con perforación central de $5/8"$ soldadas al poste. En la parte inferior el poste debe llevar una platina metálica de espesor de $3/8"$ en forma trapezoidal soldada entre el poste y la base del mismo.

Figura 40. Montaje de luminaria en poste metálico



NOTAS:

- Altura mínima del poste 6 000 mm .
- Pintura de todos los elementos metálicos color gris Ral 7010 .
- Dimensiones en milímetros y pulgadas.
- Esta norma corresponde a la instalación de "luminaria peatonal doble" de la cartilla del mobiliario urbano M-130 pág 3 de 6.
- En zonas verdes el pedestal debe sobresalir 100 mm del poste para evitar oxidaciones.

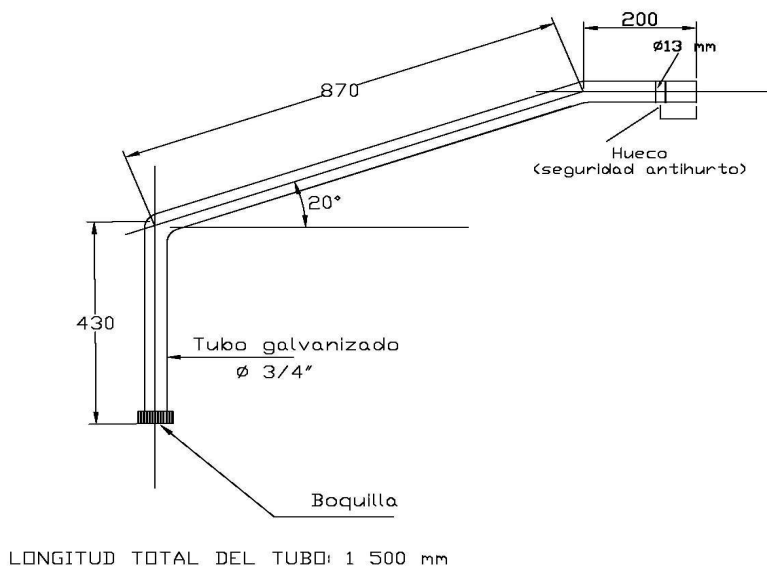
Fuente: Manual único de alumbrado público

10.3 BRAZOS METÁLICOS

El material empleado para la fabricación de los brazos para la luminaria, será de acero galvanizado en caliente. Se utilizarán en montajes de luminarias dobles o sencillas y de doble propósito, en la iluminación de vías vehiculares y peatonales.

Los brazos cumplirán los diseños arquitectónicos descritos...en las figuras 37, 40, 41...

Figura 41. Brazo para luminaria horizontal de 1.5 metros



NORMAS			
NTC		171	
NTC		169	
NTC	169		C334/66
DENOMINACIÓN	MAT. PRIMA	PRUEB. MEC	TERM.REC.

Fuente: Manual único de alumbrado público

10.4 CABLE TRENZADO

La red de distribución aérea en baja tensión puede ser en cable trenzado o en línea abierta (conductores desnudos), ya sea que la red sea exclusiva para alumbrado público o es compartida con la red de distribución local domiciliaria.

La construcción de redes aéreas exclusivas para alumbrado público deberá realizarse en cable antifraude o trenzado utilizando sus respectivos accesorios de acuerdo a la norma de diseño y construcción de CENS.

El cable trenzado puede ser cuádruples, triplex o duplex de aluminio tipo XLPE 600V, el cual consta de un neutro mensajero y tres o dos cables de las fases en aluminio trenzados alrededor del neutro aislado en polietileno reticulado XLPE 90° C. El neutro puede ser en ACSR o en aleación de aluminio AAAC. El calibre del neutro puede ser como máximo un calibre inmediatamente inferior al de las fases. Los calibres normalizados en AWG con sus equivalencias en mm² son:

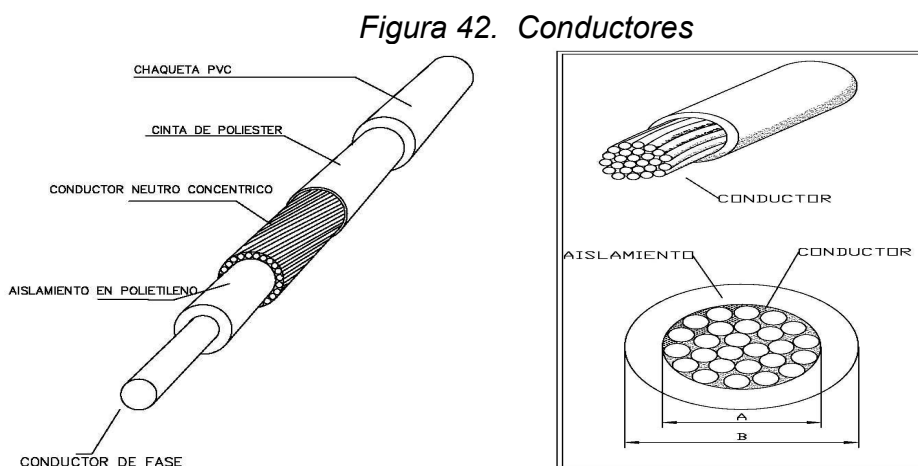
Tabla 19. Calibre de conductores en cable trenzado

Calibre en AWG-SLPE		Calibre en mm ² -XLPE	
Fases	Neutro (ASCR-AAAC)	Fases	Neutro (ASCR-AAAC)
3x2/0	1x2/0	3x70	1x70
3x2/1	1x1/0	3x70	1x50
3x1/0	1x1/1	3x50	1x50
3x1/0	1x2/0	3x50	1x35
3x2	1x2/0	3x35	1x35

Fuente: Norma para el diseño y construcción de sistemas de distribución de CENS

Los conductores de las salidas del transformador deben ser en cable trenzado de un calibre que cumpla con la capacidad de corriente, regulación y pérdidas de potencia.

Los extremos de los cables en finalizaciones de circuitos se deben cubrir con tapones adecuados para tal fin, para protegerlos contra contactos accidentales, y entrada de humedad al cable.



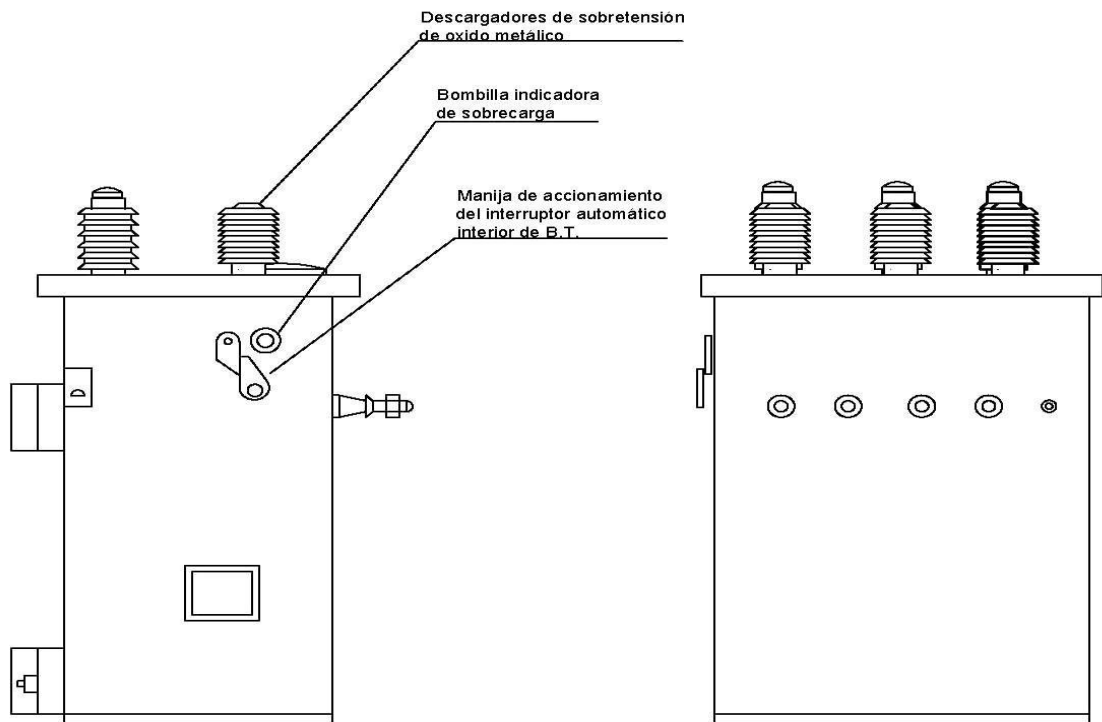
Fuente: Manual único de alumbrado público

10.5 TRANSFORMADORES

En los diseños de alumbrado público se pueden utilizar transformadores trifásicos o monofásicos, dependiendo de la topología, de las características eléctricas y de la distribución a proyectar. Cuando los transformadores son de uso exclusivo para el alumbrado público se recomienda utilizar transformadores monofásicos, “recomendaciones de CENS” estos transformadores se deben poner a trabajar a carga nominal, es decir, a plena carga o que su rango de trabajo este entre el 100% - 120% en estado de operación, con el fin de darle un uso adecuado y reducir las perdidas por transformación, evitando implementar un transformador de mayor capacidad para el sistema que se quiere proyectar.

También se deberá tener en cuenta las características de resistencia propia de los apoyos, crucetas, herrajes y demás elementos y evaluar su comportamiento con relación a las cargas a que están sometidas en la instalación.

Figura 43. Transformador Trifásico



11. INFRAESTRUCTURA DE ALUMBRADO EXISTENTE EN AGUACHICA

El sistema de distribución de Centrales Eléctricas del Norte de Santander en el municipio de Aguachica es manejado por el sistema SPARD (Sistema Para Administrar Redes de Distribución), es una herramienta fundamental de apoyo en el área técnica.

Es una herramienta de diseño, análisis y administración de redes de distribución de Media y Baja Tensión. Cubre la red desde la subestación Aguachica a 115KV hasta el medidor del usuario en baja tensión y al usuario mismo, cuenta con una interfaz en el CIMA (Cambio integral para mejorar la atención al cliente). Además contiene un equipo de análisis de información que arroja informes de pérdidas, diagnósticos y críticas de información.

En el SPARD la topología en media tensión y la cartografía de los municipios de la sucursal se encuentra georeferenciado. Para el sistema de alumbrado público se tiene la información actualizada en cuanto al total de luminarias instaladas, su capacidad, tipo de tecnología, el circuito al que pertenece, transformador asociado, fases a la que se encuentra conectada la luminaria, fecha de la última revisión que se le realizó ya sea por mantenimiento, repotenciación o de instalada nueva.

El procesamiento de esta información permite la elaboración del inventario de la infraestructura existente de tecnología de mercurio, a través de la cual se puede establecer un panorama general de la modernización (Repotenciación) del sistema de alumbrado público, como también los sectores que carecen de dicho servicio para la expansión del alumbrado.

La actualización del sistema de alumbrado público se realiza cada seis meses (dos veces por año).

Los circuitos de alumbrado público, como las avenidas tienen transformadores exclusivos para tal instalación. A diferencia de los circuitos en los barrios o sectores residenciales, donde la red eléctrica de distribución domiciliaria es compartida con las instalaciones de alumbrado público.

11.1 AFORO DE CARGA INSTALADA MUNICIPIO DE AGUACHICA

Tabla 20. Aforo de carga instalada

**CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P.
CONTRATO 18-26-200 SUMINISTRO DE ENERGÍA Y CONCESIÓN DEL MANTENIMIENTO DE ALUMBRADO PÚBLICO
MUNICIPIO AGUACHICA
AFORO DE CARGA INSTALADA**

TIPO DE LUMINARIA	VATIOS	CONV	URBANO		FARO	JUNCAL	COLUMPIOS	LOMA	NOREAM	PATIÑO	INES	VILLA	Total	CARGA INSTALADA (VATIOS)	CONSUMO BALASTO (VATIOS)	CARGA POR CONSUMO BALASTO (W)
			BUTURAMA	FARO												
Mercurio	125	Hg1	1.312	5	17	11	40	38	34	25	15	1.497	187.125	12	17.964	
Mercurio	250	Hg2	194		1			5			25	225	56.250	17	3.825	
Mercurio	400	Hg3						2				2	800	27	54	
Sodio	70	Na1	675	10	3				10	1	18	717	50.190	12	8.604	
Sodio	150	Na2	30								1	31	4.650	20	620	
Sodio	250	Na3	590			1			4			595	148.750	25	14.875	
Sodio	400	Na4	1									1	400	30	30	
Reflector	400	Met Halide	3									3	1.200	27	81	
Reflector Filmito.	500	RfF										-	-	-	-	
Reflector	1.000	Met Halide										-	-	100	-	
Reflector	1.500	Met Halide	5					3				8	12.000	-	-	
Incandescente	100	Inc1	179			1		1				181	18.100	-	-	
Incandescente	150	Inc2										-	-	-	-	
Incandescente	200	Inc3										-	-	-	-	
Luz Mixta	160	LM1	98					2				100	16.000	-	-	
Luz Mixta	200	LM2										-	-	-	-	
		SUB TOTAL	3.087	10	21	13	40	51	48	26	59	3.360				
SUBTOTAL CARGA (VATIOS)													495.465		46.053	
DIAS DEL MES													30	1,00		
Ajuste de la carga instalada con la resolución CREG, el consumo en KW-H/Mes es de:.....													194.946,48		541.518	
TOTAL (VATIOS)																

11.2 PANORAMA DE LUMINARIAS DE MERCURIO EXISTENTE

Las luminarias de mercurio que están instaladas son la forma horizontal abierta.

Tabla 21. Luminarias de mercurio instaladas en Aguachica

TECNOLOGÍA DE MERCURIO EXISTENTE			
125 W	250 W	400 W	TOTAL LUMINARIAS
1497	225	2	1724

11.3 PANORAMA DE EXPANSIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO

La actualización del aforo se realizó en el primer semestre de 2006 y de acuerdo a este levantamiento y su actualización en el SPARD se determinó que el número de luminarias requeridas para iluminar el municipio en su totalidad son aproximadamente 2300 luminarias, esto se tomó en base a los postes de media y baja tensión de la red de distribución, los cuales carecen de luminarias o que tienen instaladas luminarias de lux mixta.

También se determinaron las vías principales que carecen de infraestructura eléctrica y que requieren de expansión de alumbrado público (**ANEXO A “Plano general de alumbrado público casco urbano de aguachica”** y **ANEXO B “vías principales”**).

12. MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO (REPOTENCIACIÓN)

La modernización del alumbrado público o por decirlo de una mejor manera la aplicación de nuevas tecnologías van enfocadas en mejorar los componentes y los criterios de diseño, en sus aspectos fotométricos, eléctricos, ambientales, de vida útil y en lograr una reducción de los costos en forma integral en inversión, operación y mantenimiento.

Optimizar la infraestructura existente de alumbrado público en el municipio de Aguachica, se hará mediante el cambio de tecnología de mercurio por tecnología de sodio, haciendo uso racional y eficiente de la energía destinada para tal fin.

La Repotenciación del alumbrado se realizara bajo los criterios técnicos mencionados anteriormente y la aplicación de otros criterios que se propondrán a continuación.

12.1 MODERNIZACIÓN LÍNEAL

Se define como modernización lineal todo cambio de tecnología de mercurio por tecnología de sodio que cumpla con las condiciones de reemplazo mostradas a continuación. Esta definición se establece de acuerdo a la relación de linealidad entre el flujo luminoso suministrado por la bombilla de mercurio y la bombilla de sodio.

Tabla 22. Características de las bombillas de sodio alta presión

BOMBILLAS DE SODIO ALTA PRESIÓN	FLUJO LUMINOSO (Lumen)	VIDA PROMEDIO (Horas)
70 W	6500	24000
150 W	16500	24000
250 W	32000	24000
400 W	55000	24000

Fuente: Manual único de alumbrado público

Tabla 23. Características de las bombillas de mercurio alta presión

BOMBILLAS DE MERCURIO	FLUJO LUMINOSO (Lumen)	VIDA PROMEDIO (Horas)
125 W	6300	24000
250 W	12700	24000
400 W	22000	24000

Fuente: Manual único de alumbrado público

Tabla 24. Equivalencia entre las luminarias de sodio y luminarias de mercurio

EQUIVALENCIAS ENTRE LUMINARIAS DE SODIO Y LUMINARIAS DE MERCURIO						
MERCURIO		MODERNIZACION LINEAL	SODIO		DIFERENCIA DE POTENCIA (W)	AHORRO %
POTENCIA NOMINAL (W)	POTENCIA + CONSUMO DEL BALASTO (W)		POTENCIA NOMINAL (W)	POTENCIA + CONSUMO DEL BALASTO (W)		
125	137	CABAR POR	70	82	55	59.9%
250	267	CABAR POR	150	170	97	63.7%
400	427	CABAR POR	250	275	152	64.4%

12.2 MODERNIZACIÓN NO LINEAL

Se define como reemplazo no lineal, todo cambio de tecnología de sodio que no cumpla con la condición de reemplazo definida anteriormente.

Este tipo de modernización se rige bajo los criterios técnicos en los casos que de acuerdo al tipo de vía se requiere incrementar el flujo luminoso suministrado por el alumbrado público, estos casos se ven principalmente en zonas comerciales, vías de acceso principal, avenidas, zonas que ameriten condiciones especiales de iluminación por razones de seguridad.

12.3 PROYECCIÓN DE LAS CANTIDADES DE OBRA DE LA MODERNIZACIÓN

Con base al aforo actualizado que se tiene del alumbrado público y el procesamiento de esta información permite elaborar el inventario de la infraestructura existente de mercurio, a través de la cual se puede establecer un panorama general de reemplazos para el proyecto de modernización.

CENS ha determinado la ejecución del proyecto en un plazo no mayor a 2 años debido a que la existencia de luminarias de mercurio representa el 51.3% de la cantidad de luminarias que hay instaladas en el municipio y requiere una inversión elevada.

Tabla 25. Cantidades de obra proyectada

CASCO URBANO Y/O CORREGIMIENTOS	LUMINARIAS DE SODIO			CANTIDAD	PROYECCIÓN ANUAL	
	70 W	150 W	250 W		2007	2008
CASCO URBANO	706	194	-----	1506	900	606
BUTURAMA	-----	-----	-----	-----	-----	-----
EL FARO	5	-----	-----	5	5	-----
JUNCAL	17	1	-----	18	18	-----
LOS COLUMPIOS	11	-----	-----	11	11	-----
LOMA DE CORREDOR	40	-----	-----	40	40	-----
NOREAM	38	5	2	45	45	-----
PUERTO PATIÑO	34	-----	-----	34	34	-----
SANTA INES	25	-----	-----	25	25	-----
VILLA DE SAN ANDRES	15	25	-----	40	40	-----
TOTAL AÑO	891	225	2	1724	1118	606
LUMINARIAS REPOTENCIADAS					1724	

Ahorro de energía proyectado aplicando la modernización lineal

Tabla 26. Carga ahorrada debido a la modernización del alumbrado

POTENCIA LUMINARIA DE SODIO	70 W	150 W	250 W
Total Luminarias Repotenciadas	1497	225	2
Watts ahorrados por potencia	82335	22500	300
Total KW Ahorradas Proyectados	105,14		
Total KW/H/MES ahorrados	37854		

Con la ejecución del proyecto se estaría ahorrando mensualmente 37854 KW que equivale al 19.4% de la carga instalada en el municipio.

12.4 CONJUNTO ELÉCTRICO REQUERIDO PARA LA MODERNIZACIÓN

Este conjunto eléctrico para la Repotenciación esta compuesto por: el bombillo, balasto, condensador, arrancador, conexiones internas y el portabombillas; este conjunto debe acoplarse en el interior del cuerpo de la luminaria y debe facilitar la inspección, mantenimiento y reemplazo de sus elementos.

12.4.1 Bombillas de Sodio.

A continuación se establecen los requisitos técnicos requeridos para la bombillería, en cumplimiento de lo normado para su correcta operación.

Tabla 27. Caracterización de la bombilla de sodio alta presión de 70 vatios

Sodio Alta Presión 70 W				
1	Potencia nominal (W)	70		
2	Tensión en los terminales de la bombilla (V_{RMS})	Objetivo	Máximo	Mínimo
		90	105	75
3	Tensión de extinción de la bombilla (V_{RMS})	Objetivo	Máximo	Mínimo
		105		
4	Incremento de tensión máximo en los terminales de la bombilla (V)	5		
5	Corriente de la bombilla (A_{RMS})	0.98		
6	Bulbo (Forma / Tipo)	Tubular / Claro		
7	Posición de operación	Universal		
8	Portabombilla	E-27		
9	Tensión de ensayo para estabilización "calentamiento" (V)	198		
10	Tiempo máximo requerido para alcanzar 50 V mínimo en los terminales de la bombilla (minutos)	7		
11	Correlación de la temperatura del color ($^{\circ}K$)	2100		
12	Coordenadas de la cromaticidad x/y	0.516/0.4180		
13	Índice del rendimiento del color	21-Clase 4		
14	Eficacia mínima (Lm/W)	92.86		
15	Luminancia promedio (Cd/cm^2)	>300		
16	Flujo luminoso 100 horas (Lm)	>6500		
17	Vida promedio (horas)	24000		

Fuente: Manual único de alumbrado público

Tabla 28. Caracterización de la bombilla de sodio alta presión de 150 vatios

Sodio Alta Presión 150 W				
1	Potencia nominal (W)	150		
2	Tensión en los terminales de la bombilla (V_{RMS})	Objetivo	Máximo	Mínimo
		100	115	85
3	Tensión de extinción de la bombilla (V_{RMS})	Objetivo	Máximo	Mínimo
		116		
4	Incremento de tensión máximo en los terminales de la bombilla (V)	7		
5	Corriente de la bombilla (A_{RMS})	1.8		
6	Bulbo (Forma / Tipo)	Tubular / Claro		

7	Posición de operación	Universal
8	Portabombilla	E-40 o Mogul
9	Tensión de ensayo para estabilización "calentamiento" (V)	198
10	Tiempo máximo requerido para alcanzar 50 V mínimo en los terminales de la bombilla (minutos)	7
11	Correlación de la temperatura del color (°K)	2100
12	Coordenadas de la cromaticidad x/y	0.516/0.4180
13	Índice del rendimiento del color	21-Clase 4
14	Eficacia mínima (Lm/W)	110
15	Luminancia promedio (Cd/cm ²)	>300
16	Flujo luminoso 100 horas (Lm)	>16500
17	Vida promedio (horas)	24000

Fuente: Manual único de alumbrado público

Tabla 29. Caracterización de la bombilla de sodio alta presión de 250 vatios

Sodio Alta Presión 250 W				
1	Potencia nominal (W)	250		
2	Tensión en los terminales de la bombilla (V _{RMS})	Objetivo	Máximo	Mínimo
		100	115	85
3	Tensión de extinción de la bombilla (V _{RMS})	Objetivo	Máximo	Mínimo
		120		
4	Incremento de tensión máximo en los terminales de la bombilla (V)	10		
5	Corriente de la bombilla (A _{RMS})	2.95		
6	Bulbo (Forma / Tipo)	Tubular / Claro		
7	Posición de operación	Universal		
8	Portabombilla	E-40 o Mogul		
9	Tensión de ensayo para estabilización "calentamiento" (V)	198		
10	Tiempo máximo requerido para alcanzar 50 V mínimo en los terminales de la bombilla (minutos)	7		
11	Correlación de la temperatura del color (°K)	2100		
12	Coordenadas de la cromaticidad x/y	0.516/0.4180		
13	Índice del rendimiento del color	21-Clase 4		
14	Eficacia mínima (Lm/W)	128		
15	Luminancia promedio (Cd/cm ²)	>350		
16	Flujo luminoso 100 horas (Lm)	>32000		
17	Vida promedio (horas)	24000		

Fuente: Manual único de alumbrado público

12.4.2 Balastos para bombillas de sodio tipo reactor.

Para las bombillas de sodio alta presión, se debe utilizar balasto tipo reactor (porcentaje de pérdidas bajo) de acuerdo con las tensiones de servicio aplicables.

Las principales características eléctricas requeridas, recomendaciones y las tolerancias admitidas se presentan a continuación.

Tabla 30. Características del balasto tipo reactor

Descripción	Unidad	70W	150W	250W
Tensión de conexión	V	208	208	208
		220	220	220
		240	240	
Potencia en la bombilla a tensión objetivo en la misma	W	95 a 105% de lo medido con el balasto y la bombilla de referencia a tensión objetivo		
Tensión bombilla: IEC Objetivo	V	90		100
Máxima	V	105		115
Mínima	V	75		85
Tensión bombilla: ANSI Objetivo	V		100	100
Máxima	V		115	115
Mínima	V		85	85
Corriente máxima de corto circuito (entre 92% y 106% de la tensión nominal de conexión)	A	1.96	3.24	5.4
Tensión mínima de circuito abierto (92% de tensión nominal de conexión)	V	198	198	198
Voltaje pico de arranque				
Mínimo	V	1800	2500	2500
Máximo	V	2500	5000	5000
Variación máxima de la potencia de la bombilla para variaciones de la tensión de línea +- 5%		Cumplir con el trapezoide, de acuerdo con los requerimientos establecidos en las normas NTC 2243 (IEC 662)		

Fuente: Manual único de alumbrado público

Tabla 31. Perdidas máximas admisibles para el balasto tipo reactor

Luminaria de sodio	Tipo de balasto	Perdidas Máximas (W)
70W	Reactor	12
150W	Reactor	20
250W	Reactor	25

Fuente: Norma de CENS

12.4.3 Arrancadores para sodio alta presión.

El arrancador es una parte complementaria del balasto o un elemento separador. Para luminarias de sodio con balasto tipo reactor, se acepta únicamente arrancadores tipo paralelo de dos terminales los cuales no utilizan para su arranque el devanado de la bobina del balasto. Deben cumplir con los siguientes requisitos.

Tabla 32. Características de los arrancadores

Bombillas de sodio alta presión	Pulso (KV)		Ancho del pulso		Tasa de repetición "pulso"
	Mínimo	Máximo	>(μS)	(V)	
	70W	1.8	2.5	2	
150W	2.8/2.5	5.0/4.0	1	2520/2250	
250W	2.8/2.5	5.0/4.0	1	2520/2250	

12.4.4 Condensadores.

Su función es corregir el factor de potencia del conjunto eléctrico de la luminaria al 90% para balastos tipo reactor. El condensador debe estar diseñado de tal manera que pueda soportar temperaturas desde -40 °C hasta 90°C sin que se afecte su normal funcionamiento.

El condensador utilizado en alumbrado público debe ser del tipo seco y cubierta plástica o aislado en aceite (no PCB) y debe tener una tolerancia en el valor de su capacitancia hasta +- 5% para balastos tipo reactor.

El cambio del valor de capacitancia con variaciones de temperatura entre 23°C y 0°C, debe estar del rango de +2% a -5% y para un cambio de temperatura de 23°C a 90°C debe estar dentro de un rango de +2% a -7%.

Los condensadores deben ser aptos para trabajar durante periodos prolongados a una tensión que no exceda el 110% de su tensión nominal, dentro de las temperaturas admisibles.

Los condensadores deben tener internamente una resistencia de descarga entre terminales, que garantice un voltaje en bornes del condensador de 50 voltios o menos, después de un minuto de haber desconectado la fuente de alimentación.

12.4.5 Portabombillas

El portabombillas deberá contar con rosca tipo Edison o niquelada, según Norma ASTM B-88 y apropiado para roscar en casquillo tipo E-27 para bombillos de sodio 70W y tipo E-40 para bombillos de 150W, 250W.

Este soporte debe poseer un sistema de marcación que permita la posición de la bombilla y reproducir a voluntad la distribución garantizada. Igualmente, el elemento de soporte del portabombilla debe ser suficientemente seguro para impedir desajuste o descalibración de la posición de la bombilla debido a los movimientos y vibraciones a que esta sometida durante el montaje y operación.

12.4.6 Conexiones internas.

Los conductores para conexiones internas de las luminarias de sodio, deben ser de cobre (cable), con aislamiento para 600V y 105°C y calibres de capacidad superior a 18 AWG de longitud mayor a 30 cm. El color del aislamiento de los alambres de conexión debe seguir el código de colores de la Norma NTC 2050, esto es, verde o verde con rayas amarillas para el terminal de tierra, color gris natural o blanco para el neutro y las fases se seleccionan entre amarillo, azul y rojo.

Tabla 33. Conjunto eléctrico para cada luminaria de acuerdo a su potencia

POTENCIA DE LA LUMINARIA DE SODIO	ESPECIFICACIONES DEL ARRANCADOR	ESPECIFICACIONES DEL CONDENSADOR	ESPECIFICACIONES DEL BALASTO
70W	70W	10 μ F	70W
150W	150W-400W	16 μ F -20 μ F	150W
250W	150W-400W	33 μ F	250W
400W	150W-400W	48 μ F -50 μ F	400W

La conexión entre el portabombilla y la bornera de conexión a otros elementos de la luminaria debe ser en cable siliconado aislado a 600 V y 200°C de longitud mayor a 30 cm. Los conductores en cable deben tener los extremos estañados, de suficiente capacidad para soportar las corrientes propias del conjunto eléctrico sin excesivo calentamiento y/o caídas de tensión perjudiciales para la operación normal de la unidad.

Todos los contactos eléctricos de la luminaria y la tortillería deben ser de material no ferroso y protegidos contra corrosión. Todas las conexiones internas se deben efectuar a través de borneras, conectores mecánicos o conexiones rápidas, similares a terminales sin tornillos tipo resorte, tipo pala, etcétera, que garanticen una excelente y segura conexión eléctrica.


- **Borneras.** Deben ser de una clase térmica igual o superior a la asociada con la temperatura de 105 °C y una tensión de aislamiento de 600V, adecuadas para utilización con destornilladores tipo pala de 5 mm.

- **Contactos.** Deben ser fabricados en un material no ferroso, protegidos contra la corrosión y de dimensiones que garanticen el contacto eléctrico (máximo dos conductores por punto de conexión).

12.5 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Los presupuestos de inversión se presentan a continuación de acuerdo con la cantidad de obra proyectada para cada uno de los años que se tienen estipulados para llevar a cabo la modernización del sistema de alumbrado público existente.

Tabla 34. Presupuesto de inversión requerido para la ejecución de la modernización en el año 2007

 CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.		ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA		Fecha Impresión:
PRESUPUESTO No.: AGC- 31268		SERVICIOS		Pág. 1
AGUACHICA, 12 de junio de 2006		Solicitante : ADMINISTRADOR SUCURSAL AGUACHICA		
Municipio: AGUACHICA		Barrio/Vereda: CASCO URBANO		
Dirección: PLANO ANEXO		Teléfono:		
Tipo Presupuesto: REMODELACION		No. Usuarios: 300	Valor Global Este Presupuesto: 126,937,665.00	
Observaciones: REPOTENCIACIÓN DE LUMINARIAS DE TÉCNOLOGÍA DE MERCURIO A TÉCNOLOGÍA DE SODIO PROYECTADA PARA EL AÑO 2007				
TIPO CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
GRUPO: BAJA TENSION				
Mob	2592TRABAJO CUADRILLA TIPO TURNO DE REPARACIONES INCLUYE TRANSPORTE, HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEYALIZACION Y DOS (2) LINIEROS. JORNADA DIURNA	559.00	40,416.66	22,592,916.66
MAT	109ARRANCADOR DE SODIO EN PARALELO 70 W / 220 V	891.00	13,300.00	11,850,300.00
MAT	110ARRANCADOR DE SODIO EN PARALELO 150/250/400 W - 220 V	227.00	14,500.00	3,291,500.00
MAT	128BALASTO PARA LUMINARIA DE SODIO 70W-220V	891.00	22,000.00	19,602,000.00
MAT	130BALASTO PARA LUMINARIA DE SODIO 150W-220V	225.00	34,400.00	7,740,000.00
MAT	132BALASTO PARA LUMINARIA DE SODIO 250W-220V	2.00	49,300.00	98,600.00
MAT	158BOMBILLA DE SODIO 70W-220V TUBULAR CLARO	891.00	17,800.00	15,859,800.00
MAT	160BOMBILLA DE SODIO 150W-220V TUBULAR CLARO	225.00	25,000.00	5,625,000.00
MAT	165BOMBILLA DE SODIO 250W-220V TUBULAR CLARO	2.00	28,800.00	57,600.00
MAT	234CABLE COBRE 14 AWG THHN-THWN 600 V	1,118.00	1,100.00	1,229,800.00
MAT	340CONDENSADOR DE 10 mf - 220 V	891.00	5,100.00	4,544,100.00
MAT	342CONDENSADOR DE 20 mf - 220 V	225.00	9,200.00	2,070,000.00
MAT	345CONDENSADOR DE 30 mf - 220 V	2.00	13,800.00	27,600.00
MAT	664PORTALAMPARA GOLIATH TIPO MAGUL E-27 (ROSCA FINA)	891.00	5,400.00	4,811,400.00
MAT	666PORTALAMPARA GOLIATH TIPO MAGUL E-40 (ROSCA GRUESA)	227.00	8,200.00	1,861,400.00
MAT	2210TORNILLO PARA ESTUFA 5/32" X 1 1/2" CON TUERCA	4,472.00	57.00	254,904.00
MAT	2388BORNERA DE CUATRO (4) PUESTOS	280.00	2,320.00	649,600.00
SUBTOTALES: BAJA TENSION				102,166,520.66
Estruc.(sin IVA):		0.00		
Mater.(sin IVA):		68,597,934.48	Adm(7.0)%+Imp(3.0)+Uti(10.0)%:	18,238,170.23
Estruc.+Mater.(sin IVA):		68,597,934.48	Est. +Mat. +MObra+ AIU:	109,429,021.38
M. Obra (sin AIU):		22,592,916.67	Interventoria(0.0)%:	0.00
Est.+Mat.+MObra(sin IVA - sin AIU):		91,190,851.15	IVA(16.0)%:	17,508,643.42
SON: CIENTO VEINTISEIS MILLONES NOVECIENTOS TREINTA Y SIETE MIL SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS MCTE			TOTAL:	126,937,665.00

Fuente: Programa de presupuestos 2006 de CENS

Tabla 35. Presupuesto de inversión requerido para la ejecución de la modernización en el año 2008



CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.

ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA

Fecha Impresión:

06.10.17

PRESUPUESTO No.: AGC- 31267

SERVICIOS

Pág. 1

AGUACHICA; 15 de junio de 2006

Solicitante : ADMINISTRADOR SUCURSAL AGUACHICA

Municipio: AGAUCHICA

Barrio/Vereda: CASCO URBANO

Dirección: PLANO ANEXO

Teléfono:

Tipo Presupuesto: REMODELACION

No. Usuarios: 2000

Valor Global Este Presupuesto:

64,685,590.00

Observaciones: REPOTENCIACIÓN (MODERNIZACIÓN) DE LUMINARIAS DE TECNOLOGIA DE MERCURIO 125W A TECNOLOGIA DE SODIO 70W PROYECTADA PARA EL AÑO 2008

TIPO CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
GRUPO: BAJA TENSION				
Mob 2592	TRABAJO CUADRILLA TIPO TURNO DE REPARACIONES INCLUYE TRANSPORTE, HERRAMIENTA, ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y SEYALIZACION Y DOS (2) LINIEROS. JORNADA DIURNA	303.00	40,416.66	12,246,250.00
MAT 109	ARRANCADOR DE SODIO EN PARALELO 70 W / 220 V	606.00	13,300.00	8,059,800.00
MAT 128	BALASTO PARA LUMINARIA DE SODIO 70W-220V	606.00	22,000.00	13,332,000.00
MAT 158	BOMBILLA DE SODIO 70W-220V TUBULAR CLARO	606.00	17,800.00	10,786,800.00
MAT 234	CABLE COBRE 14 AWG THHN-THWN 600 V	606.00	1,100.00	666,600.00
MAT 340	CONDENSADOR DE 10 mf - 220 V	606.00	5,100.00	3,090,600.00
MAT 664	PORTALAMPARA GOLIATH TIPO MAGUL E-27 (ROSCA FINA)	606.00	5,400.00	3,272,400.00
MAT 2210	TORNILLO PARA ESTUFA 5/32" X 1 1/2" CON TUERCA	2,424.00	57.00	138,168.00
MAT 2388	BORNERA DE CUATRO (4) PUESTOS	152.00	2,320.00	352,640.00
SUBTOTALES: BAJA TENSION				51,945,258.00

Estruc.(sin IVA):	0.00		
Mater.(sin IVA):	34,223,282.76	Adm(7.0)%+Imp(3.0)+Uti(10.0)%:	9,293,906.55
Estruc.+Mater.(sin IVA):	34,223,282.76	Est.+Mat.+MObra+AIU:	55,763,439.31
M. Obra (sin AIU):	12,246,250.00	Interventoria(0.0)%:	0.00
Est.+Mat.+MObra(sin IVA - sin AIU):	46,469,532.76	IVA(16.0)%:	8,922,150.29

SON:SESENTA CUATRO MILLONES SEISCIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS NOVENTA PESOS MCTE	TOTAL:	64,685,590.00
---	--------	---------------

Fuente: Programa de presupuestos 2006 de CENS

13. EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

La expansión del alumbrado público en el municipio debe cumplir las especificaciones técnicas, poseer excelentes características de desempeño, durabilidad y calidad para satisfacer las condiciones y requerimientos técnicos especificados anteriormente.

Todos los elementos a instalar deben tener vigente el certificado de conformidad del producto, expedido por un organismo acreditado o reconocido por la superintendencia de Industria y Comercio (SIC) en Colombia, o por un organismo internacional competente.

En Colombia se encuentran acreditados por la **SIC**, instituciones como el ICONTEC, CIDET, BVQI y SGS.

13.1 PROYECCIÓN DE LAS CANTIDADES DE OBRA

De acuerdo a la actualización del aforo se determinó que el número de luminarias requeridas para iluminar en su totalidad el Municipio de Aguachica son:

- Para los sectores residenciales o barrios se necesitan 2000 luminarias. La clase de iluminación requerida para la vía es M4 con una velocidad de circulación reducida, menor a 30 Km/h. Los datos se tomaron del sistema SPARD en base a los postes de media y baja tensión de la red de distribución existente, los cuales carecen de luminarias o que tienen instaladas luminarias de luz mixta.
- Para los sectores donde existen vías secundarias, se requieren 105 luminarias. La clase de iluminación requerida es M3 con una velocidad de circulación media ($30 < V < 60$) Km/h, Los datos se tomaron del sistema SPARD en base a los postes de media y baja tensión de la red de distribución existente, los cuales carecen de luminarias o que tienen instaladas luminarias de luz mixta.
- Para los sectores donde existen vías principales, se requieren 133 luminarias. La clase de iluminación requerida para la vía es M2 con una velocidad de circulación importante ($60 < V < 90$) Km/h. Los datos se tomaron del sistema SPARD en base a los postes de media y baja tensión de la red de distribución existente, los cuales carecen de luminarias o que tienen instaladas luminarias de luz mixta.
- También se determinaron las vías principales que carecen de infraestructura eléctrica y que requieren de expansión de redes exclusivas para alumbrado público, el total de los trayectos a iluminar suman un total de 1.31 Km.

La ubicación de cada uno de los sectores están relacionados en el **ANEXO A (“Plano general del alumbrado público del casco urbano de aguachica” y ANEXO B “vías principales”)**.

13.2 ASPECTOS IMPORTANTES PARA LA EXPANSIÓN DEL ALUMBRADO

- La disposición así como la interdistancia de las luminarias, será un parámetro de entrada al diseño para los proyectos cuyo objeto sea mantenimiento, repotenciación o expansión en infraestructura existente del sistema. Cuando se trate de proyectos nuevos, estos parámetros serán el resultado del diseño propuesto.
- La superficies más utilizadas para la iluminación de las vías son: tipo R2 (concreto usado) ó R3 (asfalto usado), cuyo coeficiente de luminancia promedio es $Q_0 = 0.07$.
- Aumentar las dimensiones de los brazos en los diseños donde se requiera que el avance de la luminaria sobre la calzada sea mayor.
- Aumentar el ángulo de inclinación de la luminaria con respecto a la horizontal (pasar de 0° a 5° , 10° o 15°), en los tipos de diseño que se requieran dependiendo de la geometría de la vía. Diseños por encima de esta elevación no son recomendables porque terminan iluminando las fachadas del frente y generando polución luminosa y deslumbramiento.
- La altura del andén, para efectos del cálculo será igual a 0.15m, para andenes existentes ó 0.20m para andenes nuevos y recuperados.
- La distancia entre el paramento de las edificaciones y el eje del poste será mínimo de 0.60 metros.
- El factor de mantenimiento, aplicado depende de su grado de protección (IP), y de la categoría de polución del sitio de instalación para los diseño, operación y mantenimiento será el señalado a continuación. Para Aguachica se aplicara un factor de mantenimiento de 0.8 con categoría de polución II, IP 54, ambiente medianamente polucionado.

Tabla 36. Factor de mantenimiento

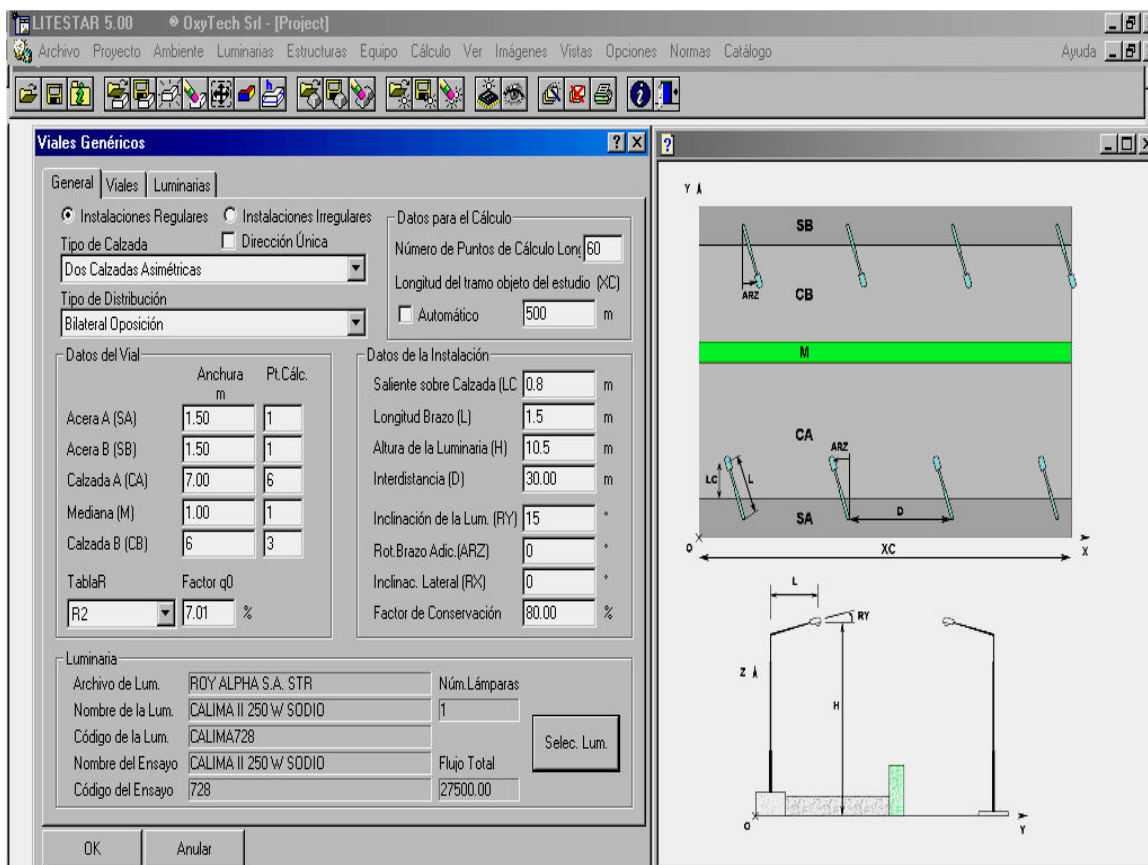
CATEGORÍA DE POLUCIÓN	> IP 23	> IP 54	> IP 65	OBSERVACIONES
I	0.85	0.9	0.95	Ambientes poco polucionados
II	0.65	0.8	0.9	Ambientes mediana mente polucionados
III	0.5	0.62	0.85	Ambientes muy polucionados
IV	-----	0.42	0.7	Ambientes excesivamente polucionados

- Las luminarias deben se de tipo horizontal cerradas, con reparto de flujo luminoso asimétrico en los planos C-90 / 270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétricos hacia los planos C-0 / 180 grados para el sistema CIE o su equivalente en el sistema IES.
- Para todas las luminarias de sodio, que se instalen en áreas relacionadas con vías principales, secundarias y complementarias el grado de hermeticidad debe se IP>65 para el conjunto óptico.
- Para todas las luminarias el grado de hermeticidad debe ser IP>43 para el conjunto eléctrico.
- Para todas las luminarias de alumbrado público tipo horizontal, como mínimo el grado de protección contra el impacto, debe se IK>04 para el refractor o cubierta transparente e IK>05 para las demás partes de ambos compartimentos (óptico y eléctrico).

13.3 FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE

Para brindar soporte a los criterios técnicos expuestos anteriormente fue necesaria la aplicación de un software especializado para cálculos de iluminación de Roy Alpha "**LITESTAR 5.0**" el software permite diseñar y analizar resultados para diferentes tipos de disposiciones, alturas de montajes, interdistancias para un ancho de vía determinado, como también determinar el desempeño de las luminarias utilizadas para el desarrollo de los diferentes diseños.

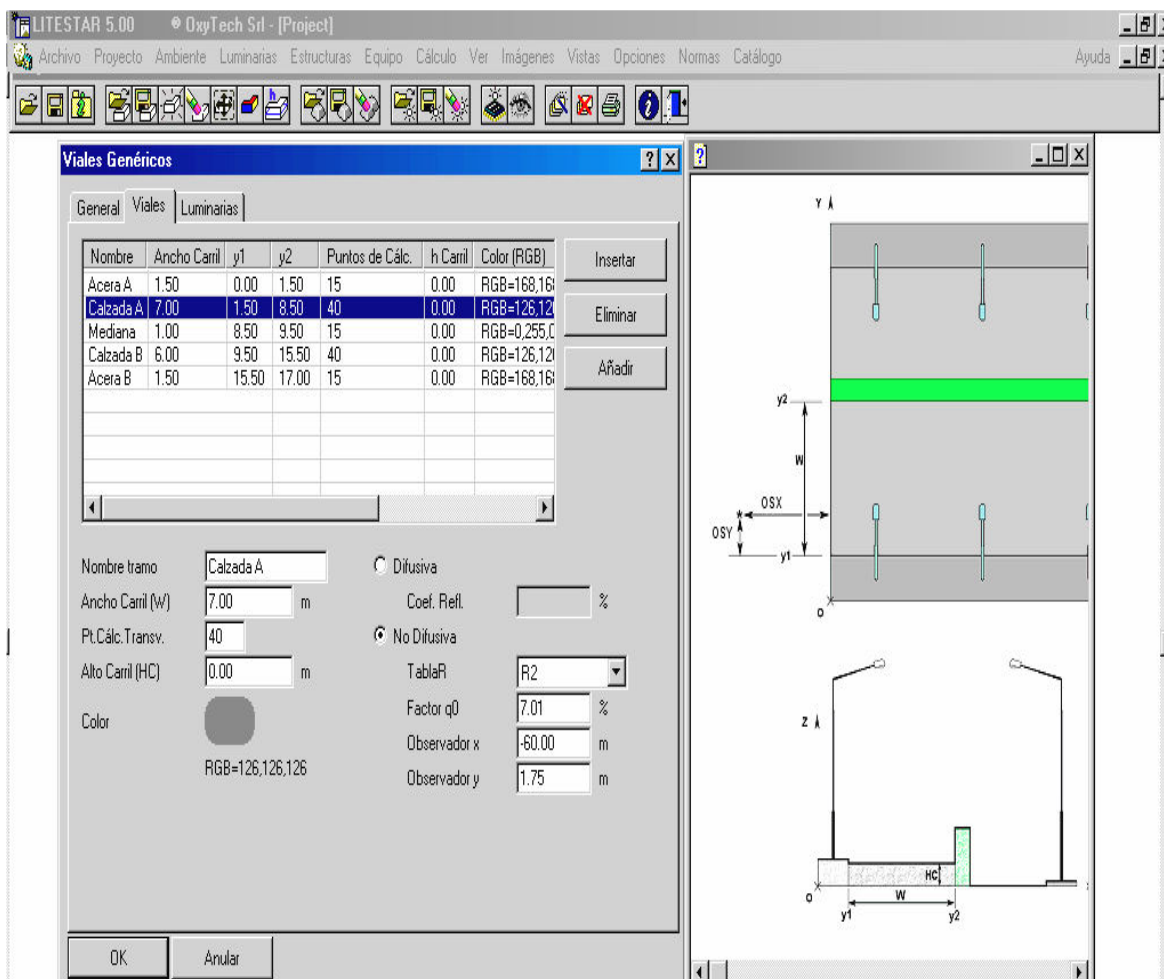
Figura 44. Ventada General para insertar los datos del proyecto



En esta ventana es la presentación principal del software donde se registran la mayor cantidad de datos necesarios para el desarrollo y posterior cálculo para el diseño.

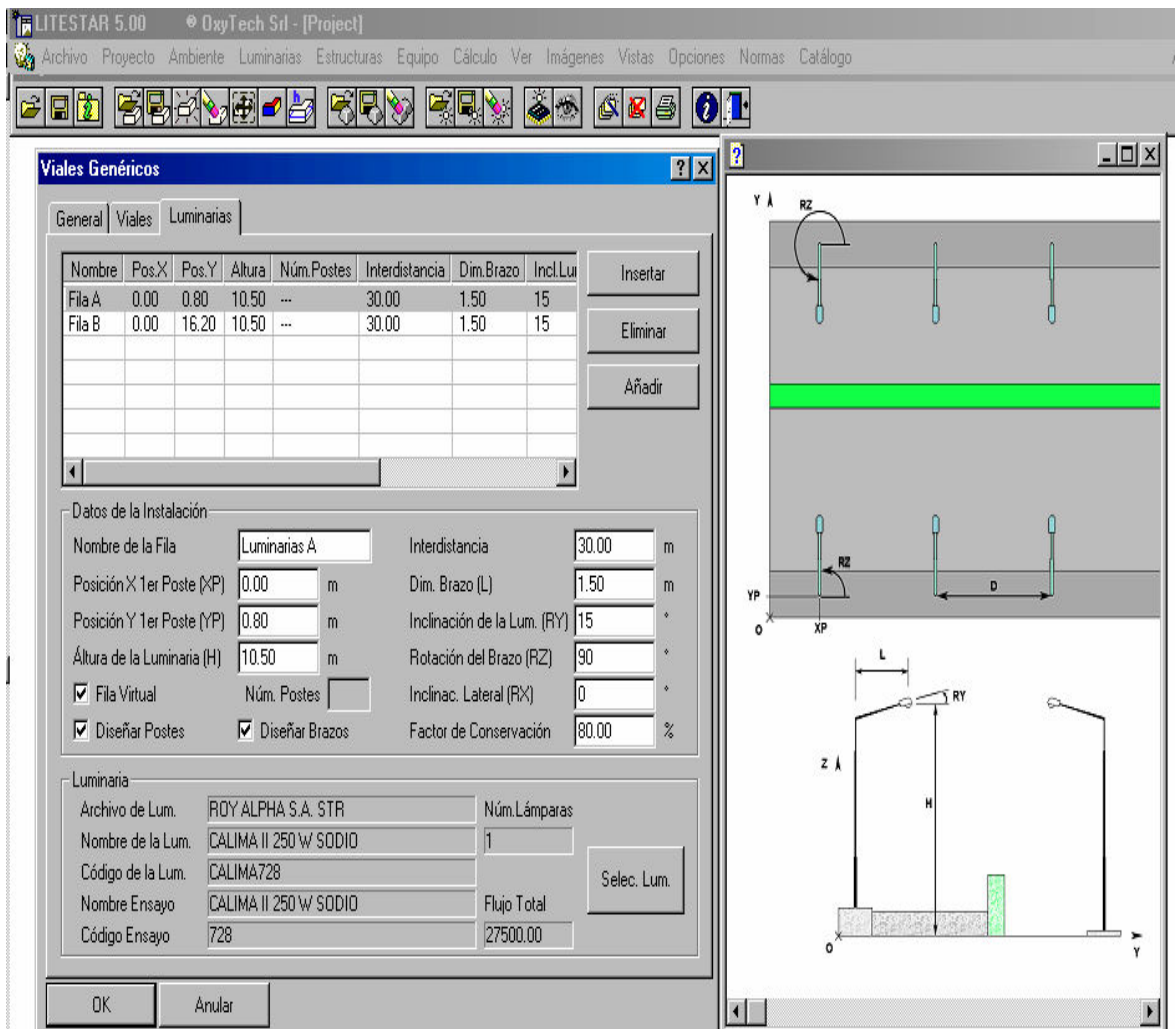
En la pestaña **“General”** se escogen y registran los principales datos para un proyecto como son: tipo de calzada, tipo de disposición, los datos referentes a la vía (ancho da la calzada, ancho de los andenes, anchos de los separadores de vía, y los puntos de calculo sobre cada una de las superficies). También se puede seleccionar la tabla R dependiendo del tipo de superficie a trabajar, se puede seleccionar la luminaria de acuerdo a su potencia y flujo luminoso, la longitud del tramo de objeto del cálculo, longitud del brazo así como su saliente sobre la calzada, la altura de montaje, la interdistancia, la inclinación de la luminaria, la rotación del brazo y el factor de conservación.

Figura 45. Parámetros de cada una de las superficies a calcular



En la pestaña “**Viales**” se puede verificar los datos registrados para cada una de las superficies sobre las cuales se quiere tener datos de iluminación; como también se pueden cambiar el color de las superficies acorde con la realidad sobre lo cual se esta trabajando en el diseño, también nos determina la distancia a la que se encuentra el observador dependiendo del tipo de disposición que se utilice.

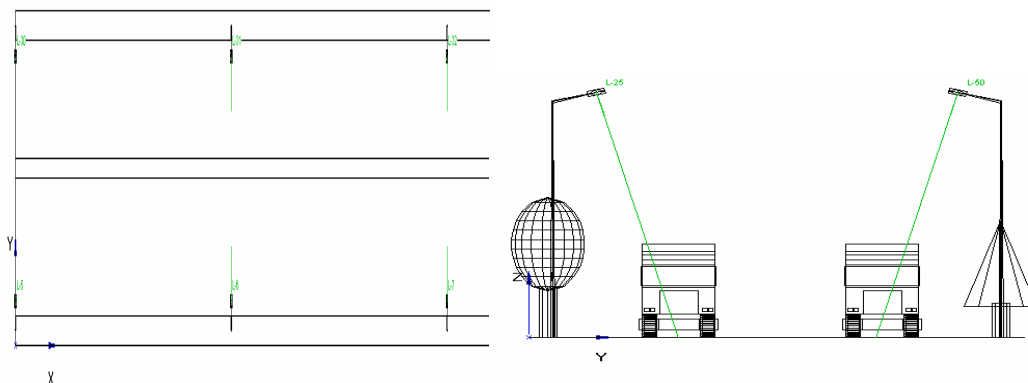
Figura 46. Parámetros de las luminarias



La pestaña “**Luminarias**” se pueden verificar y corregir los datos introducidos como la altura montaje, dimensión del brazo, inclinación de la luminaria, tipo de luminaria y capacidad, como también se puede determinar la ubicación de las luminaria en el diseño.

Una vez seleccionados e introducidos los datos en cada una de las tres pestañas aparece en pantalla la forma física del diseño.

Figura 47. Disposición bilateral opuesta software



Después escogemos la pestaña “cálculo” donde el software empezara a correr y aplicar los parámetros de diseño para cada una de las superficies, para posteriormente ser interpretados y analizar cual es el mejor diseño y que cumpla con cada uno de los parámetros establecidos para las vías.

Figura 48. Splot de Iluminancia

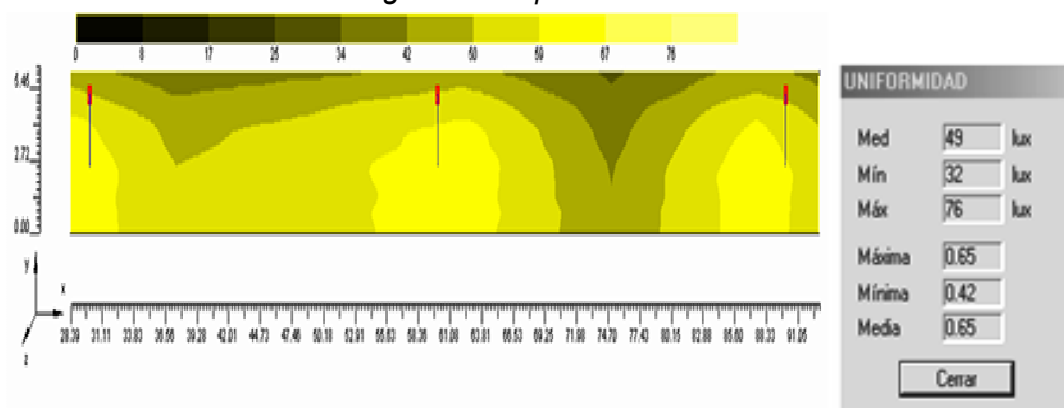
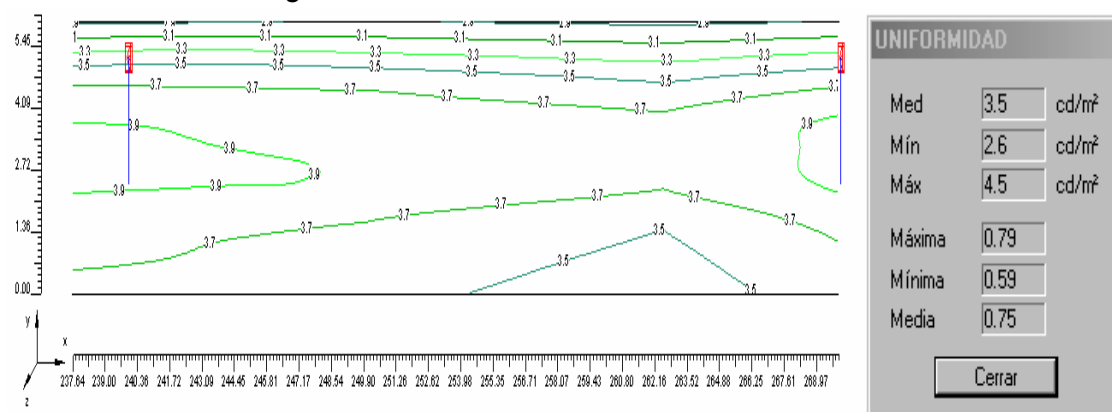


Figura 49. Curvas isolux sobre la vía software



13.4 APLICACIÓN DEL SOFTWARE “CÁLCULOS Y DISEÑOS DE ALUMBRADO PÚBLICO”

Con la aplicación del software se realizarán y analizarán los diseños más adecuados para cada uno de los casos de acuerdo a los parámetros técnicos y económicos requeridos para los diferentes tipos de vías.

La topología de las vías es uno de los mayores aspectos a tener en cuenta, debido a que la mayor parte de la expansión que hay que realizar en el municipio de Aguachica está condicionada a la red existente de distribución y a sus características de diseño y construcción.

La red de distribución de Media Tensión está soportada en postes de concreto de 12 m y la red de Baja Tensión está soportada en postes de concreto de 8 metros y en algunos casos existe posterioridad de 10m. La distancia o vano que hay entre poste y poste para la red de baja tensión según la normatividad de diseño y construcción de CENS no puede superar los 35m, la distancia que tendremos en cuenta como la condición más desfavorable como parámetro de diseño será de 30 metros promedio para los cálculos lumínicos que se realizarán. Otro aspecto a tener en cuenta es la ubicación geográfica del municipio que se encuentra ubicado en una zona caliente, sin relieves (es plano).

13.4.1 Expansión del Alumbrado público de los sectores residenciales “M4”

Esta expansión se basa básicamente en la instalación de luminarias (aproximadamente 2000) de alumbrado público en los barrios, utilizando la red de distribución de media, baja tensión y sus postes de concreto de 8 y 12 metros existentes. El tipo de control será la fotocelda para cada luminaria. La altura de montaje de las luminarias se tomará de 6.8 m libres como la condición más desfavorable, como también por uniformidad y estética de la instalación.

Estas luminarias se conectarán a la red de distribución de cada sector de acuerdo a su ubicación y circuito. Es importante tener en cuenta en el momento de la instalación de las luminarias, la carga que estas aportan al circuito con el fin de evitar desequilibrios en la red y posibles recalentamientos en los bornes de transformador y en los conductores.

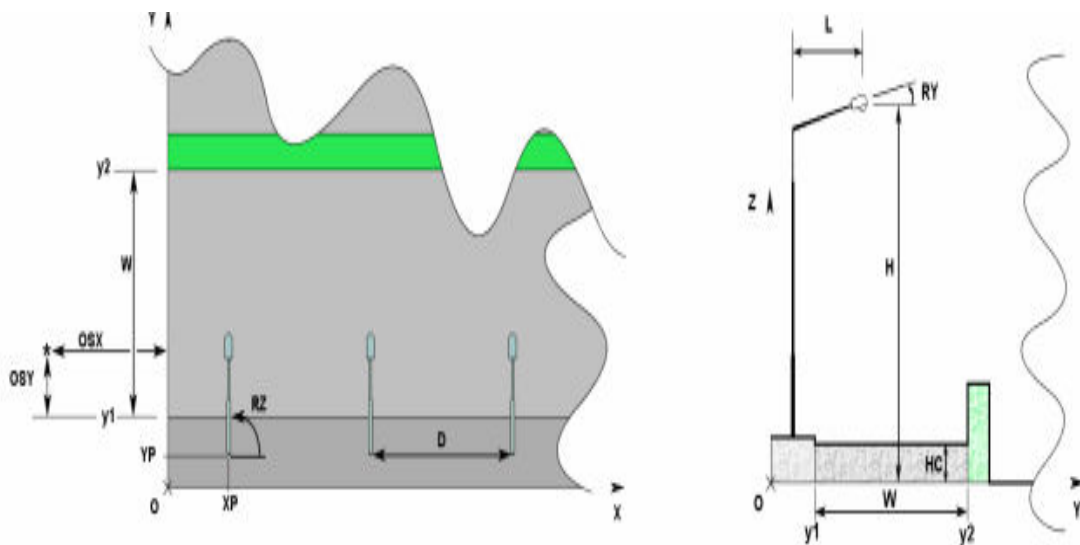
Para el diseño de iluminación de estos sectores residenciales se trabajarán con los siguientes parámetros:

- Tipo de vía: M4 densidad de tráfico reducido
- Velocidad de circulación: menor a 30 Km/h
- Tránsito de vehículos por hora: entre 100 y 250 vehículos

- Tipo de superficie: R2
- Disposición: unilateral
- Ancho de la calzada: cinco (5) metros
- Numero de carriles: Dos (2)
- Altura de montaje: 6.8 metros
- Nivel de iluminación media para la vía: 5-10 luxes
- Luminancia promedio: 0.5-0.75 Cd/m²
- Uniformidad general: 40% mínimo
- Uniformidad longitudinal: 50% mínimo
- Relación de alrededores: 50% mínimo
- Deslumbramiento (incremento umbral): menor al 15%
- Tecnología aplicada sodio alta presión
- Luminaria de sodio 70W horizontal cerrada
- Flujo luminoso de 6500 lúmenes
- Interdistancia entre postes: 30 metros
- Dimensión del brazo: 1.5 metros de largo

• **Resultados de la simulación**

Figura 50. Disposición unilateral para luminaria de sodio 70W



Fuente. Roy Alpha

Tabla 37. Información del área sodio 70W

Superficie	Dimensiones [m]	Angulo [°]	Coefficiente Reflexión	Iluminancia Media [Lux]	Luminancia Media [cd/m ²]
Acera A	200.00x1.50	Plano	55%	6	1.0
Calzada A	200.00x5.00	Plano	R2 7,01%	12	0.8
Acera B	200.00x1.50	Plano	55%	11	2.0

Datos del Vial

Nombre del Tramo	Ancho Tramo [m] W	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	h Tramo [m] (HC)	Tabla R	Coefficiente Reflexión Factor Qo	Observador X [m] (OXS)	Observador Y [m] (OSY)
Acera A	1.50	0.00	1.50	15	0.00	R2	55.00	-6000	1.25
Calzada A	5.00	1.50	6.50	40	0.00		7.01		
Acera B	1.50	6.50	8.00	15	0.00		55.00		

Datos de la instalación (Archivo de Luminarias)

Nombre Fila	X 1er Poste [m] XP	Y 1er Poste [m] (YP)	h Poste [m] (H)	Interdis. [m] (D)	Dim. Brazo [m] (L)	Inclinación Luminaria [°] (RY)	Rotación Brazo [°] (RZ)	Factor Cons. [%]	Código Luminaria	Flujo [Lm]	Ref.
Fila A	0.00	0.90	6.80	30.00	1.50	15	90	80.00	PE-VP12	6600	A

Tabla 38. Parámetros de calidad sodio 70W

Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Medio / Máximo	Mínimo / Máximo	Mínimo / Medio
Plano Trabajo (h=0.0 m)	Ilum. Horizontal [E]	11 lux	0 lux	32 lux	0.33	0.00	0.00
Acera A	Ilum. Horizontal [E]	6 lux	0 lux	14 lux	0.41	0.00	0.01
Calzada A	Ilum. Horizontal [E]	12 lux	3 lux	32 lux	0.36	0.10	0.27
Acera B	Ilum. Horizontal [E]	11 lux	6 lux	28 lux	0.40	0.21	0.52
Acera A	Luminancia [L]	1.0 cd/m ²	0.0 cd/m ²	2.4 cd/m ²	0.41	0.00	0.01
Calzada A	Luminancia [L]	0.8 cd/m ²	0.3 cd/m ²	1.3 cd/m ²	0.60	0.25	0.42
Acera B	Luminancia [L]	2.0 cd/m ²	1.0 cd/m ²	5.0 cd/m ²	0.40	0.21	0.52

Tabla 39. Confort visual sodio 70W

Nombre de Tramo	Ancho Tramo [m] (W)	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	Tabla R	Coef. Ref. Factor Qo	Obser. X Absol. [m]	Obser. Y Absol. [m]	Luminancia Velo [cd/m ²]	Increm. Umbral [%]	Unifor. Longit.
Acera A	1.50	0.00	1.50	15	R2	55.00	-6000	2.75	0.18	12.41	0.49
Calzada A	5.00	1.50	6.50	40		7.01					
Acera B	1.50	6.50	8.00	15		55.00					

Tabla 40. Contaminación visual sodio 70W

Relación Media [Rn]	Intensidad Máxima
0.32%	457 cd/Klm

Figura 51. Curvas isolux sodio 70W

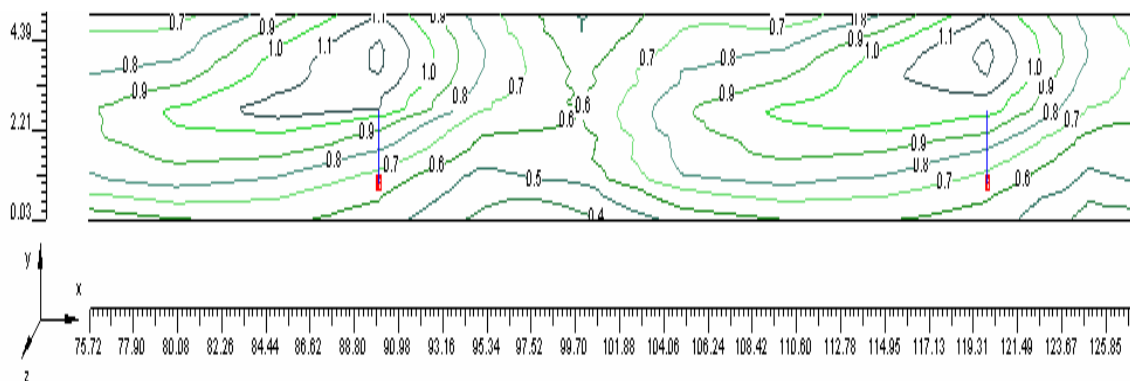


Figura 52. Luminaria PE-PV sodio 70W

Datos Generales y Comerciales

Tipo de producto	Exteriores - Alumbrado Público
Modelo	PE-VP
Producto	PE-VP 1x70W Na REACTO R 208/220 o 208/240 V 50HZ
Fabricante	ROY ALPHA
Código	4769
Código E.A.N.	



Peso Bruto [kg]	4.29
Peso por Unidad [Euros]	0
Volumen [m3]	0
Dimensiones	650x237x125

Detalles Eléctricos

Clase de Aislamiento	1	Lamparas	1 ST
Grado IP	54	Tipo de Casquillo	E26
Tensión [V]	240	Potencia [W]	70

Fuente. Roy Alpha

Luminaria para alumbrado de vías de medio y bajo tráfico, con base para fotocelda, con base y abrazadera para montaje en brazo de diámetro de 3/4" hasta 1 1/2", carcasa en inyección de aluminio, compartimento óptico (IP65) integrado por pantalla de aluminio anodinado, vidrio plano templado, compartimento eléctrico (IP43) con plato de desmontaje basculante y totalmente desmontable.

• **Análisis de los resultados**

En base a los resultados obtenidos por el software, la luminaria de sodio 70W PE-PV cumple con las características fotométricas adecuadas para la iluminación de las calles de los sectores residenciales.

Tabla 41. Análisis de resultados sodio 70 W

Descripción	Parámetro requerido	Parámetro obtenido en la simulación
Luminancia promedio	0.5 - 0.75 Cd/m ²	0.8 Cd/m ²
Iluminancia media	5. - 10 Luxes	12 luxes
Uniformidad general	>40%	42%
Uniformidad longitudinal	>50%	49%
Relación de alrededores	50%	50%
Deslumbramiento	<15%	12.41%

• **Presupuesto**

Tabla 42. Presupuesto de inversión requerido para la expansión de 2000 luminarias de sodio 70W horizontal cerrada



CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P. Fecha Impresión: 06.10.21
 ZONA DE AGUACHICA * AGUACHICA
 PRESUPUESTO No. AGC- 31277 SERVICIOS Pág. 1

AGUACHICA; 15 de junio de 2006 Solicitante : ADMINISTRADOR SUCURSAL AGUACHICA
 Municipio: AGAUCHICA Barrio/Vereda: CASCO URBANO
 Dirección: PLANO ANEXO Teléfono:
 Tipo Presupuesto: EXPANSION No. Usuarios: 2000 Valor Global Este Presupuesto: 597,867,200.00
 Observaciones: INSTALACIÓN DE 2000 LUMINARIAS DE SODIO 70W EN EL CASCO URBANO DE AGUACHICA, PLANO ANEXO.

TIPO CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR.	UNIT.	TOTAL
GRUPO: BAJA TENSION					
Mob	543MONTAJE E INSTALACION DE LUMINARIA.	2,000.00	18,916.66		37,833,333.33
MAT	28COLLARIN UNA SALIDA 5"-6"	4,000.00	9,700.00		38,800,000.00
MAT	68ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	10,000.00	800.00		8,000,000.00
MAT	158BOMBILLA DE SODIO 70W-220V TUBULAR CLARO	2,000.00	17,800.00		35,600,000.00
MAT	196BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 1.50 MT	2,000.00	22,000.00		44,000,000.00
MAT	362CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 1 PERNO RANURAS PARAL. LC-52-A-XB	4,000.00	6,434.00		25,736,000.00
MAT	466FOTOCONTROL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	2,000.00	23,900.00		47,800,000.00
MAT	525LUMINARIA DE SODIO DE 70W-220V TIPO HORIZONTAL CERRADA	2,000.00	127,200.00		254,400,000.00
SUBTTOTALES: BAJA TENSION					492,169,333.33

Estruc.(sin IVA):	0.00		
Mater.(sin IVA):	391,668,965.52	Adm(7.0)%+Imp(3.0)+Uti(10.0)%:	85,900,459.77
Estruc.+Mater.(sin IVA):	391,668,965.52	Est.+Mat.+MObra+AIU:	515,402,758.62
M. Obra (sin AIU):	37,833,333.33	Interventoría(0.0)%:	0.00
Est.+Mat.+MObra(sin IVA - sin AIU):	429,502,298.85	IVA(16.0)%:	82,464,441.38

SON QUINIENTOS NOVENTA SIETE MILLONES OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL DOSCIENTOS PESOS MCTE	TOTAL:	597,867,200.00
---	--------	----------------

13.4.2 Expansión del Alumbrado público de las vías secundarias “M3”

Esta expansión se basa básicamente en la instalación de luminarias de alumbrado público en la calle **Sabanita** que comprende desde la carrera 7 hasta la carrera 40, utilizando la red de distribución de media, baja tensión y los postes de concreto de 8 y 12 metros existentes. El tipo de control será la fotocelda para cada luminaria. La altura de montaje de las luminarias se tomara de 6.8 m libres como la condición más desfavorable, como también por uniformidad y estética de la instalación.

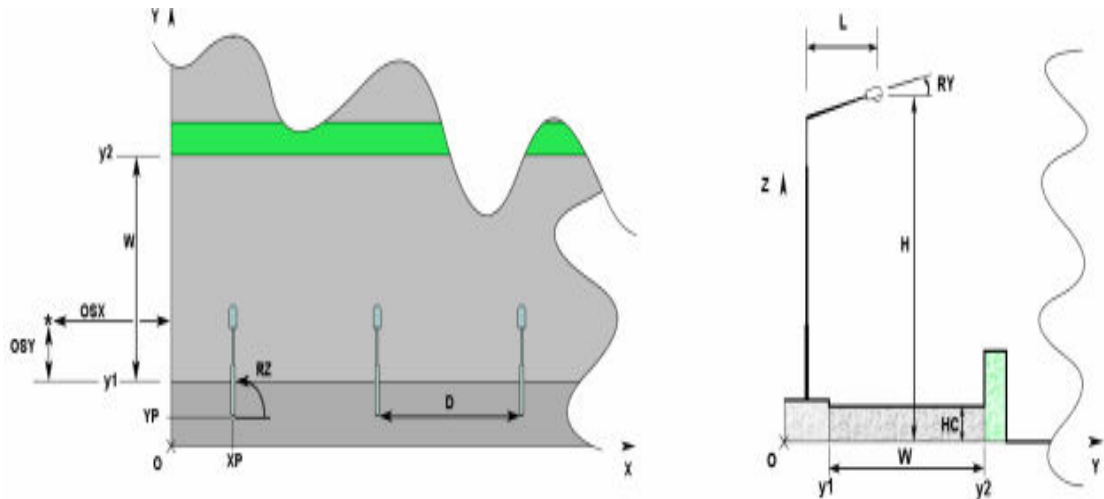
Estas luminarias se conectarán a la red de distribución de cada sector de acuerdo a su ubicación y circuito. Es importante tener en cuenta en el momento de la instalación de las luminarias, la carga que estas aportan al circuito con el fin de evitar desequilibrios en la red y posibles recalentamientos en los bornes de transformador.

Para el diseño de iluminación de las vías secundarias se trabajaran con los siguientes parámetros:

- Tipo de vía: M3 densidad de tráfico media
- Velocidad de circulación: entre 30 y 60 Km/h
- Transito de vehículos por hora: entre 250 y 500 vehículos
- Tipo de superficie: R2
- Disposición: unilateral
- Ancho de la calzada: seis (6) metros
- Numero de carriles: Dos (2)
- Altura de montaje: 6.8 metros
- Nivel de iluminación media para la vía: 10-20 luxes
- Luminancia promedio: 0.75-1 Cd/m²
- Uniformidad general: 40% mínimo
- Uniformidad longitudinal: 50% mínimo
- Relación de alrededores: 50% mínimo
- Deslumbramiento (incremento umbral): menor al 10%
- Tecnología aplicada sodio alta presión
- Luminaria de sodio 150W horizontal cerrada
- Flujo luminoso de 15000 lúmenes
- Intel distancia entre postes: 30 metros
- Dimensión del brazo: 1.5 metros de largo

- **Resultados de la simulación**

Figura 53. Disposición unilateral para luminaria de sodio 150W



Fuente. Roy Alpha

Tabla 43. Parámetros de calidad sodio 150W

Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Medio / Máximo	Mínimo / Máximo	Mínimo / Medio
Plano Trabajo (h=0.00 m)	Ilum. Horizontal [E]	20 lux	0 lux	58 lux	0.34	0.00	0.01
Acera A	Ilum. Horizontal [E]	22 lux	9 lux	53 lux	0.42	0.18	0.43
Calzada A	Ilum. Horizontal [E]	21 lux	6 lux	59 lux	0.36	0.10	0.28
Acera B	Ilum. Horizontal [E]	13 lux	0 lux	38 lux	0.35	0.00	0.00
Acera A	Luminancia [L]	3.8 cd/m ²	1.6 cd/m ²	9.2 cd/m ²	0.42	0.18	0.43
Calzada A	Luminancia [L]	1.4 cd/m ²	0.8 cd/m ²	2.4 cd/m ²	0.59	0.33	0.56
Acera B	Luminancia [L]	2.3 cd/m ²	0.0 cd/m ²	6.7cd/m ²	0.35	0.00	0.00

Tabla 44. Información del área sodio 150W

Superficie	Dimensiones [m]	Angulo [°]	Coefficiente Reflexión	Iluminancia Media [Lux]	Luminancia Media [cd/m ²]
Acera A	200.00x1.50	Plano	55%	22	3.8
Calzada A	200.00x5.00	Plano	R2 7,01%	21	1.4
Acera B	200.00x1.50	Plano	55%	13	2.3

Datos del vial

Nombre del Tramo	Ancho Tramo [m] W	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	h Tramo [m] (HC)	Tabla R	Coefficiente Reflexión Factor Qo	Observador X [m] (OXS)	Observador Y [m] (OSY)
Acera A	1.50	0.00	1.50	15	0.00	R2	55.00	-6000	1.25
Calzada A	5.00	1.50	6.50	40	0.00		7.01		
Acera B	1.50	6.50	8.00	15	0.00		55.00		

Datos de la instalación (Archivo de Luminarias)

Nombre Fila	X 1er Poste [m] XP	Y 1er Poste [m] (YP)	h Poste [m] (H)	Interdis. [m] (D)	Dim. Brazo [m] (L)	Inclinación Luminaria [°] (RY)	Rotación Brazo [°] (RZ)	Factor Cons. [%]	Código Luminaria	Flujo [Lm]	Ref.
Fila A	0.00	7.10	6.80	30.00	1.50	15	270	80.00	CAL-734	15000	A

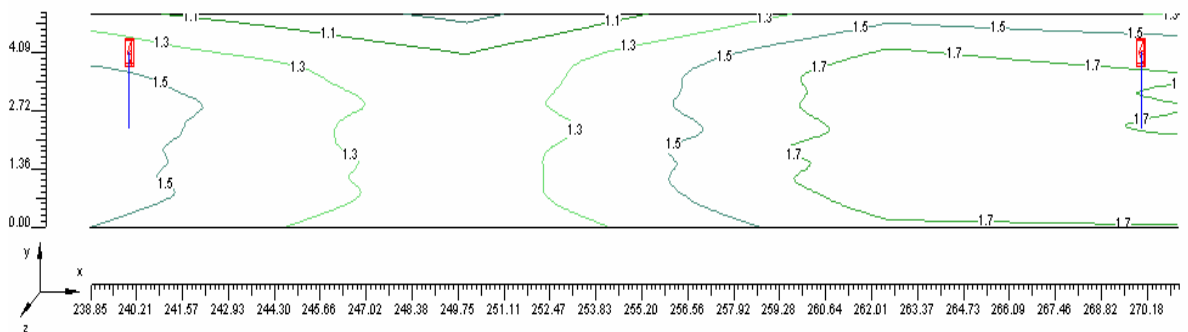
Tabla 45. Confort visual sodio 150

Nombre de Tramo	Ancho Tramo [m] (W)	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	Tabla R	Coef. Refl. Factor Qo	Obser. X Absol. [m]	Obser. Y Absol. [m]	Luminancia Velo [cd/m ²]	Increment. Umbral [%]	Unifor Longit
Acera A	1.50	0.00	1.50	15	R2	55.00	-6000	2.75	0.38	15.75	0.49
Calzada A	5.00	1.50	6.50	40		7.01					
Acera B	1.50	6.50	8.00	15		55.00					

Tabla 46. Contaminación visual sodio 150W

Relación Media [Rn]	Intensidad Máxima
3.43%	442 cd/Klm

Figura 54. Curvas isolux sodio 150W



Fuente. Roy Alpha

Figura 55. Luminaria Calima II sodio 150W

Datos Generales y Comerciales			
Tipo de producto	Exteriores - Alumbrado Público		
Modelo	CALIMA II		
Producto	CALIMA II 1X150W Na REACTOR 208/220 ó 208/240 V		
Fabricante	ROY ALPHA		
Código	6346		
Código E.A.N.			
Peso Bruto [kg]	7.2		
Precio por Unidad [Euro]	0		
Volumen [m ³]	0		
Dimensiones	605x262x210		
Detalles Eléctricos			
Clase de Aislamiento	1	Lámparas	1 ST
Grado IP	66	Tipo de Casquillo	E39
Tensión [V]	240	Potencia [W]	150



Fuente. Roy Alpha

Luminaria para alumbrado de vías de tráfico medio, con base para fotocelda, con base y abrazadera para montaje en brazo de diámetro de 1" hasta 2", carcasa en inyección de aluminio, compartimiento óptico (IP66) integrado por pantalla de aluminio anodinado, vidrio curvo templado y cazoleta con corredera para tres posiciones de la bombilla, compartimiento eléctrico (IP44) con plato de montaje para los mismos.

• Análisis de los resultados

En base a los resultados obtenidos por el software, la luminaria de sodio 150W Calima II cumple con las características fotométricas adecuadas para la iluminación de las vías secundarias aunque el deslumbramiento está por encima de lo requerido.

Tabla 47. Análisis de resultados sodio 150

Descripción	Parámetro requerido	Parámetro obtenido en la simulación
Luminancia promedio	0.75 - 1 Cd/m ²	1.4 Cd/m ²
Iluminancia media	10 - 20 Luxes	21 luxes
Uniformidad general	>40%	56%
Uniformidad longitudinal	>50%	49%
Relación de alrededores	50%	100%
Deslumbramiento	<10%	15.75%

• Presupuesto

Tabla 48. Presupuesto de inversión requerido para la expansión de 105 luminarias de sodio 150W horizontal cerrada



CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.

ZONA DE AGUACHICA * AGUACHICA

Fecha Impresión:
06.10.21

PRESUPUESTO No.: AGC- 31278

SERVICIOS

Pág. 1

AGUACHICA; 20 de junio de 2006		Solicitante: ADMINISTRADOR SUCURSAL AGUACHICA		
Municipio: AGUACHICA		Barrio/Vereda: CASCO URBANO		
Dirección: PLANO ANEXO		Teléfono:		
Tipo Presupuesto: EXPANSION		No. Usuarios: 300	Valor Global Este Presupuesto:	37,511,628.00
Observaciones: INSTALACIÓN DE 105 LUMINARIAS DE SODIO 150W EN EL CASCO URBANO DE AGUACHICA, PLANO ANEXO				
TIPO CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
GRUPO: BAJA TENSION				
MOB	543MONTAJE E INSTALACION DE LUMINARIA.	105.00	18,916.66	1,986,250.00
MAT	28COLLARIN UNA SALIDA 5"-6"	210.00	9,700.00	2,037,000.00
MAT	68ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	525.00	800.00	420,000.00
MAT	160BOMBILLA DE SODIO 150W-220V TUBULAR CLARO	105.00	25,000.00	2,625,000.00
MAT	196BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 1.50 MT	105.00	22,000.00	2,310,000.00
MAT	362CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 1 PERNO RAMURAS PARAL. LC-52-A-XB	210.00	6,434.00	1,351,140.00
MAT	466FOTOCONTROL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	105.00	23,900.00	2,509,500.00
MAT	519LUMINARIA DE SODIO DE 150W-220V (CERRADA)	105.00	168,600.00	17,703,000.00
SUBTOTALES: BAJA TENSION				30,941,890.00
Estruc.(sin IVA):		0.00		
Mater.(sin IVA):		24,961,758.62	Adm(7.0)%+Imp(3.0)+Uti(10.0)%:	5,389,601.72
Estruc.+Mater.(sin IVA):		24,961,758.62	Est.+Mat.+MObra+AIU:	32,337,610.34
M. Obra (sin AIU):		1,986,250.00	Interventoría(0.0)%:	0.00
Est.+Mat.+MObra(sin IVA - sin AIU):		26,948,008.62	IVA(16.0)%:	5,174,017.66

SON TREINTA SIETE MILLONES QUINIENTOS ONCE MIL SEISCIENTOS VEINTIOCHO PESOS MCTE	TOTAL:	37,511,628.00
--	--------	---------------

Fuente: Programa de presupuestos 2006 de CENS

13.4.3 Expansión del Alumbrado público de las vías principales “M2”

Esta expansión se basa básicamente en la instalación de luminarias de alumbrado público en la calle 5 desde carrera 1 hasta la carrera 20, principal avenida del municipio, la calle 16 entre carreras 5 hasta la carrera 16 vía que comunica Aguachica con Puerto Mosquito y la carrera 15 entre calles 12 hasta la 17 acceso del anillo vial que comunica el interior del país con Aguachica. Se utilizara la red de distribución de media, baja tensión y los postes de concreto de 10 y 12 metros existentes. El tipo de control será la fotocelda para cada luminaria. La altura de montaje de las luminarias se tomara de 8.8 m libres como la condición más desfavorable, como también por uniformidad y estética de la instalación.

Estas luminarias se conectaran a la red de distribución de cada sector de acuerdo a su ubicación y circuito. Es importante tener en cuenta en el momento de la instalación de las luminarias, la carga que estas aportan al circuito con el fin de evitar desequilibrios en la red y posibles recalentamientos en la red y los bornes de transformador.

Para el diseño de iluminación de las vías principales se trabajaran con los siguientes parámetros:

- Tipo de vía: M2 densidad de tráfico importante
- Velocidad de circulación: entre 60 y 90 Km/h
- Transito de vehículos por hora: entre 500 y 1000 vehículos
- Tipo de superficie: R2
- Disposición: unilateral
- Ancho de la calzada: siete (7) metros
- Numero de carriles: Dos (2)
- Altura de montaje: 8.8 metros
- Nivel de iluminación media para la vía: 20-40 luxes
- Luminancia promedio: 1 – 1.5 Cd/m²
- Uniformidad general: 40% mínimo
- Uniformidad longitudinal: 50 - 70%
- Relación de alrededores: 50% mínimo
- Deslumbramiento (incremento umbral): menor al 10%
- Tecnología aplicada sodio alta presión
- Luminaria de sodio 250W horizontal cerrada
- Flujo luminoso de 28000 lúmenes
- Intel distancia entre postes: 30 metros
- Dimensión del brazo: 1.5 metros de largo
- Anden de Dos (2) metros

• **Resultados de la simulación**

Figura 56. Disposición unilateral para luminaria de sodio 250W

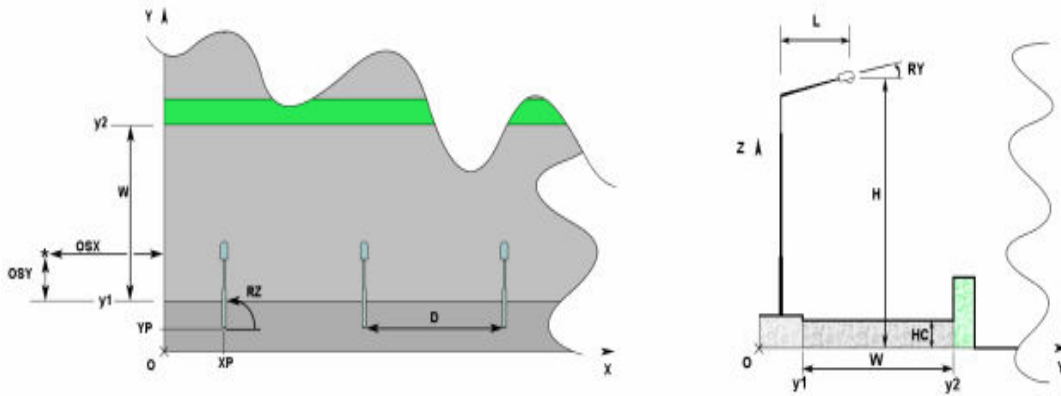


Tabla 49. Información del área vías principales sodio 250W

Superficie	Dimensiones [m]	Angulo [°]	Coefficiente Reflexión	Iluminancia Media [Lux]	Luminancia Media [cd/m ²]
Acera A	200.00x2.00	Plano	55%	20	3.6
Calzada A	200.00x7.00	Plano	R2 7,01%	39	2.7
Acera B	200.00x2.00	Plano	55%	30	5

Datos del Vial

Nombre del Tramo	Ancho Tramo [m] W	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	h Tramo [m] (HC)	Tabla R	Coefficiente Reflexión Factor Qo	Observador X [m] (OXS)	Observador Y [m] (OSY)
Acera A	2.00	0.00	2.00	15	0.00	R2	55.00	-6000	1.75
Calzada A	7.00	2.00	9.00	40	0.00		7.01		
Acera B	2.00	9.00	11.00	15	0.00		55.00		

Datos de la instalación (Archivo de Luminarias)

Nombre Fila	X 1er Poste [m] XP	Y 1er Poste [m] (YP)	h Poste [m] (H)	Interdis. [m] (D)	Dim. Brazo [m] (L)	Inclinación Luminaria [°] (RY)	Rotación Brazo [°] (RZ)	Factor Cons. [%]	Código Luminaria	Flujo [Lm]	Ref.
Fila A	0.00	10.00	8.80	30.00	1.50	15	270	80.00	CAL-726	28000	A

Tabla 50. Confort visual vías principales sodio 250W

Nombre de Tramo	Ancho Tramo [m] (W)	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	Tabla R	Coef. Refl. Factor Qo	Obser. X Absol. [m]	Obser. Y Absol. [m]	Luminan. Velo [cd/m ²]	Increm. Umbral [%]	Unifor Longit
Acera A	2.00	0.00	2.00	15	R2	55.00	-6000	3.75	0.64	15.62	0.63
Calz. A	7.00	2.00	9.00	40		7.01					
Acera B	2.00	9.00	11.00	15		55.00					

Tabla 51. Parámetros de calidad vías principales sodio 250W

Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Medio / Máximo	Mínimo / Máximo	Mínimo / Medio
Plano Trabajo (h=0.00 m)	Ilum. Horizontal [E]	33 lux	2 lux	80 lux	0.42	0.03	0.06
Acera A	Ilum. Horizontal [E]	20 lux	14 lux	34 lux	0.60	0.42	0.70
Calzada A	Ilum. Horizontal [E]	39 lux	20 lux	82 lux	0.47	0.25	0.53
Acera B	Ilum. Horizontal [E]	30 lux	2 lux	60 lux	0.50	0.03	0.07
Acera A	Luminancia [L]	3.6 cd/m ²	2.5 cd/m ²	5.9 cd/m ²	0.60	0.42	0.70
Calzada A	Luminancia [L]	2.7 cd/m ²	1.3 cd/m ²	4.2 cd/m ²	0.65	0.30	0.47
Acera B	Luminancia [L]	5cd/m ²	0.0 cd/m ²	11cd/m ²	0.50	0.03	0.07

Tabla 52. Contaminación visual vías principales sodio 250W

Relación Media [Rn]	Intensidad Máxima
2.48%	415 cd/Klm

Figura 57. Curvas isolux sodio 250W

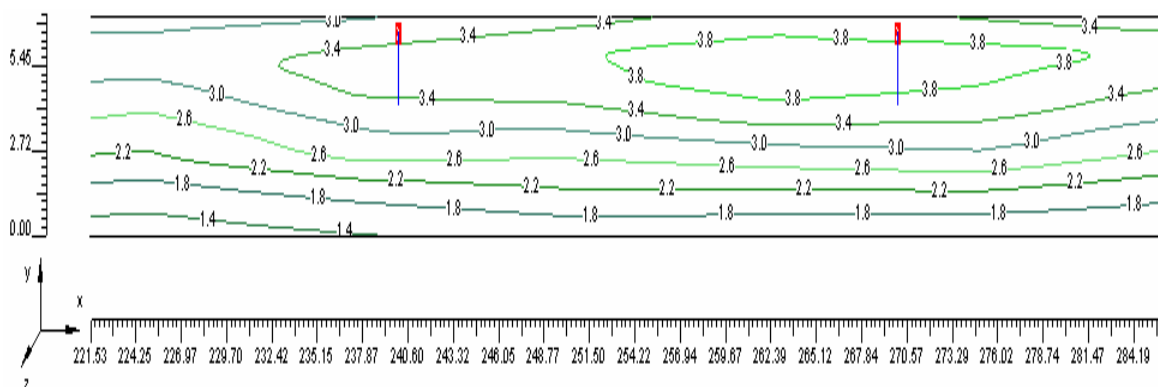


Figura 58. Luminaria Calima II sodio 250W

Tipo de producto	Entrerres - Alumbrado Público	Fabricante	ROY ALPHA
Modelo	CA LIMA II	Código	6347
Producto	CA LIMA II 1X250W Na REACTOR 208/220 o 208/240 V 60Hz	Código E.A.N.	
		Código distribuidor	



Datos Generales y Comerciales			
Cobres	Peso Neto [kg]	Peso Bruto [kg]	Volumen [m3]
GRIS	6.7	7.2	0
Disponibilidad en el Almacén	Núm. Lista de Precios	Precio por Unidad [Euro]	Dimensiones
C		0	605x282x210

Detalles Eléctricos					
Lámparas	Tipo de Casquillo	Tensión [V]	Potencia [W]	Clase de Aislamiento	Grado IP
1ST	E39	240	250	I	66

Fuente. Roy Alpha

Luminaria para alumbrado de vías de tráfico importante, con base para fotocelda, con base y abrazadera para montaje en brazo de diámetro de 1" hasta 2", carcasa en inyección de aluminio, compartimento óptico (IP66) integrado por pantalla de aluminio anodinado, vidrio curvo templado y cazoleta con corredera para tres posiciones de la bombilla, compartimento eléctrico (IP44) con plato de montaje para los mismos.

• Análisis de los resultados

En base a los resultados obtenidos por el software, la luminaria de sodio 250W Calima II cumple con las características fotométricas adecuadas para la iluminación de las vías secundarias aunque el deslumbramiento por encima de lo requerido.

Tabla 53. Análisis de resultados vías principales sodio 250W

Descripción	Parámetro requerido	Parámetro obtenido en la simulación
Luminancia promedio	1 – 1.5 Cd/m ²	2.7 Cd/m ²
Iluminancia media	20 - 40 Luxes	39 luxes
Uniformidad general	> 40 %	47 %
Uniformidad longitudinal	50 – 70 %	63 %
Relación de alrededores	50%	50 %
Deslumbramiento	<10%	15.62%

• Presupuesto

Tabla 54. Presupuesto de inversión requerido para la expansión de 133 luminarias de sodio 250W horizontal cerrada



CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P. Fecha Impresión:
*ZONA DE AGUACHICA * AGUACHICA* 06.10.21
PRESUPUESTO No.: AGC- 31279 **SERVICIOS** Pág. 1

AGUACHICA; 22 de junio de 2006		Solicitante: ADMINISTRADOR SUCURSAL AGUACHICA		
Municipio: AGAUCHICA		Barrio/Vereda: CASCO URBANO		
Dirección: PLANO ANEXO		Teléfono:		
Tipo Presupuesto: EXPANSION		No. Usuarios: 350	Valor Global Este Presupuesto:	63,682,209.00
Observaciones: INSTALACION DE 133 LUMINARIAS DE SODIO 250W EN EL CASCO URBANO DE AGUACHICA, PLANO ANEXO				
TIPO CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
GRUPO: BAJA TENSION				
MOB	543MONTAJE E INSTALACION DE LUMINARIA.	133.00	18,916.66	2,515,916.66
MAT	28COLLARIN UNA SALIDA 5"-6"	266.00	9,700.00	2,580,200.00
MAT	68ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90oC 600 V	665.00	800.00	532,000.00
MAT	165BOMBILLA DE SODIO 250W-220V TUBULAR CLARO	133.00	28,800.00	3,830,400.00
MAT	196BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 1.50 MT	133.00	22,000.00	2,926,000.00
MAT	362CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 1 PERNO RANURAS PARAL. LC-52-A-XB	266.00	6,434.00	1,711,444.00
MAT	466FOTOCONTROL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	133.00	23,900.00	3,178,700.00
MAT	530LUMINARIA DE SODIO DE 250W-220V TIPO HORIZONTAL CERRADA	133.00	266,100.00	35,391,300.00
SUBTOTALES: BAJA TENSION				52,665,960.66
Estruc.(sin IVA):		0.00		
Mater.(sin IVA):		43,232,796.55	Adm(7.0)%+Imp(3.0)+Uti(10.0)%:	9,149,742.64
Estruc.+Mater.(sin IVA):		43,232,796.55	Est.+Mat.+MOtra+AIU:	54,898,455.86
M. Obra (sin AIU):		2,515,916.67	Interventoría(0.0)%:	0.00
Est.+Mat.+MOtra(sin IVA - sin AIU):		45,748,713.22	IVA(16.0)%:	8,783,752.94
SON SESENTA TRES MILLONES SEISCIENTOS OCHENTA Y DOS MIL DOSCIENTOS NUEVE PESOS MCTE			TOTAL:	63,682,209.00

Fuente: Programa de presupuestos 2006 de CENS

13.4.4 Expansión del Alumbrado público avenida campo serrano "M2"

La avenida Campo Serrano tiene una longitud de 437.3m comprendidos entre la calle 5 a la calle 8. Las luminarias existentes son ROY ALPHA de sodio 250 W con un total de 24 luminarias en todo el circuito, la disposición existente es central sencilla, los postes son de concreto de 12 metros, la red existente es subterránea en cable de cobre 4 AWG THW, alimentada con un transformador de 15 KVA monofásico.

La expansión que se requiere hacer, comprende la continuación de la avenida en una tramo de 180m ubicado en la carrera 8 (avenida campo serrano) entre calles 8 y 9 para cual se requieren 12 luminarias nuevas con sus respectivas redes y estructuras de soporte.

- **Características de la carga**

La carga de diseño corresponde al consumo propio de las luminarias de sodio de 250 W más las pérdidas del balasto tipo reactor que son de 25 W, el factor de potencia normalizado para las luminarias de sodio a alta presión es de 0.9, la tensión de servicio de las luminarias es de 220V

- **Red de baja tensión**

Se distribuirán las cargas para transformador existente de 15 kVA en 2 circuitos ramales; circuito A subterráneo con 16 luminarias y el B aéreo trenzado con 20 luminarias, no se hace la continuación de la red subterránea debido al calibre del conductor existente no cumple con las especificación de capacidad de corriente, caída de voltaje, perdidas de potencia requeridas por la instalación y por la dificultad del mantenimiento de la red subterránea.

De la subestación se desprenderán dos circuitos ramales: Circuito A subterráneo, conductores portadores de corriente (Fases R, S) en Cu 4 AWG THW existente y Circuito B cable aéreo trenzado, cable triplex 2x2 +2 tipo XLPE 600V AWG proyectado. Las estructuras de soporte serán postes de concreto de 12m

- **Red de media tensión**

Se cuenta con la red de media tensión existente a 13.2 KV aérea, con postes de concreto de 12m con carga de rotura de 750 Kg vestida todas las estructuras en bandera.

- **Subestación**

Se cuenta con el transformador de 15 KVA monofásico existente, con relación de 13200/240-120 V. Este transformador se reubicara con sus respectivas protecciones con el fin de encontrar el centro de carga de la instalación de alumbrado público y cumplir con los parámetros de regulación de los circuitos que no pueden exceder el 3%.

- **Parámetros de la vía**

Para el diseño de iluminación de la avenida Campo Serrano “vía principal” se trabajaran con los siguientes parámetros:

- Tipo de vía M2 densidad de tráfico importante
- Velocidad de circulación entre 60 y 90 Km/h
- Transito de vehículos por hora: entre 500 y 1000 vehículos

- Tipo de superficie: R2
 - Disposición: central sencilla
 - Ancho de la calzada: siete (7) metros
 - Numero de carriles de circulación por calzada dos (2)
 - Separador de vía de 1.5m de ancho y 20 cm de alto
 - Andenes de dos (2) metros de ancho
 - Altura de montaje: 10.4 metros
 - Nivel de iluminación media para la vía: 20-40 luxes
 - Luminancia promedio: 1 – 1.5 Cd/m²
 - Uniformidad general: 40% mínimo
 - Uniformidad longitudinal: 50 - 70%
 - Relación de alrededores: 50% mínimo
 - Deslumbramiento (incremento umbral): menor al 10%
 - Tecnología aplicada sodio alta presión
 - Luminaria de sodio 250W horizontal cerrada
 - Flujo luminoso de 28000 lúmenes
 - Inter-distancia entre postes: 30 metros
 - Dimensión del brazo: 1.5 metros de largo
- **Resultados de la simulación**

Figura 59. Disposición central sencilla avenida campo serrano

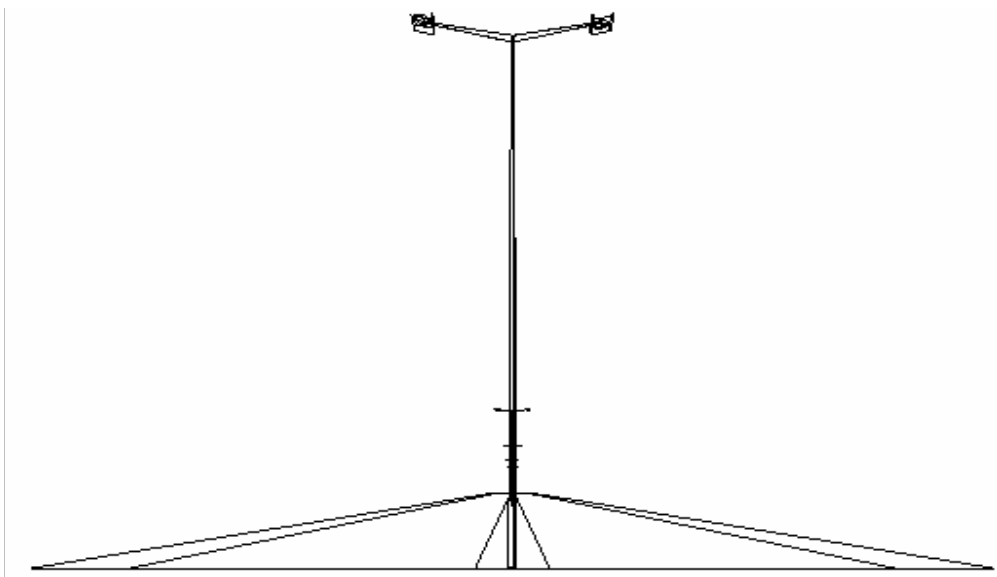


Tabla 55. Confort visual avenida campo serrano

Nombre de Tramo	Ancho Tramo [m] (W)	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	Tabla R	Coef. Refl. Factor Qo	Obser. X Absol. [m]	Obser. Y Absol. [m]	Luminan. Velo [cd/m ²]	Increment. Umbral [%]	Unifor Longit
Acera A	2.00	0.00	2.00	15		55.00					
Calzada A	7.00	2.00	9.00	40	R2	7.01	-60	3.75	0.74	14.53	0.78
Mediana	1.50	9.00	10.50	15		30.00					
Calzada B	7.00	10.50	17.50	40	R2	7.01	240.00	15.75	0.38	7.04	0.78
Acera B	2.00	17.50	19.50	15		55.00					

Tabla 56. Información del área avenida campo serrano

Superficie	Dimensiones [m]	Angulo [°]	Coefficiente Reflexión	Iluminancia Media [Lux]	Luminancia Media [cd/m ²]
Acera A	200.00x2.00	Plano	55%	27	4.7
Calzada A	200.00x7.00	Plano	R2 7,01%	49	3.6
Mediana	200.00x1.50	Plano	55%	56	5.4
Calzada B	200.00x7.00	Plano	R2 7,01%	49	3.6
Acera B	200x.001.50	Plano	55%	27	4.7

Datos del Vial

Nombre del Tramo	Ancho Tramo [m] W	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	h Tramo [m] (HC)	Tabla R	Coefficiente Reflexión Factor Qo	Observador X [m] (OXS)	Observador Y [m] (OSY)
Acera A	2.00	0.00	2.00	15	0.00		55.00		
Calzada A	7.00	2.00	9.00	40	0.00	R2	7.01	-60	1.75
Mediana	1.50	9.00	10.50	15	0.00		30.00		
Calzada B	7.00	10.50	17.50	40	0.00	R2	7.01	60	5.25
Acera B	2.00	17.50	19.50	15	0.00		55.00		

Datos de la instalación (archivo de Luminarias)

Nombre Fila	X 1er Poste [m] XP	Y 1er Poste [m] (YP)	h Poste [m] (H)	Interdis. [m] (D)	Dim. Brazo [m] (L)	Inclinación Luminaria [°] (RY)	Rotación Brazo [°] (RZ)	Factor Cons. [%]	Código Luminaria	Flujo [Lm]	Ref.
Fila A	0.00	9.75	10.40	30.00	1.50	10	270	80.00	CAL-726	28000	A
Fila B	0.00	9.75	10.40	30.00	1.50	10	90	80.00	CAL-726	28000	A

Tabla 57. Parámetros de calidad avenida campo serrano

Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Medio / Máximo	Mínimo / Máximo	Mínimo / Medio
Plano Trabajo (h=0.00 m)	Ilum. Horizontal [E]	46 lux	21 lux	91 lux	0.51	0.23	0.48
Acera A	Ilum. Horizontal [E]	27 lux	19 lux	41 lux	0.65	0.47	0.73
Calzada A	Ilum. Horizontal [E]	49 lux	27 lux	88 lux	0.56	0.31	0.56
Mediana	Ilum. Horizontal [E]	56 lux	0 lux	85 lux	0.66	0.00	0.00
Calzada B	Ilum. Horizontal [E]	49 lux	27 lux	88 lux	0.58	0.31	0.56
Acera B	Ilum. Horizontal [E]	27 lux	19 lux	41 lux	0.65	0.47	0.73
Acera A	Luminancia [L]	4.7 cd/m ²	3.4 cd/m ²	7.2 cd/m ²	0.65	0.47	0.73
Calzada A	Luminancia [L]	3.6 cd/m ²	1.6 cd/m ²	5.3 cd/m ²	0.68	0.30	0.44
Mediana	Luminancia [L]	5.4 cd/m ²	0.0 cd/m ²	8.1 cd/m ²	0.66	0.00	0.00
Calzada B	Luminancia [L]	3.6 cd/m ²	1.6cd/m ²	5.3 cd/m ²	0.68	0.30	0.44
Acera B	Luminancia [L]	4.7 cd/m ²	3.4 cd/m ²	7.2 cd/m ²	0.65	0.47	.073

Tabla 58. Contaminación visual avenida campo serrano

Relación Media [Rn]	Intensidad Máxima
2.15%	415 cd/Klm

• **Análisis de los resultados**

En base a los resultados obtenidos por el software, la luminaria de sodio 250W Calima II cumple con las características fotométricas adecuadas para la iluminación de la avenida campo serrano.

Tabla 59. Análisis de resultados avenida campo serrano

Descripción	Parámetro requerido	Parámetro obtenido en la simulación
Luminancia promedio calzadas A y B	1 – 1.5 Cd/m ²	3.6 Cd/m ²
Iluminancia media calzadas A y B	20 - 40 Luxes	49 luxes
Uniformidad general calzadas A y B	> 40 %	44 %
Uniformidad longitudinal calzadas A y B	50 – 70 %	78 %
Relación de alrededores	50%	50 %
Deslumbramiento calzadas A y B	<10%	7.04%

• **Cálculos eléctricos**

-*Demanda*

Cantidad de luminarias 36 (24 existente y 12 proyectadas)

Potencia 250W

Pérdidas del balasto 25W

Demanda individual = $(250W + 25W)/0.9 = 305 VA$

Demanda total = $0.305KVA * 36 = 10.98 KVA$.

El transformador existente es de 15 KVA monofásico

- *Perdidas de Voltaje (Regulación)*

Los cálculos de regulación se realizaron para el tramo donde se quiere ampliar el alumbrado.

Tabla 60. Perdidas de voltaje avenida campo serrano

DATOS DEL SEGMENTO				ALIMENTADOR - RAMAL				
Tramos	Longitud	Luminarias Acumuladas	D max (kVA)	Momento (kVA*m)	Calibre XLPE triplex	Kg	Regulación Parcial en %	Regulación Total %
Tramo A Campo Serrano								
0-1	10	36	10,980	109,80	Nº 2	0,0010	0,21960	0,21960
1-2	37	18	5,490	203,13	Nº 2	0,0010	0,40626	0,62586
2-3	39	16	4,880	190,32	Nº 2	0,0010	0,38064	1,00650
3-4	38	14	4,270	162,26	Nº 2	0,0010	0,32452	1,33102
4-5	28	12	3,660	102,48	Nº 2	0,0010	0,20496	1,53598
5-6	30	10	3,050	91,50	Nº 2	0,0010	0,18300	1,71898
6-7	30	8	2,440	73,20	Nº 2	0,0010	0,14640	1,86538
7-8	30	6	1,830	54,90	Nº 2	0,0010	0,10980	1,97518
8-9	30	4	1,220	36,60	Nº 2	0,0010	0,07320	2,04838
9-10	30	2	0,610	18,30	Nº 2	0,0010	0,03660	2,08498
								2,085

-*Protecciones*

Las protecciones y el control para la operación del alumbrado sirven los existentes debido a la capacidad que se encuentra instalado en terreno para el circuito que se desea ampliar son:

Contactor existente 3x40 Amperios

Breaker (Interruptores) existente de 2x30 Amperios

- **Presupuesto, Herrajes y Materiales requeridos**

Tabla 61. Presupuesto de inversión de la avenida campo serrano



CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P. Fecha Impresión: 06.10.13
 ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA
 PRESUPUESTO No.:AGC- **60001** **CONSTRUCCION** Pág. 1

AGUACHICA; 12 de julio de 2006		Solicitante : ADMINISTRADOR SUCURSAL CENS		
Municipio: AGAUCHICA		Barrio/Vereda: CAMPO SERANO		
Dirección: CRA 8 ENTRE CALLES 7 Y 9		Teléfono:		
Tipo Presupuesto: EXPANSION		No. Usuarios: 50	Valor Global Este Presupuesto:	21,736,181.00
Observaciones: CONTINUACIÓN DE EXPANSIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO EN LA AVENIDA CAMPO SERRANO				
TIPO CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
GRUPO: BAJA TENSION				
EST	500HERRAJES POSTE DE PASO B.T CON PERNOS, PERCHA DE 1 PUESTO	5.00	10,300.00	51,500.00
EST	505HERRAJES POSTE DE PASO B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO	4.00	14,170.00	56,680.00
EST	515HERRAJES POSTE TERMINAL B.T CON BANDIT, SIN PERCHA ADICIONAL DE 1 PUESTO	3.00	17,750.00	53,250.00
MOB	423ABERTURA DE HOYO. TRANSPORTE. HINCADA. APLOMADA Y APISONADA DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS.	6.00	115,666.66	694,000.00
MOB	440CARGUE A VEHICULO DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS	6.00	9,750.00	58,500.00
MOB	540MONTAJE E INSTALACION DE CONTROL DE ALUMBRADO PUBLICO	19.00	9,833.33	186,833.33
MOB	543MONTAJE E INSTALACION DE LUMINARIA.	12.00	18,916.66	227,000.00
MOB	570TENDIDA Y TENSIONADA DE CABLE TRENZADO XLP 90°C TRIPLEX (2 - 1/0) AWG	300.00	1,000.00	300,000.00
MOB	585VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA EN B.T. CON UNA PERCHA DE 1 PUESTO	12.00	2,750.00	33,000.00
MOB	965TRASLADO DE ACOMETIDA SUBTERRANEA DE B.T. A POSTE NUEVO	1.00	57,000.00	57,000.00
MOB	1452PODA - RECOLECCION MATERIAL VEGETAL. MANO DE OBRA PARA EL REPIQUE DEL MATERIAL VEGETAL. CARGUE Y DESCARGUE. LIMPIEZA DEL SITIO TRANSPORTE Y DEPOSITO 5	2.00	145,250.00	290,500.00
MOB	2244RESANE EN TABLETA Y CONCRETO DE 3000 PSI (60 x 60 x 10) CM PARA POSTES A.T. Y B.T. A NIVEL DE PISO (MATERIAL Y MANO DE OBRA)	2.00	10,166.66	20,333.33
MOB	2282CONSTRUCCION O DESMANTELAMIENTO DE PUENTES EN ABERTURA RED B.T. CON CABLE TRENZADO SIN CORTE DEL CABLE EN TODOS LOS CALIBRES	2.00	19,583.33	39,166.66
MAT	12COLLARIN DOS SALIDAS 6"-7"	12.00	12,100.00	145,200.00
MAT	68ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	200.00	800.00	160,000.00
MAT	144BASE PARA FOTOCELDA	7.00	8,200.00	57,400.00
MAT	164BOMBILLA DE SODIO 250W-220V OVOIDE CLARO	12.00	27,700.00	332,400.00
MAT	199BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 1.80 MT	12.00	32,000.00	384,000.00
MAT	274CAJA CONTROL DE ALUMBRADO	1.00	64,900.00	64,900.00
MAT	306CODO PARA TUBERIA PVC DE 1-1/4"	1.00	2,000.00	2,000.00
MAT	466FOTOCENTRAL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	19.00	23,900.00	454,100.00
MAT	530LUMINARIA DE SODIO DE 250W-220V TIPO HORIZONTAL CERRADA	12.00	266,100.00	3,193,200.00
MAT	688POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 510 KG	5.00	620,000.00	3,100,000.00
MAT	690POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 750 KG	1.00	730,000.00	730,000.00
MAT	1395CONECTOR DE PENETRACION PRINCIPAL 4 -3/0 DERIVACION 12 - 2 AWG; REF: AMP	20.00	8,500.00	170,000.00
MAT	1397CONECTOR DE PENETRACION PRINCIPAL 1/0 - 300 DERIVACION 8 - 1/0 AWG; REF: AMP	2.00	10,000.00	20,000.00
MAT	1409CINTA AUTOFUNDENTE 3M # 23 CINTA DE CAUCHO LE-0000-0117-8	0.50	27,425.00	13,712.50

MAT	2532	CABLE TRENZADO TRIPLEX 2X1/0+2 AWG ACSR XLPE 90SC	330.00	17,700.00	5,841,000.00
MAT	2560	INTERRUPTOR 3X40 A 240 V TRIPOLAR TERMOMAGNETICO	1.00	63,500.00	63,500.00
SUBTOTALES: BAJA TENSION					16,799,175.83

GRUPO: SUBESTACIONES

EST	332	PUESTA A TIERRA PARA B.T EN POSTE DE 8 MT	1.00	168,390.00	168,390.00
MOB	121	CONSTRUCCION DE FOSO DE 0.40 x 0.40 x 1.50 MTS Y TRATAMIENTO CON COMPUESTO HIDROSOLTA PARA TIERRA EN A.T. Y B.T.	1.00	170,833.33	170,833.33
MOB	239	REUBICACION DE TRANSFORMADOR CON PROTECCION Y PUESTA A TIERRA	1.00	242,250.00	242,250.00
MOB	2234	CONSTRUCCION O CAMBIO DE BAJANTES PARA TRANSFORMADORES	6.00	1,916.66	11,500.00
MAT	78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	5.00	30,000.00	150,000.00
MAT	1354	COMPUESTO TIPO HIDROSOLTA PARA PUESTA A TIERRA	90.00	3,700.00	333,000.00
SUBTOTALES: SUBESTACIONES					1,075,973.33

Estruc.(con IVA):	329,820.00		
Mater.(con IVA):	15,214,412.50	Adm(7.0)%+Imp(3.0)+Uti(10.0)%:	3,575,029.83
Estruc.+Mater.(con IVA):	15,544,232.50	Est.+Mat.+MObra+AIU:	21,450,179.00
M. Obra (sin AIU):	2,330,916.67	Interventoria(0.0)%:	0.00
Est.+Mat.+MObra(con IVA - sin AIU):	17,875,149.17	IVA(16.0)%:	286,002.39

SON:VEINTIUN MILLON SETECIENTOS TREINTA Y SEIS MIL CIENTO OCHENTA Y UN PESOS MCTE	TOTAL: 21,736,181.00
---	----------------------

Fuente: Programa de presupuestos 2006 de CENS

Tabla 62. Herrajes requeridos para la expansión de la avenida campo serrano

CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.

ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA

Fecha: 06.10.13

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Estructuras Ppto. No.: 60001 Pág. 1

Código	Descripción	Cant.	Vr. Unit.	Vr. Total
332	PUESTA A TIERRA PARA B.T EN POSTE DE 8 MT			
78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	1.60	30,000	48,000.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	6.00	895	5,370.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
850	TUBO CONDUIT 1/2" METALICO GALVANIZADO	1.00	6,000	6,000.00
891	VARILLA SOLIDA DE COBRE 5/8" x 2.4 MT CON CONECTOR	1.00	101,120	101,120.00
1084	CONECTOR BIMETALICO 1 PERNO 2/0-6 AWG	1.00	6,400	6,400.00
		Vr. Esta Estructura:		168,390.00
500	HERRAJES POSTE DE PASO B.T CON PERNOS, PERCHA DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	1.00	2,800	2,800.00
104	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	1.00	100	100.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	1.00	4,500	4,500.00
575	PERNO DE 5/8" x 8" GALVANIZADO EN CALIENTE	1.00	2,300	2,300.00
1224	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	1.00	600	600.00
		Vr. Esta Estructura:		10,300.00
505	HERRAJES POSTE DE PASO B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	1.00	2,800	2,800.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	6.00	895	5,370.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	1.00	4,500	4,500.00
		Vr. Esta Estructura:		14,170.00
515	HERRAJES POSTE TERMINAL B.T CON BANDIT, SIN PERCHA ADICIONAL DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	1.00	2,800	2,800.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	10.00	895	8,950.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	1.00	4,500	4,500.00
		Vr. Esta Estructura:		17,750.00

Fuente: Programa de presupuestos 2006 de CENS

Tabla 63. Listado de los materiales requeridos para la construcción del proyecto

CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.

ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA

Pág. 1

Fecha: 06.10.13 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - MATERIALES DEL PRESUPUESTO No.:AGC-
AGUACHICA;06.07.12 Solicitante ADMINISTRADOR SUCURSAL CENS

Municipio: AGAUCHICA Barrio/Vereda: CAMPO SERANO

Dirección: CRA 8 ENTRE CALLES 7 Y 9 Teléfono:

Estado Presupuesto: EN TRAMITE Tipo Presupuesto: EXPANSION No. Usuarios: 50

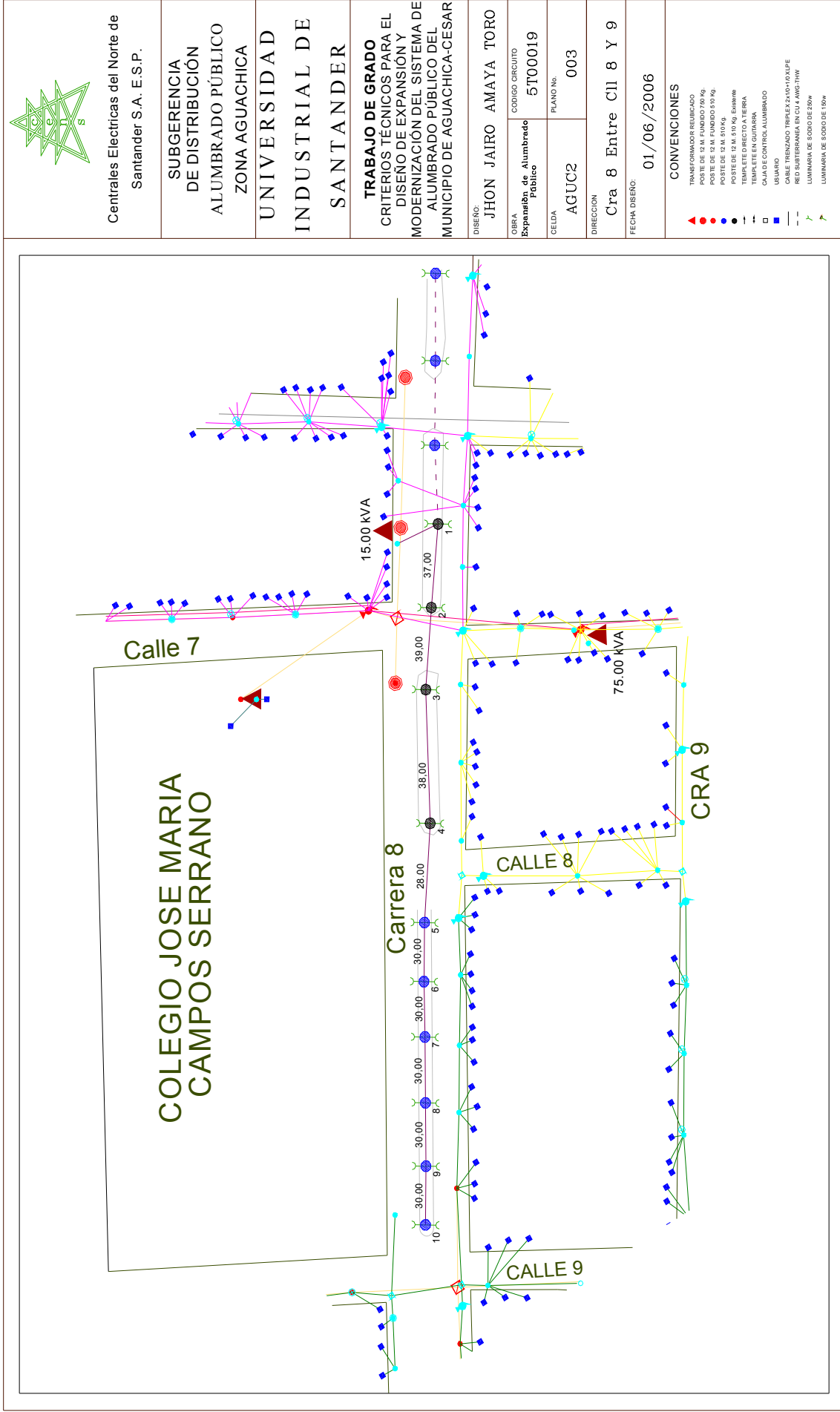
Código	Descripcion	Unid	Vr. Unit.	Cant.	Vr. Total
12	COLLARIN DOS SALIDAS 6"-7"	UN	12,100	12.00	145,200
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	UN	2,800	12.00	33,600
68	ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	M	800	200.00	160,000
78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	KG	30,000	6.60	198,000
104	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	UN	100	5.00	500
144	BASE PARA FOTOCELDA	UN	8,200	7.00	57,400
164	BOMBILLA DE SODIO 250W-220V OVOIDE CLARO	UN	27,700	12.00	332,400
199	BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 1.80 MT	UN	32,000	12.00	384,000
274	CAJA CONTROL DE ALUMBRADO	UN	64,900	1.00	64,900
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	PIE	895	60.00	53,700
306	CODO PARA TUBERIA PVC DE 1-1/4"	UN	2,000	1.00	2,000
466	FOTOCENTROL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	UN	23,900	19.00	454,100
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	UN	750	16.00	12,000
530	LUMINARIA DE SODIO DE 250W-220V TIPO HORIZONTAL CERRADA	UN	266,100	12.00	3,193,200
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	UN	4,500	12.00	54,000
575	PERNO DE 5/8" x 8" GALVANIZADO EN CALIENTE	UN	2,300	5.00	11,500
688	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 510 KG	UN	620,000	5.00	3,100,000
690	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 750 KG	UN	730,000	1.00	730,000
850	TUBO CONDUIT 1/2" METALICO GALVANIZADO	M	6,000	1.00	6,000
891	VARILLA SOLIDA DE COBRE 5/8" x 2.4 MT CON CONECTOR	UN	101,120	1.00	101,120
1084	CONECTOR BIMETALICO 1 PERNO 2/0-6 AWG	UN	6,400	1.00	6,400
1224	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	UN	600	5.00	3,000
1354	COMPUESTO TIPO HIDROSOLTA PARA PUESTA A TIERRA	KG	3,700	90.00	333,000
1395	CONECTOR DE PENETRACION PRINCIPAL 4 -3/0 DERIVACION 12 - 2 AWG; REF: AMP	UN	8,500	20.00	170,000
1397	CONECTOR DE PENETRACION PRINCIPAL 1/0 - 300 DERIVACION 8 - 1/0 AWG; REF: AMP	UN	10,000	2.00	20,000
1409	CINTA AUTOFUNDENTE 3M # 23 CINTA DE CAUCHO LE-0000-0117-8	ROLLO	27,425	0.50	13,712
2532	CABLE TRENZADO TRIPLEX 2X1/0+2 AWG ACSR XLPE 90°C	M	17,700	330.00	5,841,000
2560	INTERRUPTOR 3X40 A 240 V TRIPOLAR TERMOMAGNETICO	UN	63,500	1.00	63,500

Total Materiales: 15,544,232

MATERIALES:	15,544,232
AIU:	3,108,846
MATERIALES+ AIU:	18,653,078
IVA:	248,707
TOTAL:	18,901,785

Fuente: Programa de presupuestos 2006 de CENS

Figura 60. Diagrama topológico iluminación avenida Campo Serrano



Centrales Electricas del Norte de Santander S.A. E.S.P.

SUBGERENCIA DE DISTRIBUCIÓN ALUMBRADO PÚBLICO ZONA AGUACHICA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

TRABAJO DE GRADO CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE EXPANSIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE AGUACHICA-CESAR

DISEÑO: JHON JAIRO AMAYA TORO
 OBRA: Expansión de Alumbrado Público
 CODIGO CIRCUITO: 5T00019
 CELDA: AGUC2
 PLANO No. 003

DIRECCION: Cra 8 Entre CIL 8 Y 9
 FECHA DISEÑO: 01/06/2006

CONVENCIONES

13.4.5 Expansión del Alumbrado público vía principal que comunica Aguachica con Gamarra “M2”

La vía a iluminar es la que comunica al municipio de Aguachica con el municipio de Gamarra sobre la cual se encuentra ubicado el Colegio Técnico Industrial Laureano Gómez y el parque Ciudadela de la paz. La longitud de esta vía es de 731 m con una calzada de dos carriles y otra calzada peatonal. La vía vehicular cuenta a cada lado de la calzada un canal de desagüe de dos (2) metros de ancho

- **Características de la carga**

La carga de diseño corresponde al consumo propio de las luminarias de sodio de 250 W más las pérdidas del balasto tipo reactor que son de 25 W, el total de luminarias requeridas son 37, el factor de potencia normalizado para las luminarias de sodio a alta presión es de 0.9, la tensión de servicio de las luminarias es de 220V

- **Red de baja tensión**

Se distribuirán las cargas para transformador proyectado de 15 kVA en 2 circuitos ramales; circuito A 19 luminarias y el circuito B con 18 luminarias. Los circuitos serán de tipo aéreo, con cable trenzado triplex 2x2 +2 tipo XLPE 600V AWG. Las estructuras de soporte serán postes de concreto de 12m con carga de rotura de 510 y 750 Kg.

- **Red de media tensión**

Se cuenta con la red de media tensión trifilar a 13.2 KV, con postes de concreto de 12m con carga de rotura de 750 Kg vestida en bandera, esta red pasa a lo largo de la vía que conduce a Gamarra (Celda 2 en MT.). Para la alimentación del transformador proyectado se tendrá un trayecto de aproximadamente de 30 metros de red en media tensión monofásico.

- **Subestación**

Se proyecta un transformador de 15 KVA monofásico, con relación de 13200/240-120 V. Este transformador se instalará con sus respectivas protecciones ubicada en el centro de carga de la instalación de alumbrado público y cumpliendo con los parámetros de pérdidas de potencia que no pueden exceder el 3%.

- **Parámetros de la vía**

Para el diseño de iluminación de la “vía principal” que comunica Aguachica con Gamarra se trabajaron con los siguientes parámetros:

- Tipo de vía M2 densidad de tráfico importante
 - Velocidad de circulación entre 60 y 90 Km/h
 - Transito de vehículos por hora: entre 500 y 1000 vehículos
 - Tipo de superficie: R2
 - Disposición: central sencilla
 - Ancho de la calzada vehicular (calzada A): siete (7) metros
 - Ancho de la calzada peatonal (calzada B): tres (3) metros
 - Numero de carriles de circulación dos (2) vehiculares y uno peatonal
 - Separador de vía es de dos metros de ancho y un canal de desagüe de dos metros
 - Zonas verdes de más de siete (7) metros de ancho en los lados de las vías
 - Altura de montaje: 10.4 metros
 - Nivel de iluminación media para la vía: 20-40 luxes
 - Luminancia promedio: 1 – 1.5 Cd/m²
 - Uniformidad general: 40% mínimo
 - Uniformidad longitudinal: 50 - 70%
 - Relación de alrededores: 50% mínimo
 - Deslumbramiento (incremento umbral): menor al 10%
 - Tecnología aplicada sodio alta presión
 - Luminaria de sodio 250W horizontal cerrada
 - Flujo luminoso de 28000 lúmenes
 - Inter-distancia entre postes promedio : 26 metros
 - Dimensión del brazo: 3 metros de largo
- **Resultados de la simulación**

Tabla 64. Confort visual Aguachica-Gamarra

Nombre de Tramo	Ancho Tramo [m] (W)	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	Tabla R	Coef. Refl. Factor Qo	Obser. X Absol. [m]	Obser. Y Absol. [m]	Luminancia a Velo [cd/m ²]	Increment. Umbral [%]	Unifor . Longit
Acera A	7.00	0.00	7.00	15		55.00					
Calz. A	7.00	7.00	14.0	40	R2	7.01	-60	8.75	0.73	14.14	0.75
Mediana	4.00	14.0	18.0	15		30.00					
Calz. B	3.00	18.0	21.0	40	R2	7.01	240.00	20.25	0.45	7.74	0.79
Acera B	7.00	21.0	28.0	15		55.00					

Tabla 65. Contaminación visual Aguachica-Gamarra

Relación Media [Rn]	Intensidad Máxima
2.67%	417 cd/Klm

Tabla 66. Información del área Aguachica-Gamarra

Superficie	Dimensiones [m]	Angulo [°]	Coefficiente Reflexión	Iluminancia Media [Lux]	Luminancia Media [cd/m ²]
Acera A	731.00x7.00	Plano	55%	20	3.5
Calzada A	731.00x7.00	Plano	R2 7,01%	51	3.6
Mediana	731.00x4.00	Plano	30%	52	5.0
Calzada B	731.00x3.00	Plano	R2 7,01%	56	4.2
Acera B	731.00x7.00	Plano	55%	39	7

Datos del Vial

Nombre del Tramo	Ancho Tramo [m] W	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	h Tramo [m] (HC)	Tabla R	Coefficiente Reflexión Factor Qo	Observador X [m] (OXS)	Observador Y [m] (OSY)
Acera A	7.00	0.00	7.00	15	0.00		55.00		
Calzada A	7.00	7.00	14.00	40	0.00	R2	7.01	-60	1.75
Mediana	4.00	14.00	18.00	15	0.00		30.00		
Calzada B	3.00	18.00	21.00	40	0.00	R2	7.01	60	5.25
Acera B	7.00	21.00	28.00	15	0.00		55.00		

Datos de la Instalación (Archivo de Luminarias)

Nombre Fila	X 1er Poste [m] XP	Y 1er Poste [m] (YP)	h Poste [m] (H)	Interdis. [m] (D)	Dim. Brazo [m] (L)	Inclinación Luminaria [°] (RY)	Rotación Brazo [°] (RZ)	Factor Cons. [%]	Código Luminaria	Flujo [Lm]	Ref.
Fila A	0.00	16.00	10.40	26.00	3.00	15	270	80.00	CAL-726	28000	A
Fila B	0.00	16.00	10.40	26.00	3.00	15	90	80.00	CAL-726	28000	A

Tabla 67. Parámetros de calidad Aguachica-Gamarra

Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Medio / Máximo	Mínimo / Máximo	Mínimo / Medio
Plano Trabajo (h=0.00 m)	Ilum. Horizontal [E]	41 lux	10 lux	79 lux	0.52	0.12	0.23
Acera A	Ilum. Horizontal [E]	20 lux	9 lux	43 lux	0.46	0.20	0.44
Calzada A	Ilum. Horizontal [E]	51 lux	29 lux	80 lux	0.65	0.37	0.57
Mediana	Ilum. Horizontal [E]	52 lux	29 lux	72 lux	0.73	0.41	0.56
Calzada B	Ilum. Horizontal [E]	56 lux	41 lux	80 lux	0.70	0.51	0.72
Acera B	Ilum. Horizontal [E]	39 lux	19 lux	78 lux	0.50	0.24	0.48
Acera A	Luminancia [L]	3.5 cd/m ²	1.5 cd/m ²	7.5 cd/m ²	0.46	0.20	0.44
Calzada A	Luminancia [L]	3.6 cd/m ²	2.0 cd/m ²	5.0 cd/m ²	0.72	0.39	0.54
Mediana	Luminancia [L]	5.0 cd/m ²	2.8 cd/m ²	6.8 cd/m ²	0.73	0.41	0.56
Calzada B	Luminancia [L]	4.2 cd/m ²	3.4 cd/m ²	4.9 cd/m ²	0.86	0.89	0.81
Acera B	Luminancia [L]	7 cd/m ²	3.0 cd/m ²	14 cd/m ²	0.50	0.24	0.48

• Análisis de los resultados

En base a los resultados obtenidos por el software, la luminaria de sodio 250W Calima II cumple con las características fotométricas adecuadas para la iluminación de la avenida campo serrano.

Tabla 68. Análisis de resultados Aguachica-Gamarra

Descripción	Parámetro requerido	Parámetros obtenido en la simulación
Luminancia promedio calzada A	1 – 1.5 Cd/m ²	3.6 Cd/m ²
Luminancia promedio calzada B	1 – 1.5 Cd/m ²	4.2 Cd/m ²
Iluminancia media calzada A (vehicular)	20 - 40 Luxes	51 luxes
Iluminancia media calzada B (peatonal)	20 - 40 Luxes	56 luxes
Uniformidad general calzada A	> 40 %	54 %
Uniformidad general calzada B	> 40 %	81 %
Uniformidad longitudinal calzada A	50 – 70 %	75 %
Uniformidad longitudinal calzada B	50 – 70 %	79 %
Relación de alrededores	50%	50 %
Deslumbramiento calzada A	<10%	14.14 %
Deslumbramiento calzada B	<10%	7.74%

• Cálculos eléctricos

-Demanda

Nº de luminarias: 37

Potencia: 250 W

Perdidas del balasto: 25 W

$D_{\text{individual}} = \text{Potencia de la bombilla} + \text{Perdidas del balasto} = (250\text{W} + 25\text{W}) / 0.9 = 305 \text{ VA}$

$D_{\text{Total}} = \text{N}^\circ \text{ de luminarias} * D_{\text{individual}} = 0.305 \text{ KVA} * 37 = 11.28 \text{ KVA}$

La selección del transformador se hará con base en la demanda máxima total, ya que la carga de diseño permanece constante.

$\text{Demanda}_{\text{máxima}} = 11.28 \text{ kVA}$

Por tanto seleccionaremos un transformador monofásico de 15 **kVA**.

- *Perdidas de Voltaje (Regulación)*

Tabla 69. Perdidas de potencia Aguachica-Gamarra

DATOS DEL SEGMENTO				ALIMENTADOR - RAMAL				
Tramos	longitud	Luminarias Acumuladas	D max (kVA)	Momento (kVA*m)	Calibre XLPE	Kg	Regulación Parcial en %	Regulación Total %
Tramo A vía Gamarra (Colegio)								
0-12	25	37	11,285	282,13	Nº 4/0	0,00045	0,25617	0,25617
12-11	25,5	19	5,795	147,77	Nº 2	0,00156	0,46189	0,71806
11-10	24	17	5,185	124,44	Nº 2	0,00156	0,38896	1,10702
10-9	24,5	15	4,575	112,09	Nº 2	0,00156	0,35035	1,45737
9-8	25	13	3,965	99,13	Nº 2	0,00156	0,30983	1,76720
8-7	27	11	3,355	90,59	Nº 2	0,00156	0,28314	2,05035
7-6	24	9	2,745	65,88	Nº 2	0,00156	0,20592	2,25627
6-5	26	7	2,135	55,51	Nº 2	0,00156	0,17351	2,42977
5-4	25,3	6	1,830	46,30	Nº 2	0,00156	0,14472	2,57449
4-3	29,3	5	1,525	44,68	Nº 2	0,00156	0,13966	2,71415
3-2	30	4	1,220	36,60	Nº 2	0,00156	0,11440	2,82855
2-1	24	2	0,610	14,64	Nº 2	0,00156	0,04576	2,87431
								2,874
Tramo B vía Aguachica								
0-12	25	37	11,285	282,13	Nº 4/0	0,00045	0,25617	0,25617
12-13	25	18	5,49	137,25	Nº 2	0,00156	0,429	0,567
13-14	26	16	4,88	126,88	Nº 2	0,00156	0,397	0,964
14-15	27	14	4,27	115,29	Nº 2	0,00156	0,360	1,324
15-16	25	12	3,66	91,50	Nº 2	0,00156	0,286	1,610
16-17	25	10	3,05	76,25	Nº 2	0,00156	0,238	1,849
17-18	26,75	8	2,44	65,27	Nº 2	0,00156	0,204	2,053
18-19	26,75	6	1,83	48,95	Nº 2	0,00156	0,153	2,206
19-20	25	4	1,22	30,50	Nº 2	0,00156	0,095	2,301
20-21	25	2	0,61	15,25	Nº 2	0,00156	0,048	2,349
								2,467

- *Protecciones del transformador*

Protección del primario:

$$I_p = \frac{S_n}{V_L} = \frac{15KVA}{13.2KV} = 1.136AMP \quad (31)$$

Considerando que la demanda es constante y que el transformador no va a trabajar a carga nominal se selecciona un fusible normalizado de 1 Amperio tipo H.

- *Selección de los pararrayos*

Para la red proyectada el factor de tierra es de 0.8 (Valor recomendado por la CIE). Según la IEEE la tensión máxima de operación del sistema será de 14.5 KV para líneas de 13.2 kV, por lo que la tensión de cebado del pararrayos está dada por:

$$V_{np} = F_{pe} \times V_M \quad (32)$$

V_{np} = (Tensión nominal o de desbocadura del pararrayos)

$F_{p.e}$ = 0.8 (Factor de efectividad de la puesta a tierra)

V_m = 14.5 KV. (Valor eficaz de la tensión de servicio más elevada, entre fases)

$$V_{np} = 14.5KV \times 0.8 = 11.6KV \quad (33)$$

Seleccionando un pararrayos Normalizado auto-valvular de 12kV y 10 KA con válvula de expulsión.

Los pararrayos se conectarán a tierra por medio de un conductor de cobre aislado No. 4 A.W.G en Cu. y una varilla de Cu de (2.40 m $\frac{3}{4}$ "), de acuerdo a las normas de CENS.

- *Selección de medio de control y protección por baja tensión*

El medio de control de las luminarias será la fotocelda y para la protección por baja tensión se utilizarán interruptores bipolares termomagnéticos, para cada uno de los sectores radiales los cuales se alojarán en una caja para alumbrado público tipo intemperie.

$$I_{no\ min\ al} = \frac{P}{V_L *} = \frac{305}{240} = 1.27 \quad (34)$$

$$I_{arranque} = 1.25 * I_{no\ min\ al} = 1.25 * 1.27 = 1.5875 \quad (35)$$

$$I_{protección} = 1.5875 * N_{lu \text{ min arias}} = 1.5875 \times 19 = 30.16 \text{ Amp} \quad (36)$$

La protección a utilizar serán interruptores bipolares termomagnéticos de 2x30 A para el ramal A y B

• Presupuesto, herrajes y materiales requeridos

Tabla 70. Presupuesto de inversión requerido para la iluminación de la vías que comunica Aguachica con Gamarra

TIPO	CÓDIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
GRUPO: MEDIA TENSION					
EST	66	ESTRUCTURA TERMINAL MONOFASICA DISPOSICION HORIZONTAL 514 CRUCETA METALICA	1.00	368,300.00	368,300.00
EST	236	DERIVACION MONOFASICA 733 SIN CORTOCIRCUITO CRUCETA METALICA	1.00	393,800.00	393,800.00
EST	251	TEMPLETE PARA 13.2KV	1.00	63,850.00	63,850.00
MOB	423	ABERTURA DE HOYO. TRANSPORTE. HINCADA. APLOMADA Y APISONADA DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS.	1.00	115,666.66	115,666.66
MOB	440	CARGUE A VEHICULO DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS	1.00	9,750.00	9,750.00
MOB	466	CONSTRUCCION DE TEMPLETES PARA POSTES DIRECTO A TIERRA	1.00	32,833.33	32,833.33
MOB	473	CONSTRUCCION O DESMANTELAMIENTO DE PUENTES EN ABERTURA M.T. LINEA DESENERGIZADA	2.00	3,916.66	7,833.33
MOB	580	TENDIDA Y TENSIONADA DE RED MONOFASICA BIFILAR EN M.T 13.8 KV	40.00	1,000.00	40,000.00
MOB	611	VESTIDA O DESVESTIDA DE DERIVACION BIFASICA M.T. (13.8 KV) AISLADOR DE PIN Y CRUCETA DOBLES	1.00	17,083.33	17,083.33
MOB	613	VESTIDA O DESVESTIDA DE POSTE TERMINAL M.T. (13.8 KV) BIFASICO	1.00	18,083.33	18,083.33
MAT	222	CABLE DE ALUMINIO ACSR 1/0 AWG RAVEN	80.00	3,000.00	240,000.00
MAT	690	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 750 KG	1.00	730,000.00	730,000.00
MAT	771	TORMENTO PARA TEMPLETE EN GUITARRA CON PIE DE AMIGO EN TUBO 1-1/2" GALVANIZADO	1.00	57,000.00	57,000.00
SUBTOTALES: MEDIA TENSION					2,094,200.00
GRUPO: BAJA TENSION					
EST	505	HERRAJES POSTE DE PASO B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO	15.00	14,170.00	212,550.00
EST	515	HERRAJES POSTE TERMINAL B.T CON BANDIT, SIN PERCHA ADICIONAL DE 1 PUESTO	4.00	17,750.00	71,000.00
EST	535	HERRAJES POSTE EN ABERTURA B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO	3.00	25,050.00	75,150.00
EST	875	HERRAJES TEMPLETE DIRECTO TIERRA PARA A.T	2.00	63,850.00	127,700.00
MOB	423	ABERTURA DE HOYO. TRANSPORTE. HINCADA. APLOMADA Y APISONADA DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS.	20.00	115,666.66	2,313,333.33
MOB	440	CARGUE A VEHICULO DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS	20.00	9,750.00	195,000.00
MOB	466	CONSTRUCCION DE TEMPLETES PARA POSTES DIRECTO A TIERRA	2.00	32,833.33	65,666.66
MOB	540	MONTAJE E INSTALACION DE CONTROL DE ALUMBRADO PUBLICO	37.00	9,833.33	363,833.33
MOB	543	MONTAJE E INSTALACION DE LUMINARIA.	37.00	18,916.66	699,916.66
MOB	570	TENDIDA Y TENSIONADA DE CABLE TRENZADO XLP 90 >C TRIPLEX (2 - 1/0) AWG	485.00	1,000.00	485,000.00
MOB	585	VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA EN B.T. CON UNA PERCHA DE 1 PUESTO	19.00	2,750.00	52,250.00

TIPO	CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
Mob	590	VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA EN B.T. CON DOS PERCHAS DE 1 PUESTO	4.00	3,750.00	15,000.00
Mob	2282	CONSTRUCCION O DESMANTELAMIENTO DE PUENTES EN ABERTURA RED B.T. CON CABLE TRENZADO SIN CORTE DEL CABLE EN TODOS LOS CALIBRES	4.00	19,583.33	78,333.33
Mob	2558	INSTALACION DE CONECTOR BIMETALICO EN ACOMETIDA (UN SOLO CONECTOR)	60.00	950.00	57,000.00
MAT	12	COLLARIN DOS SALIDAS 6"-7"	34.00	12,100.00	411,400.00
MAT	30	COLLARIN UNA SALIDA 6"-7"	6.00	10,500.00	63,000.00
MAT	64	ALAMBRE 10 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	20.00	2,000.00	40,000.00
MAT	68	ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	370.00	800.00	296,000.00
MAT	164	BOMBILLA DE SODIO 250W-220V OVOIDE CLARO	37.00	27,700.00	1,024,900.00
MAT	200	BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 3 MT	37.00	69,000.00	2,553,000.00
MAT	274	CAJA CONTROL DE ALUMBRADO	2.00	64,900.00	129,800.00
MAT	369	CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 2 PERNO RANURAS PARAL. LC-66-XB	3.00	30,000.00	90,000.00
MAT	466	FOTOCONTROL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	37.00	23,900.00	884,300.00
MAT	530	LUMINARIA DE SODIO DE 250W-220V TIPO HORIZONTAL CERRADA	37.00	266,100.00	9,845,700.00
MAT	688	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 510 KG	15.00	620,000.00	9,300,000.00
MAT	690	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 750 KG	5.00	730,000.00	3,650,000.00
MAT	1376	CABLE TRENZADO TRIPLEX 2X2+2 AWG ACSR XLPE 90SC	510.00	12,200.00	6,222,000.00
MAT	1409	CINTA AUTOFUNDENTE 3M # 23 CINTA DE CAUCHO LE-0000-0117-8	0.50	27,425.00	13,712.50
MAT	2168	CONECTOR PENETRACION PRINCIPAL 1/0- 300 DERIVACION 1/0 - 300 REF: AMP	60.00	30,000.00	1,800,000.00
MAT	2182	AMARRE PLASTICO 140 mm x 3.5 mm	70.00	35.00	2,450.00
MAT	2560	INTERRUPTOR 3X40 A 240 V TRIPOLAR TERMOMAGNETICO	2.00	63,500.00	127,000.00
SUBTOTALES: BAJA TENSION					41,264,995.83
GRUPO: SUBESTACIONES					
EST	332	PUESTA A TIERRA PARA B.T EN POSTE DE 8 MT	1.00	168,390.00	168,390.00
EST	1214	HERRAJES MONTAJE TRANSFORMADOR MONOFASICO (10KVA - 15KVA) 710 CRUCETA METALICA	1.00	1,009,790.00	1,009,790.00
Mob	121	CONSTRUCCION DE FOSO DE 0.40 x 0.40 x 1.50 MTS Y TRATAMIENTO CON COMPUESTO HIDROSOLTA PARA TIERRA EN A.T. Y B.T.	1.00	170,833.33	170,833.33
Mob	471	PUESTA A TIERRA PARA UN TRANSFORMADOR	1.00	12,583.33	12,583.33
Mob	621	MONTAJE O DESMONTAJE SUBESTACION MONOFA O TRIFASICA HASTA 45 KVA CON PROTECC	1.00	252,750.00	252,750.00
Mob	2234	CONSTRUCCION O CAMBIO DE BAJANTES PARA TRANSFORMADORES	2.00	1,916.66	3,833.33
MAT	78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	9.00	30,000.00	270,000.00
MAT	784	TRANSFORMADOR MONOFASICO 15 KVA SERIE 15/1,2 kv	1.00	2,359,200.00	2,359,200.00
MAT	1354	COMPUESTO TIPO HIDROSOLTA PARA PUESTA A TIERRA	90.00	3,700.00	333,000.00
SUBTOTALES: SUBESTACIONES					4,580,380.00
Estruc.(con IVA):		2,490,530.00			
Mater.(con IVA):		40,442,462.50	Adm(7.0)%+Imp(3.0)+Uti(10.0)%:		9,587,915.17
Estruc.+Mater.(con IVA):		42,932,992.50	Est.+Mat.+MObra+AIU:		57,527,491.00
M. Obra (sin AIU):		5,006,583.33	Interventoría(0.0)%:		0.00
Est.+Mat.+MObra(con IVA - sin AIU):		47,939,575.83	IVA(16.0)%:		767,033.21
SON: CINCUENTA OCHO MILLONES DOSCIENTOS NOVENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS VEINTICUATRO PESOS MCTE					TOTAL: 58,294,524.00

Fuente: Programa presupuesto 2006 de CENS

Tabla 71. Materiales requeridos para la ejecución del proyecto iluminación de la vía que comunica Aguachica con Gamarra

CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.
ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA

Pág. 1

Fecha: 06.10.13 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - MATERIALES DEL PRESUPUESTO No.:AGC-
 AGUACHICA;06.06.10 Solicitante HACID CARRASCAL ARCINIEGAS
 Municipio:AGUACHICA Barrio/Vereda:CIUADELA DE LA PAZ
 Dirección: CALLE 5 VIA PRINCIPAL DE ACCESO AL MUNIC Teléfono:
 Estado Presupuesto: EN TRAMITE Tipo Presupuesto: EXPANSION No. Usuarios: 500

Código	Descripcion	Unid	Vr. Unit.	Cant.	Vr. Total
12	COLLARIN DOS SALIDAS 6"-7"	UN	12,100	34.00	411,400
14	COLLARIN DOS SALIDAS 7"-8"	UN	12,900	2.00	25,800
30	COLLARIN UNA SALIDA 6"-7"	UN	10,500	8.00	84,000
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	UN	2,800	25.00	70,000
48	AISLADOR TIPO SUSPENSION DE 6" ANSI 52-1	UN	19,100	12.00	229,200
54	AISLADOR TIPO TENSOR DE 7" ANSI 54-4	UN	15,500	3.00	46,500
64	ALAMBRE 10 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	M	2,000	20.00	40,000
68	ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	M	800	370.00	296,000
78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	KG	30,000	15.60	468,000
90	ALAMBRE 10 AWG GALVANIZADO	KG	4,500	4.50	20,250
102	ARANDELA CUADRADA DE 4" x 4" x 5/8" x 1/8"	UN	2,100	3.00	6,300
104	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	UN	100	13.00	1,300
105	ARANDELA DE PRESION DE 1/2"	UN	100	10.00	1,000
164	BOMBILLA DE SODIO 250W-220V OVOIDE CLARO	UN	27,700	37.00	1,024,900
200	BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 3 MT	UN	69,000	37.00	2,553,000
218	CABLE DE ALUMINIO ACSR 4 AWG SWAN	M	1,300	8.00	10,400
222	CABLE DE ALUMINIO ACSR 1/0 AWG RAVEN	M	3,000	80.00	240,000
242	CABLE COBRE 6 AWG THHN-THWN 600 V	M	5,200	6.00	31,200
264	CABLE ACERO 1/4" EXTRA ALTA RESISTENCIA PARA RETENIDA	M	1,000	51.00	51,000
274	CAJA CONTROL DE ALUMBRADO	UN	64,900	2.00	129,800
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	PIE	895	172.00	153,940
361	CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 1 PERNO RANURAS PARAL. LC-51-A-XB	UN	4,800	6.00	28,800
369	CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 2 PERNO RANURAS PARAL. LC-66-XB	UN	30,000	3.00	90,000
392	CORTACIRCUITO DE 15 KV	UN	145,000	2.00	290,000
406	CRUCETA METALICA DE 3" x 3" x 1/4" x 2 MT	UN	80,000	4.00	320,000
466	FOTOCONTROL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	UN	23,900	37.00	884,300
480	FUSIBLE DE ALTA TENSION 1 - 5 AMP. 15 KV	UN	2,300	2.00	4,600
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	UN	750	48.00	36,000
500	GRAPA DE RETENCION EN ALUMINIO DE 6 - 2/0 AWG 3000 Kg.	UN	11,200	4.00	44,800
516	GUARDACABO EN ACERO GALVANIZADO PARA CABLE DE 1/2"	UN	1,000	3.00	3,000
530	LUMINARIA DE SODIO DE 250W-220V TIPO HORIZONTAL CERRADA	UN	266,100	37.00	9,845,700
534	PARARRAYOS DE 12 KV 10 KA CON VALVULA DE EXPULSION	UN	141,500	2.00	283,000
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	UN	4,500	25.00	112,500
575	PERNO DE 5/8" x 8" GALVANIZADO EN CALIENTE	UN	2,300	3.00	6,900
596	PERNO DE 1/2" x 1 1/2" GALVANIZADO EN CALIENTE	UN	800	10.00	8,000
612	ESPARRAGO DE 5/8" x 10" CON 4 TUERCAS	UN	4,100	3.00	12,300
614	ESPARRAGO DE 5/8" x 12" CON 4 TUERCAS	UN	4,200	2.00	8,400
688	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 510 KG	UN	620,000	15.00	9,300,000
690	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 750 KG	UN	730,000	6.00	4,380,000
754	SUPLEMENTO PARA CORTACIRCUITOS	UN	6,000	2.00	12,000
771	TORMENTO PARA TEMPLETE EN GUITARRA CON PIE DE AMIGO EN TUBO 1-1/2" GALVANIZADO	UN	57,000	1.00	57,000
784	TRANSFORMADOR MONOFASICO 15 KVA SERIE 15/1,2 kv	UN	2,359,200	1.00	2,359,200
850	TUBO CONDUIT 1/2" METALICO GALVANIZADO	M	6,000	2.00	12,000

Código	Descripcion	Unid	Vr. Unit.	Cant.	Vr. Total
884	TUERCA DE OJO ALARGADO DE 5/8"	UN	5,400	4.00	21,600
891	VARILLA SOLIDA DE COBRE 5/8" x 2.4 MT CON CONECTOR	UN	101,120	2.00	202,240
896	VARILLA DE ANCLAJE DE 5/8" x 1.8 MT	UN	16,000	3.00	48,000
900	VIGUETA DE CONCRETO PARA ANCLAJE DE 24x15x18.5 CMS	UN	5,500	3.00	16,500
988	CRUCETA METALICA DE 64 x 5 mm x 1.5 MT	UN	40,000	1.00	40,000
998	DIAGONAL EN V PARA CRUCETA METALICA 110 x 40 cm	UN	21,500	2.00	43,000
1004	DIAGONAL RECTA METALICA DE 68 CM	UN	7,900	4.00	31,600
1006	DIAGONAL RECTA METALICA DE 60 CM	UN	7,900	2.00	15,800
1084	CONECTOR BIMETALICO 1 PERNO 2/0-6 AWG	UN	6,400	1.00	6,400
1222	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 1/2"	UN	400	4.00	1,600
1224	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	UN	600	26.00	15,600
1354	COMPUESTO TIPO HIDROSOLTA PARA PUESTA A TIERRA	KG	3,700	90.00	333,000
1376	CABLE TRENZADO TRIPLEX 2X2+2 AWG ACSR XLPE 90°C	M	12,200	510.00	6,222,000
1409	CINTA AUTOFUNDENTE 3M # 23 CINTA DE CAUCHO LE-0000-0117-8	ROLLO	27,425	0.50	13,712
1168	CONECTOR PENETRACION PRINCIPAL 1/0- 300 DERIVACION 1/0 - 300 REF: AMP	UN	30,000	60.00	1,800,000
1182	AMARRE PLASTICO 140 mm x 3.5 mm	UN	35	70.00	2,450
1560	INTERRUPTOR 3X40 A 240 V TRIPOLAR TERMOMAGNETICO	UN	63,500	2.00	127,000
				Total Materiales:	42,932,992

MATERIALES:	42,932,992
AIU:	8,586,598
MATERIALES+ AIU:	51,519,590
IVA:	686,927
TOTAL:	52,206,517

Fuente: Programa presupuesto 2006 de CENS

Tabla 72. Estructuras y herrajes para la construcción del proyecto iluminación de la vía que comunica Aguachica con Gamarra

CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.

ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA

Fecha: 06.10.13

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Estructuras Ppto. No.: 30971

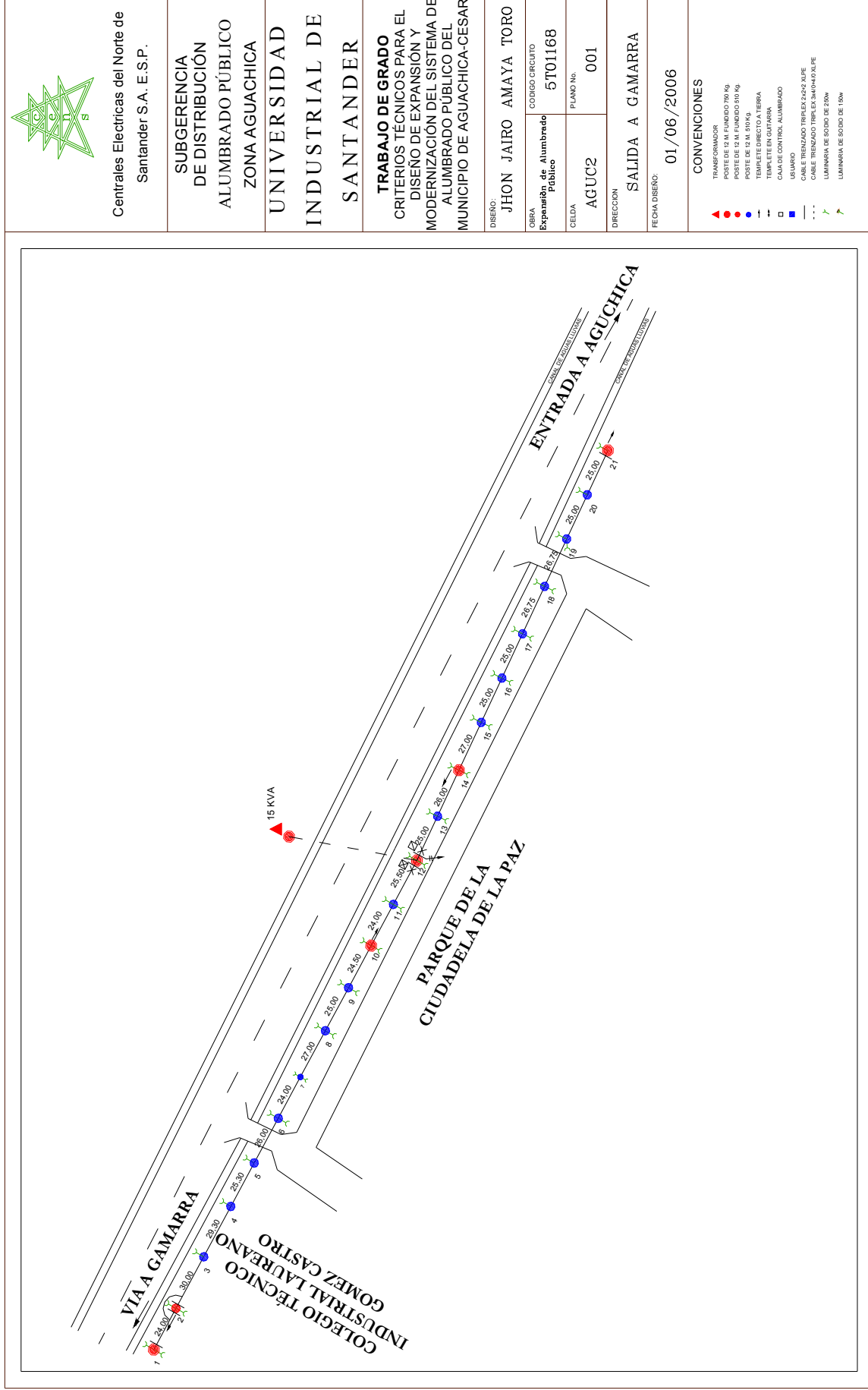
Pág. 1

Código	Descripcion	Cant.	Vr. Unit.	Vr. Total
66	ESTRUCTURA TERMINAL MONOFASICA DISPOSICION HORIZONTAL 514 CRUCETA METALICA			
48	AISLADOR TIPO SUSPENSION DE 6" ANSI 52-1	6.00	19,100	114,600.00
104	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	7.00	100	700.00
105	ARANDELA DE PRESION DE 1/2"	4.00	100	400.00
406	CRUCETA METALICA DE 3" x 3" x 1/4" x 2 MT	2.00	80,000	160,000.00
500	GRAPA DE RETENCION EN ALUMINIO DE 6 - 2/0 AWG 3000 Kg.	2.00	11,200	22,400.00
575	PERNO DE 5/8" x 8" GALVANIZADO EN CALIENTE	1.00	2,300	2,300.00
596	PERNO DE 1/2" x 1 1/2" GALVANIZADO EN CALIENTE	4.00	800	3,200.00
612	ESPARRAGO DE 5/8" x 10" CON 4 TUERCAS	3.00	4,100	12,300.00
884	TUERCA DE OJO ALARGADO DE 5/8"	2.00	5,400	10,800.00
1004	DIAGONAL RECTA METALICA DE 68 CM	4.00	7,900	31,600.00
1222	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 1/2"	4.00	400	1,600.00
1224	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	14.00	600	8,400.00
Vr. Esta Estructura:				368,300.00
236	DERIVACION MONOFASICA 733 SIN CORTOCIRCUITO CRUCETA METALICA			
14	COLLARIN DOS SALIDAS 7"-8"	2.00	12,900	25,800.00
48	AISLADOR TIPO SUSPENSION DE 6" ANSI 52-1	6.00	19,100	114,600.00
104	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	4.00	100	400.00
105	ARANDELA DE PRESION DE 1/2"	4.00	100	400.00
406	CRUCETA METALICA DE 3" x 3" x 1/4" x 2 MT	2.00	80,000	160,000.00
500	GRAPA DE RETENCION EN ALUMINIO DE 6 - 2/0 AWG 3000 Kg.	2.00	11,200	22,400.00
596	PERNO DE 1/2" x 1 1/2" GALVANIZADO EN CALIENTE	4.00	800	3,200.00
614	ESPARRAGO DE 5/8" x 12" CON 4 TUERCAS	2.00	4,200	8,400.00
884	TUERCA DE OJO ALARGADO DE 5/8"	2.00	5,400	10,800.00
998	DIAGONAL EN V PARA CRUCETA METALICA 110 x 40 cm	2.00	21,500	43,000.00
1224	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	8.00	600	4,800.00
Vr. Esta Estructura:				393,800.00
251	TEMPLETE PARA 13.2KV			
54	AISLADOR TIPO TENSOR DE 7" ANSI 54-4	1.00	15,500	15,500.00
90	ALAMBRE 10 AWG GALVANIZADO	1.50	4,500	6,750.00
102	ARANDELA CUADRADA DE 4" x 4" x 5/8" x 1/8"	1.00	2,100	2,100.00
264	CABLE ACERO 1/4" EXTRA ALTA RESISTENCIA PARA RETENIDA	17.00	1,000	17,000.00
516	GUARDACABO EN ACERO GALVANIZADO PARA CABLE DE 1/2"	1.00	1,000	1,000.00
896	VARILLA DE ANCLAJE DE 5/8" x 1.8 MT	1.00	16,000	16,000.00
900	VIGUETA DE CONCRETO PARA ANCLAJE DE 24x15x18.5 CMS	1.00	5,500	5,500.00
Vr. Esta Estructura:				63,850.00
332	PUESTA A TIERRA PARA B.T EN POSTE DE 8 MT			
78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	1.60	30,000	48,000.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	6.00	895	5,370.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
850	TUBO CONDUIT 1/2" METALICO GALVANIZADO	1.00	6,000	6,000.00
891	VARILLA SOLIDA DE COBRE 5/8" x 2.4 MT CON CONECTOR	1.00	101,120	101,120.00
1084	CONECTOR BIMETALICO 1 PERNO 2/0-6 AWG	1.00	6,400	6,400.00
Vr. Esta Estructura:				168,390.00
505	HERRAJES POSTE DE PASO B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	1.00	2,800	2,800.00

Código	Descripcion	Cant.	Vr. Unit.	Vr. Total
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	6.00	895	5,370.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	1.00	4,500	4,500.00
Vr. Esta Estructura:				14,170.00
515	HERRAJES POSTE TERMINAL B.T CON BANDIT, SIN PERCHA ADICIONAL DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	1.00	2,800	2,800.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	10.00	895	8,950.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	1.00	4,500	4,500.00
Vr. Esta Estructura:				17,750.00
535	HERRAJES POSTE EN ABERTURA B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	2.00	2,800	5,600.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	10.00	895	8,950.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	2.00	4,500	9,000.00
Vr. Esta Estructura:				25,050.00
875	HERRAJES TEMPLETE DIRECTO TIERRA PARA A.T			
54	AISLADOR TIPO TENSOR DE 7" ANSI 54-4	1.00	15,500	15,500.00
90	ALAMBRE 10 AWG GALVANIZADO	1.50	4,500	6,750.00
102	ARANDELA CUADRADA DE 4" x 4" x 5/8" x 1/8"	1.00	2,100	2,100.00
264	CABLE ACERO 1/4" EXTRA ALTA RESISTENCIA PARA RETENIDA	17.00	1,000	17,000.00
516	GUARDACABO EN ACERO GALVANIZADO PARA CABLE DE 1/2"	1.00	1,000	1,000.00
896	VARILLA DE ANCLAJE DE 5/8" x 1.8 MT	1.00	16,000	16,000.00
900	VIGUETA DE CONCRETO PARA ANCLAJE DE 24x15x18.5 CMS	1.00	5,500	5,500.00
Vr. Esta Estructura:				63,850.00
1214	HERRAJES MONTAJE TRANSFORMADOR MONOFASICO (10KVA - 15KVA) 710 CRUCETA METALICA			
30	COLLARIN UNA SALIDA 6"-7"	2.00	10,500	21,000.00
78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	5.00	30,000	150,000.00
104	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	2.00	100	200.00
105	ARANDELA DE PRESION DE 1/2"	2.00	100	200.00
218	CABLE DE ALUMINIO ACSR 4 AWG SWAN	8.00	1,300	10,400.00
242	CABLE COBRE 6 AWG THHN-THWN 600 V	6.00	5,200	31,200.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	6.00	895	5,370.00
361	CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 1 PERNO RANURAS PARAL. LC-51-A-XB	6.00	4,800	28,800.00
392	CORTACIRCUITO DE 15 KV	2.00	145,000	290,000.00
480	FUSIBLE DE ALTA TENSION 1 - 5 AMP. 15 KV	2.00	2,300	4,600.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
534	PARARRAYOS DE 12 KV 10 KA CON VALVULA DE EXPULSION	2.00	141,500	283,000.00
575	PERNO DE 5/8" x 8" GALVANIZADO EN CALIENTE	2.00	2,300	4,600.00
596	PERNO DE 1/2" x 1 1/2" GALVANIZADO EN CALIENTE	2.00	800	1,600.00
754	SUPLEMENTO PARA CORTACIRCUITOS	2.00	6,000	12,000.00
850	TUBO CONDUIT 1/2" METALICO GALVANIZADO	1.00	6,000	6,000.00
891	VARILLA SOLIDA DE COBRE 5/8" x 2.4 MT CON CONECTOR	1.00	101,120	101,120.00
988	CRUCETA METALICA DE 64 x 5 mm x 1.5 MT	1.00	40,000	40,000.00
1006	DIAGONAL RECTA METALICA DE 60 CM	2.00	7,900	15,800.00
1224	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	4.00	600	2,400.00

Fuente: Programa presupuesto 2006 de CENS

Figura 61. Diagrama topológico iluminación vía principal que comunica el municipio de Aguachica con Gamarra



13.4.6 Expansión del Alumbrado público vía principal de acceso al barrio Barahona y al hospital materno infantil “M2”

La vía a iluminar es el principal acceso al barrio Barahona y al hospital materno infantil del municipio de Aguachica. La longitud de esta vía a iluminar es de 416 m con dos calzadas asimétricas cada una de dos carriles y separador de vías de 1 metro de ancho y aproximadamente 0.2 metros de alto.

- **Características de la carga**

La carga de diseño corresponde al consumo propio de las luminarias de sodio de 250 W más las pérdidas del balasto tipo reactor que son de 25 W, el total de luminarias requeridas son 30 de sodio 250W para la disposición central sencilla localizada entre las carreras tercera (3^a) y séptima A (7^a A), también se requieren cinco luminarias de sodio 150W con pérdidas de balasto de 20W que se instalaran en la red de distribución existente en disposición unilateral debido a que la avenida presenta una sola calzada con ancho de vía 5 metros y una interdistancia de 30 metros, esas luminarias de instalaran en los sectores comprendidos entre las carreras segundo y tercera y entra las carreras séptima y octava. El factor de potencia normalizado para las luminarias de sodio a alta presión es de 0.9, la tensión de servicio de las luminarias es de 220V

- **Red de baja tensión**

Se distribuirán las cargas para transformador proyectado de 10 kVA en 2 circuitos ramales; circuito A (entre carreras 2 a 5) con 16 luminarias y el circuito B (entre carreras 6 a 8) con 14 luminarias. Los circuito serán de tipo aéreo, con cable trenzado triplex 2x2 +2 tipo XLPE 600V AWG. Las estructuras de soporte serán postes de concreto de 12m con carga de rotura de 510 y 750 Kg.

- **Red de media tensión**

Se cuenta con la red de media tensión trifilar a 13.2 KV, con postes de concreto de 12m con carga de rotura de 750 Kg vestida en bandera, esta red pasa a lo largo de la vía que se quiere iluminar.

- **Subestación**

Se proyecta un transformador de 10 KVA monofásico, con relación de 13200/240-120 V. Este transformador se instalara con sus respectivas protecciones en una de las estructuras existentes de media tensión ubicada en el centro de carga de la instalación de alumbrado público y cumpliendo con los parámetros de pérdidas de potencia que no pueden exceder el 3%.

- **Parámetros de la vía**

Para el diseño de iluminación de la “vía principal” del barrio Barahona y del hospital materno infantil se trabajaran con los siguientes parámetros:

- Tipo de vía M2 densidad de tráfico importante
- Velocidad de circulación entre 60 y 90 Km/h
- Transito de vehículos por hora: entre 500 y 1000 vehículos
- Tipo de superficie: R2
- Disposición: central sencilla
- Ancho de la calzada vehicular A: siete (7) metros
- Ancho de la calzada vehicular B: ocho (8) metros
- Numero de carriles de circulación dos (2) por cada calzada
- Separador de vía es de un metro de ancho y 20 centímetros de alto
- Andenes de dos (2) metros de ancho a cada lado de la calzada
- Altura de montaje: 10.4 metros
- Nivel de iluminación media para la vía: 20-40 luxes
- Luminancia promedio: 1 – 1.5 Cd/m²
- Uniformidad general: 40% mínimo
- Uniformidad longitudinal: 50 - 70%
- Relación de alrededores: 50% mínimo
- Deslumbramiento (incremento umbral): menor al 10%
- Luminaria de sodio 250W horizontal cerrada
- Flujo luminoso de 28000 lúmenes
- Inter-distancia entre postes promedio : 30 metros
- Dimensión del brazo: 1.5 metros de largo

- **Resultados de la simulación**

Tabla 73. Parámetros de calidad barrio barahoja

Superficie	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Medio / Máximo	Mínimo / Máximo	Mínimo / Medio
Plano Trabajo (h=0.00 m)	Ilum. Horizontal [E]	47 lux	18 lux	95 lux	0.49	0.19	0.39
Acera A	Ilum. Horizontal [E]	27 lux	20 lux	42 lux	0.65	0.48	0.73
Calzada A	Ilum. Horizontal [E]	53 lux	28 lux	95 lux	0.56	0.29	0.53
Mediana	Ilum. Horizontal [E]	63 lux	45 lux	95 lux	0.67	0.47	0.71
Calzada B	Ilum. Horizontal [E]	50 lux	24 lux	95 lux	0.53	0.25	0.48
Acera B	Ilum. Horizontal [E]	23 lux	17 lux	33 lux	0.69	0.51	0.74
Acera A	Luminancia [L]	4.8 cd/m ²	3.5 cd/m ²	7.3 cd/m ²	0.65	0.48	0.73
Calzada A	Luminancia [L]	3.8 cd/m ²	1.7 cd/m ²	5.7 cd/m ²	0.67	0.30	0.44
Mediana	Luminancia [L]	6.0 cd/m ²	4.3 cd/m ²	9.1 cd/m ²	0.67	0.47	0.71
Calzada B	Luminancia [L]	3.6 cd/m ²	1.4 cd/m ²	5.7 cd/m ²	0.63	0.25	0.40
Acera B	Luminancia [L]	4.0 cd/m ²	2.9 cd/m ²	5.7 cd/m ²	0.89	0.51	0.74

Tabla 74. Información del área barrio Barahona

Superficie	Dimensiones [m]	Angulo [°]	Coefficiente Reflexión	Iluminancia Media [Lux]	Luminancia Media [cd/m ²]
Acera A	416.00x2.00	Plano	55%	27	4.8
Calzada A	416.00x7.00	Plano	R2 7,01%	53	3.8
Mediana	416.00x1.00	Plano	30%	63	6.0
Calzada B	416.00x.8.00	Plano	R2 7,01%	50	3.6
Acera B	416.00x.2.00	Plano	55%	23	4.0

Datos del Vial

Nombre del Tramo	Ancho Tramo [m] W	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	h Tramo [m] (HC)	Tabla R	Coefficiente Reflexión Factor Qo	Observador X [m] (OXS)	Observador Y [m] (OSY)
Acera A	2.00	0.00	2.00	15	0.00		55.00		
Calzada A	7.00	2.00	9.00	40	0.00	R2	7.01	-60	1.75
Mediana	1.00	9.00	10.00	15	0.00		30.00		
Calzada B	8.00	10.00	18.00	40	0.00	R2	7.01	60	6.00
Acera B	2.00	18.00	20.00	15	0.00		55.00		

Datos de la Instalación (Archivo de Luminarias)

Nombre Fila	X 1er Poste [m] XP	Y 1er Poste [m] (YP)	h Poste [m] (H)	Interdis. [m] (D)	Dim. Brazo [m] (L)	Inclinación Luminaria [°] (RY)	Rotación Brazo [°] (RZ)	Factor Cons. [%]	Código Luminaria	Flujo [Lm]	Ref.
Fila A	0.00	9.50	10.40	30.00	1.50	15	270	80.00	CAL-726	28000	A
Fila B	0.00	9.50	10.40	30.00	1.50	15	90	80.00	CAL-726	28000	A

Tabla 75. Confort visual barrio Barahona

Nombre de Tramo	Ancho Tramo [m] (W)	y1 [m]	y2 [m]	Puntos Cálculo Y	Tabla R	Coef. Refl. Factor Qo	Obser. X Absol. [m]	Obser. Y Absol. [m]	Luminancia a Velo [cd/m ²]	Increment. Umbral [%]	Unifor Longit
Acera A	2.00	0.00	2.00	15		55.00					
Calz. A	7.00	2.00	9.00	40	R2	7.01	-60	3.75	0.86	16.06	0.76
Mediana	1.00	9.00	10.0	15		30.00					
Calz. B	8.00	10.0	18.0	40	R2	7.01	476	16.00	0.38	7.43	0.79
Acera B	2.00	18.0	20.0	15		55.00					

Tabla 76. Contaminación visual barrio barahoja

Relación Media [Rn]	Intensidad Máxima
2.33%	417 cd/Klm

• **Análisis de los resultados**

En base a los resultados obtenidos por el software, la luminaria de sodio 250W Calima II cumple con las características fotométricas adecuadas para la iluminación de la avenida campo serrano.

Tabla 77. Análisis de resultados barrio barahoja

Descripción	Parámetro requerido	Parámetros obtenido en la simulación
Luminancia promedio calzada A	1 – 1.5 Cd/m ²	3.8 Cd/m ²
Luminancia promedio calzada B	1 – 1.5 Cd/m ²	3.6 Cd/m ²
Iluminancia media calzada A	20 - 40 Luxes	53 luxes
Iluminancia media calzada B	20 - 40 Luxes	50 luxes
Uniformidad general calzada A	> 40 %	44 %
Uniformidad general calzada B	> 40 %	40 %
Uniformidad longitudinal calzada A	50 – 70 %	76 %
Uniformidad longitudinal calzada B	50 – 70 %	79 %
Relación de alrededores	50%	50 %
Deslumbramiento calzada A	<10%	16.06 %
Deslumbramiento calzada B	<10%	7.43%

• **Cálculos eléctricos**

-Demanda

Nº de luminarias: 30

Potencia: 250 W

Perdidas del balasto: 25 W

$D_{\text{individual}} = \text{Potencia de la bombilla} + \text{Perdidas del balasto} = (250\text{W} + 25\text{W}) / 0.9 = 305 \text{ VA}$

$D_{\text{Total}} = \text{Nº de luminarias} * D_{\text{individua}} = 0.305 \text{ KVA} * 30 = 9.15 \text{ KVA}$

La selección del transformador se hará con base en la demanda máxima total, ya que la carga de diseño permanece constante.

Demanda_{máxima}=9.15kVA

Por tanto seleccionaremos un transformador monofásico de 10 **KVA**.

-Perdidas de Voltaje (Regulación)

Tabla 78. Perdidas de potencia barrio barahoja

DATOS DEL SEGMENTO				ALIMENTADOR - RAMAL				
Tramos	longitud	Luminarias Acumuladas	D max (kVA)	Momento (kVA*m)	Calibre XLPE	Kg	Regulación Parcial en %	Regulación Total %
Tramo A (entre carreras 2 y 5)								
0-11	15	30	9,150	137,25	Nº 2	0,001563	0,42900	0,42900
11-10	30	16	4,880	146,40	Nº 2	0,001563	0,45760	0,88660
10-9	31	14	4,270	132,37	Nº 2	0,001563	0,41375	1,30035
9-8	30	12	3,660	109,80	Nº 2	0,001563	0,34320	1,64355
8-7	31	10	3,050	94,55	Nº 2	0,001563	0,29553	1,93909
7-6	30	8	2,440	73,20	Nº 2	0,001563	0,22880	2,16789
6-5	30	6	1,830	54,90	Nº 2	0,001563	0,17160	2,33949
5-4	30	4	1,220	36,60	Nº 2	0,001563	0,11440	2,45389
4-3	30	2	0,610	18,30	Nº 2	0,001563	0,05720	2,51109
								2,511
Tramo B (entre carreras 6 y 7A)								
0-11	15	30	9,15	137,25	Nº 2	0,001563	0,429	0,429
11-12	30	12	3,66	109,80	Nº 2	0,001563	0,343	0,772
12-13	29	10	3,05	88,45	Nº 2	0,001563	0,276	1,049
13-14	30	8	2,44	73,20	Nº 2	0,001563	0,229	1,277
14-15	30	6	1,83	54,90	Nº 2	0,001563	0,172	1,449
15-16	30	4	1,22	36,60	Nº 2	0,001563	0,114	1,563
16-17	25	2	0,61	15,25	Nº 2	0,001563	0,048	1,611
								1,611

- Protecciones del transformador

Protección del primario:

$$I_P = \frac{S_n}{V_L} = \frac{10KVA}{13.2KV} = 0.75AMP \quad (37)$$

Considerando que la demanda es constante y que el transformador va a trabajar casi a carga nominal se selecciona un fusible normalizado de 1 Amperio tipo H.

- Selección de los pararrayos

Para la red proyectada el factor de tierra es de 0.8 (Valor recomendado por la CIE). Según la IEEE la tensión máxima de operación del sistema será de 14.5 KV para líneas de 13.2 kV, por lo que la tensión de cebado del pararrayos está dada por:

$$V_{np} = F_{pe} \times V_M \quad (38)$$

V_{np} (Tensión nominal o de desbocadura del pararrayos)

$F_{p.e} = 0.8$ (Factor de efectividad de la puesta a tierra)

$V_m = 14.5 \text{ KV}$. (Valor eficaz de la tensión de servicio más elevada, entre fases)

$$V_{np} = 14.5 \text{ KV} \times 0.8 = 11.6 \text{ KV} \quad (39)$$

Seleccionando un pararrayos Normalizado auto-valvular de 12kV y 10 KA con válvula de expulsión.

Los pararrayos se conectarán a tierra por medio de un conductor de cobre aislado No. 4 A.W.G en Cu. y una varilla de Cu de (2.40 m $\frac{3}{4}$ "), de acuerdo a las normas de CENS.

- Selección de medio de control y protección por baja tensión

El medio de control de cada luminaria será por fotocelda y para la protección por baja tensión se utilizaran interruptores bipolares termomagnéticos, para cada uno de los sectores radiales los cuales se alojaran en una caja para alumbrado público tipo intemperie.

$$I_{no\ min\ al} = \frac{P}{V_L} = \frac{305}{240} = 1.27 \quad (40)$$

$$I_{arranque} = 1.25 * I_{no\ min\ al} = 1.25 * 1.27 = 1.5875 \quad (41)$$

$$I_{protección} = 1.5875 * N_{lu\ min\ arias} = 1.5875 \times 16 = 25.4 \text{ Amp} \quad (42)$$

La protección a utilizar serán interruptores bipolares termomagnéticos de 2x30 Amperios normalizados para el ramal A y B

• Presupuesto, herrajes y materiales requeridos

Tabal 79. Presupuesto de inversión requerido para la iluminación de la vía que comunica al barrio Barahona y al hogar materno infantil



CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P. Fecha Impresión: 06.10.13
 ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA
 PRESUPUESTO No.: AGC- **31038** **CONSTRUCCION** Pág. 1

AGUACHICA; 5 de julio de 2006 Solicitante : ADMINISTRADOR SUCURSAL CENS
 Municipio: AGUACHICA Barrio/Vereda: BARAHOJA
 Dirección: CALLE 4 ENTRE CARRERAS 2 Y 8 Teléfono:
 Tipo Presupuesto: EXPANSION No. Usuarios: 400 Valor Global Este Presupuesto: 46,413,230.00
 Observaciones: EXPANSIÓM DE ALUMBRADO PÚBLICO EN VIA PRINCIPAL QUE COMUNICA AL HOSPITAL MATERNO INFANTIL Y AL BARRIO BARAHOJA

TIPO CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
GRUPO: BAJA TENSION				
EST	505HERRAJES POSTE DE PASO B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO	11.00	14,170.00	155,870.00
EST	515HERRAJES POSTE TERMINAL B.T CON BANDIT, SIN PERCHA ADICIONAL DE 1 PUESTO	4.00	17,750.00	71,000.00
EST	535HERRAJES POSTE EN ABERTURA B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO	2.00	25,050.00	50,100.00
Mob	423ABERTURA DE HOYO. TRANSPORTE. HINCADA. APLOMADA Y APISONADA DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS.	15.00	115,666.66	1,735,000.00
Mob	440CARGUE A VEHICULO DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS	15.00	9,750.00	146,250.00
Mob	543MONTAJE E INSTALACION DE LUMINARIA.	35.00	18,916.66	662,083.33
Mob	570TENDIDA Y TENSIONADA DE CABLE TRENZADO XLP 90>C TRIPLEX (2 - 1/0) AWG	430.00	1,000.00	430,000.00
Mob	585VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA EN B.T. CON UNA PERCHA DE 1 PUESTO	15.00	2,750.00	41,250.00
Mob	590VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA EN B.T. CON DOS PERCHAS DE 1 PUESTO	2.00	3,750.00	7,500.00
Mob	2282CONSTRUCCION O DESMANTELAMIENTO DE PUENTES EN ABERTURA RED B.T. CON CABLE TRENZADO SIN CORTE DEL CABLE EN TODOS LOS CALIBRES	2.00	19,583.33	39,166.66
Mob	2558INSTALACION DE CONECTOR BIMETALICO EN ACOMETIDA (UN SOLO CONECTOR)	60.00	950.00	57,000.00
MAT	12COLLARIN DOS SALIDAS 6"-7"	30.00	12,100.00	363,000.00
MAT	28COLLARIN UNA SALIDA 5"-6"	10.00	9,700.00	97,000.00
MAT	64ALAMBRE 10 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90øC 600 V	50.00	2,000.00	100,000.00
MAT	68ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90øC 600 V	350.00	800.00	280,000.00
MAT	160BOMBILLA DE SODIO 150W-220V TUBULAR CLARO	5.00	25,000.00	125,000.00
MAT	164BOMBILLA DE SODIO 250W-220V OVOIDE CLARO	30.00	27,700.00	831,000.00
MAT	196BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 1.50 MT	35.00	22,000.00	770,000.00
MAT	274CAJA CONTROL DE ALUMBRADO	2.00	64,900.00	129,800.00
MAT	466FOTOCONTROL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	35.00	23,900.00	836,500.00
MAT	519LUMINARIA DE SODIO DE 150W-220V (CERRADA)	5.00	168,600.00	843,000.00
MAT	530LUMINARIA DE SODIO DE 250W-220V TIPO HORIZONTAL CERRADA	30.00	266,100.00	7,983,000.00
MAT	573PERNO DE 5/8" x 3" GALVANIZADO EN CALIENTE	70.00	1,800.00	126,000.00
MAT	688POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 510 KG	11.00	620,000.00	6,820,000.00
MAT	690POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 750 KG	4.00	730,000.00	2,920,000.00
MAT	1376CABLE TRENZADO TRIPLEX 2X2+2 AWG ACSR XLPE 90øC	470.00	12,200.00	5,734,000.00
MAT	1409CINTA AUTOFUNDENTE 3M # 23 CINTA DE CAUCHO LE-0000-0117-8	1.00	27,425.00	27,425.00
MAT	2168CONECTOR PENETRACION PRINCIPAL 1/0- 300 DERIVACION 1/0 - 300 REF: AMP	45.00	30,000.00	1,350,000.00
MAT	2182AMARRE PLASTICO 140 mm x 3.5 mm	70.00	35.00	2,450.00
MAT	2560INTERRUPTOR 3X40 A 240 V TRIPOLAR TERMOMAGNETICO	4.00	63,500.00	254,000.00

TIPO CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNIT.	TOTAL
SUBTOTALES: BAJA TENSION				32,987,395.00
GRUPO: SUBESTACIONES				
EST	332PUESTA A TIERRA PARA B.T EN POSTE DE 8 MT	1.00	168,390.00	168,390.00
EST	1224HERRAJES MONTAJE TRANSFORMADOR TRIFASICO (75KVA -112.5KVA) 712 CRUCETA METALICA	1.00	2,182,390.00	2,182,390.00
MOB	121CONSTRUCCION DE FOSO DE 0.40 x 0.40 x 1.50 MTS Y TRATAMIENTO CON COMPUESTO HIDROSOLTA PARA TIERRA EN A.T. Y B.T.	1.00	170,833.33	170,833.33
MOB	471PUESTA A TIERRA PARA UN TRANSFORMADOR	1.00	12,583.33	12,583.33
MOB	621MONTAJE O DESMONTAJE SUBESTACION MONOFA O TRIFASICA HASTA 45 KVA CON PROTECC	1.00	252,750.00	252,750.00
MOB	2234CONSTRUCCION O CAMBIO DE BAJANTES PARA TRANSFORMADORES	2.00	1,916.66	3,833.33
MAT	78ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	4.00	30,000.00	120,000.00
MAT	575PERNO DE 5/8" x 8" GALVANIZADO EN CALIENTE	2.00	2,300.00	4,600.00
MAT	782TRANSFORMADOR MONOFASICO 10 KVA SERIE 15/1,2 kV	1.00	1,877,200.00	1,877,200.00
MAT	988CRUCETA METALICA DE 64 x 5 mm x 1.5 MT	1.00	40,000.00	40,000.00
MAT	1006DIAGONAL RECTA METALICA DE 60 CM	2.00	7,900.00	15,800.00
MAT	1354COMPUESTO TIPO HIDROSOLTA PARA PUESTA A TIERRA	90.00	3,700.00	333,000.00
SUBTOTALES: SUBESTACIONES				5,181,380.00

Estruc.(con IVA):	2,627,750.00		
Mater.(con IVA):	31,982,775.00	Adm(7.0)%+Imp(3.0)+Uti(10.0)%:	7,633,755.00
Estruc.+Mater.(con IVA):	34,610,525.00	Est.+Mat.+MObra+AIU:	45,802,530.00
M. Obra (sin AIU):	3,558,250.00	Interventoría(0.0)%:	0.00
Est.+Mat.+MObra(con IVA - sin AIU):	38,168,775.00	IVA(16.0)%:	610,700.40

SON:CUARENTA SEIS MILLONES CUATROCIENTOS TRECE MIL DOSCIENTOS TREINTA PESOS MCTE	TOTAL:	46,413,230.00
---	--------	---------------

Fuente: Programa presupuesto 2006 de CENS

Tabla 80. Materiales requeridos para la realización del proyecto

CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.

ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA

Pág. 1

Fecha: 06.10.13 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - MATERIALES DEL PRESUPUESTO No.:AGC-
AGUACHICA;06.07.05 Solicitante ADMINISTRADOR SUCURSAL CENS

Municipio:AGUACHICA Barrio/Vereda:BARAHOJA

Dirección: CALLE 4 ENTRE CARRERAS 2 Y 8 Teléfono:

Estado Presupuesto: EN TRAMITE Tipo Presupuesto: EXPANSION No. Usuarios: 400

Código	Descripcion	Unid	Vr. Unit.	Cant.	Vr. Total
12	COLLARIN DOS SALIDAS 6"-7"	UN	12,100	30.00	363,000
14	COLLARIN DOS SALIDAS 7"-8"	UN	12,900	4.00	51,600
28	COLLARIN UNA SALIDA 5"-6"	UN	9,700	10.00	97,000
30	COLLARIN UNA SALIDA 6"-7"	UN	10,500	2.00	21,000
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	UN	2,800	19.00	53,200
64	ALAMBRE 10 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	M	2,000	50.00	100,000
68	ALAMBRE 14 AWG COBRE AISLADO THHN/THWN 90°C 600 V	M	800	350.00	280,000
78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	KG	30,000	10.60	318,000
104	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	UN	100	10.00	1,000
105	ARANDELA DE PRESION DE 1/2"	UN	100	4.00	400
160	BOMBILLA DE SODIO 150W-220V TUBULAR CLARO	UN	25,000	5.00	125,000
164	BOMBILLA DE SODIO 250W-220V OVOIDE CLARO	UN	27,700	30.00	831,000
196	BRAZO METALICO DE 1 1/4" x 1.50 MT	UN	22,000	35.00	770,000
218	CABLE DE ALUMINIO ACSR 4 AWG SWAN	M	1,300	12.00	15,600
256	CABLE COBRE 4/0 AWG THHN-THWN 600 V	M	39,200	8.00	313,600
274	CAJA CONTROL DE ALUMBRADO	UN	64,900	2.00	129,800
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	PIE	895	138.00	123,510
369	CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 2 PERNO RANURAS PARAL. LC-66-XB	UN	30,000	8.00	240,000
392	CORTACIRCUITO DE 15 KV	UN	145,000	3.00	435,000
408	CRUCETA METALICA DE 3" x 3" x 1/4" x 2.4 MT	UN	95,000	3.00	285,000
466	FOTOCONTROL DE 1000 W 220 V (50 - 60 HZ)	UN	23,900	35.00	836,500
480	FUSIBLE DE ALTA TENSION 1 - 5 AMP. 15 KV	UN	2,300	3.00	6,900
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	UN	750	38.00	28,500
519	LUMINARIA DE SODIO DE 150W-220V (CERRADA)	UN	168,600	5.00	843,000
530	LUMINARIA DE SODIO DE 250W-220V TIPO HORIZONTAL CERRADA	UN	266,100	30.00	7,983,000
534	PARARRAYOS DE 12 KV 10 KA CON VALVULA DE EXPULSION	UN	141,500	3.00	424,500
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	UN	4,500	19.00	85,500
573	PERNO DE 5/8" x 3" GALVANIZADO EN CALIENTE	UN	1,800	70.00	126,000
575	PERNO DE 5/8" x 8" GALVANIZADO EN CALIENTE	UN	2,300	2.00	4,600
596	PERNO DE 1/2" x 1 1/2" GALVANIZADO EN CALIENTE	UN	800	4.00	3,200
614	ESPARRAGO DE 5/8" x 12" CON 4 TUERCAS	UN	4,200	5.00	21,000
688	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 510 KG	UN	620,000	11.00	6,820,000
690	POSTE DE CONCRETO DE 12 MT 750 KG	UN	730,000	4.00	2,920,000
754	SUPLEMENTO PARA CORTACIRCUITOS	UN	6,000	3.00	18,000
782	TRANSFORMADOR MONOFASICO 10 KVA SERIE 15/1,2 kV	UN	1,877,200	1.00	1,877,200
850	TUBO CONDUIT 1/2" METALICO GALVANIZADO	M	6,000	2.00	12,000
891	VARILLA SOLIDA DE COBRE 5/8" x 2.4 MT CON CONECTOR	UN	101,120	2.00	202,240
988	CRUCETA METALICA DE 64 x 5 mm x 1.5 MT	UN	40,000	1.00	40,000
1006	DIAGONAL RECTA METALICA DE 60 CM	UN	7,900	2.00	15,800
1007	DIAGONAL RECTA METALICA DE 110 CM	UN	17,000	4.00	68,000
1084	CONECTOR BIMETALICO 1 PERNO 2/0-6 AWG	UN	6,400	1.00	6,400
1222	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 1/2"	UN	400	4.00	1,600
1224	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	UN	600	20.00	12,000
1354	COMPUESTO TIPO HIDROSOLTA PARA PUESTA A TIERRA	KG	3,700	90.00	333,000

Código	Descripcion	Unid	Vr. Unit.	Cant.	Vr. Total
1376	CABLE TRENZADO TRIPLEX 2X2+2 AWG ACSR XLPE 90&C	M	12,200	470.00	5,734,000
1409	CINTA AUTOFUNDENTE 3M # 23 CINTA DE CAUCHO LE-0000-0117-8	ROLLO	27,425	1.00	27,425
2168	CONECTOR PENETRACION PRINCIPAL 1/0- 300 DERIVACION 1/0 - 300 REF: AMP	UN	30,000	45.00	1,350,000
2182	AMARRE PLASTICO 140 mm x 3.5 mm	UN	35	70.00	2,450
2560	INTERRUPTOR 3X40 A 240 V TRIPOLAR TERMOMAGNETICO	UN	63,500	4.00	254,000
Total Materiales:					34,610,525

MATERIALES:	34,610,525
AIU:	6,922,105
MATERIALES+ AIU:	41,532,630
IVA:	553,768
TOTAL:	42,086,398

Tabla 81. Herrajes y estructuras que se requieren para el proyecto

CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.
ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA

Fecha: 06.10.13

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - Estructuras Ppto. No.: 31038 Pág. 1

Código	Descripcion	Cant.	Vr. Unit.	Vr. Total
332	PUESTA A TIERRA PARA B.T EN POSTE DE 8 MT			
78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	1.60	30,000	48,000.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	6.00	895	5,370.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
850	TUBO CONDUIT 1/2" METALICO GALVANIZADO	1.00	6,000	6,000.00
891	VARILLA SOLIDA DE COBRE 5/8" x 2.4 MT CON CONECTOR	1.00	101,120	101,120.00
1084	CONECTOR BIMETALICO 1 PERNO 2/0-6 AWG	1.00	6,400	6,400.00
Vr. Esta Estructura:				168,390.00
505	HERRAJES POSTE DE PASO B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	1.00	2,800	2,800.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	6.00	895	5,370.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	1.00	4,500	4,500.00
Vr. Esta Estructura:				14,170.00
515	HERRAJES POSTE TERMINAL B.T CON BANDIT, SIN PERCHA ADICIONAL DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	1.00	2,800	2,800.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	10.00	895	8,950.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	1.00	4,500	4,500.00
Vr. Esta Estructura:				17,750.00
535	HERRAJES POSTE EN ABERTURA B.T CON BANDIT, PERCHA DE 1 PUESTO			
42	AISLADOR TIPO CARRETE 3" ANSI 53-2	2.00	2,800	5,600.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	10.00	895	8,950.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
556	PERCHA GALVANIZADA DE 1 PUESTO (TIPO PESADA)	2.00	4,500	9,000.00
Vr. Esta Estructura:				25,050.00
1224	HERRAJES MONTAJE TRANSFORMADOR TRIFASICO (75KVA -112.5KVA) 712 CRUCETA METALICA			
14	COLLARIN DOS SALIDAS 7"-8"	4.00	12,900	51,600.00
30	COLLARIN UNA SALIDA 6"-7"	2.00	10,500	21,000.00
78	ALAMBRE 4 AWG COBRE DESNUDO	5.00	30,000	150,000.00
104	ARANDELA DE PRESION DE 5/8"	10.00	100	1,000.00
105	ARANDELA DE PRESION DE 1/2"	4.00	100	400.00
218	CABLE DE ALUMINIO ACSR 4 AWG SWAN	12.00	1,300	15,600.00
256	CABLE COBRE 4/0 AWG THHN-THWN 600 V	8.00	39,200	313,600.00
296	CINTA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	6.00	895	5,370.00
369	CONECTOR BIMETALICO ANDERSON 2 PERNO RANURAS PARAL. LC-66-XB	8.00	30,000	240,000.00
392	CORTACIRCUITO DE 15 KV	3.00	145,000	435,000.00
408	CRUCETA METALICA DE 3" x 3" x 1/4" x 2.4 MT	3.00	95,000	285,000.00
480	FUSIBLE DE ALTA TENSION 1 - 5 AMP. 15 KV	3.00	2,300	6,900.00
496	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"	2.00	750	1,500.00
534	PARARRAYOS DE 12 KV 10 KA CON VALVULA DE EXPULSION	3.00	141,500	424,500.00
596	PERNO DE 1/2" x 1 1/2" GALVANIZADO EN CALIENTE	4.00	800	3,200.00
614	ESPARRAGO DE 5/8" x 12" CON 4 TUERCAS	5.00	4,200	21,000.00
754	SUPLEMENTO PARA CORTACIRCUITOS	3.00	6,000	18,000.00
850	TUBO CONDUIT 1/2" METALICO GALVANIZADO	1.00	6,000	6,000.00
891	VARILLA SOLIDA DE COBRE 5/8" x 2.4 MT CON CONECTOR	1.00	101,120	101,120.00

Código	Descripción	Cant.	Vr. Unit.	Vr. Total
1007	DIAGONAL RECTA METALICA DE 110 CM	4.00	17,000	68,000.00
1222	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 1/2"	4.00	400	1,600.00
1224	ARANDELA CUADRADA PLANA DE 5/8"	20.00	600	12,000.00
Vr. Esta Estructura:				2,182,390.00

Fuente: Programa presupuesto 2006 CENS

Tabla 82. Mano de obra requerida para la realización del proyecto de iluminación a la entrada del barrio Barahona y el hospital materno infantil

CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTADER, S.A., E.S.P.

ZONA DE AGUACHICA. * AGUACHICA

Pág. 1

Fecha: 06.10.13 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - MANO DE OBRA DEL PRESUPUESTO No.:AGC-
AGUACHICA;06.07.05 Solicitante ADMINISTRADOR SUCURSAL CENS

Municipio:AGUACHICA

Barrio/Vereda:BARAHOJA

Dirección: CALLE 4 ENTRE CARRERAS 2 Y 8

Teléfono:

Estado Presupuesto: EN TRAMITE

Tipo Presupuesto: EXPANSION

No. Usuarios: 400

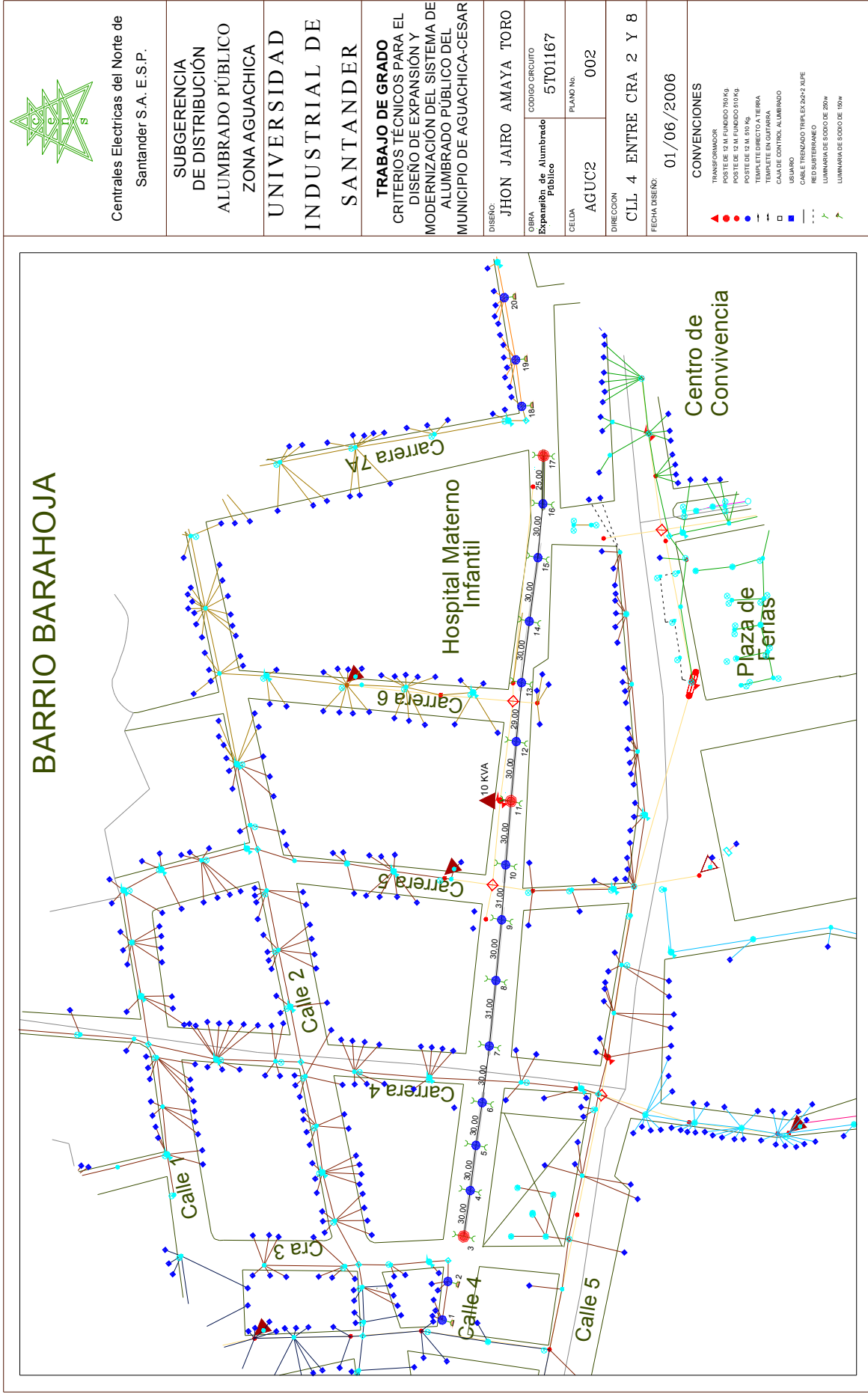
Código	Descripción	Unid	Vr. Unit.	Cant.	Vr. Total
121	CONSTRUCCION DE FOSO DE 0.40 x 0.40 x 1.50 MTS Y TRATAMIENTO CON COMPUESTO HIDROSOLTA PARA TIERRA EN A.T. Y B.T.	UN	170,833	1.00	170,833
423	ABERTURA DE HOYO. TRANSPORTE. HINCADA. APLOMADA Y APISONADA DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS.	UN	115,666	15.00	1,735,000
440	CARGUE A VEHICULO DE POSTE CONCRETO DE 12 MTS	UN	9,750	15.00	146,250
471	PUESTA A TIERRA PARA UN TRANSFORMADOR	UN	12,583	1.00	12,583
543	MONTAJE E INSTALACION DE LUMINARIA.	UN	18,916	35.00	662,083
570	TENDIDA Y TENSIONADA DE CABLE TRENZADO XLP 90°C TRIPLEX (2 - 1/0) AWG	M	1,000	430.00	430,000
585	VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA EN B.T. CON UNA PERCHA DE 1 PUESTO	UN	2,750	15.00	41,250
590	VESTIDA O DESVESTIDA DE ESTRUCTURA EN B.T. CON DOS PERCHAS DE 1 PUESTO	UN	3,750	2.00	7,500
621	MONTAJE O DESMONTAJE SUBESTACION MONOFA O TRIFASICA HASTA 45 KVA CON PROTECC	UN	252,750	1.00	252,750
2234	CONSTRUCCION O CAMBIO DE BAJANTES PARA TRANSFORMADORES	UN	1,916	2.00	3,833
2282	CONSTRUCCION O DESMANTELAMIENTO DE PUENTES EN ABERTURA RED B.T. CON CABLE TRENZADO SIN CORTE DEL CABLE EN TODOS LOS CALIBRES	UN	19,583	2.00	39,166
2558	INSTALACION DE CONECTOR BIMETALICO EN ACOMETIDA (UN SOLO CONECTOR)	UN	950	60.00	57,000

Total Mano de Obra: 3,558,250

MANO OBRA:	3,558,250
AIU:	711,650
MANO OBRA + AIU:	4,269,900
IVA:	56,932
TOTAL:	4,326,832

Fuente: Programa presupuesto 2006 de CENS

Figura 62. Plano topológico de la iluminación de la entrada principal del barrio Barahona y el hospital materno

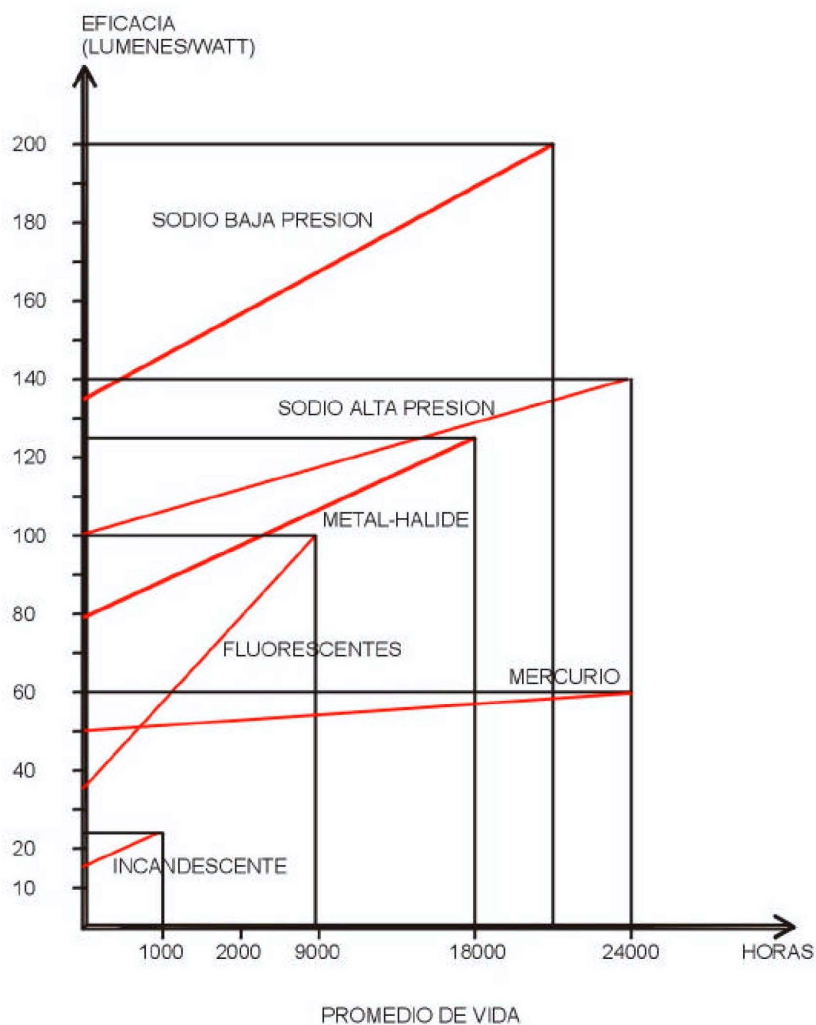


14. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

14.1 DEPRECIACIÓN DE LAS BOMBILLAS DE SODIO ALTA PRESIÓN

El tiempo de encendido por arranque, el incremento en el voltaje afecta la vida útil de la bombilla de sodio de alta presión. Lo bombilla de sodio, como característica, tiene una larga vida promedio, superior a las otras fuentes de alta intensidad de descarga.

Figura 63. Eficiencia luminosa y promedio de vida de las fuentes



Fuente. Manual único de alumbrado público

El flujo luminoso de todas las fuentes es una función del tiempo de operación de la bombilla, al ser afectada la fuente luminosa por los diferentes parámetros de la red

y los procesos normales de encendido y operación. Este factor de conservación o depreciación del flujo luminoso es información que debe suministrar cada fabricante, bien para cada tipo de fuente, y en los casos necesarios por cada potencia.

- **Depreciación:** es la disminución gradual de la emisión luminosa de las bombillas en el transcurso de sus horas de vida.

- **Flujo luminoso nominal:** es el valor del flujo emitido por una fuente, a las 100 horas de funcionamiento en condiciones normales de utilización.

- **Vida promedio:** de un lote de fuentes luminosas es el periodo expresado en horas, después el cual ha dejado de funcionar la mitad del mismo.

- **Vida útil:** periodo de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajos nominales, hasta que su flujo luminoso sea de 170% del flujo luminoso nominal.

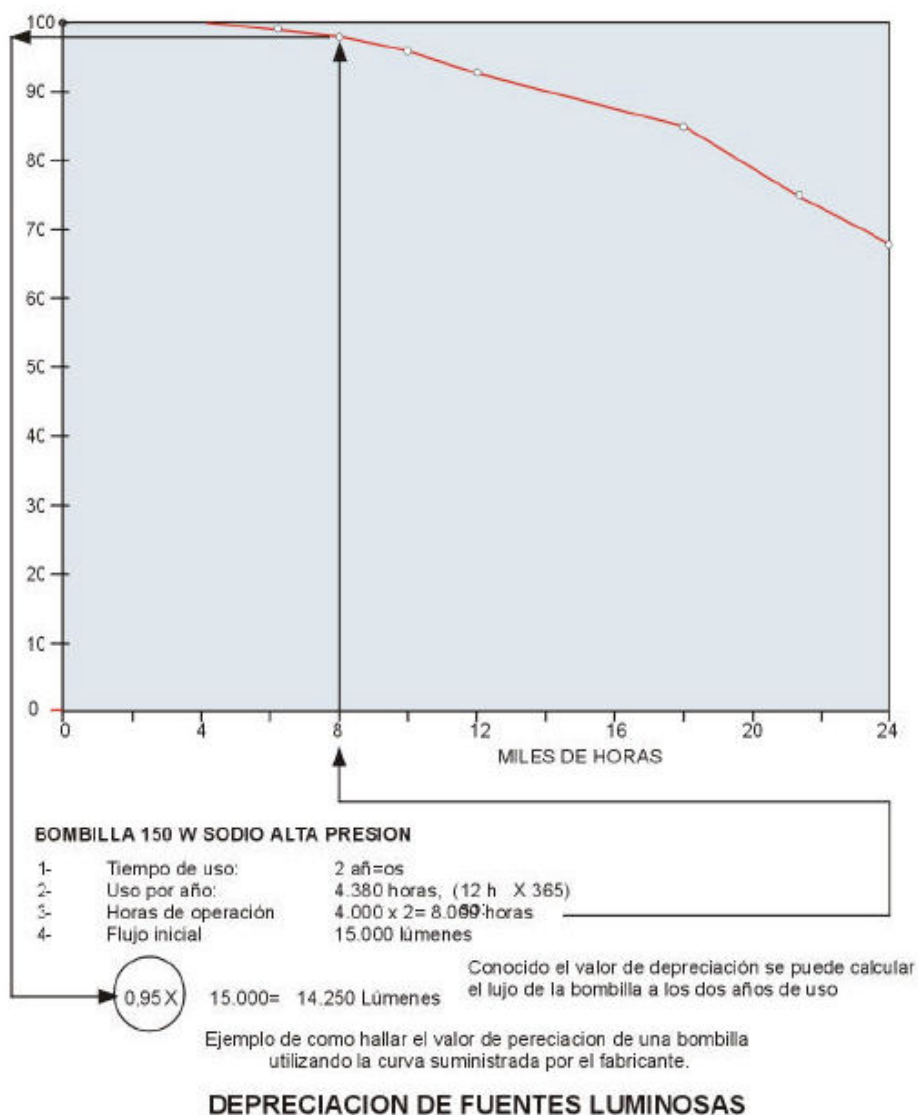
- **Vida económica:** es el periodo expresado en horas después del cual la relación entre el costo de reposición y el costo de lúmenes –hora que sigue produciendo, no es económicamente favorable. La vida económica depende por consiguiente, del costo de la fuente luminosa de reemplazo, del costo de la mano de obra para el cambio y del costo de la energía.

- **Cálculo de la vida económica:** por cada 500 horas de uso de la bombilla se calcula:

- Costo de la bombilla, costo del cambio y costo de la energía
- Costo total es igual a la suma de los costos anteriores
- De la curva de depreciación luminosa de la bombilla se calcula la cantidad de lúmenes-hora para cada periodo acumulable de tiempo
- Luego se calcula la eficiencia económica de la instalación que es la relación: Lúmenes-hora / costo total.
- Al final de la vida económica es igual al tiempo total de horas, en el cual la eficiencia económica de una bombilla en funcionamiento llega a ser igual a la eficiencia económica del reemplazo por una nueva fuente; ya que a partir de ese momento es más costoso dejar en funcionamiento la bombilla existente que la reposición nueva.

- **Factor de conservación del flujo luminoso:** es la depreciación luminosa que sufre la bombilla a causa del envejecimiento. Este factor se debe tener en cuenta cuando se realizan cálculos de alumbrado.

Figura 64. Depreciación luminosa de una bombilla de sodio alta presión de 150W



Para el diseño de alumbrado público es importante tener en cuenta que los cálculos no se deben hacer tomando el valor de flujo luminoso inicial de las bombillas, ya que de esta manera la instalación solo cumpliría con su cometido en el momento de iniciar la operación.

El valor de flujo luminoso que se debe considerar para el diseño es función del análisis de la curva de operación lumínica de la bombilla y la curva de vida útil o

de mortalidad, de las cuales haciendo una evaluación de costos, se obtiene el valor de la vida económica de la bombilla.

Una vez conocida la vida económica o tiempo para la reposición de las bombillas, con base en el estudio económico de los costos asociados como son la bombilla, consumo de energía y mano de obra para el cambio y mantenimiento, se obtiene de la curva de depreciación lumínica el valor de los lúmenes como un porcentaje de los lúmenes iniciales.

Aunque para cada instalación en particular se tendría una vida económica según el tipo de bombilla y un análisis de costos, como una guía general de diseño se presenta el siguiente índice de conservación del flujo luminoso y de bombillas sobrevivientes.

Tabla 83. Conservación del flujo luminoso y bombillas sobrevivientes

Tiempo de uso en horas	Bombillas de mercurio alta presión		Bombillas de sodio alta presión	
	% de flujo luminoso	% de bombillas sobrevivientes	% de flujo luminoso	% de bombillas sobrevivientes
100	100	100	100	100
4000	94	99	99	99
8000	88	97	96	94
12000	84	94	92	92
16000	80	89	87	86
20000	77	83	82	77
24000	72	74	75	67

Fuente: Datos garantizados por algunos fabricantes en ofertas a la Empresa de Energía de Bogotá

En este tipo de curva...tabla 81... puede determinarse porcentaje de bombillas que siguen en operación después de un determinado número de horas de servicio. Con base en esta misma se puede calcular la probabilidad de falla en cada uno de los años de funcionamiento de una instalación de alumbrado y hacer los estimativos de reposición de bombillas por mantenimiento.

La duración real del servicio de una bombilla depende en gran parte de las condiciones de operación, en razón a que el deterioro de los electrodos es más severo durante el periodo de arranque, por tanto cuando el ciclo de encendido es continuo la duración es mayor que en ciclos intermitentes. La vida de la bombilla también es afectada por diversas condiciones de funcionamiento, tales como la

temperatura ambiente excesivamente alta, tensión de aislamiento y el diseño o escogencia del balasto a utilizar.

14.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Mediante el reporte de una falla, se debe ejercer un control y seguimiento del comportamiento de los diferentes componentes del alumbrado público, se debe identificar, registrar y clasificar los tipos de daños crónicos y esporádicos que se presentan, así como las causas que los generan de tipo técnico inherente a la red, de calidad de los equipos y materiales instalados, de responsabilidad del personal operativo, entre otras.

Se debe identificar y clasificar los daños, establecer la plantación y programación del mantenimiento dirigida a la corrección de la falla, a la revisión e implementación de los correctivos en el procedimiento correspondiente y al mantenimiento actualizado del sistema de control que asegure el cumplimiento del trabajo realizado "Sistema SPARD".

14.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo esta orientado a determinar las acciones para evitar o eliminar las causas de fallas potenciales del sistema y prevenir su ocurrencia, mediante la utilización de técnicas de diagnósticos y administrativas que permitan su identificación.

Dentro de las técnicas de diagnostico se deben considerar las mediciones eléctricas en diferentes puntos de la red de los perfiles de tensión, niveles de armónicos, así como la medición de los parámetros eléctricos de operación de las luminarias y sus componentes; las mediciones fotométricas deben permitir obtener parámetros como uniformidad general de niveles de luminancia/Iluminancia de la calzada, uniformidad longitudinal sobre la calzada que permitan medir la calidad de la iluminación, estas rutinas de inspección de deben ejecutar a través de grupos de inspeccion con equipos y elementos adecuados.

15. MANEJO AMBIENTAL Y VALOR DE SALVAMENTO

El ciclo de vida de todo producto debe culminar con su disposición final o ésta debe preverse por parte de los diferentes diseñadores y fabricantes respectivamente. Las razones para disponer tales disposiciones van más allá del cumplimiento o conformidad de una norma.

Las precauciones a tomar frente al medio ambiente, como consecuencia de alguna traza de contaminación que pueda generarse o bien como posibles formas de reciclaje del elemento como una forma de disposición final. Este reciclaje es común, toda vez que la mayoría de elementos son metal mecánicos, eléctricos, electrónicos y con menor proporción otros materiales como vidrio de silicio, de cuarzo y algunos metales específicos.

15.1 ELEMENTOS RECICLABLES

En la disposición de los elementos factibles de reciclar del alumbrado público, algunas piezas pueden incorporarse en los sistemas de alumbrado, tan solo con un mantenimiento basado en su limpieza. Otras piezas y partes requieren tratamientos más prolongados, pero siempre representa una economía real frente a utilizar materias primas básicas como aluminio y hierro.

Otros elementos presentes en la red y que son de fácil reciclabilidad son los cables utilizados en la distribución, tanto de aluminio como de cobre. Cuando el cable se retira de la red por su deterioro, se utiliza como materia prima para los procesos de fundición de aluminio y cobre respectivamente.

Las luminarias, reflectores y cuerpos de aluminio se utilizan como materia prima en las fundiciones de nuevas piezas, dado que generalmente el contenido de aluminio es superior al 99%. No es conveniente luminarias con reensamble debido a la necesidad de garantizar una alta eficiencia.

Los casquillos de los bombillos se funden para formar aleaciones de bronce. Este material se utiliza principalmente como materia prima para fundir pequeñas piezas para el sector eléctrico tales como conectores y contactos, accesorios hidráulicos y sanitarios o piezas de fundición decorativa.

Los balastos tienen posibilidad de reciclarles tanto el cobre del embobinado como el hierro de grano orientado que conforma el núcleo.

A nivel nacional poco se ha tratado sobre el manejo responsable de los desechos de las bombillas con contenido de mercurio, el cual ha sido clasificado con material peligroso para el medio ambiente. Estas bombillas deben manejarse con

base en los requisitos contemplados en el plan de manejo ambiental que debe implementar CENS aprobadas por la autoridad competente para el manejo adecuado del mercurio. A continuación se presentara el procedimiento para el manejo de las bombillas de mercurio.

- Para la manipulación adecuada de las bombillas de mercurio el operario debe contar permanentemente con los siguientes elementos de protección personal: mandil de cuero, tapabocas con filtro activo de carbono, guantes de nitrilo, guantes de carnaza y gafas de seguridad.

- Disponibilidad de elementos para la segregación, almacenamiento y transporte de las bombillas: cajas de cartón, papel periódico como protección individual para evitar que las bombillas se rompan, recipientes plásticos herméticos que puedan contener cualquier posible derrame de mercurio.

- El almacenamiento de las bombillas de mercurio debe realizarse en un lugar debidamente delimitado y apartado de alimentos, fuentes de agua y desagües, con buena ventilación bajo techo y en piso de concreto.

- En caso de derrame se recomienda esparcir azufre sobre el mercurio, posteriormente se recoge la mezcla y se empaqueta herméticamente, es importante resaltar que estas bombillas deberán ser llevadas a empresas adecuadas certificadas en la manipulación de insumos químicos para que le den buen tratamiento al mercurio.

15.2 ELEMENTOS NO RECICLABLES

Son muy pocos los elementos no reciclables existentes en la red de alumbrado público. Los mas evidentes con los postes que por su deterioro no se pueden reinstalar (postes de concreto).

Los condensadores no son susceptibles de reciclar, excepto el aluminio de sus envases cuando aplica, el resto de las partes, tales como el polipropileno metalizado se debe disponer como el resto de plásticos degradados en relleno sanitarios.

Los arrancadores no deben reciclarse a través de reparaciones para incorporarlos a la red, debido al elevado costo en la mano de obra de su recambio y la posibilidad de una vida útil residual muy baja respecto a un elemento nuevo

16. RECAUDOS Y DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA LA INVERSIÓN PROYECTADA

No solo los importantes aspectos técnicos deben ser los tenidos en cuenta para la toma de una decisión en la implementación de la modernización y la expansión del alumbrado público, es de suma importancia conocer también lo que representa el costo económico y financiero de la expansión y la adopción de la nueva tecnología, sobre todo si ello repercute de manera directa en el valor de la tarifa que los usuarios de alumbrado público deberán cubrir, ya que en la actualidad, es el esquema que tiende a garantizarse para cubrir dichos costos y están avalados por la Ley.

El contrato que tiene actualmente Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P. aplica una tarifa por alumbrado público del 12% sobre el consumo de energía de cada usuario, aplicable para todos los estratos socioeconómicos con la salvedad que para el estrato 1 tiene un tope de pago máximo de 700 pesos.

Tabla 84. Usuarios por estrato municipio de aguachica

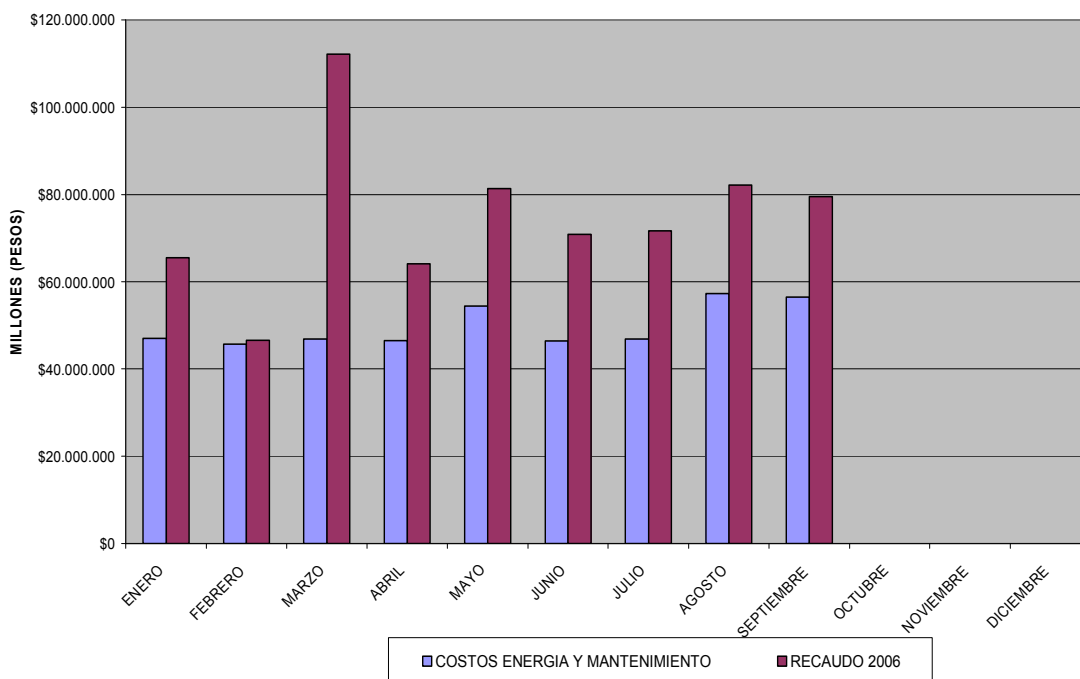
CLASE DE SERVICIO	ESTRATO	Nº DE CLIENTES	PROMEDIO CONSUMO (MW/H/MES)
RESIDENCIAL	ESTRATO 1	9.179	0.652
RESIDENCIAL	ESTRATO 2	13.782	1.358
RESIDENCIAL	ESTRATO 3	2.421	0.339
RESIDENCIAL	ESTRATO 4	423	0.070
SUBTOTAL		25.805	2.419
AREAS COMUN/RESIDENCIAL	ESTRATO 3	3	0.366
AREAS COMUN/RESIDENCIAL	ESTRATO 4	1	0.168
AREAS COMUN/RESIDENCIAL	SIN ESTRATO	11	0.440
		15	0.974
BOMBEO DE AGUA	SIN ESTRATO	4	17.6
COMERCIAL	SIN ESTRATO	1335	372.1
INDUSTRIAL	SIN ESTRATO	43	193.5
OFICIAL	SIN ESTRATO	243	520.5
SUBTOTAL		1.625	1.105
TOTAL		27.445	3.525

Fuente: Subgerencia de comercialización CENS

16.1 RECAUDOS, COSTOS POR LA ENERGÍA CONSUMIDA Y EL MANTENIMIENTO REALIZADO

Los recaudos hechos por CENS debido a la aplicación del impuesto de alumbrado público hasta septiembre han sido por un valor de \$ 673'547.129 y los costos por el consumo de energía y el mantenimiento que ha realizado CENS hasta septiembre de 2006 son de \$ 447'525.026.

Figura 65. Recaudos y costos por la energía consumida y el mantenimiento realizado al alumbrado público del municipio de Aguachica hasta septiembre de 2006



Fuente: Subgerencia de Comercialización CENS

16.2 DISPONIBILIDAD DE PRESUPUESTO E INVERSIÓN PROYECTADA

- Recaudo 2006	\$ 673'547.129
- Costo de energía y mantenimiento 2006	\$ 447.525.026
	<hr/>
	\$ 226'022.103

La disponibilidad de recurso que CENS tiene a favor del municipio de Aguachica hasta septiembre de 2006 para realizar la inversión es de \$226'022.103 se estima que el total de disponibilidad al culminar el 2006 hacienda a los \$300.000.000

- Inversión proyectada para la modernización	\$191'623.255
- Inversión proyectada para la expansión	\$825'504.972
	<hr/>
	\$1017'128.227

Es importante resaltar que la aplicación de la Repotenciación o modernización durante el primer año de inversión ayuda a bajar los costos por consumo de energía, lo cual, es favorable pues hay mas disponibilidad de recursos para ser invertidos en el proyecto.

Debido a la magnitud de la inversión que se requiere en el municipio de Aguachica se propone realizar la modernización durante los años 2007 y 2008 y las respectivas expansiones llevarlas a cabo de acuerdo a la disponibilidad de recursos durante el 2007,2008 y 2009.

17. CONCLUSIONES

- El proyecto de modernización del alumbrado público del municipio de Aguachica presenta una gran oportunidad para mejorar la calidad del servicio de alumbrado haciendo más eficiente el uso de la energía y reduciendo costos de operación.
- La implementación de la modernización en Aguachica reduciría la carga en un 19.4% equivalente a 37854 KW/H/MES de la carga que tiene instalada actualmente.
- Se establecieron los criterios técnicos aplicables para la correcta implementación en los diseños de expansión como los son: la altura de montaje, la interdistancia, tipo de vía, disposición de las luminarias, clase de luminarias, documentos fotométricos, entre otros.
- Los diseños asistidos por software especializados para cálculos de iluminación permiten anticipar y predecir el comportamiento de un sistema de iluminación con gran precisión, basándose en las características fotométricas de la luminaria empleada y mediante la variación de los parámetros que definen el diseño.
- La realización de la expansión y la repotenciación a pesar de tener una inversión grande contribuye enormemente en la problemática social brindando seguridad a los habitantes del municipio.
- La implementación de la Repotenciación en el primer año de proyección reduciría los costos por consumo de energía, lo cual nos permitiría tener más recursos para invertir en la continuación del proyecto.
- Es de gran importancia tener un adecuado control y manejo de los materiales dañados que se presenta en la realización de los mantenimientos y la repotenciación del alumbrado público, con el fin de darles un buen manejo en pro de la salud humana y el medio ambiente.
- La viabilidad económica y financiera de este proyecto es favorable de acuerdo a los recaudos que se hacen por impuesto de alumbrado público, lo cual se puede estimar la ejecución de este proyecto en dos años (2007 y 2008) para realizar la modernización y tres años (2007, 2008 y 2009) para llevar a cabo la expansión del alumbrado público.
- La ejecución de las obras serán realizadas por CENS S.A. ESP, para lo cual se tiene un manual de procedimiento de Alumbrado Público, para el desarrollo de cada una de las actividades de Mantenimiento, Repotenciación y Expansión.

- En el proyecto no se estipulo un plan de acción para la ejecución de las obras; debido a que esta sujeto a la disponibilidad presupuestal que el contrato tenga a favor para realizar las inversiones; también esta sujeto a las prioridades de los sectores a intervenir de común acuerdo entre CENS y la interventoría del contrato por parte del municipio de Aguachica.
- Todos los elementos a instalar deben tener vigente el certificado de conformidad del producto, expedido por un organismo acreditado o reconocido por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) en Colombia, o por un organismo internacional competente.
- La simulación de los diseños se realizaron con el software LITESTAR 5.0 desarrollado por ROY ALPHA, utilizando los documentos fotométricos de las luminarias fabricadas por esta empresa colombiana; se recomienda la utilización de estos productos para la ejecución del proyecto, con la finalidad de obtener los resultados técnicos proyectados.
- Los diseños proyectados se trabajaron bajo la aplicación de los requerimientos técnicos establecidos en el RETIE, la NTC 2050, la NTC 900, la norma para el diseño y construcción de sistemas de distribución de CENS y demás normas concordantes.

BIBLIOGRAFÍA

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana, NTC 900. Reglas generales y especificaciones para el alumbrado público, 1998. primera actualización.
- CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER. Normas Para el Diseño y Construcción de Sistemas de Distribución, 2006.
- UNIDAD EJECUTIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS, Manual Único de Alumbrado Público, 2002.

ANEXOS

ANEXO A: Plano general de alumbrado público casco urbano de aguachica sectores que requieren expansión de alumbrado público.

ANEXO B: Plano vías principales