



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE
ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FABIÁN LEONARDO GUALDRÓN
MARLON RICO BLANCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2011



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE
ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FABIÁN LEONARDO GUALDRÓN
MARLON RICO BLANCO**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Electricista**

Director

CIRO JURADO JEREZ

Codirector

JOSÉ ALEJANDRO AMAYA PALACIO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2011



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

DEDICATORIA POR FABIÁN LEONARDO GUALDRÓN

Primero que todo a Dios por darme la inteligencia y sabiduría para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres y hermanos por su amor, apoyo y comprensión.

A mi novia por su cariño y apoyo.

A mis amigos por acompañarme en el camino



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

DEDICATORIA POR MARLON RICO BLANCO

A Dios

A mi madre y hermanos por su amor, apoyo y comprensión

A Ruth Bárbara Botia Rodríguez por su apoyo incondicional.

A mis amigos con los que siempre pude contar.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos alcanzar esta meta.

Al director Ciro Jurado Jerez por su colaboración y dedicación en la ejecución del proyecto.

Al codirector José Alejandro Amaya Palacios por su dedicación y colaboración en la ejecución del proyecto.

Al profesor Jaime Galindo por su orientación en la ejecución del proyecto.

A los ingenieros de Iluminación de Electroindustrial Ltda. Por su apoyo en la ejecución del proyecto.

A todas las personas que de alguna forma nos apoyaron en la ejecución del proyecto.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	21
GLOSARIO.....	22
OBJETIVO GENERAL.....	31
1. MARCO TEÓRICO LEVANTAMIENTO	32
1.1 CALCULO DE LA REGULACIÓN.....	32
1.2 CÁLCULO DE ILUMINANCIA PROMEDIO – MÉTODO EUROPEO DE LOS 9 PUNTOS.....	34
1.3 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD GENERAL DE ILUMINANCIA.....	36
1.4 NIVELES DE ILUMINACIÓN EXTERIOR Y ALUMBRADO PÚBLICO.....	37
1.5 CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA.....	37
1.5.1 VÍAS VEHICULARES	37
1.5.2 VÍAS PARA TRÁFICO PEATONAL Y DE CICLISTAS	39
1.6 CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN EL USO Y TIPO DE VÍA.....	40
1.6.1 REQUISITOS DE ILUMINACIÓN MANTENIDOS PARA VÍAS VEHICULARES	41
1.6.2 REQUISITOS DE ILUMINACIÓN PARA VÍAS PEATONALES Y DE CICLISTAS	42
1.7 NIVELES EXIGIDOS DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA EN ALUMBRADO PÚBLICO.....	43
1.8 FUENTES LUMINOSAS ELÉCTRICAS	44
1.8.1 INFORMACIÓN DEL PRODUCTO AL PÚBLICO	44
1.8.2 LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.....	45
1.8.3 LÁMPARAS CON HALOGENUROS METÁLICOS.....	48
1.8.4 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN.....	50
1.8.5 LÁMPARAS LED	53
1.9 USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN	55
1.9.1 ALUMBRADO EXTERIOR Y PÚBLICO	56
1.9.2 OTRAS MEDIDAS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA PARA APLICACIÓN URE	56
2. LEVANTAMIENTO	58



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA.....	58
2.2 DESCRIPCIÓN DE ETAPAS.....	58
2.2.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA	58
2.2.2 OBTENCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN NECESARIOS	59
2.2.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA	60
2.2.4 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA ECONÓMICA CON SUS RESPECTIVAS CANTIDADES DE OBRA	61
2.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO.....	61
2.3.1 MULTÍMETRO DIGITAL	61
2.3.2 PINZA AMPERIMÉTRICA	62
2.3.3 RASTREADOR DE CIRCUITOS	62
2.3.4 LUXÓMETRO	63
2.4 ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES	64
2.4.1 Red A	65
2.4.2 Red B	67
2.4.3 Red C	69
2.4.4 Red D	71
2.4.5 Red E	72
2.4.6 Red F	73
2.4.8 Red H	77
2.4.9 Red I	78
2.4.10 Red J	79
2.4.11 Red K	80
3. CALCULO DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EXISTENTES.....	106
4. ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO	113
4.1 VALOR PRESENTE.....	113
4.2 RESOLUCIÓN NUMERO 18 0606 DE (28 ABRIL DE 2008).....	114
4.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LUMINARIAS DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	115



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

4.3.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL CON LÁMPARAS DE MERCURIO	116
4.4 SITUACIÓN 1: CAMBIO A ILUMINACIÓN DE SODIO.....	117
4.4.1 DATOS TÉCNICOS DE LÁMPARAS DE SODIO PROPUESTA	117
4.4.2 DATOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ILUMINACIÓN CON SODIO	118
4.5 SITUACIÓN 2: CAMBIO A ILUMINACIÓN DE HALOGENUROS METÁLICOS.....	127
4.5.1 DATOS TÉCNICOS DE LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS.....	127
4.5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO ILUMINACIÓN CON HALOGENUROS METÁLICOS	129
4.6 TECNOLOGÍA LED.....	135
4.6.1 DATOS TÉCNICOS DE BOMBILLERÍA LED PROPUESTA	135
4.6.2 COSTOS INICIALES (CI), LED POR MERCURIO	136
4.6.3 COSTOS DE CAMBIO DE LÁMPARAS LED.....	137
4.6.4 COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL.....	138
4.7 RESUMEN COSTOS ECONÓMICOS DE CADA TECNOLOGÍA.....	138
TECNOLOGÍA ACTUAL DE MERCURIO.....	139
4.8 VALOR PRESENTE DE CADA PROPUESTA.....	141
4.8.1 VALOR PRESENTE TECNOLOGÍA ACTUAL DE MERCURIO.....	141
4.8.2 VALOR PRESENTE PROPUESTA 1 TECNOLOGÍA EN SODIO	142
4.8.3 VALOR PRESENTE PROPUESTA 2 TECNOLOGÍA EN HALOGENUROS METÁLICOS	142
4.8.4 VALOR PRESENTE PROPUESTA 3 TECNOLOGÍA LED.....	143
4.9 RESULTADO DEL ESTUDIO TÉCNICO- ECONÓMICO	144
CONCLUSIONES.....	146
BIBLIOGRAFÍA.....	148



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores de corrección.....	33
Tabla 2 Constantes de regulación para conductores en cobre aislado en ducto metálico.	33
Tabla 3 Porcentajes de regulación de tensión.	34
Tabla 4 Clases de iluminación para vías vehiculares.	38
Tabla 5 Variación en las clases de iluminación por tipo de vía, complejidad y .	39
Tabla 6 Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas	40
Tabla 7 Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para	41
Tabla 8 Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lx) en	42
Tabla 9 Requisitos mínimos de iluminación para tráfico	42
Tabla 10 Requisitos mínimos de iluminación con ciclorutas y andenes adyacentes.	43
Tabla 11 Requisitos mínimos de iluminación con ciclo rutas y	43
Tabla 12 Características técnicas de los balastos de las diferentes tecnologías.	83
Tabla 13 General de cargas del sistema de iluminación.....	85
Tabla 14 Cuadro de regulación de la red A circuito A1	86
Tabla 15 Cuadro de regulación de la red A circuito A2.....	87
Tabla 16 Cuadro de regulación de la red A circuito A3.....	88
Tabla 17 Cuadro de regulación de la red B	89
Tabla 18 Cuadro de regulación de la red C	90
Tabla 19 Cuadro de regulación de la red D	92
Tabla 20 Cuadro de regulación de la red E circuito E1	93
Tabla 21 Cuadro de regulación de la red E circuito E2.....	95
Tabla 22 Cuadro de regulación de la red F circuito F1	97
Tabla 23 Cuadro de regulación de la red F circuito F2	98
Tabla 24 Cuadro de regulación de la red G circuito G1	98
Tabla 25 Cuadro de regulación de la red G circuito G2.....	100



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 26 Cuadro de regulación de la red H circuito H1	101
Tabla 27 Cuadro de regulación de la red H circuito H2	101
Tabla 28 Cuadro de regulación de la red I circuito I1.....	101
Tabla 29 Cuadro de regulación de la red I circuito I2.....	102
Tabla 30 Cuadro de regulación de la red I circuito I3.....	102
Tabla 31 Cuadro de regulación de la red I circuito I4.....	102
Tabla 32 Cuadro de regulación de la red I circuito I5.....	102
Tabla 33 Cuadro de regulación de la red I circuito I6.....	102
Tabla 34 Cuadro de regulación de la red J	103
Tabla 35 Cuadro de regulación de la red K	103
Tabla 36 Inventario de luminarias actuales del campus central de la Universidad Industrial de Santander	104
Tabla 37 Calculo tipo I programado en Excel para la medición de	107
Tabla 38 Calculo tipo II programado en Excel para la medición de	108
Tabla 39 Ejemplo de medición de iluminancia por el método de los nueve puntos.	108
Tabla 40 Ejemplo de los métodos q se utilizó para de medición de iluminancia.	109
Tabla 41 Niveles de iluminancia	110
Tabla 42 Cantidad actual de lámparas de mercurio.....	115
Tabla 43 Características técnicas de la bombilleria de sodio	115
Tabla 44 Eficacia mínima para bombillas de mercurio a alta presión	116
Tabla 45 Datos técnicos de bombilleria de sodio.....	117
Tabla 46 Costo de bombilleria de sodio, equipos auxiliares y acrílicos	119
Tabla 47 Costos de mano de obra por día.....	120
Tabla 48 Costos mano de obra instalación de bombilleria de sodio, equipos auxiliares, acrílico.	121
Tabla 49 Clasificación de los niveles de contaminación.	122
Tabla 50 Periodos máximos para realizar limpieza del conjunto óptico de luminarias.	122



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 51 Valores del factor de ensuciamiento según el índice de protección IP del conjunto óptico de la luminaria y de la categoría de contaminación	123
Tabla 52 Costos asociados al mantenimiento preventivo	125
Tabla 53 Costos asociados al cambio de bombillería de sodio	126
Tabla 54 Bombillería de sodio.....	126
Tabla 55 Costo consumo anual de energía con bombillería de sodio.....	127
Tabla 56 Datos técnicos de bombillería de halogenuros metálicos	128
Tabla 57 Costo de la bombillería, equipos auxiliares y acrílicos de las luminarias DJK.....	130
Tabla 58 Bombillería de halogenuro metálico	134
Tabla 59 Costo consumo anual de energía con bombillería de halogenuro metálico	134
Tabla 60 Datos técnicos bombillería led	135
Tabla 61 Costo de bombillería led y acrílico para luminarias DJK	136
Tabla 62 Costo instalación de la bombillería y acrílico de las luminarias DJK	137
Tabla 63 Cantidad de Bombillería led.....	138
Tabla 64 Costo de consumo anual de energía de bombillería led.	138
Tabla 65 Costos económicos tecnología de mercurio	139
Tabla 66 Costos económicos tecnología de sodio.....	139
Tabla 67 Resumen costos económicos tecnología de halogenuros metálicos	140
Tabla 68 Resumen costos económicos tecnología de led	140
Tabla 69 Resumen valor presente neto de cada propuesta	144
Tabla 70 Ahorro en costos de energía anual de las propuestas con respecto a la tecnología actual de mercurio	144



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Método de los 9 puntos	35
Ilustración 2 Selección de los 9 puntos según la disposición de las luminarias	36
Ilustración 3 Lámpara de vapor de mercurio.....	45
Ilustración 4 Distribución espectral de la lámpara de vapor de mercurio	46
Ilustración 5 Balance energético de las lámparas de vapor de mercurio	47
Ilustración 6 Lámpara de halogenuros metálicos.....	48
Ilustración 7 Distribución espectral de la lámpara de halogenuros metálicos ...	49
Ilustración 8 Balance energético de las lámparas de halogenuros metálicos ...	49
Ilustración 9 Lámpara de sodio de alta presión.....	50
Ilustración 10 Distribución espectral de la lámpara de sodio de alta presión....	51
Ilustración 11 Balance energético de las lámparas de sodio de alta presión....	52
Ilustración 12 Lámpara LED.....	53
Ilustración 13 Balance energético de las lámparas LED	54
Ilustración 14 Distribución espectral de las lámparas de LED	55
Ilustración 15 Interruptor termomagnético EZC100N-80A	65
Ilustración 16 Temporizador C60N	66
Ilustración 17 Relé electromecánico Telemaque THQC-40A.....	66
Ilustración 18 Interruptor termomagnético THQC-40A.....	67
Ilustración 19 Temporizador C60N	67
Ilustración 20 Relé electromecánico Telemecanique D50 11	68
Ilustración 21 Interruptor termomagnético TMAX-T1	69
Ilustración 22 Temporizador C60N	70
Ilustración 23 Relé electromecánico Telemecanique D40	70
Ilustración 24 Automatización, control y protección	71
Ilustración 25 Interruptor termomagnético	72
Ilustración 26 Interruptor termomagnético TEB132070.....	72
Ilustración 27 Conjunto de automatización y control.....	72
Ilustración 28 Interruptor termomagnético EZC100N-40A	74



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 29 Interruptor termomagnético	74
Ilustración 30 Conjunto de automatización y control.....	74
Ilustración 31 Ubicación tablero de distribución	75
Ilustración 32 Interruptor termomagnético EZC100N-80A	75
Ilustración 33 Relé electromecánico Telemecanique D50-11	76
Ilustración 34 Relé electromecánico Telemecanique D60	76
Ilustración 35 Interruptores termomagnéticos QCX-3040	77
Ilustración 36 Tablero electrónico de distribución	78
Ilustración 37 Tablero de distribución	79
Ilustración 38 Interruptor termomagnético EZC100N-60A	80
Ilustración 39 Conjunto de automatización y control.....	81
Ilustración 40 Diagrama de medición de iluminancia para configuración tipo I106	
Ilustración 41 Diagrama de medición de iluminancia para configuración tipo II107	
Ilustración 42 Diagrama bombillo de sodio	118
Ilustración 43 Gráfica depreciación del flujo luminoso bombillo sodio 70 W ...	124
Ilustración 44 Gráfica depreciación del flujo luminoso bombillo sodio 150 W-400 W	124
Ilustración 45 Fotografía bombillo de halogenuro metálico.....	128
Ilustración 46 Gráfica tasa de supervivencia bombillo halogenuro metálico de 70 W.	131
Ilustración 47 Gráfica depreciación flujo luminoso de bombillo halogenuro metálico de 70w.	132
Ilustración 48 Gráfica tasa de supervivencia bombillo halogenuro metálico de 150 W.	132
Ilustración 49 Gráfica depreciación flujo luminoso de bombillo halogenuro metálico de 150 W.	132
Ilustración 50 Tasa de supervivencia bombillo halogenuro metálico de 250 W.	133
Ilustración 51 Gráfica depreciación flujo luminoso de bombillo halogenuro metálico de 250 W.	133



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 52 Fotografía bombillo LED	136
Ilustración 53 Flujo de efectivos de tecnología de mercurio	141
Ilustración 54 Flujo de efectivos propuesta 1 Sodio	142
Ilustración 55 Flujo de efectivos propuesta 2 Halogenuros Metálicos.....	142
Ilustración 56 Flujo de efectivos propuesta 3 Led	143



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

RESUMEN

TITULO: Estudio técnico-económico del sistema de iluminación de áreas comunes exteriores a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander.*

AUTORES:

FABIAN LEONARDO GUALDRÓN MARCIALES

MARLON RICO BLANCO. **

PALABRAS CLAVES: Alumbrado público, levantamiento, evaluación económica, eficiencia, uso racional de energía.

Este estudio pretende dar un diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas del sistema de alumbrado público exterior a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander y plantear alternativas de solución para el cambio de tecnología de las actuales lámparas de vapor de mercurio, según lo establecido por la resolución 180606 del 28 de abril de 2008 y el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público –RETILAP-.

Como primeras etapas del proyecto se recopilará información acerca del estado físico, ubicación y disposición de los tableros generales, tableros de distribución, redes eléctricas, cajas de inspección, iluminación exterior, levantamiento de planos eléctricos. Una vez se tenga toda esta información, se procede a hacer el análisis de los datos recopilados y se describirá el estado actual de funcionamiento, con el cual se darán detalles sobre la carga instalada, regulación de tensión y niveles de iluminación.

Luego se hará una propuesta económica donde se presentaran tres alternativas de solución para el cambio de lámparas de vapor de mercurio, con su respectivo presupuesto. Se escogerá aquella que presente, menos valor presente neto, mejor ahorro de energía anual, mejor opción de cuidado al medio ambiente y mejor confort visual en comparación con las otras propuestas.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ciencias Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ing. Ciro Jurado Jerez. Ing. José Alejandro Amaya Palacio.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ABSTRACT

TITLE: Technical and economic study of the lighting system of common areas outside the central campus buildings at the Universidad Industrial de Santander.

AUTHORS:

FABIÁN LEONARDO GUALDRÓN MARCIALES

MARLON RICO BLANCO.

KEY WORDS: Public lighting, uprising, economic evaluation, efficiency, rational use of energy.

This study aims to diagnose the current state of electrical lighting system outside the central campus buildings at the Universidad Industrial de Santander and to suggest solutions alternatives for changing the current technology of mercury vapor lamps, as established by resolution 180 606 28 April 2008 and the technical regulations on lighting and lighting -RETILAP-.

As early stages of the project we will collect information about physical condition, location and layout of the general boards, distribution boards, power grids, inspection boxes, luminary, exterior lighting levels and electrical surveying. Once we have all this information, we proceed to the analysis of the collected data and to describe the operation current state, which will give details about the installed load, voltage regulation and lighting levels.

Then we will do an economic proposition where there will be three solution alternatives for the exchange of mercury vapor lamps, with its own budget. We will choose the one that has the lowest net present value, better annual energy savings, better option environmental care and better visual comfort compared to the other proposals.

* Undergraduate thesis.

** Physic-Mechanic Science Faculty, Electric, Electronic and Telecommunications Engineering School. Ing. Ciro Jurado Jerez. Ing. José Alejandro Amaya Palacio.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

INTRODUCCIÓN

La necesidad de ahorrar, conservar y darle un uso eficiente y racional a la energía, es uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de la ingeniería eléctrica. La Universidad Industrial de Santander como impulsadora nacional del movimiento URE, debe empezar desde casa a implementar los nuevos proyectos de Uso Racional de Energía y así contribuir con el mejoramiento ambiental del planeta.

El uso racional de energía en el sistema de iluminación de la universidad en las áreas comunes exteriores a los edificios se hace necesario no sólo para reducir el consumo de energía y preservar el medio ambiente, sino también para cumplir, acogerse e implementar las reglamentaciones y disposiciones del Ministerio de Minas y Energía, como los demás organismos de control del estado.

Además de los principios anteriormente nombrados la Universidad tiene interés de recopilar y actualizar toda la información acerca de las instalaciones eléctricas del sistema de iluminación de las áreas comunes exteriores a los edificios, es por ello que la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones proponen este proyecto que tiene como objetivo principal realizar el estudio de técnico-económico de la red de alumbrado público de las zonas comunes exteriores a los edificios del campus central de la universidad y que proporcione las posibles alternativas de cambio de tecnología de las lámparas actuales por unas más eficientes y ecológicas, como plano eléctricos, topológicos, memorias y toda la serie de mediciones que se realicen, de modo que constituyen un granito de arena para ayudar a mejorar las instalaciones.



GLOSARIO

Acometida: Derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble.

Alcance: Característica de una luminaria que indica la extensión que alcanza la luz en la dirección longitudinal del camino. Las luminarias se clasifican en: de alcance corto, medio o largo.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobre-corriente del circuito ramal final.

Altura de montaje (en una vía): Distancia vertical entre la superficie de la vía por iluminar y el centro óptico de la fuente de luz de la luminaria.

Arrancador: Dispositivo que por sí solo o en asocio con otros componentes, genera pulsos para encender bombillas de descarga sin precalentamiento.

Bahía de estacionamiento: Parte complementaria de la estructura de la vía utilizada como zona de transición entre la calzada y el andén, destinada al estacionamiento de vehículos.

Balasto: Unidad insertada en la red y una o más bombillas de descarga, la cual, por medio de inductancia o capacitancia o la combinación de inductancias y capacitancias, sirve para limitar la corriente de la(s) bombilla(s) hasta el valor requerido. El balasto puede constar de uno o más componentes.

Puede incluir, también medios para transformar la tensión de alimentación y arreglos que ayuden a proveer la tensión de arranque, prevenir el arranque en frío, reducir el efecto estroboscópico, corregir el factor de potencia y/o suprimir la radio interferencia.

Bombilla o lámpara: Término 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 adyacentes a la zona visible. Puede asimilarse a la definición de lámpara.

Capacidad de corriente: corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso, sin superar su temperatura nominal de servicio.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Capacidad nominal: el conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas.

Capacidad visual: Es la propiedad fisiológica del ojo humano para enfocar a los objetos a diferentes distancias, variando el espesor y por tanto la longitud focal del cristalino, por medio del músculo ciliar.

Carga continua: Carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.

CI: Costos Iniciales de infraestructura (Luminarias, conductores, materiales, etc.), transporte y mano de obra. Estos costos son presentes.

Conjunto eléctrico para una bombilla de descarga: Todos los componentes necesarios para el funcionamiento adecuado de una bombilla de descarga (balasto, condensador y/o arrancador, porta bombilla, borneras de conexión, cables, fusible y porta fusibles).

Conjunto óptico: Elementos necesarios para controlar y dirigir la luz producida por una o varias bombillas (refractor y/o reflector).

Cortocircuito: fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial de un mismo circuito.

Cromaticidad de un color: Longitud de onda dominante o complementaria y de los aspectos de pureza de un color tomados como un conjunto.

Cuadro de distribución: un panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles, de tamaño grande, en los que se montan, por delante o por detrás o por los lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobre corriente, elementos de conexión y usualmente instrumentos.

Curva Isolux: Línea que une todos los puntos que tengan la misma iluminancia en el plano horizontal, para una altura de montaje de 1 m o 10 m y un flujo luminoso de 1 000 lm.

Densidad de flujo luminoso: Cociente del flujo luminoso por el área de la superficie cuando ésta última está iluminada de manera uniforme.

Depreciación lumínica: Disminución gradual de emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Difusor: Elemento que sirve para dirigir o esparcir la luz de una fuente, principalmente por el proceso de transmisión difusa.

Dispersión: Separación ordenada de la luz incidente en su espectro de las longitudes de onda que la componen, cuando pasa a través de un medio.

Efecto estroboscópico: Ilusión óptica que ocasiona que un objeto iluminado por una bombilla de descarga sea visible a intervalos, dando la impresión de aparente inmovilidad. Este efecto ocurre cuando la velocidad a la que se mueve el objeto es múltiplo de los destellos periódicos de las bombillas.

Eficacia luminosa de una fuente: Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (bombilla) y la potencia de la misma. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (lm/W).

Espacios peatonales: Son los espacios peatonales constituidos por los bienes de uso público destinados al desplazamiento, uso y goce de los peatones, y por los elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles de propiedad privada que se integran visualmente para conformar el espacio urbano. Tienen como soporte la red de andenes, cuya función principal es la conexión peatonal de los elementos simbólicos y representativos de la estructura urbana.

Los espacios peatonales estructurantes son: Las plazas y plazoletas; la red de andenes; las vías peatonales; las zonas de control ambiental, los separadores, los retrocesos y otros tipos de franjas de terreno entre las edificaciones y las vías; los paseos y alamedas; los puentes y túneles peatonales. Los elementos complementarios de los espacios peatonales estructurantes son:

1. El mobiliario urbano.
2. La cobertura vegetal urbana, bosques, jardines, arbolado y prados.
3. Los monumentos conmemorativos y los objetos artísticos.
4. Otros elementos pertenecientes a bienes de propiedad privada, tales como los cerramientos, antejardines, pórticos, fachadas y cubiertas.

Espectro electromagnético visible: Franja del espectro electromagnético comprendida entre longitudes de onda de aproximadamente 380 nm a 770 nm. Las longitudes de onda inferiores a 380 nm corresponden a los ultravioleta, y las superiores a los 770 nm, a los infrarrojos.

Factor de balasto: balasto se define como la relación entre el flujo luminoso de la bombilla funcionando con el balasto de producción y el flujo luminoso de la misma bombilla funcionando con el balasto de referencia.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Factor de eficacia de balasto. Es la relación entre el factor de balasto en porcentaje y la potencia tomada de la red por el balasto.

Factor de mantenimiento (FM): Factor usado en el cálculo de la luminancia e iluminancia después de un período dado y en circunstancias establecidas. Tiene en cuenta la hermeticidad de la luminaria, la depreciación del flujo luminoso de la bombilla, la clasificación de los niveles de contaminación del sitio y el período de operación (limpieza) de la luminaria.

Familia de producto: Para efectos del presente reglamento se define como familia de producto, a los productos de un mismo tipo cuyas características en aspectos tales como: potencia, formas constructivas, vidas útiles, entre otros no presentan diferencias sustanciales. Para efectos de certificación el Organismo Certificador de Producto podrá determinar las características técnicas y constructivas que le permitan, mediante la aplicación de procedimientos de muestreo y ensayo, establecer las familias sobre las cuales pueda garantizar el cumplimiento de las certificaciones expedidas.

Flujo luminoso (Φ): Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).

Flujo luminoso nominal: Flujo luminoso medido a las 100 h de funcionamiento de la bombilla, en condiciones de utilización normales. Se aplica solo a bombillas de alta intensidad de descarga.

Flujo útil: Flujo luminoso recibido sobre la superficie bajo consideración.

Fuente luminosa: Dispositivo que emite energía radiante capaz de excitar la retina y producir una sensación visual.

Iluminancia promedio horizontal mantenida (E_{prom}): Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia promedio en el área especificada. Es la iluminancia promedio en el período en el que debe ser realizado el mantenimiento. También se le conoce como Iluminancia media mantenida

Iluminación: Acción o efecto de iluminar; flujo luminoso por unidad de superficie. Cuando la luz emitida por una fuente incide sobre una superficie, se dice que esta se encuentra iluminada, siendo entonces la iluminación la cantidad de flujo luminoso.

Índice de reproducción cromática (IRC): Las propiedades de una fuente de luz, a los efectos de la reproducción de los colores, se valorizan mediante el “Índice de Reproducción Cromática” (IRC) ó CRI (“Color Rendering Index”). Este factor se



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

determina comparando el aspecto cromático que presentan los objetos iluminados por una fuente dada con el que presentan iluminados por una “*luz de referencia*”. Los espectros de las bombillas incandescentes ó de la luz del día contienen todas las radiaciones del espectro visible y se los considera óptimos en cuanto a la reproducción cromática; se dice que tienen un IRC= 100.

Índice de rendimiento de color (Ra): Efecto de una fuente de luz sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina por comparación con su aspecto bajo una fuente de luz de referencia. La forma en que la luz de una bombilla reproduce los colores de los objetos iluminados se denomina índice de rendimiento de color (Ra). El color que presenta un objeto depende de la distribución de la energía espectral de la luz con que está iluminado y de las características reflexivas selectivas de dicho objeto.

Interruptor automático: Dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobre corriente predeterminada.

Longitud de onda (λ): Distancia entre dos puntos sucesivos de una onda periódica en la dirección de propagación, en la cual la oscilación tiene la misma fase. La unidad usada comúnmente es el nanómetro (nm) ($1 \text{ nm} = 1 * 10^{-9} \text{ m}$).

Lumen (*lm*): Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.

Luminaria: Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.

Lux (*lx*): Unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$).

Luxómetro: instrumento para la medición del nivel de iluminación.

Mantenimiento:

<Del flujo luminoso> Efecto de mantener o mantenerse, cuidar su permanencia.
<Correctivo, preventivo> Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que las instalaciones puedan seguir funcionando adecuadamente.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Neutro: conductor activo conectado intencionalmente a una puesta a tierra, bien sólidamente o a través de un impedancia limitadora.

Niveles Mínimos de iluminación mantenidos: Son los niveles de iluminación adecuado a la tarea que se realiza en un local o en una vía. Los ciclos de mantenimiento y limpieza se deben realizar para mantener los valores de iluminación mantenidos y tendrán que sustituirse las bombillas justo antes de necesidades visuales. No son niveles de diseño, cuando se realiza el proyecto de iluminación normalmente se establecen niveles de iluminación superiores, según los ciclos de mantenimiento del local o de la vía, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias, así como de la posibilidad de ensuciamiento. Con el tiempo el valor de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en luminarias, paredes, techos y suelo.

Plano de trabajo: Es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.

Protector: Parte traslúcida de una luminaria cerrada, destinada a proteger las bombillas y los reflectores de los agentes externos. Los protectores pueden ser a su vez, difusores o refractores.

Proyector: Aparato de iluminación que concentra la luz en un ángulo sólido limitado, con el fin reobtener un valor de intensidad luminosa elevado.

Radiación visible: Cualquier radiación electromagnética de longitud de onda adecuada capaz de causar sensaciones visuales

Red de distribución: Conjunto de conductores que llevan energía desde una subestación a toda el área de consumo.

Red interna: es el conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquel sistema de suministro del servicio al inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere.

Rendimiento visual: Es el término usado para describir la velocidad con la que funciona el ojo, así como la precisión con la cual se puede llevar a cabo una tarea visual. El valor del rendimiento visual para la percepción de un objeto se incrementa hasta cierto nivel al incrementar la iluminancia o la luminancia del local. Otros factores que influyen sobre el rendimiento visual son el tamaño de la



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

tarea visual y su distancia al observador, así como los contrastes de color y luminancia.

Reflectancia de una superficie: Relación entre el flujo radiante o luminoso reflejado y el flujo incidente sobre una superficie

Reflector: Dispositivo usado para redirigir el flujo luminoso de una fuente mediante el proceso de reflexión.

Reflexión: Término general para el proceso mediante el cual el flujo incidente deja una superficie o medio desde el lado incidente sin cambios en la frecuencia.

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.

Refractor: Dispositivo utilizado para redirigir el flujo luminoso de una fuente, primordialmente por el proceso de refracción.

Servicio de Alumbrado Público: Es el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un Municipio o Distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público.

Parágrafo: La iluminación de las zonas comunes en las unidades inmobiliarias cerradas o en los edificios o conjuntos residenciales, comerciales o mixtos, sometidos al régimen de propiedad respectivo, no hace parte del servicio de alumbrado público y estará a cargo de la copropiedad o propiedad horizontal. También se excluyen del servicio de alumbrado público la iluminación de carreteras que no estén a cargo del Municipio o Distrito.

Sistema de Alumbrado Público: Comprende el conjunto de luminarias, redes eléctricas, transformadores de uso exclusivo y en general, todos los equipos necesarios para la prestación del servicio de alumbrado público, que no formen parte de las redes de uso general del sistema de distribución de energía eléctrica.

Sistema de iluminación: Componentes de la instalación de iluminación y sus interrelaciones para su operación y funcionamiento.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Temperatura de color (de una fuente luminosa): Temperatura absoluta de un cuerpo negro radiador que tiene una cromaticidad igual a la de la fuente de luz. Se mide en Kelvin (K).

Tensión nominal: Valor de la tensión de alimentación especificado por el fabricante y según el cual se determinan las condiciones de aislamiento y de funcionamiento de un equipo. Se expresa en voltios (V).

Valor de eficiencia energética de la instalación VEII. Valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada, cuya unidad de medida es (W/m²) por cada 100 luxes.

Valor Presente Neto. Recordando el concepto de valor actual, el VPN se obtiene sumando los costos y los beneficios producidos en un determinado proyecto a lo largo de su vida útil ajustándolos a su valor actual.

El valor presente total de la propuesta (PT) se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$PT = CI + VP(CAO)$$

Vida promedio (de un lote de fuentes luminosas): Promedio de tiempo transcurrido, expresado en horas, de funcionamiento de un lote de fuentes luminosas, antes de que haya dejado de funcionar la mitad de dicho lote.

Vida física (de una fuente luminosa): Promedio de tiempo transcurrido, expresado en horas, antes de que la fuente luminosa deje de funcionar completa y definitivamente, por haberse dañado cualquiera de sus componentes, sin que hayan interferido influencias externas.

Vida económica (de una fuente luminosa): Período de tiempo transcurrido, expresado en horas, hasta cuando la relación entre el costo de reposición de la fuente luminosa y el costo de los lumen – hora que sigue produciendo ya no es económicamente favorable- La vida económica depende, por consiguiente, del costo de las fuentes luminosas de reemplazo, del costo de su instalación en el porta bombilla (mano de obra) y del costo de la energía eléctrica.

Vida útil (de una fuente luminosa): Período de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajo nominales hasta que su flujo luminoso sea el 70 % del flujo luminoso total.

Vida normal (de una bombilla de descarga): Periodo de funcionamiento a tensión nominal, expresado en horas, en ciclos de diez horas, en la posición recomendada por el fabricante.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

VP (CAO): Es el valor presente de los costos anuales de operación (CAO), los cuales están compuestos por el mantenimiento de la infraestructura y el consumo de energía eléctrica del sistema de alumbrado. Estos costos son anualizados y se deben traer a valor presente con la siguiente fórmula cuando estos costos anuales sean iguales para todos los años:

$$VP(CAO) = CAO \times \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right)$$

Donde:

i: Es la tasa de descuento , la cual puede interpretarse así:

Un peso ahora vale (1+i) pesos en un año.

n: Corresponde al número de años de análisis.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio técnico – económico de la red de alumbrado de las zonas comunes exteriores a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Analizando la viabilidad del cambio de lámparas de vapor de mercurio de acuerdo con lo establecido por la resolución 180606 de 2008 del Ministerio de Minas y Energía.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Hacer un levantamiento de las redes de alumbrado de las zonas comunes exteriores a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Realizar un inventario de las luminarias de las zonas comunes exteriores a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander, especificando el tipo de luminaria, marca, potencia, y tecnología.

Desarrollar un estudio Técnico – Económico sobre la viabilidad del cambio de las luminarias de vapor de mercurio, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 180606 de 2008 del Ministerio de Minas y Energía.

Evaluar las posibles alternativas de solución para el remplazo de las luminarias actuales.



1. MARCO TEÓRICO LEVANTAMIENTO

En este capítulo se encuentra el grupo central de conceptos y teorías que se utilizan para formular y desarrollar la tesis. Esto se refiere a las ideas básicas que forman la base para los argumentos del levantamiento.

1.1 CALCULO DE LA REGULACIÓN

La regulación de tensión se define como la razón en porcentaje, de la diferencia de magnitudes de tensión entre el receptor en vacío y en plena carga. Se presenta debido a la impedancia característica del conductor que transporta la energía.

Esta medida se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\delta_v = \frac{F_s * K_G * S * l}{V^2}$$

Dónde:

- F_s: Factor de corrección del tipo de conexión.
- K_G: Constante generalizada.
- S: Potencia aparente (VA).
- L: Longitud entre el receptor y la fuente.
- V: Voltaje de línea en el extremo receptor (V).

El factor de corrección se utiliza de acuerdo al tipo de subestación y al tipo de red. Este valor lo encontramos en la siguiente tabla:



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 1 Factores de corrección, Fs

Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2,25

Fuente: Normas para el cálculo y diseño de sistemas distribución ESSA

La constante generalizada KG es un valor que depende directamente de la tensión de la red y del factor de potencia. Los valores de KG especificados en la norma de la ESSA, corresponden para conductores de cobre aislado en ducto no metálico. Estos valores se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 2 Constantes de regulación para conductores en cobre aislado.

Tensión	(KG) Baja tensión					
	Cos f	0,8	0,85	0,9	0,95	1
14 AWG		752,235	797,3404	842,141	886,377	927,36
12 AWG		476,467	504,4656	532,18	559,367	583,52
10 AWG		302,877	320,1481	337,154	353,67	367,36
8 AWG		196,463	207,1611	217,607	227,585	234,87
6 AWG		126,254	132,6717	138,855	144,602	147,84
4 AWG		81,9997	85,7495	89,2797	92,4032	93,184
2 AWG		53,8566	55,93171	57,8007	59,2879	58,576
1 AWG		44,2823	45,7401	46,9888	47,8501	46,48
1/0 AWG		36,3697	37,37117	38,1696	38,592	36,848
2/0 AWG		30,0602	30,70733	31,1578	31,244	29,232
3/0 AWG		25,049	25,41483	25,5891	25,4085	23,184
4/0 AWG		21,012	21,15945	21,1208	20,7374	18,368
250 kcmils		18,349	18,40482	18,2864	17,8453	15,5456
350 kcmils		14,5742	14,43523	14,1286	13,5115	11,1059
500 kcmils		11,9212	11,61412	11,139	10,3527	7,7739
750 kcmils		9,65586	9,242255	8,66627	7,78946	5,18
1000 kcmils		8,50015	8,037757	7,41674	6,50182	3,8942

Fuente: Normas para el cálculo y diseño de sistemas distribución ESSA



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Según el tipo de instalación eléctrica se recomiendan valores de regulación de tensión de manera que cumplan con lo establecido con el RETIE, RETILAP, la NTC – 2050 (Código Eléctrico Colombiano) y las normas para el cálculo y diseño de sistemas de distribución – ESSA.

Estos valores se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 3 Porcentajes de regulación de tensión.

Descripción	%
Redes de distribución, B.T., zona urbana	5
Redes de distribución, B.T., zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la Empresa	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público	4

Fuente: Normas para el cálculo y diseño de sistemas distribución ESSA

1.2 CÁLCULO DE ILUMINANCIA PROMEDIO – MÉTODO EUROPEO DE LOS 9 PUNTOS

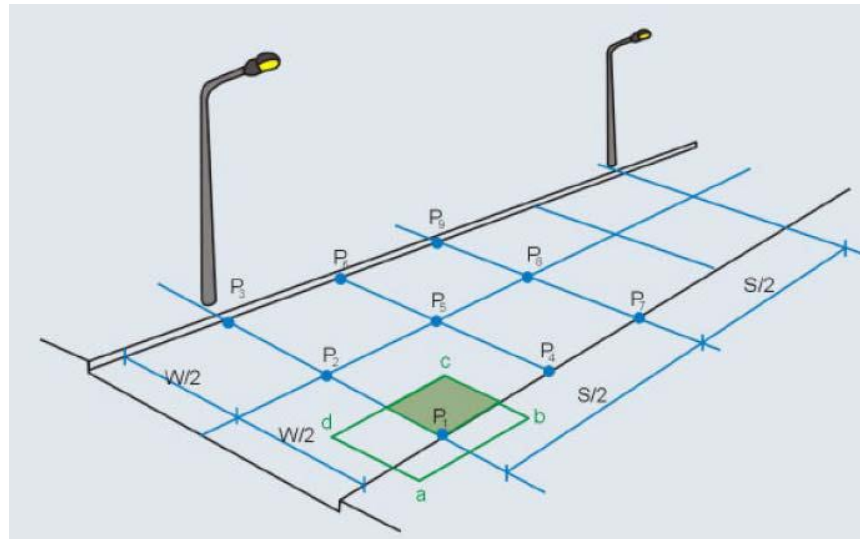
El método europeo de los 9 puntos se usa para calcular la Iluminancia promedio sobre la vía en una instalación de alumbrado público, para utilizar este método es necesario ubicar cada uno de estos puntos de cálculo sobre la porción típica de la vía considerada.

Se define un rectángulo de área largo ($s/2$) por ancho (w). De este modo, el rectángulo 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 nuevos rectángulos generados. Así se obtienen los 9 puntos considerados en el método.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 1 Método de los 9 Puntos



Fuente: RETILAP

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

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

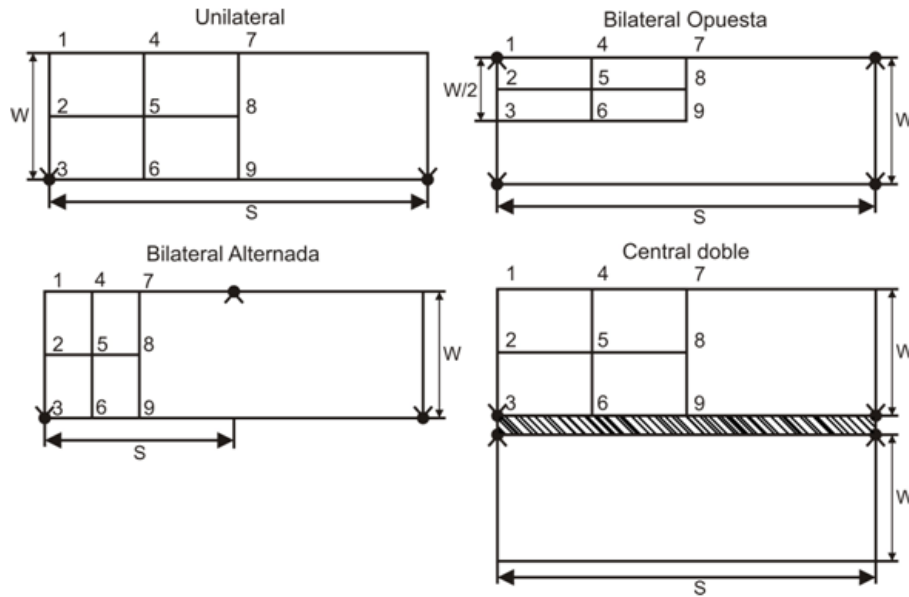
Donde E1, E2,... E9 son las iluminancias en los puntos P1, P2,... P9 respectivamente.

Para ubicar los nueve puntos, para diferentes sistemas de alumbrado, de acuerdo con la distribución de los postes y la forma de la vía se puede observar en la siguiente figura.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 2 Selección de los 9 puntos según la disposición de las luminarias



Fuente: RETILAP

1.3 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD GENERAL DE ILUMINANCIA

El valor del coeficiente de uniformidad general de Iluminancia se puede calcular por medio de dos criterios:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$$

$$U_g = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

Dónde $E_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$

E_{min} = La iluminancia menor entre todos los puntos.

E_{max} = La iluminancia mayor entre todos los puntos.



1.4 NIVELES DE ILUMINACIÓN EXTERIOR Y ALUMBRADO PÚBLICO

La iluminación de un sistema de alumbrado público debe estar adecuada para el desarrollo de actividades vehiculares como peatonales, por lo cual debe tener en cuenta la confiabilidad de percepción y comodidad visual, aplicando la cantidad y calidad de luz adecuada sobre el área a iluminar de acuerdo al trabajo a realizar. Para cumplir con estos requerimientos se debe hacer una cuidadosa selección de la fuente lumínica y su luminaria, teniendo en cuenta el desempeño fotométrico de tal forma que se logre los requerimientos de iluminación. Es necesario que el sistema de alumbrado permita ver estos obstáculos y otros vehículos sin que haya riesgo de error o deslumbramiento. Igualmente para los peatones, aunque su velocidad es menor hace que sean menos exigentes las condiciones para ver.

La seguridad del peatón se logra si este puede visualizar el obstáculo a 10 m o más, mientras que la del automovilista depende de su velocidad, a una velocidad media de 60 km/h él debe percibir este obstáculo a una distancia de hasta 100 m.

1.5 CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA

1.5.1 VÍAS VEHICULARES Los criterios que se deben tener en cuenta para la asignación del tipo de la clasificación de iluminación de la vía, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos. Toda vía caracterizada por estas dos variables se les asigna un tipo de iluminación conforme en la tabla No 4



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 4 Clases de iluminación para vías vehiculares.

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Fuente: RETILAP

Además de los anteriores factores se debe tener en cuenta la complejidad de circulación, controles de tráfico, tipos de usuario, y existencia de separadores. Por tal motivo y por los criterios de uso racional y eficiente de energía, una vía podrá disponer en ciertas horas de un alumbrado con clasificación menor a la aplicada por la Tabla No 4, utilizando la Tabla No 5.

Del mismo modo y de acuerdo con las condiciones del control de tráfico y de existencia de separación de los diferentes usuarios en la vía, también podrá utilizarse una clase de iluminación diferente. Las condiciones para disponer de dos clases de iluminación en una vía ó su cambio de criterio inicial de diseño se establecen en la Tabla No 5.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 5 Variación en las clases de iluminación por tipo de vía, complejidad y control de tráfico

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación ⁽¹⁾ :	
Alta T>1000(Veh./h)	M1
Media 500< T<1000 (Veh. /h)	M2
Baja T< 500 (Veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico ⁽²⁾ y separación ⁽³⁾ de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con 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. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M4
Bueno	M5

Fuente: RETILAP

De acuerdo todas las vías que respondan de igual manera los criterios anteriormente definidos, pueden ser iluminadas idénticamente. Por tal razón las vías se pueden agrupar en varios conjuntos que respondan a un mismo tipo de iluminación en función de los fines.

1.5.2 VÍAS PARA TRÁFICO PEATONAL Y DE CICLISTAS La iluminación en estas áreas debe garantizar a los peatones y ciclistas puedan distinguir las características de la vía y adicionalmente ayudar a evitar agresiones al transitar por estas. En la Tabla 6 se muestran las siete clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 6 Clases de Iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Fuente: RETILAP

Las clases de alumbrado establecidas en la tabla No 6, consideran las necesidades asociadas a toda la superficie utilizada (acera y calzada). Cuando en determinadas zonas se ha incrementado o se pueda incrementar la criminalidad y resulte necesaria la identificación de las personas, objetos u obstáculos, la clase de iluminación podrá ser superior a la resultante de aplicar la tabla.

1.6 CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN EL USO Y TIPO DE VÍA

Con la intención de crear espacios de convivencia garantizando la seguridad, los niveles recomendados por las normas han sido ajustados a valores, que permitan que las vías y áreas asociadas estén en el rango del criterio de diseño, que a la vez armonicen con contexto urbanístico.

Para una adecuada identificación del espacio en la vía, es necesario identificar los perfiles típicos de vías que tiene aprobado en el POT cada municipio. En sistemas de alumbrado público ya existentes se requiere realizar ajustes para cumplir con



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

los niveles de iluminación y coeficiente de uniformidad exigidos por el RETILAP, se deberán modificar la luminaria y/o la potencia de la fuente.

1.6.1 REQUISITOS DE ILUMINACIÓN MANTENIDOS PARA VÍAS VEHICULARES

Cuando se conoce las características de la vía y sus requerimientos visuales se le asignaran la clase de iluminación necesaria, a cada una de estas clases se le establecen requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo, estos requerimientos se ilustran en la siguiente tabla, para luminancia. Los valores son para piso seco.

Tabla 7 Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la iluminancia de la calzada.

Clase de iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	Luminancia promedio L_{prom} (cd/m^2) Mínimo mantenido	Factor de uniformidad U_0 Mínimo	Incremento de umbral TI % Máximo inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_l Mínimo	Relación de alrededores SR Mínimo
M1	2.0	0,4	10	0,5	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,5	0,5
M3	1,2	0,4	10	0,5	0,5
M4	0,8	0,4	15	N.R	N.R
M5	0,6	0,4	15	N.R	N.R

Fuente: RETILAP

NR: No Requerido.

Se podrán hacer diseños con base en el criterio de iluminancia para las vías consideradas en la tabla No 8.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 8 Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lx) en vías motorizadas.

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	E_{min} / E_{prom} (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Fuente: RETILAP

NOTA: La NTC-900 no contempla el índice G como elemento determinante del deslumbramiento de incomodidad.

Es necesario aclarar que los valores anteriores son para condiciones estables de funcionamiento a través de la vida del proyecto.

1.6.2 REQUISITOS DE ILUMINACIÓN PARA VÍAS PEATONALES Y DE CICLISTAS En la tabla No 9 se asocian las clases de iluminación y los valores de iluminancia que se deben satisfacer en las distintas clases de vías peatonales.

Tabla 9 Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal.

Clase de iluminación	Iluminancia Horizontal (luxes)	
	Valor promedio	Valor mínimo
P1	20,0	7,5
P2	10,0	3,0
P3	7,5	1,5
P4	5,0	1,0
P5	3,0	0,6
P6	1,5	0,2
P7	No aplica	No aplica

Fuente: RETILAP



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

1.7 NIVELES EXIGIDOS DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA EN ALUMBRADO PÚBLICO

De acuerdo con los tipos de vías, los sistemas de alumbrado público se deben diseñar y construir con los valores fotométricos mostrados en las tablas 10 y 11, este diseño de iluminación no solamente debe considerar las calzadas vehiculares, sino el ciclo rutas y los andenes.

Tabla 10 Requisitos mínimos de iluminación con ciclo rutas y andenes adyacentes.

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes		Relación de alrededores		
	L_{prom} cd/m ²	U_o ≥ %	U_l ≥ %	TI ≤ %	E_{prom} luxes	U_o ≥ %	E_{prom} luxes	U_o ≥ %	Alrededor sin andenes SR %
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N.R.	15	10	40	6	33	N.R.
M5	0,6	40	N.R.	15	7.5	40	5	33	N.R.

Fuente: RETILAP

Tabla 11 Requisitos mínimos de iluminación con ciclo rutas y andenes adyacentes.

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general U_o ≥ %
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales bajas y aledaños a puentes peatonales y vehiculares	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás áreas peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distantes de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas	C4	10	40

Fuente: RETILAP



1.8 FUENTES LUMINOSAS ELÉCTRICAS

El uso de la fuente lumínica más adecuada para cumplir con los requerimientos de diseño de un proyecto luminotécnico con la mayor eficacia posible, es determinante en un buen proyecto de iluminación. Estas fuentes luminosas deben cumplir con los requisitos establecidos con el RETILAP y demostrarlo mediante el de conformidad del producto, expedido por un organismo de control acreditado.

1.8.1 INFORMACIÓN DEL PRODUCTO AL PÚBLICO Además de la información de marcación tanto en el producto como en el empaque, cada tipo de fuente, tales como lámparas de sodio, mercurio alta presión halogenuros metálicos, balastos el fabricante o comercializador deberá disponer en catálogo impreso, en medio magnético u otros medios, la información que aplique al tipo de fuente sobre los siguientes aspectos:

- ⇒ Norma técnica bajo la cual se definen los parámetros eléctricos,
- ⇒ Vidas útiles o vidas promedio,
- ⇒ Curvas de depreciación del flujo luminoso,
- ⇒ Tipo de casquillo,
- ⇒ Temperatura de color (K) ó Correlación de la temperatura del color (K).
- ⇒ Índice del rendimiento del color.
- ⇒ Forma del bulbo
- ⇒ Acabado del bulbo

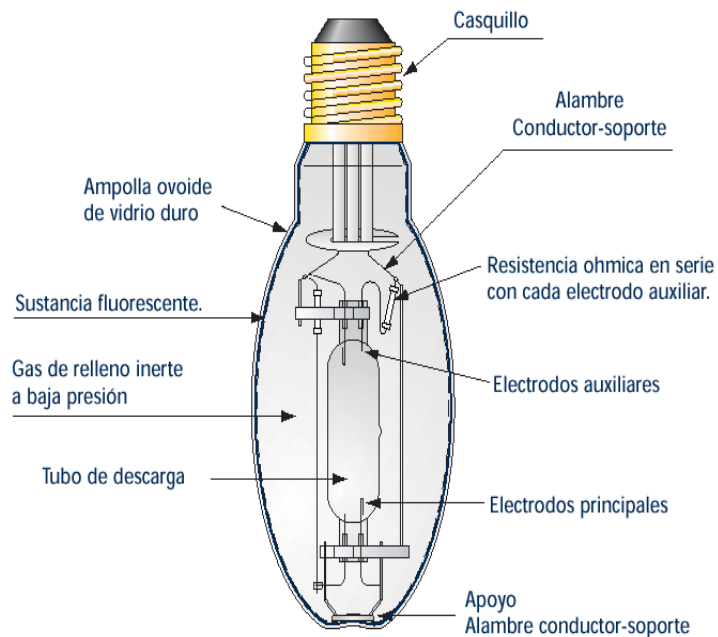


ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

- ⇒ Flujo luminoso, posición hacia abajo (base up) (lm), si aplica.
- ⇒ Flujo luminoso, posición hacia arriba (base down) (lm), si aplica.
- ⇒ Si usa reflector la información del flujo luminoso se debe reemplazar por el ángulo de apertura e intensidad luminosa. Para probar este requisito el certificador empleará el método de ensayo usado por el fabricante o la IESNA LM20, hasta que exista norma específica para realizar el ensayo.

1.8.2 LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Ilustración 3 Lámpara de Vapor de Mercurio



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

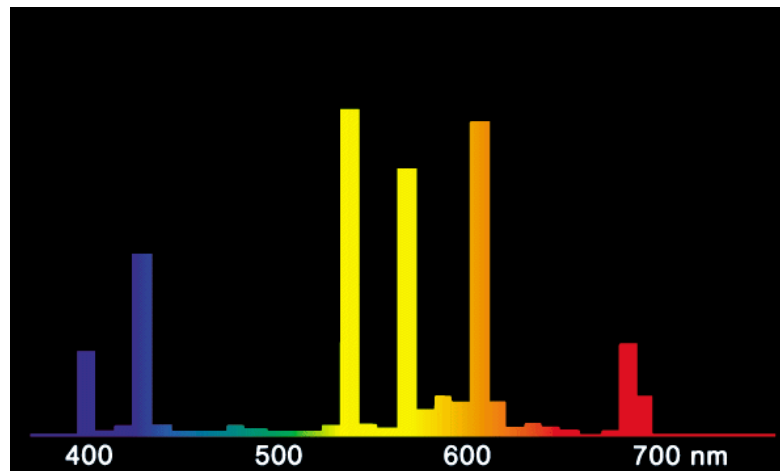


ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Éstas están formadas por una bombilla de cuarzo recubierta internamente por polvos fluorescentes, por lo general argón y dentro de la cual se ha colocado mercurio. Dentro de la lámpara se alojan tres electrodos, dos de los cuales están unidos entre sí a través de una resistencia de alto valor. En el cierre del circuito eléctrico se establece una descarga entre los dos electrodos más próximos que permite el precalentamiento interno de la lámpara; una vez transcurrido el período de precalentamiento se produce una descarga entre los dos electrodos principales y se obtiene una fuerte emisión de radiación electromagnética en el campo ultravioleta limitando con el campo de lo visible.

El espectro de la lámpara de mercurio está formado por las cuatro radiaciones, violeta, azul, verde y amarillo, por lo tanto su tonalidad es por lo tanto un azul verdoso.

Ilustración 4 Distribución espectral de la lámpara de vapor de mercurio



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

La presencia de polvos fluorescentes consiste en un importante desplazamiento de la radiación emitida hacia el campo de la luz visible, por otra parte la luz que se obtiene permanece siempre muy “fría”, ya que tiene temperaturas de color entre

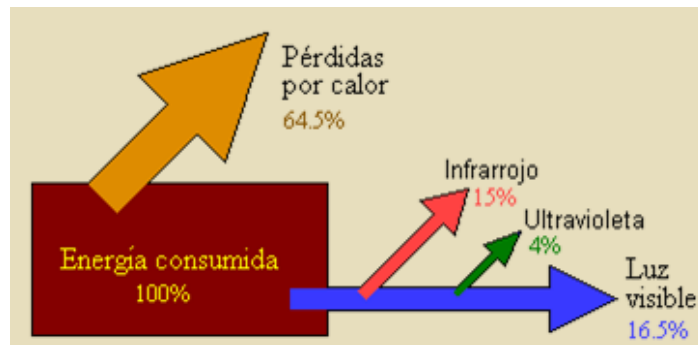


ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

los 3500 y 4500 K y con rendimiento de color de 40 a 45, volviéndolas adecuadas para la iluminación vial y de grandes áreas.

La eficacia de este tipo de lámparas, sin tener en cuenta los elementos auxiliares para su funcionamiento muy baja, ya que la mayoría de la energía se pierde en calor y en radiaciones no visibles (ultravioleta e infrarrojo). El rendimiento luminoso es del orden de los 40 a 60 lúmenes por vatio. La vida media de estas lámparas es alrededor de unas 8000 horas. Su tiempo de encendido es de unos cuatro minutos y es caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado.

Ilustración 5 Balance energético de las lámparas de vapor de mercurio

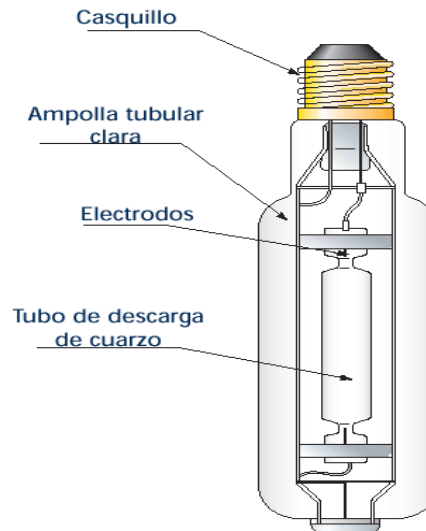


Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes



1.8.3 LÁMPARAS CON HALOGENUROS METÁLICOS

Ilustración 6 Lámpara de halogenuros metálicos



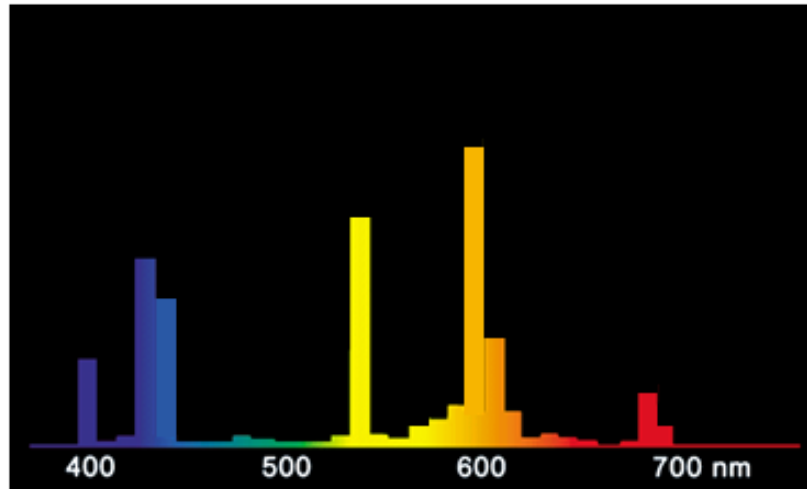
Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

Estas bombillas están formadas prácticamente igual que las bombillas de vapor de mercurio y su funcionamiento es muy similar, la diferencia particular consiste en sustituir el vapor de mercurio en interior del tubo de descarga y añadir yoduros metálicos (sodio, talio, indio...). Al agregar estos yoduros se mejora considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 7 Distribución espectral de la lámpara de halogenuros metálicos



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

El resultado de estas aportaciones es una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia es mayor en comparación a las de vapor de mercurio puesto, que aumentan la cantidad de luz visible al introducir estas nuevas líneas al espectro. El rendimiento luminoso de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W.

Ilustración 8 Balance energético de las lámparas de halogenuros metálicos



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

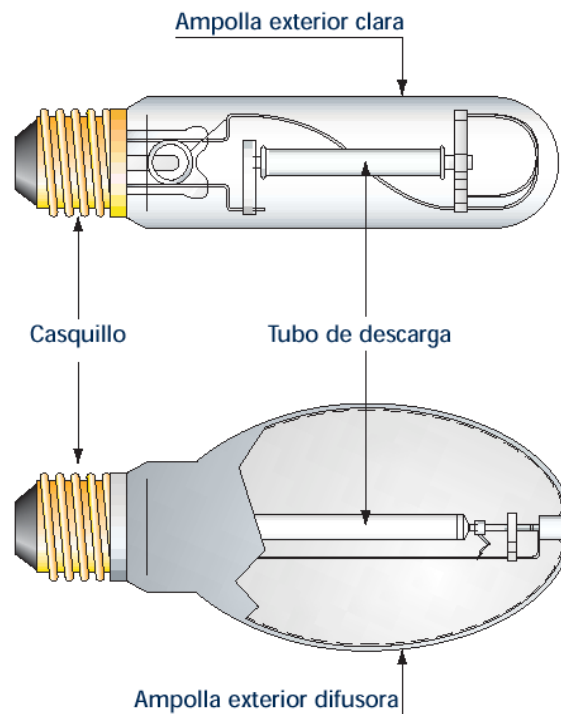


ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).

1.8.4 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

Ilustración 9 Lámpara de sodio de alta presión



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión constan de un tubo o bombilla de descarga, de óxido de aluminio, de tal forma que contiene la transmisión del calor generado por el tubo de descarga. La ampolla es transparente y tiene una transmisión total de luz en la zona visible que sobrepasa el 90%. En el interior del



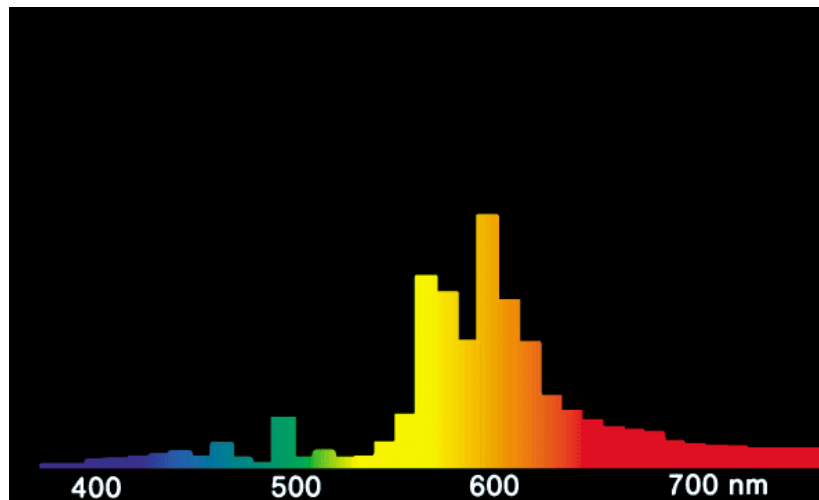
ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

tubo de descarga se introduce una amalgama de sodio (una aleación de sodio y mercurio); junto a la misma se introduce un gas raro a baja presión que favorece el inicio de la descarga.

Para encender esta lámpara se emplea un gas detonante para elevar la temperatura del sodio y el mercurio. Al aumentar la temperatura aumenta la presión del vapor que, además de producir la evaporación de los átomos de los metales, produce también la excitación de los átomos de sodio.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada. En consecuencia tienen una temperatura de color de 2100 K y un rendimiento de 25 a 50.

Ilustración 10 Distribución espectral de la lámpara de sodio de alta presión



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

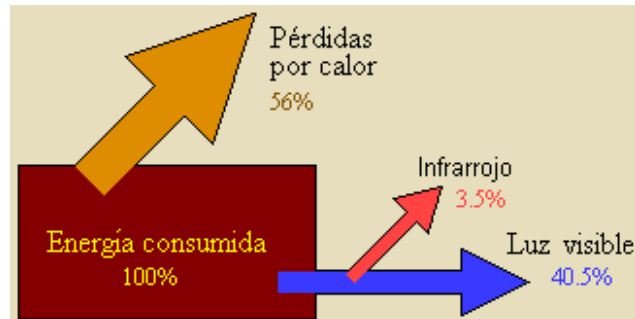
No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia, aunque es mucho mayor en comparación con las lámparas de vapor de mercurio o lámparas con



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

halogenuros. Su rendimiento luminoso ronda los 130 lm/W y sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

Ilustración 11 Balance energético de las lámparas de sodio de alta presión



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

La puesta en funcionamiento de la lámpara demora alrededor de 3-4 minutos, transcurrido este período el cebador se desactiva automáticamente mientras que la descarga se auto mantiene. La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas.



1.8.5 LÁMPARAS LED

Ilustración 12 Lámpara LED



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

Para hablar de lámparas LED's primero se debe empezar a hablar de los LED's ya que estas están conformadas por estos dispositivos. Los LED's son dispositivos electrónicos que son capaces de producir luz al ser atravesados por una pequeña corriente. Estos poseen 4 componentes básicos de su estructura, el material emisor semiconductor montado en un chip-reflector, Los terminales conductores (cátodo y ánodo), El cable conductor que une los dos polos y el encapsulado que protege al material emisor del LED y determina el haz de la luz.

Cuando la electricidad pasa a través de un diodo, los átomos son excitados a un mayor nivel. Los átomos en el primer material retienen mucha energía y requieren liberarla. Esta energía libera electrones al segundo material y durante esta



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

liberación se produce la luz. En otras palabras, la electroluminiscencia se da cuando, estimulados por un diferencial de voltaje, las cargas eléctricas negativas (electrones) y las cargas eléctricas positivas, al combinarse entre sí, dan como resultado la liberación de energía en forma de fotones. Esto da como resultado una generación de luz mucho más eficiente ya que la conversión energética se da con mucho menos pérdida en forma de calor como ocurre con bombillas incandescentes tradicionales.

Ilustración 13 Balance energético de las lámparas LED

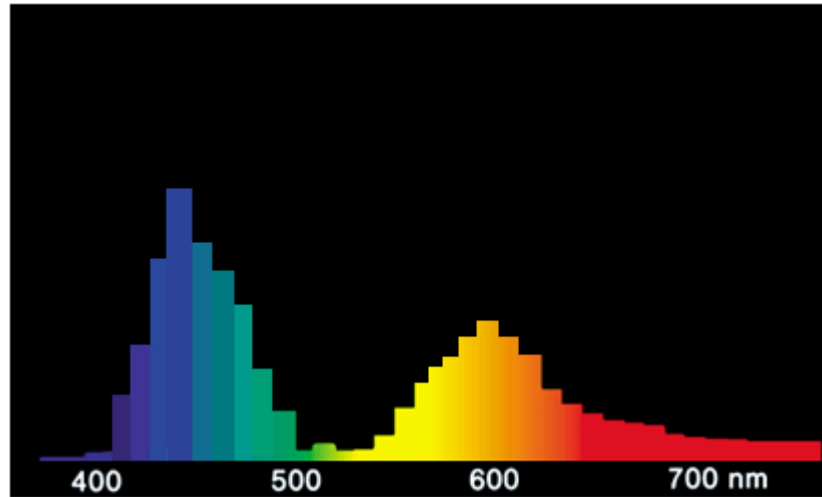


Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

El color de la luz es relativo a los materiales emisores semiconductores y procesos de elaboración. Los LED's son componentes que, dependiendo de la combinación de los elementos químicos presentes en los materiales que los componen, pueden producir un amplio rango de longitudes de onda dentro del espectro cromático, dando como resultado diferentes colores, ejemplo Carburo de Silicio (azul), Fosfuro de Galio (verde), Arseniuro Fosfuro de Galio (rojo, naranja y amarillo), los LED's son muy versátiles en cuanto a su uso en aplicaciones que requieren fuentes de iluminación con longitudes de onda que no se habían podido obtener previamente con fuentes de luz tradicionales.



Ilustración 14 Distribución espectral de la lámparas de LED



Fuente: Libro principio de funcionamiento de las lámparas ms comunes

Las lámparas de descarga se diferencian de los LED's, en el proceso de construcción, ya que para estas existen dos procesos de construcción. El primero el cual mezcla múltiples longitudes de onda de diferentes LED para producir luz blanca, permitiendo ajustar la temperatura de color específica y el segundo método consiste en usar LED con un compuesto de Indio-Galio-Nitride (InGaN) con una capa de fósforo para crear luz blanca. Este método es el más utilizado por los fabricantes. Además, de ser un dispositivo de estado sólido lo cual los hace robusto, son fiables, de larga duración (su vida útil es alrededor de 50 000 h) y a prueba de vibraciones.

1.9 USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN

Todos los proyectos de iluminación y alumbrado público deben incorporar y aplicar conceptos de uso racional y eficiente de energía, para conseguir una iluminación eficiente sin dejar de cumplir simultáneamente con los requisitos fotométricos y no exceder los valores máximos de densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) establecidos en el presente reglamento, para ellos los conceptos que se deben aplicar son los siguientes:



1.9.1 ALUMBRADO EXTERIOR Y PÚBLICO

- ✓ Utilizar luminarias para alumbrado público con fotometrías que le permitan hacer diseños con la mayor interdistancia y menor altura de montaje.
- ✓ Instalar luminarias con el más bajo flujo hemisférico superior (FHS) posible.
- ✓ Usar conjuntos ópticos con el mejor factor de utilización y la mejor eficacia lumínica de la.
- ✓ Usar equipos para el conjunto eléctrico con bajas pérdidas, dimerizables o que permitan la reducción de potencia.
- ✓ Elegir correctamente los ángulos de apertura para los proyectores.
- ✓ Seguir las recomendaciones sobre posiciones de instalación de proyectores.
- ✓ Usar controles temporizados para proyectores.

1.9.2 OTRAS MEDIDAS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA PARA APLICACIÓN URE

- ✓ Usar materiales traslúcidos, difusos que dejen pasar poco calor radiante y aplíquelo en áreas grandes para incrementar la contribución de luz natural.
- ✓ Usar iluminación localizada en puestos de trabajo, mayor que la general.
- ✓ El diseño de la distribución de la iluminación debe ser flexible, de tal manera que pueda permitir una reacomodación en la organización del trabajo.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

- ✓ Usar fuentes de luz más eficaz y satisfagan los requerimientos de rendimiento de color.
- ✓ Uso de la luminaria más eficiente, que satisfaga el requerimiento de confort en términos de apantallamiento.
- ✓ Incrementar las reflectancias de la superficie del salón hasta valores donde no se produzca deslumbramiento, discomfort y distracción.
- ✓ Control horario de apagado y encendido de sistemas de iluminación, sin comprometer aspectos de seguridad.



2. LEVANTAMIENTO

2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA

En la realización de este levantamiento se llevaron a cabo una serie de etapas, las cuales consistían en:

- 1) Recopilación bibliográfica
- 2) Obtención de datos e información necesarios.
- 3) Análisis e interpretación de los datos obtenidos.
- 4) Elaboración de la propuesta económica con sus respectivas cantidades de obra.

Cada una de estas etapas se especifica a continuación.

2.2 DESCRIPCIÓN DE ETAPAS

2.2.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA En esta primera etapa del proyecto se partió de la recopilación y documentación de toda la información bibliográfica relacionada con temas afines a las instalaciones eléctricas, es decir, Normas Técnicas, libros comerciales, manuales de equipos y catálogos comerciales, además de los planos arquitectónicos de la universidad, los cuales fueron indispensables a la hora de pasar a la ejecución del levantamiento e inventario y poder obtener toda la información necesaria.



2.2.2 OBTENCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN NECESARIOS La información sobre las instalaciones necesaria para desarrollar el proyecto se recolectó por medio del levantamiento eléctrico, el cual se empezó con la recopilación los datos referentes a cableado, tableros, interruptores automáticos, luminarias, bombillas y demás aparatos que hacen parte de la obra eléctrica en estudio.

Para tal fin se utilizaron los equipos mencionados en las anteriores secciones donde figuran un rastreador de circuitos, un analizador de redes, un luxómetro, un multímetro digital y una pinza amperimétrica, además de una cinta métrica. A medida que se recopilaba información se elaboraban los planos eléctricos de las instalaciones eléctricas actuales.

Para empezar a desarrollar esta etapa del proyecto se realizó una inspección visual general para evaluar el procedimiento que se llevaría cabo para la realización del trabajo. Seguidamente dio inicio con el levantamiento de las instalaciones y se recolectaron los datos de la siguiente manera:

- Localización y anotación de los datos de los tableros de distribución de los circuitos de alumbrado público, conductores, interruptores automáticos, circuitos ramales, cajas de inspección y ducteria
- Localización y anotación de los datos de los subtableros de distribución y tableros de interruptores automáticos, conductores alimentadores, interruptores automáticos, circuitos ramales y ductos.
- Toma de distancias y ubicación de luminarias.
- Medición del nivel de iluminación de las instalaciones.



2.2.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA Con base en los datos obtenidos, recopilados en planillas y planos en borrador se procedió a dibujar los planos eléctricos de todo el sistema de alumbrado público de la Universidad, utilizando Auto CAD, además de los diagramas unifilares de circuitos de alumbrado de la Universidad.

Se realizaron las memorias de cálculo indicando en tablas, la distribución de los circuitos, identificación de las fases, carga instalada por circuito, corriente nominal y corriente medida para cada circuito, factor de potencia de la carga, procedencia de la alimentación y su respectiva protección en el tablero general. Con estos datos se construyeron los cuadros de carga del estado actual.

Con base en los planos del estado actual realizados a escala, se calcularon las distancias del punto más lejano (condición más desfavorable) de cada circuito para realizar los cálculos de regulación parcial (desde cada tablero de distribución).

Con los datos de medida de los niveles de iluminación y reflectancias en cada área, se calcularon los niveles medios de iluminancia y coeficientes de uniformidad. Estos datos se compararon con los valores exigidos en el RETILAP con el fin de definir las zonas.

Los datos obtenidos con el analizador de redes, permitieron conocer el comportamiento de la carga en los diferentes circuitos y establecer condiciones de demanda máxima para futuras ampliaciones de carga.



2.2.4 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA ECONÓMICA CON SUS RESPECTIVAS CANTIDADES DE OBRA

Para lograr un mayor impacto de los interesados en este proyecto se realizó una propuesta económica detallada de los costos que se tendrían para el mejoramiento de la iluminación del alumbrado público de la Universidad, teniendo en cuenta las normas y reglamentos y resoluciones vigentes. En esta propuesta se detallan materiales con sus respectivos valores unitarios y mano de obra con precios obtenidos en el mercado actual.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO

Para el levantamiento, análisis y estudio del presente proyecto se necesitó de la ayuda de equipo especial de medición de variables eléctricas como: multímetro, pinza amperimétrica, rastreador de circuitos eléctricos y luxómetro.

A continuación se hará una breve descripción de las características de cada equipo y de su respectivo funcionamiento.

2.3.1 MULTÍMETRO DIGITAL Instrumento utilizado para medir tensiones en AC RMS y en DC, corrientes AC RMS y en DC de hasta 10A, continuidad de conductores, resistencias, entre otros parámetros. Especificaciones:

Marca:	D' Lorenzo
Categoría de sobretensión:	1000 V CAT III POLLUTION 2
Fusible:	10 A/250 V
Batería:	9 V NEDA 1604 6F22 006P
Cumple con la norma:	IEC1010-1



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.3.2 PINZA AMPERIMÉTRICA Instrumento utilizado para medir el valor de la corriente que circula por un conductor y para tal fin utiliza el principio de la inducción electromagnética, por lo que puede tomar su medida sin desconectar el circuito sobre el cual se toman los datos. Especificaciones:

Marca: Kiorytsu
Dial: 10/30/100/300/900 A

2.3.3 RASTREADOR DE CIRCUITOS Permite localizar, trazar e identificar fases y conductores neutros en circuitos de alimentación y circuitos ramales, interruptores automáticos, fusibles, cajas de tableros, tuberías y además permite detectar cortocircuitos, El equipo consiste de un transmisor, un detector, un manual de instrucción y un estuche para su transporte.

Características generales

Marca: 3M
Serie: TK-6B.
Transmisor: Frecuencia de operación: 4,6 kHz
Ancho de pulso: 17 ms
Velocidad de repetición: 2 Hz
Corriente máxima de carga: 200 mA
Voltaje de operación: 9 – 600 V, A.C. o D.C.
Temperatura de Operación: 0 / 50 °C
Temperatura de almacenaje: -40 / 90 °C
Humedad de operación: 95% hum. rel. máx.
Tamaño: 111 x 83 x 38 mm
Fusible: 250 V, 0,25 A, 3 AG



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Detector: Detección: Magnética

Alcance máximo: 2,4 m

#1 Conductor: 1

#2 Breaker: 12

#3 Búsqueda: 80

#4 Búsqueda: 200

Respuesta del detector: Visual mediante diez leds rojos

Audible dos veces/s a 4,6 kHz

Indicador de estado de batería: Un LED verde

Temperatura de operación: 0 / 50 °C

Temperatura de almacenaje: -40 / 90 °C sin batería instalada

-40 / 50 °C con batería instalada

Humedad de operación: 95% hum. rel. máx.

Tamaño: 188 x 52 x 28 mm

Batería: 9 V alcalina NEDA No. 1604A

Peso: 879 g

2.3.4 LUXÓMETRO Permite medir el nivel de iluminancia (lux o fc) existente en algún recinto; este instrumento es un fotómetro digital, de tamaño compacto, el cual presenta las lecturas en unidades de lux o fc. El equipo consta de una cabeza de detección, botón de rango, botón retenedor de pico, botón de retener datos, selector de Lux/fc/off, conector de salida y una pantalla LCD.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Características Generales:

Marca:	Meterman LM631
Pantalla LCD:	3 ½ dígitos con una lectura máxima de 1999
Frecuencia de medición:	2,5 veces por segundo, nominal.
Entorno de operación:	0° C a 50°C, uso en interiores hasta 2000 m de altitud
Baterías:	4 unidades de 1,5V, triple AAA
Peso:	220 g con las baterías
Rangos:	20 lux, 200 lux, 2000 lux y 20000 lux. 20 fc, 200 fc, 2000 fc y 20000 fc.[4]

2.4 ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES

El sistema de alumbrado público exterior a los edificios del campus central de la Universidad está con formado por once (11) redes de alumbrado, siete (7) de estas tienen sus controles y alimentación siete (7) diferentes subestaciones, las otras cuatros (4) son controladas y alimentadas en tableros de distribución localizados en las diferentes puntos. La canalización de la distribución de cada una de estas redes a lo largo de la Universidad se realiza mediante ducto de 1¼”.

A continuación se detalla con más exactitud la ubicación del punto de control y acometida de cada red, así como los elementos que conforman su automatización, control y especificación de su protección.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.1 Red A Alimentada por el barraje de baja tensión de la subestación de Laboratorios de Alta Tensión por medio de un conductor Calibre Cu 4 AWG THHN por fase, seguidamente la protección contra sobrecargas y cortocircuitos es realizada por el interruptor termo magnético tripolar de 80 A con $I_{cc}=25$ kA marca Merlin Gerlin, modelo EZC100N-80 A; su automatización y control es mediante un temporizador marca Merlin Gerlin, modelo IHP Multi 9, el cual activa el relé electromecánico marca Siemens, modelo K915111-4 que energizan los tres sub-circuitos de la red trifásica de distribución, el primero y el segundo en calibre Cu 6 AWG THHN y el tercero en calibre Cu 10 AWG THHN.

Ilustración 15 Interruptor termomagnético EZC100N-80 A



Fuente: Los autores



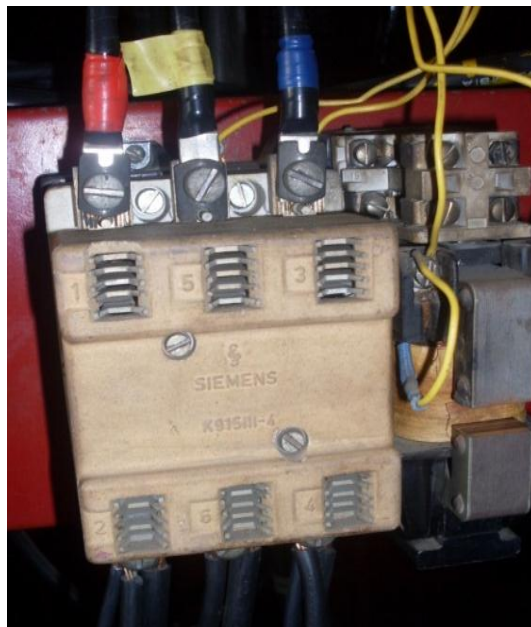
ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 16 Temporizador C60N



Fuente: Los autores

Ilustración 17 Relé electromecánico



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.2 Red B Esta red alimentada por el barraje de baja tensión de la subestación del edificio Planta de Aceros por medio de un conductor Calibre Cu 8 AWG THW por fase. La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realiza por medio de un interruptor termomagnético tripolar de 40 A con $I_{cc}=10$ kA marca General Electric, modelo THQC atornillable y controlado mediante un temporizador, marca Merlin Gerlin, modelo IHP Multi 9, que activa el relé electromecánico marca Telemecanique modelo D50-11 que energiza el único circuito de la red trifásica de distribución en calibre Cu 8 AWG THW por fase.

Ilustración 18 Interruptor termomagnético THQC-40 A



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 19 Temporizador C60N



Fuente: Los autores

Ilustración 20 Relé electromecánico Telemecanique D50 11



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.3 Red C Esta red alimentada por el barraje de baja tensión de la subestación del edificio Camilo Torres por medio de un conductor Calibre Cu 8 AWG THHN por fase. La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realiza por medio de un interruptor termomagnético tripolar de 63 A con $I_{cc}=25$ kA marca ABB, modelo T-MAX T1 y controlado mediante un temporizador, marca Merlin Gerlin, modelo IHP Multi 9, que activa el relé electromecánico marca Telemecanique modelo D40 que energiza el único circuito de la red trifásica de distribución en calibre Cu 8 AWG THW por fase.

Ilustración 21 Interruptor termomagnético TMAX-T1



Fuente: Los autores



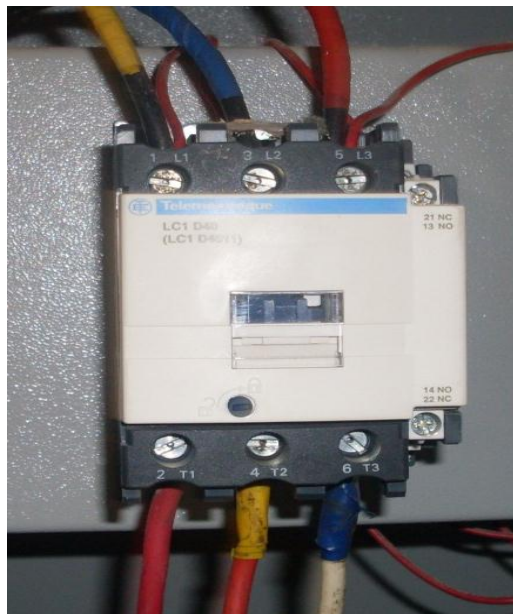
ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 22 Temporizador C60N



Fuente: Los autores

Ilustración 23 Relé Electromecánico Telemecanique D40



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.4 Red D Esta red se alimenta por medio del tablero de distribución ubicado dentro del edificio de Capruis-Favuis por medio de un conductor Calibre Cu 8 AWG THHN por fase. La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realiza por medio de un interruptor termomagnético tripolar de 32 A con $I_{cc}=10$ kA marca Merlín Gerlin modelo C60N-C32 y controlado mediante un temporizador, marca Merlín Gerlin, modelo IHP Multi 9, que activa el relé electromecánico marca Telemecanique modelo D50-11 que energiza el único circuito de la red trifásica de distribución en calibre Cu 8 AWG THW por fase.

Ilustración 24 Automatización, control y protección



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.5 Red E Red conformada por dos circuitos de distribución, alimentados por el barraje de baja tensión de la subestación de Administración I; El primero de los circuitos es alimentado por medio de un conductor Calibre Cu 6 AWG THHN por fase, seguidamente la protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realiza por el interruptor termomagnético tripolar de 100 A con $I_{cc}=25$ kA marca Merlín Gerlin, modelo EZC100N-100A, el segundo de los circuitos es por medio de un Calibre Cu 8 AWG THHN por fase, después la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, realizada por el interruptor termomagnético tripolar de 70 A con $I_{cc}=25$ kA marca General Electric, modelo TEB132070, la automatización y control de estos circuitos es mediante un temporizador marca Merlín Gerlin, modelo IHP Multi 9, el cual activa los dos relés electromecánicos marca Telemecanique modelo D50-11 que energizan los dos circuitos de la red trifásica de distribución, el primero en calibre Cu 6 AWG THW y el segundo en Cu 8 AWG THW.

Ilustración 25 Interruptor termomagnético EZC100N-100 A



Ilustración 26 Interruptor termomagnético TEB132070

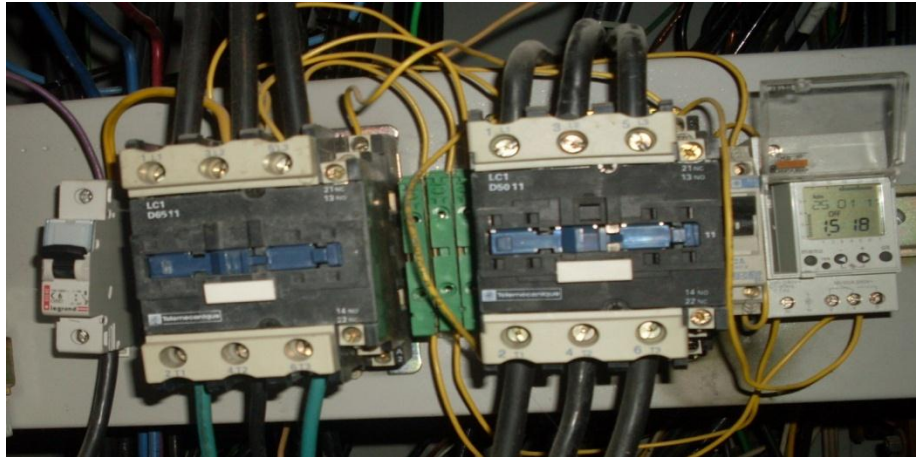


Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 27 Conjunto de automatización y control



Fuente: Los autores

2.4.6 Red F Al igual que la anterior red, esta está conformada por dos circuitos de distribución, alimentados por el barraje de baja tensión de la subestación de Coliseo. El primero de los circuitos es alimentado por medio de un conductor Calibre Cu 8 AWG THHN por fase, seguidamente la protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realiza por el interruptor termomagnético tripolar de 40 A con $I_{cc}=25$ kA marca Merlin Gerlin, modelo EZC100N-40 A, el segundo de los circuitos también se alimenta por medio de un Calibre Cu 8 AWG THHN por fase, después la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, realizada por el interruptor termomagnético tripolar de 30 A con $I_{cc}=25$ kA marca Merlin Gerlin, modelo EZC100N-30 A, la automatización y control de estos circuitos es mediante un temporizador marca Merlin Gerlin, modelo IHP Multi 9, el cual activa los dos relés electromecánicos marca Telemecanique modelos D50-11 y D40 que energizan los dos circuitos de la red trifásica de distribución, el primero en calibre Cu 8 AWG THW y el segundo en Cu 10 AWG THW.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 28 Interruptor termomagnético EZC100N-40 A

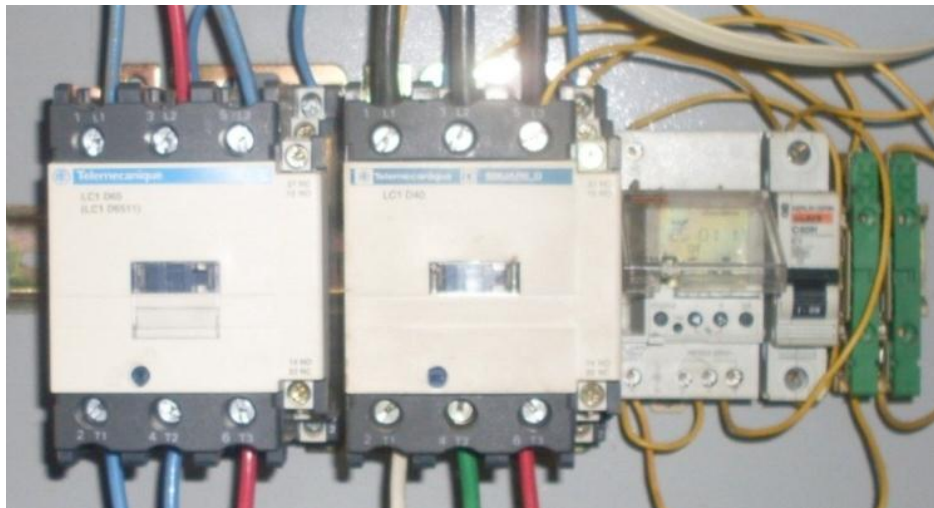


Ilustración 29 Interruptor termomagnético EZC100N-30 A



Fuente: Los autores

Ilustración 30 Conjunto de Automatización y Control



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.7 Red G Esta red está conformada por dos circuitos que se alimentan por medio del tablero de distribución ubicado a la entrada de las canchas multiplex; Ambos circuitos son alimentados por medio de un conductor Calibre Cu 6 AWG THW cada uno y un conductor por fase. La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realiza por medio de un interruptor termomagnético tripolar de 80 A con $I_{cc}=25$ kA marca Merlin Gerlin modelo EZC100N-80 A, los dos son controlados independientemente por dos temporizadores, marca Merlin Gerlin, modelo IHP Multi 9, el primero activa el relé electromecánico marca Telemecanique modelo D50-11 que energiza el circuito de la red trifásica de distribución en calibre Cu 8 AWG THW por fase que alimentan las luminarias de las canchas; el segundo activa el relé electromecánico marca Telemecanique modelo D60 que energiza el circuito de la red trifásica de distribución en calibre Cu 8 AWG THW por fase que alimentan las luminarias perimetrales a la vía.

Ilustración 31 Ubicación tablero de distribución



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 32 Interruptor termomagnético EZC100N-80 A



Fuente: Los autores

Ilustración 33 Relé electromecánico
Telemecanique D50-11

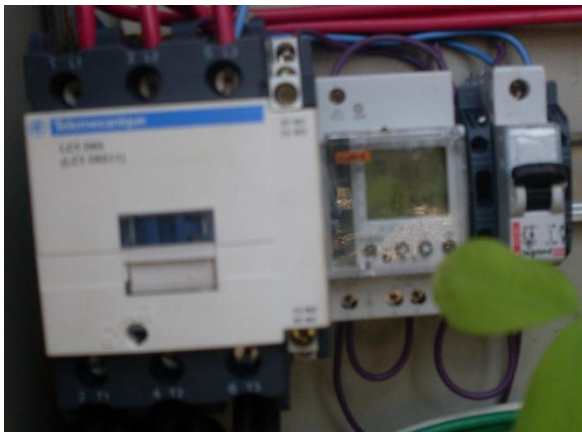
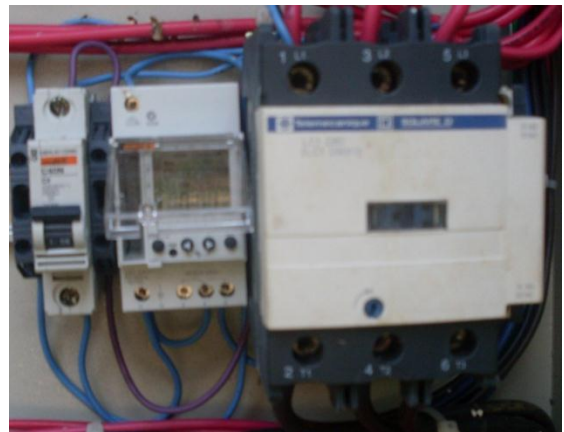


Ilustración 34 Relé electromecánico
Telemecanique D60



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.8 Red H Esta red está conformada por dos circuitos que se alimentan por medio del tablero de distribución ubicado a la entrada de las canchas de Tennis; Ambos circuitos son alimentados por medio de un conductor Calibre Cu 6 AWG THHN cada uno y un conductor por fase, estos dos circuitos se controlan manualmente por medio de dos interruptores termomagnéticos tripolar de 40 A con $I_{cc}= 10kA$ marca luminex modelo QCX-3040 atornillable que a la vez cumplen la función de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, el primero energiza el circuito que alimenta la luminarias de la parte internas de la cancha, el segundo las luminarias externas, ambos circuitos de distribución en calibre Cu 8 AWG THW por fase que alimentan las luminarias de las canchas.

Ilustración 35 Interruptores termomagnéticos QCX-3040



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.9 Red I Esta red está conformada por doce circuitos que se alimentan por medio del tablero electrónico de distribución ubicado dentro de la portería de la Carrera 27, este tablero proporciona protección contra sobrecargas y cortocircuitos de 200 A con $I_{cc} = 10$ kA, todos los circuitos son alimentados por medio de un conductor Calibre Cu 8 AWG THHN cada uno y un conductor por fase y controlados manualmente. Esta red es la encargada de iluminar toda la zona conocida como la playa y las luminarias que se encuentran encima de la portería.

Ilustración 36 Tablero electrónico de distribución



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.10 Red J Esta red está conformada por un circuito que se alimenta por medio del tablero de distribución ubicado dentro de la portería de la Carrera 30; La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realiza por medio de un interruptor termomagnético tripolar de 15 A con $I_{cc}= 10kA$ marca luminex modelo QCX-4015, todos los circuitos son alimentados por medio de un conductor Calibre Cu 8 AWG THHN cada uno y un conductor por fase y su controlado manualmente.

Ilustración 37 Tablero de distribución



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.4.11 Red K Esta red alimentada por el barraje de baja tensión de la subestación del edificio CENTIC por medio de un conductor Calibre Cu 8 AWG THW por fase. La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se realiza por medio de un interruptor termomagnético tripolar de 80 A con $I_{cc}=25$ kA marca Merlin Gerlin modelo EZC100N-6 0A y controlado mediante un temporizador, marca Merlin Gerlin, modelo IHP Multi 9, que activa el relé electromecánico marca Telemecanique modelo D60 que energiza el único circuito de la red trifásica de distribución en calibre Cu 8 AWG THW por fase.

Ilustración 38 Interruptor termomagnético EZC100N-60 A

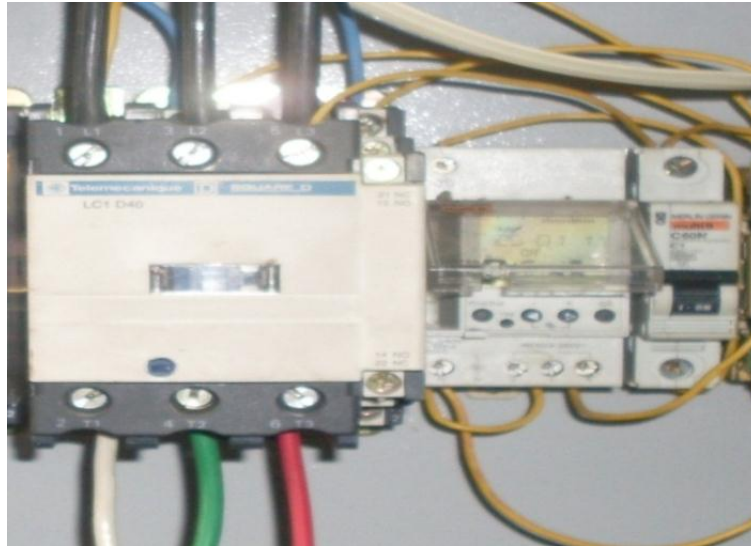


Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 39 Conjunto de automatización y control



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

A continuación se muestra una serie de tablas que complementan la información anterior, presentando la ubicación, acometida, el número de puestos del tablero, cuadro de cargas y regulación; lo que respecta a la regulación en aquellas casillas de las tablas de regulación que estén resaltadas con verde son aquellas que cumplen con los porcentajes acordados y los resaltados en rojo son los que no cumplen de acuerdo en lo establecido en la norma de la ESSA.

En general se obtuvieron y se calcularon datos como:

- Inventario toda la red de alumbrado.
- La tecnología de la bombilla.
- Potencia de la bombilla.
- Características técnicas de los balastos (Reactancias).
- Acometida.
- Tipo de red.
- Tensión.
- Tipo circuito.
- F.P.
- Corriente.
- Conductor.
- Número de conductores por fase (Nº cond/Fase).
- Protección.
- Factor de corrección (FS).
- Constante generalizada (KG).
- Momento de potencia.

Los valores resaltados en la tabla No 12, son aquellos que serán utilizados para construir el cuadro general de carga y así hallar la potencia activa consumida del sistema, factor de potencia y verificar si las protecciones son las apropiadas.



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 12 Características técnicas de los balastos de las diferentes tecnologías.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS BALASTOS			
BOMBILLA DE MERCURIO			
POTENCIA DE LA BOMBILLA [W]	125	250	400
TENSIÓN DE LÍNEA [V]	208		
FRECUENCIA [Hz]	60		
CORRIENTE DE ARRANQUE DE LÍNEA [A]	1,8	1,9	3,5
CORRIENTE DE ARRANQUE DE BOMBILLA [A]	2,5	4,5	7,5
CORRIENTE DE OPERACIÓN DE LÍNEA [A]	0,7	1,3	2,2
CORRIENTE DE OPERACIÓN DE BOMBILLA [A]	1,15	2,15	3,25
CONDENSADOR [µF]	10	20	30
FACTOR DE POTENCIA	0,9		
PÉRDIDAS [W]	9	15	22
POTENCIA ACTIVA DE LA BOMBILLA [W]	126	244	396
POTENCIA ACTIVA DE LÍNEA [W]	135	259	418
ARRANCADOR	N.A.		
BOMBILLA DE SODIO			
POTENCIA DE LA BOMBILLA [W]	70	400	
TENSIÓN DE LÍNEA [V]	208		
FRECUENCIA [Hz]	60		
CORRIENTE DE ARRANQUE DE LÍNEA [A]	0,44	2,51	
CORRIENTE DE ARRANQUE DE BOMBILLA [A]	1,22	6,03	
CORRIENTE DE OPERACIÓN DE LÍNEA [A]	0,407	2,22	
CORRIENTE DE OPERACIÓN DE BOMBILLA [A]	0,98	4,6	
CONDENSADOR [µF]	10	45	
FACTOR DE POTENCIA	0,9		
PÉRDIDAS [W]	9,5	35	
POTENCIA ACTIVA DE LA BOMBILLA [W]	68	395	
POTENCIA ACTIVA DE LÍNEA [W]	77,5	430	
ARRANCADOR	ASP 70 - ASSI70	ASP 100/400 - AES 01	



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

BOMBILLA DE METAL HALIDE			
POTENCIA DE LA BOMBILLA [W]	150	250	400
TENSIÓN DE LÍNEA [V]	208		
FRECUENCIA [Hz]	60		
CORRIENTE DE ARRANQUE DE LÍNEA [A]	0,88	1,75	2,51
CORRIENTE DE ARRANQUE DE BOMBILLA [A]	2,1	3,6	6,03
CORRIENTE DE OPERACIÓN DE LÍNEA [A]	0,82	1,44	2,22
CORRIENTE DE OPERACIÓN DE BOMBILLA [A]	1,75	3	4,6
CONDENSADOR [μ F]	20	35	45
FACTOR DE POTENCIA	0,9		
PÉRDIDAS [W]	16	23	35
POTENCIA ACTIVA DE LA BOMBILLA [W]	144	246	495
POTENCIA ACTIVA DE LÍNEA [W]	160	269	430
ARRANCADOR	ASP 100/400 - AES 01		

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 13 Cuadro general de cargas del sistema de iluminación

RED	CIRCUITO	TIPO DE CIRCUITO	NUMERO DE LÁMPARAS							P(W)	F.P.	S(VA)	I(A)	CONDUCTOR	PROTECCIÓN	CANALIZACIÓN	OBSERVACIONES	
			SODIO 70 W	MERCURIO 125 W	METAL HALIDE 150 W	MERCURIO 250 W	METAL HALIDE 250 W	MERCURIO 400 W	METAL HALIDE 400 W									SODIO 400 W
A	A1	Trif		48				1	4		8000	0,9	8618	57,70	6 AWG THHN	3x80A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN ELÉCTRICA ANTIGUA
	A2	Trif		35						4375	0,9	4725	36,37	6 AWG THHN				
	A3	Trif		13						1625	0,9	1755	13,51	10 AWG THHN				
B	B	Trif		26						3250	0,9	3510	27,02	8 AWG THW	3x40A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN PLANTA DE ACEROS	
C	C	Trif		54				2		2	8350	0,9	8986	63,06	8 AWG THW	3X63A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN EL CAMILO TORRES
D	D	Trif		31							3875	0,9	4185	32,22	8 AWG THW	3X32A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN CAPRUIS
E	E1	Trif	57	51				2			11165	0,9	12138,5	71,52	6 AWG THW	3X100A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN ADMINISTRATIVO I
	E2	Trif	4	44				4	3		8580	0,9	9212	59,17	8 AWG THW	3X70A	TUBO PVC 1 1/4"	
F	F1	Trif		30					13		8950	0,9	9640	50,02	8 AWG THW	3x40A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN EL COLISEO
	F2	Trif	18								1260	0,9	1395	4,57	8 AWG THW	3x30A	TUBO PVC 1 1/4"	
G	G1	Trif							50		20000	0,9	21500	72,46	6 AWG THW	3x80A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN LA ENTRADA DE LA CANCHAS MULTIPLEX
	G2	Trif	13						26		11310	0,9	12187,5	40,98	6 AWG THW		TUBO PVC 1 1/4"	
H	H1	Trif							8		3200	0,9	3440	11,59	6 AWG THW	3x40A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN LA ENTRADA DE LAS CANCHAS DE TENNIS
	H2	Trif							6		2400	0,9	2580	8,69	6 AWG THW	3x40A	TUBO PVC 1 1/4"	
I	I1	Trif	7								490	0,9	542,5	1,78	8 AWG THW	3x200A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN LA PORTERÍA DE LA Cr 27
	I2	Trif								5	2000	0,9	2150	7,25	8 AWG THW		TUBO PVC 1 1/4"	
	I3	Trif								5	2000	0,9	2150	7,25	8 AWG THW		TUBO PVC 1 1/4"	
	I4	Trif			14						2100	0,9	2240	7,11	8 AWG THW		TUBO PVC 1 1/4"	
	I5	Trif			10						1500	0,9	1600	5,08	8 AWG THW		TUBO PVC 1 1/4"	
	I6	Trif				4					1000	0,9	1036	4,39	8 AWG THW		TUBO PVC 1 1/4"	
J	J	Trif				4					1000	0,9	1036	4,39	8 AWG THW	3X20A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN LA PORTERÍA DE LA Cr 30
K	K	Trif	13				2			12	6210	0,9	6705,5	22,71	8 AWG THW	3X60A	TUBO PVC 1 1/4"	UBICADO EN EL CENTIC

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 14 de Cuadro de regulación de la red A circuito A1

TABLA DE REGULACIÓN RED A			CIRCUITO A1		FP: 0,9		TENSION DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN		
							PARCIAL	ACUMULADA	
1	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	12	396,2730	6 AWG	2	138,855	2,2737	3,5302	
2	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	20	505,1796	6 AWG	2	138,855	2,8986	4,3145	
3	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	4	18,3891	6 AWG	2	138,855	0,1055	1,5214	
	4	10	3,1900	6 AWG	2	138,855	0,0183	1,5397	
4	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	4	18,3891	6 AWG	2	138,855	0,1055	1,5214	
	4	5	16,7944	6 AWG	2	138,855	0,0964	1,6177	
	5	9	0,8444	6 AWG	2	138,855	0,0048	1,6226	
5	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	4	18,3891	6 AWG	2	138,855	0,1055	1,5214	
	4	5	16,7944	6 AWG	2	138,855	0,0964	1,6177	
	5	6	7,8812	6 AWG	2	138,855	0,0452	1,6629	
	6	7	1,1259	6 AWG	2	138,855	0,0065	1,6694	
6	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	4	18,3891	6 AWG	2	138,855	0,1055	1,5214	
	4	5	16,7944	6 AWG	2	138,855	0,0964	1,6177	
	5	6	7,8812	6 AWG	2	138,855	0,0452	1,6629	
	6	8	2,2518	6 AWG	2	138,855	0,0129	1,6759	
7	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	3	63,0494	6 AWG	2	138,855	0,3618	1,7776	
	3	11	27,3027	6 AWG	2	138,855	0,1567	1,9343	
8	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	3	63,0494	6 AWG	2	138,855	0,3618	1,7776	
	3	13	343,0188	6 AWG	2	138,855	1,9682	3,7458	
	13	14	9,9453	6 AWG	2	138,855	0,0571	3,8028	
9	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	3	63,0494	6 AWG	2	138,855	0,3618	1,7776	
	3	13	343,0188	6 AWG	2	138,855	1,9682	3,7458	
	13	15	199,6565	6 AWG	2	138,855	1,1456	4,8914	
	15	16	2,8147	6 AWG	2	138,855	0,0162	4,9075	
	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565	
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158	
	2	3	63,0494	6 AWG	2	138,855	0,3618	1,7776	
	3	13	343,0188	6 AWG	2	138,855	1,9682	3,7458	
	13	15	199,6565	6 AWG	2	138,855	1,1456	4,8914	
	15	17	10,9515	6 AWG	2	138,855	0,0628	4,9542	



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

11	0	1	218,9842	6 AWG	2	138,855	1,2565	1,2565
	1	2	27,7718	6 AWG	2	138,855	0,1593	1,4158
	2	3	63,0494	6 AWG	2	138,855	0,3618	1,7776
	3	13	343,0188	6 AWG	2	138,855	1,9682	3,7458
	13	15	199,6565	6 AWG	2	138,855	1,1456	4,8914
	15	17	10,9515	6 AWG	2	138,855	0,0628	4,9542
	17	19	0,7506	6 AWG	2	138,855	0,0043	4,9585

Fuente: Los autores

Tabla 15 Cuadro de regulación de la red A circuito A2

TABLA DE REGULACIÓN RED A		CIRCUITO A2		FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO	MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN		
						PARCIAL	ACUMULADA	
1	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	17	36,4213	6 AWG	2	138,855	0,2090	3,6480
2	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	2	217,9896	6 AWG	2	138,855	1,2508	4,6898
	2	16	27,6779	6 AWG	2	138,855	0,1588	4,8486
3	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	2	217,9896	6 AWG	2	138,855	1,2508	4,6898
	2	3	77,3105	6 AWG	2	138,855	0,4436	5,1334
	3	8	29,2729	6 AWG	2	138,855	0,1680	5,3013
	8	9	1,7452	6 AWG	2	138,855	0,0100	5,3113
4	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	2	217,9896	6 AWG	2	138,855	1,2508	4,6898
	2	3	77,3105	6 AWG	2	138,855	0,4436	5,1334
	3	8	29,2729	6 AWG	2	138,855	0,1680	5,3013
	8	10	3,0023	6 AWG	2	138,855	0,0172	5,3186
5	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	2	217,9896	6 AWG	2	138,855	1,2508	4,6898
	2	3	77,3105	6 AWG	2	138,855	0,4436	5,1334
	3	4	55,1682	6 AWG	2	138,855	0,3165	5,4499
	4	7	10,3206	6 AWG	2	138,855	0,0592	5,5091
	7	11	2,9085	6 AWG	2	138,855	0,0167	5,5258
6	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	2	217,9896	6 AWG	2	138,855	1,2508	4,6898
	2	3	77,3105	6 AWG	2	138,855	0,4436	5,1334
	3	4	55,1682	6 AWG	2	138,855	0,3165	5,4499
	4	7	10,3206	6 AWG	2	138,855	0,0592	5,5091
	7	12	1,7826	6 AWG	2	138,855	0,0102	5,5194
7	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	2	217,9896	6 AWG	2	138,855	1,2508	4,6898
	2	3	77,3105	6 AWG	2	138,855	0,4436	5,1334
	3	4	55,1682	6 AWG	2	138,855	0,3165	5,4499
	4	5	26,5520	6 AWG	2	138,855	0,1524	5,6023
	5	13	6,7553	6 AWG	2	138,855	0,0388	5,6410
8	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	2	217,9896	6 AWG	2	138,855	1,2508	4,6898
	2	3	77,3105	6 AWG	2	138,855	0,4436	5,1334
	3	4	55,1682	6 AWG	2	138,855	0,3165	5,4499



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	4	5	26,5520	6 AWG	2	138,855	0,1524	5,6023
	5	6	9,5700	6 AWG	2	138,855	0,0549	5,6572
	6	14	0,5630	6 AWG	2	138,855	0,0032	5,6604
9	0	1	599,3560	6 AWG	2	138,855	3,4390	3,4390
	1	2	217,9896	6 AWG	2	138,855	1,2508	4,6898
	2	3	77,3105	6 AWG	2	138,855	0,4436	5,1334
	3	4	55,1682	6 AWG	2	138,855	0,3165	5,4499
	4	5	26,5520	6 AWG	2	138,855	0,1524	5,6023
	5	6	9,5700	6 AWG	2	138,855	0,0549	5,6572
	6	15	5,2542	6 AWG	2	138,855	0,0301	5,6873

Fuente: Los autores

Tabla 16 Cuadro de regulación de la red A circuito A3

TABLA DE REGULACIÓN RED A		CIRCUITO A3		FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	61,7488	10 AWG	2	337,154	0,9624	0,9624
	1	7	26,1800	10 AWG	2	337,154	0,4080	1,3704
2	0	1	61,7488	10 AWG	2	337,154	0,9624	0,9624
	1	2	5,1247	10 AWG	2	337,154	0,0799	1,0423
	2	6	8,0057	10 AWG	2	337,154	0,1248	1,1671
3	0	1	61,7488	10 AWG	2	337,154	0,9624	0,9624
	1	2	5,1247	10 AWG	2	337,154	0,0799	1,0423
	2	3	21,5163	10 AWG	2	337,154	0,3354	1,3776
	3	4	8,6172	10 AWG	2	337,154	0,1343	1,5119
4	0	1	61,7488	10 AWG	2	337,154	0,9624	0,9624
	1	2	5,1247	10 AWG	2	337,154	0,0799	1,0423
	2	3	21,5163	10 AWG	2	337,154	0,3354	1,3776
	3	5	5,9788	10 AWG	2	337,154	0,0932	1,4708

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 17 Cuadro de regulación de la red B

TABLA DE REGULACIÓN RED B		CIRCUITO B		FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	14	6,3250	8 AWG	2	217,607	0,0569	0,6136
2	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	2	44,6470	8 AWG	2	217,607	0,4015	0,9582
	2	9	125,9419	8 AWG	2	217,607	1,1325	2,0906
3	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	2	44,6470	8 AWG	2	217,607	0,4015	0,9582
	2	13	7,8294	8 AWG	2	217,607	0,0704	1,0286
4	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	2	44,6470	8 AWG	2	217,607	0,4015	0,9582
	2	3	18,2309	8 AWG	2	217,607	0,1639	1,1221
	3	12	1,4882	8 AWG	2	217,607	0,0134	1,1355
5	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	2	44,6470	8 AWG	2	217,607	0,4015	0,9582
	2	3	18,2309	8 AWG	2	217,607	0,1639	1,1221
	3	4	64,7382	8 AWG	2	217,607	0,5821	1,7042
	4	11	2,9765	8 AWG	2	217,607	0,0268	1,7310
6	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	2	44,6470	8 AWG	2	217,607	0,4015	0,9582
	2	3	18,2309	8 AWG	2	217,607	0,1639	1,1221
	3	4	64,7382	8 AWG	2	217,607	0,5821	1,7042
	4	5	31,6250	8 AWG	2	217,607	0,2844	1,9886
	5	10	10,3206	8 AWG	2	217,607	0,0928	2,0814
7	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	2	44,6470	8 AWG	2	217,607	0,4015	0,9582
	2	3	18,2309	8 AWG	2	217,607	0,1639	1,1221
	3	4	64,7382	8 AWG	2	217,607	0,5821	1,7042
	4	5	31,6250	8 AWG	2	217,607	0,2844	1,9886
	5	15	2,1393	8 AWG	2	217,607	0,0192	2,0078
8	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	2	44,6470	8 AWG	2	217,607	0,4015	0,9582
	2	3	18,2309	8 AWG	2	217,607	0,1639	1,1221
	3	4	64,7382	8 AWG	2	217,607	0,5821	1,7042
	4	5	31,6250	8 AWG	2	217,607	0,2844	1,9886
	5	6	51,3442	8 AWG	2	217,607	0,4617	2,4503
	6	7	4,6507	8 AWG	2	217,607	0,0418	2,4921
9	0	1	61,9106	8 AWG	2	217,607	0,5567	0,5567
	1	2	44,6470	8 AWG	2	217,607	0,4015	0,9582
	2	3	18,2309	8 AWG	2	217,607	0,1639	1,1221
	3	4	64,7382	8 AWG	2	217,607	0,5821	1,7042
	4	5	31,6250	8 AWG	2	217,607	0,2844	1,9886
	5	6	51,3442	8 AWG	2	217,607	0,4617	2,4503
	6	8	19,3843	8 AWG	2	217,607	0,1743	2,6246

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 18 Cuadro de regulación de la red C

TABLA DE REGULACIÓN RED C			CIRCUITO C		FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208	
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	21	9,4193	8 AWG	2	217,607	0,0847	1,7783
2	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	3	31,7189	8 AWG	2	217,607	0,2852	1,9789
	3	19	61,0217	8 AWG	2	217,607	0,5487	2,5276
3	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	3	31,7189	8 AWG	2	217,607	0,2852	1,9789
	3	22	190,3444	8 AWG	2	217,607	1,7116	3,6904
4	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	4	231,9596	8 AWG	2	217,607	2,0858	3,7794
	4	28	22,9411	8 AWG	2	217,607	0,2063	3,9857
5	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	4	231,9596	8 AWG	2	217,607	2,0858	3,7794
	4	5	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	4,2462
	5	23	7,8788	8 AWG	2	217,607	0,0708	4,3170
6	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	4	231,9596	8 AWG	2	217,607	2,0858	3,7794
	4	5	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	4,2462
	5	24	4,7891	8 AWG	2	217,607	0,0431	4,2892
7	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	4	231,9596	8 AWG	2	217,607	2,0858	3,7794
	4	5	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	4,2462
	5	6	46,9635	8 AWG	2	217,607	0,4223	4,6685
	6	27	2,1628	8 AWG	2	217,607	0,0194	4,6879
8	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	4	231,9596	8 AWG	2	217,607	2,0858	3,7794
	4	5	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	4,2462
	5	6	46,9635	8 AWG	2	217,607	0,4223	4,6685
	6	7	4,9435	8 AWG	2	217,607	0,0445	4,7129
	7	25	4,1711	8 AWG	2	217,607	0,0375	4,7504
9	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	2	136,4414	8 AWG	2	217,607	1,2269	1,6936
	2	4	231,9596	8 AWG	2	217,607	2,0858	3,7794
	4	5	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	4,2462
	5	6	46,9635	8 AWG	2	217,607	0,4223	4,6685
	6	7	4,9435	8 AWG	2	217,607	0,0445	4,7129
	7	26	8,4967	8 AWG	2	217,607	0,0764	4,7893
10	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	8	14,8306	8 AWG	2	217,607	0,1334	0,6001



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	8	20	1,3903	8 AWG	2	217,607	0,0125	0,6126
11	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	8	14,8306	8 AWG	2	217,607	0,1334	0,6001
	8	9	119,2627	8 AWG	2	217,607	1,0724	1,6725
	9	18	21,9369	8 AWG	2	217,607	0,1973	1,8698
12	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	8	14,8306	8 AWG	2	217,607	0,1334	0,6001
	8	9	119,2627	8 AWG	2	217,607	1,0724	1,6725
	9	10	136,4106	8 AWG	2	217,607	1,2266	2,8991
	10	16	14,9851	8 AWG	2	217,607	0,1347	3,0339
13	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	8	14,8306	8 AWG	2	217,607	0,1334	0,6001
	8	9	119,2627	8 AWG	2	217,607	1,0724	1,6725
	9	10	136,4106	8 AWG	2	217,607	1,2266	2,8991
	10	17	8,3422	8 AWG	2	217,607	0,0750	2,9741
14	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	8	14,8306	8 AWG	2	217,607	0,1334	0,6001
	8	9	119,2627	8 AWG	2	217,607	1,0724	1,6725
	9	10	136,4106	8 AWG	2	217,607	1,2266	2,8991
	10	11	71,2177	8 AWG	2	217,607	0,6404	3,5395
	11	15	4,6345	8 AWG	2	217,607	0,0417	3,5812
15	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	8	14,8306	8 AWG	2	217,607	0,1334	0,6001
	8	9	119,2627	8 AWG	2	217,607	1,0724	1,6725
	9	10	136,4106	8 AWG	2	217,607	1,2266	2,8991
	10	11	71,2177	8 AWG	2	217,607	0,6404	3,5395
	11	12	23,9452	8 AWG	2	217,607	0,2153	3,7548
	12	13	4,9435	8 AWG	2	217,607	0,0445	3,7993
16	0	1	51,9070	8 AWG	2	217,607	0,4667	0,4667
	1	8	14,8306	8 AWG	2	217,607	0,1334	0,6001
	8	9	119,2627	8 AWG	2	217,607	1,0724	1,6725
	9	10	136,4106	8 AWG	2	217,607	1,2266	2,8991
	10	11	71,2177	8 AWG	2	217,607	0,6404	3,5395
	11	12	23,9452	8 AWG	2	217,607	0,2153	3,7548
	12	14	1,6994	8 AWG	2	217,607	0,0153	3,7701

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 19 Cuadro de regulación de la red D

TABLA DE REGULACIÓN RED D			CIRCUITO D		FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208	
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	18	86,5037	8 AWG	2	217,607	0,7778	1,5390
2	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	19	6,6970	8 AWG	2	217,607	0,0602	0,8213
3	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096
	2	10	8,7434	8 AWG	2	217,607	0,0786	1,7882
4	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096
	2	7	27,9044	8 AWG	2	217,607	0,2509	1,9605
	7	8	21,4864	8 AWG	2	217,607	0,1932	2,1537
5	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096
	2	7	27,9044	8 AWG	2	217,607	0,2509	1,9605
	7	9	12,4640	8 AWG	2	217,607	0,1121	2,0726
6	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096
	2	3	76,3651	8 AWG	2	217,607	0,6867	2,3963
	3	11	9,1155	8 AWG	2	217,607	0,0820	2,4782
7	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096
	2	3	76,3651	8 AWG	2	217,607	0,6867	2,3963
	3	4	44,0890	8 AWG	2	217,607	0,3964	2,7927
	4	5	17,5798	8 AWG	2	217,607	0,1581	2,9508
	5	17	14,3243	8 AWG	2	217,607	0,1288	3,0796
8	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096
	2	3	76,3651	8 AWG	2	217,607	0,6867	2,3963
	3	4	44,0890	8 AWG	2	217,607	0,3964	2,7927
	4	5	17,5798	8 AWG	2	217,607	0,1581	2,9508
	5	6	13,7104	8 AWG	2	217,607	0,1233	3,0741
9	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096
	2	3	76,3651	8 AWG	2	217,607	0,6867	2,3963
	3	4	44,0890	8 AWG	2	217,607	0,3964	2,7927
	4	5	17,5798	8 AWG	2	217,607	0,1581	2,9508
	5	6	13,7104	8 AWG	2	217,607	0,1233	3,0741
	6	16	1,8603	8 AWG	2	217,607	0,0167	3,0908
10	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096
	2	3	76,3651	8 AWG	2	217,607	0,6867	2,3963
	3	4	44,0890	8 AWG	2	217,607	0,3964	2,7927
	4	12	7,6272	8 AWG	2	217,607	0,0686	2,8613
	12	13	2,2323	8 AWG	2	217,607	0,0201	2,8814
11	0	1	84,6434	8 AWG	2	217,607	0,7611	0,7611
	1	2	105,4787	8 AWG	2	217,607	0,9485	1,7096



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	2	3	76,3651	8 AWG	2	217,607	0,6867	2,3963
	3	4	44,0890	8 AWG	2	217,607	0,3964	2,7927
	4	12	7,6272	8 AWG	2	217,607	0,0686	2,8613
	12	14	0,5581	8 AWG	2	217,607	0,0050	2,8663

Fuente: Los autores

Tabla 20 Cuadro de regulación de la red E circuito E1

TABLA DE REGULACIÓN RED E			CIRCUITO E1	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	21	61,2830	6 AWG	2	138,855	0,3516	3,5930
2	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	9	306,6185	6 AWG	2	138,855	1,7593	5,0006
	9	10	34,6985	6 AWG	2	138,855	0,1991	5,1997
	10	19	78,3750	6 AWG	2	138,855	0,4497	5,6494
3	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	9	306,6185	6 AWG	2	138,855	1,7593	5,0006
	9	10	34,6985	6 AWG	2	138,855	0,1991	5,1997
	10	20	21,3530	6 AWG	2	138,855	0,1225	5,3223
4	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	9	306,6185	6 AWG	2	138,855	1,7593	5,0006
	9	11	152,8677	6 AWG	2	138,855	0,8771	5,8778
	11	12	8,7353	6 AWG	2	138,855	0,0501	5,9279
	12	17	3,1544	6 AWG	2	138,855	0,0181	5,9460
5	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	9	306,6185	6 AWG	2	138,855	1,7593	5,0006
	9	11	152,8677	6 AWG	2	138,855	0,8771	5,8778
	11	12	8,7353	6 AWG	2	138,855	0,0501	5,9279
	12	18	12,1323	6 AWG	2	138,855	0,0696	5,9975
6	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	9	306,6185	6 AWG	2	138,855	1,7593	5,0006
	9	11	152,8677	6 AWG	2	138,855	0,8771	5,8778
	11	12	8,7353	6 AWG	2	138,855	0,0501	5,9279
	12	31	1,2132	6 AWG	2	138,855	0,0070	5,9349
7	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	9	306,6185	6 AWG	2	138,855	1,7593	5,0006
	9	11	152,8677	6 AWG	2	138,855	0,8771	5,8778
	11	13	35,4265	6 AWG	2	138,855	0,2033	6,0810
	13	14	3,3970	6 AWG	2	138,855	0,0195	6,1005
8	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	9	306,6185	6 AWG	2	138,855	1,7593	5,0006



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	9	11	152,8677	6 AWG	2	138,855	0,8771	5,8778
	11	13	35,4265	6 AWG	2	138,855	0,2033	6,0810
	13	15	3,1253	6 AWG	2	138,855	0,0179	6,0990
9	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	8	71,3043	6 AWG	2	138,855	0,4091	3,2413
	8	9	306,6185	6 AWG	2	138,855	1,7593	5,0006
	9	11	152,8677	6 AWG	2	138,855	0,8771	5,8778
	11	13	35,4265	6 AWG	2	138,855	0,2033	6,0810
	13	16	2,1740	6 AWG	2	138,855	0,0125	6,0935
10	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	22	0,8153	6 AWG	2	138,855	0,0047	3,4150
11	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	31	48,7818	6 AWG	2	138,855	0,2799	3,6902
12	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	3	51,2956	6 AWG	2	138,855	0,2943	3,7046
	3	29	18,5140	6 AWG	2	138,855	0,1062	3,8109
13	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	3	51,2956	6 AWG	2	138,855	0,2943	3,7046
	3	30	3,6397	6 AWG	2	138,855	0,0209	3,7255
14	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	3	51,2956	6 AWG	2	138,855	0,2943	3,7046
	3	4	113,3938	6 AWG	2	138,855	0,6506	4,3553
	4	7	47,0735	6 AWG	2	138,855	0,2701	4,6254
	7	31	1,4560	6 AWG	2	138,855	0,0084	4,6337
15	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	3	51,2956	6 AWG	2	138,855	0,2943	3,7046
	3	4	113,3938	6 AWG	2	138,855	0,6506	4,3553
	4	7	47,0735	6 AWG	2	138,855	0,2701	4,6254
	7	26	24,7500	6 AWG	2	138,855	0,1420	4,7674
	26	27	4,6103	6 AWG	2	138,855	0,0265	4,7938
16	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	3	51,2956	6 AWG	2	138,855	0,2943	3,7046
	3	4	113,3938	6 AWG	2	138,855	0,6506	4,3553
	4	7	47,0735	6 AWG	2	138,855	0,2701	4,6254
	7	26	24,7500	6 AWG	2	138,855	0,1420	4,7674
	26	28	20,3823	6 AWG	2	138,855	0,1169	4,8843
17	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	3	51,2956	6 AWG	2	138,855	0,2943	3,7046
	3	4	113,3938	6 AWG	2	138,855	0,6506	4,3553
	4	5	20,1494	6 AWG	2	138,855	0,1156	4,4709
	5	23	65,5632	6 AWG	2	138,855	0,3762	4,8471
18	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

	2	3	51,2956	6 AWG	2	138,855	0,2943	3,7046
	3	4	113,3938	6 AWG	2	138,855	0,6506	4,3553
	4	5	20,1494	6 AWG	2	138,855	0,1156	4,4709
	5	6	16,0147	6 AWG	2	138,855	0,0919	4,5628
	6	24	7,1580	6 AWG	2	138,855	0,0411	4,6039
19	0	1	493,6023	6 AWG	2	138,855	2,8322	2,8322
	1	2	100,7568	6 AWG	2	138,855	0,5781	3,4103
	2	3	51,2956	6 AWG	2	138,855	0,2943	3,7046
	3	4	113,3938	6 AWG	2	138,855	0,6506	4,3553
	4	5	20,1494	6 AWG	2	138,855	0,1156	4,4709
	5	6	16,0147	6 AWG	2	138,855	0,0919	4,5628
	6	25	14,8015	6 AWG	2	138,855	0,0849	4,6477

Fuente: Los autores

Tabla 21 Cuadro de regulación de la red E circuito E2

TABLA DE REGULACIÓN RED E		CIRCUITO E2		FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO	MOMENTO ELÉCTRICO kVA _m	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN		
						PARCIAL	ACUMULADA	
1	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	13	10,9385	6 AWG	2	138,855	0,0628	2,4048
2	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	10	119,6250	6 AWG	2	138,855	0,6864	3,2039
3	10	24	2,1838	6 AWG	2	138,855	0,0125	3,2164
	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	10	119,6250	6 AWG	2	138,855	0,6864	3,2039
	10	11	52,1692	6 AWG	2	138,855	0,2993	3,5032
4	11	25	2,9118	6 AWG	2	138,855	0,0167	3,5199
	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	10	119,6250	6 AWG	2	138,855	0,6864	3,2039
	10	11	52,1692	6 AWG	2	138,855	0,2993	3,5032
	11	12	33,8493	6 AWG	2	138,855	0,1942	3,6974
5	12	23	38,5809	6 AWG	2	138,855	0,2214	3,9188
	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	10	119,6250	6 AWG	2	138,855	0,6864	3,2039
	10	11	52,1692	6 AWG	2	138,855	0,2993	3,5032
	11	12	33,8493	6 AWG	2	138,855	0,1942	3,6974
	12	26	8,4927	6 AWG	2	138,855	0,0487	3,7462
6	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	4	14	7,7647	6 AWG	2	138,855	0,0446	2,7973
7	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528
	4	5	172,2794	6 AWG	2	138,855	0,9885	3,7413
	5	22	1,2132	6 AWG	2	138,855	0,0070	3,7482
8	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528
	4	5	172,2794	6 AWG	2	138,855	0,9885	3,7413
	5	6	18,4412	6 AWG	2	138,855	0,1058	3,8471
	6	15	1,2132	6 AWG	2	138,855	0,0070	3,8541
9	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528
	4	5	172,2794	6 AWG	2	138,855	0,9885	3,7413
	5	6	18,4412	6 AWG	2	138,855	0,1058	3,8471
	6	21	14,3162	6 AWG	2	138,855	0,0821	3,9292
10	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528
	4	5	172,2794	6 AWG	2	138,855	0,9885	3,7413
	5	6	18,4412	6 AWG	2	138,855	0,1058	3,8471
	6	7	19,4118	6 AWG	2	138,855	0,1114	3,9585
	7	8	11,6470	6 AWG	2	138,855	0,0668	4,0253
	8	18	1,9412	6 AWG	2	138,855	0,0111	4,0364
11	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528
	4	5	172,2794	6 AWG	2	138,855	0,9885	3,7413
	5	6	18,4412	6 AWG	2	138,855	0,1058	3,8471
	6	7	19,4118	6 AWG	2	138,855	0,1114	3,9585
	7	8	11,6470	6 AWG	2	138,855	0,0668	4,0253
	8	9	38,0956	6 AWG	2	138,855	0,2186	4,2439
	9	19	5,3382	6 AWG	2	138,855	0,0306	4,2745
12	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528
	4	5	172,2794	6 AWG	2	138,855	0,9885	3,7413
	5	6	18,4412	6 AWG	2	138,855	0,1058	3,8471
	6	7	19,4118	6 AWG	2	138,855	0,1114	3,9585
	7	8	11,6470	6 AWG	2	138,855	0,0668	4,0253
	8	9	38,0956	6 AWG	2	138,855	0,2186	4,2439
	9	20	6,7942	6 AWG	2	138,855	0,0390	4,2829
13	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528
	4	5	172,2794	6 AWG	2	138,855	0,9885	3,7413
	5	6	18,4412	6 AWG	2	138,855	0,1058	3,8471
	6	7	19,4118	6 AWG	2	138,855	0,1114	3,9585
	7	16	17,4706	6 AWG	2	138,855	0,1002	4,0587
	16	17	47,5588	6 AWG	2	138,855	0,2729	4,3316
14	0	1	279,4420	6 AWG	2	138,855	1,6034	1,6034
	1	2	128,7388	6 AWG	2	138,855	0,7387	2,3421
	2	3	30,5735	6 AWG	2	138,855	0,1754	2,5175
	3	4	41,0073	6 AWG	2	138,855	0,2353	2,7528
	4	5	172,2794	6 AWG	2	138,855	0,9885	3,7413
	5	6	18,4412	6 AWG	2	138,855	0,1058	3,8471
	6	7	19,4118	6 AWG	2	138,855	0,1114	3,9585
	7	16	17,4706	6 AWG	2	138,855	0,1002	4,0587
16	27	8,4927	6 AWG	2	138,855	0,0487	4,1075	

Fuente: Los autores

Tabla 22 Cuadro de regulación de la red F circuito F1

TABLA DE REGULACIÓN RED F			CIRCUITO F1	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	115,9742	8 AWG	2	217,607	1,0428	1,0428
	1	2	157,0342	8 AWG	2	217,607	1,4121	2,4549
	2	3	91,3651	8 AWG	2	217,607	0,8216	3,2765
	3	17	8,3072	8 AWG	2	217,607	0,0747	3,3512
2	0	1	115,9742	8 AWG	2	217,607	1,0428	1,0428
	1	2	157,0342	8 AWG	2	217,607	1,4121	2,4549
	2	3	91,3651	8 AWG	2	217,607	0,8216	3,2765
	3	4	83,1283	8 AWG	2	217,607	0,7475	4,0239
	4	11	58,5728	2 AWG	2	108,45	0,2625	4,2864
3	0	1	115,9742	8 AWG	2	217,607	1,0428	1,0428
	1	2	157,0342	8 AWG	2	217,607	1,4121	2,4549
	2	3	91,3651	8 AWG	2	217,607	0,8216	3,2765
	3	4	83,1283	8 AWG	2	217,607	0,7475	4,0239
	4	12	36,9797	2 AWG	2	108,45	0,1657	4,1897
	12	13	67,5840	8 AWG	2	217,607	0,6077	4,7974
4	0	1	115,9742	8 AWG	2	217,607	1,0428	1,0428
	1	2	157,0342	8 AWG	2	217,607	1,4121	2,4549
	2	3	91,3651	8 AWG	2	217,607	0,8216	3,2765
	3	4	83,1283	8 AWG	2	217,607	0,7475	4,0239
	4	15	20,7631	2 AWG	2	108,45	0,0930	4,1170
	15	16	13,4464	8 AWG	2	217,607	0,1209	4,2379
5	0	1	115,9742	8 AWG	2	217,607	1,0428	1,0428
	1	2	157,0342	8 AWG	2	217,607	1,4121	2,4549
	2	5	32,3840	8 AWG	2	217,607	0,2912	2,7461
	5	9	15,4880	8 AWG	2	217,607	0,1393	2,8854
6	0	1	115,9742	8 AWG	2	217,607	1,0428	1,0428



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	1	2	157,0342	8 AWG	2	217,607	1,4121	2,4549
	2	5	32,3840	8 AWG	2	217,607	0,2912	2,7461
	5	10	8,3776	8 AWG	2	217,607	0,0753	2,8214
7	0	1	115,9742	8 AWG	2	217,607	1,0428	1,0428
	1	6	198,8378	8 AWG	2	217,607	1,7880	2,8308
	6	8	1,2672	8 AWG	2	217,607	0,0114	2,8422
8	0	1	115,9742	8 AWG	2	217,607	1,0428	1,0428
	1	6	198,8378	8 AWG	2	217,607	1,7880	2,8308
	6	7	55,8694	8 AWG	2	217,607	0,5024	3,3332
	7	14	303,6774	2 AWG	2	108,45	1,3609	4,6941

Fuente: Los autores

Tabla 23 Cuadro de regulación de la red F circuito F2

TABLA DE REGULACIÓN RED F			CIRCUITO F2	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	20,9736	8 AWG	2	217,607	0,1886	0,1886
	1	3	52,3551	8 AWG	2	217,607	0,4708	0,6594
2	0	2	7,8848	8 AWG	2	217,607	0,0709	0,0709
	2	4	2,2866	8 AWG	2	217,607	0,0206	0,0915
3	0	2	7,8848	8 AWG	2	217,607	0,0709	0,0709
	2	5	0,3942	8 AWG	2	217,607	0,0035	0,0744

Fuente: Los autores

Tabla 24 Cuadro de regulación de la red G circuito G1

TABLA DE REGULACIÓN RED G			CIRCUITO G1	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	22	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	0,9714
2	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	13	62,7264	8 AWG	2	217,607	0,5640	1,3474
	13	29	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	1,5354
3	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	13	62,7264	8 AWG	2	217,607	0,5640	1,3474
	13	12	62,7264	8 AWG	2	217,607	0,5640	1,9115
	12	28	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	2,0995
4	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	13	62,7264	8 AWG	2	217,607	0,5640	1,3474
	13	12	62,7264	8 AWG	2	217,607	0,5640	1,9115
	12	11	31,3632	8 AWG	2	217,607	0,2820	2,1935
	11	27	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	2,3815
5	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	13	62,7264	8 AWG	2	217,607	0,5640	1,3474
	13	12	62,7264	8 AWG	2	217,607	0,5640	1,9115
	12	11	31,3632	8 AWG	2	217,607	0,2820	2,1935
	11	10	50,5296	8 AWG	2	217,607	0,4544	2,6478
6	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	1	5	235,2240	8 AWG	2	217,607	2,1151	2,8985
	5	23	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	3,0865
7	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	5	235,2240	8 AWG	2	217,607	2,1151	2,8985
	5	6	62,7246	8 AWG	2	217,607	0,5640	3,4625
	6	24	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	3,6506
8	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	5	235,2240	8 AWG	2	217,607	2,1151	2,8985
	5	6	62,7246	8 AWG	2	217,607	0,5640	3,4625
	6	7	62,7246	8 AWG	2	217,607	0,5640	4,0266
	7	25	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	4,2146
9	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	5	235,2240	8 AWG	2	217,607	2,1151	2,8985
	5	6	62,7246	8 AWG	2	217,607	0,5640	3,4625
	6	7	62,7246	8 AWG	2	217,607	0,5640	4,0266
	7	8	31,3632	8 AWG	2	217,607	0,2820	4,3086
	8	26	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	4,4966
10	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	5	235,2240	8 AWG	2	217,607	2,1151	2,8985
	5	6	62,7246	8 AWG	2	217,607	0,5640	3,4625
	6	7	62,7246	8 AWG	2	217,607	0,5640	4,0266
	7	8	31,3632	8 AWG	2	217,607	0,2820	4,3086
	8	9	50,5296	8 AWG	2	217,607	0,4544	4,7630
11	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	16	32,5248	8 AWG	2	217,607	0,2925	2,6426
	16	31	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	2,8306
12	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	16	32,5248	8 AWG	2	217,607	0,2925	2,6426
	16	15	33,3960	8 AWG	2	217,607	0,3003	2,9429
	15	30	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	3,1309
13	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	16	32,5248	8 AWG	2	217,607	0,2925	2,6426
	16	15	33,3960	8 AWG	2	217,607	0,3003	2,9429
	15	14	19,1646	8 AWG	2	217,607	0,1723	3,1152
14	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	17	153,3312	8 AWG	2	217,607	1,3788	3,7289
	17	32	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	3,9169
15	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	17	153,3312	8 AWG	2	217,607	1,3788	3,7289
	17	32	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	3,9169
16	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	17	153,3312	8 AWG	2	217,607	1,3788	3,7289
	17	3	13,0680	8 AWG	2	217,607	0,1175	3,8464
	3	18	26,1360	8 AWG	2	217,607	0,2350	4,0814
	18	33	20,9088	8 AWG	2	217,607	0,1880	4,2694



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

17	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	17	153,3312	8 AWG	2	217,607	1,3788	3,7289
	17	3	13,0680	8 AWG	2	217,607	0,1175	3,8464
	3	18	26,1360	8 AWG	2	217,607	0,2350	4,0814
	18	19	33,6846	8 AWG	2	217,607	0,3029	4,3843
18	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	17	153,3312	8 AWG	2	217,607	1,3788	3,7289
	17	3	13,0680	8 AWG	2	217,607	0,1175	3,8464
	3	4	5,8080	8 AWG	2	217,607	0,0522	3,8986
	4	20	12,7776	8 AWG	2	217,607	0,1149	4,0135
19	0	1	87,1200	8 AWG	2	217,607	0,7834	0,7834
	1	2	174,2400	8 AWG	2	217,607	1,5668	2,3502
	2	17	153,3312	8 AWG	2	217,607	1,3788	3,7289
	17	3	13,0680	8 AWG	2	217,607	0,1175	3,8464
	3	4	5,8080	8 AWG	2	217,607	0,0522	3,8986
	4	21	31,3632	8 AWG	2	217,607	0,2820	4,1807

Fuente: Los autores

Tabla 25 Cuadro de regulación de la red G circuito G2

TABLA DE REGULACIÓN RED G		CIRCUITO G2		FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO	MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN		
						PARCIAL	ACUMULADA	
1	0	1	81,4886	6 AWG	2	138,855	0,4676	0,4676
	1	2	1303,8190	6 AWG	2	138,855	7,4811	7,9486
	2	3	442,0396	2 AWG	2	108,45	1,9810	9,9296
	3	11	464,0592	2 AWG	2	108,45	2,0796	12,0092
2	0	1	81,4886	6 AWG	2	138,855	0,4676	0,4676
	1	2	1303,8190	6 AWG	2	138,855	7,4811	7,9486
	2	3	442,0396	2 AWG	2	108,45	1,9810	9,9296
	3	12	243,4133	2 AWG	2	108,45	1,0908	11,0204
3	0	1	81,4886	6 AWG	2	138,855	0,4676	0,4676
	1	2	1303,8190	6 AWG	2	138,855	7,4811	7,9486
	2	4	267,3713	2 AWG	2	108,45	1,1982	9,1468
	4	5	135,9072	2 AWG	2	108,45	0,6091	9,7559
	5	9	41,8176	2 AWG	2	108,45	0,1874	9,9433
4	0	1	81,4886	6 AWG	2	138,855	0,4676	0,4676
	1	2	1303,8190	6 AWG	2	138,855	7,4811	7,9486
	2	4	267,3713	2 AWG	2	108,45	1,1982	9,1468
	4	5	135,9072	2 AWG	2	108,45	0,6091	9,7559
	5	10	108,0288	2 AWG	2	108,45	0,4841	10,2400
5	0	1	81,4886	6 AWG	2	138,855	0,4676	0,4676
	1	2	1303,8190	6 AWG	2	138,855	7,4811	7,9486
	2	4	267,3713	2 AWG	2	108,45	1,1982	9,1468
	4	6	268,1263	2 AWG	2	108,45	1,2016	10,3484
	6	7	64,8463	2 AWG	2	108,45	0,2906	10,6390
6	0	1	81,4886	6 AWG	2	138,855	0,4676	0,4676
	1	2	1303,8190	6 AWG	2	138,855	7,4811	7,9486
	2	4	267,3713	2 AWG	2	108,45	1,1982	9,1468



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	4	6	268,1263	2 AWG	2	108,45	1,2016	10,3484
	6	8	8,4361	2 AWG	2	108,45	0,0378	10,3862

Fuente: Los autores

Tabla 26 Cuadro de regulación de la red H circuito H1

TABLA DE REGULACIÓN RED H			CIRCUITO H1	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	7,2090	8 AWG	2	217,607	0,0648	0,0648
	1	5	12,6157	8 AWG	2	217,607	0,1134	0,1783
2	0	1	7,2090	8 AWG	2	217,607	0,0648	0,0648
	1	2	54,0672	8 AWG	2	217,607	0,4862	0,5510
	2	6	12,6157	8 AWG	2	217,607	0,1134	0,6644
3	0	1	7,2090	8 AWG	2	217,607	0,0648	0,0648
	1	2	54,0672	8 AWG	2	217,607	0,4862	0,5510
	2	3	30,6381	8 AWG	2	217,607	0,2755	0,8265
	3	7	12,6157	8 AWG	2	217,607	0,1134	0,9399
4	0	1	7,2090	8 AWG	2	217,607	0,0648	0,0648
	1	2	54,0672	8 AWG	2	217,607	0,4862	0,5510
	2	3	30,6381	8 AWG	2	217,607	0,2755	0,8265
	3	4	36,0448	8 AWG	2	217,607	0,3241	1,1506

Fuente: Los autores

Tabla 27 Cuadro de regulación de la red H circuito H2

TABLA DE REGULACIÓN RED H			CIRCUITO H2	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	84,7053	8 AWG	2	217,607	0,7617	0,7617
	1	3	12,6157	8 AWG	2	217,607	0,1134	0,8751
2	0	1	84,7053	8 AWG	2	217,607	0,7617	0,7617
	1	2	46,8582	8 AWG	2	217,607	0,4214	1,1830

Fuente: Los autores

Tabla 28 Cuadro de regulación de la red I circuito I1

TABLA DE REGULACIÓN RED I			CIRCUITO I1	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	129,4117	8 AWG	2	217,607	1,1637	1,1637

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 29 Cuadro de regulación de la red I circuito I2

TABLA DE REGULACIÓN RED I			CIRCUITO I2	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	194,1181	8 AWG	2	217,607	1,7455	1,7455

Fuente: Los autores

Tabla 30 Cuadro de regulación de la red I circuito I3

TABLA DE REGULACIÓN RED I			CIRCUITO I3	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	103,7608	8 AWG	2	217,607	0,9330	0,9330

Fuente: Los autores

Tabla 31 Cuadro de regulación de la red I circuito I4

TABLA DE REGULACIÓN RED I			CIRCUITO I4	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	86,8373	8 AWG	2	217,607	0,7808	0,7808

Fuente: Los autores

Tabla 32 Cuadro de regulación de la red I circuito I5

TABLA DE REGULACIÓN RED I			CIRCUITO I5	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	62,4613	8 AWG	2	217,607	0,5617	0,5617

Fuente: Los autores

Tabla 33 Cuadro de regulación de la red I circuito I6

TABLA DE REGULACIÓN RED I			CIRCUITO I6	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	50,4592	8 AWG	2	217,607	0,4537	0,4537

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 34 Cuadro de regulación de la red J

TABLA DE REGULACIÓN RED J			CIRCUITO J	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	2,9040	8 AWG	2	217,607	0,0261	0,0261
	1	2	5,0820	8 AWG	2	217,607	0,0457	0,0718
2	0	1	2,9040	8 AWG	2	217,607	0,0261	0,0261
	1	2	4,2680	8 AWG	2	217,607	0,0384	0,0645

Fuente: Los autores

Tabla 35 Cuadro de regulación de la red K

TABLA DE REGULACIÓN RED K			CIRCUITO K	FP: 0,9		TENSIÓN DE LÍNEA(V): 208		
TRAYECTORIA	TRAMO		MOMENTO ELÉCTRICO kVAm	CONDUCTOR	FS	KG	REGULACIÓN	
							PARCIAL	ACUMULADA
1	0	1	6,5802	8 AWG	2	217,607	0,0592	0,0592
	1	2	1,6940	8 AWG	2	217,607	0,0152	0,0744
2	0	1	6,5802	8 AWG	2	217,607	0,0592	0,0592
	1	3	3,7950	8 AWG	2	217,607	0,0341	0,0933
3	0	1	6,5802	8 AWG	2	217,607	0,0592	0,0592
	1	4	9,3038	8 AWG	2	217,607	0,0837	0,1428
4	0	5	12,0846	8 AWG	2	217,607	0,1087	0,1087

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 36 Inventario de luminarias actuales del campus central de la Universidad Industrial de Santander

FOTO	REFERENCIA	MARCA	TECNOLOGÍA BOMBILLA	CANTIDAD	POTENCIA
	DJK	ROY ALPHA	MERCURIO	391	125 W
	RCG	ROY ALPHA	MERCURIO	8	400 W
			METAL HALIDE	92	
	JETA 6	SYLVANA	METAL HALIDE	16	400 W
	TEMPO	PHILIPS	METAL HALIDE	21	400 W
	RRA	ROY ALPHA	SODIO	12	400 W
	RRI	ROY ALPHA	MERCURIO	8	250 W



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

	TAYRONA	ROY ALPHA	METAL HALIDE	24	150 W
	QUIMBAYA	ROY ALPHA	SODIO	21	70 W
	PE - VP	ROY ALPHA	SODIO	12	70 W
			MERCURIO	8	
	1402 AL	MEGALUX	SODIO	4	70 W
	CUADRADA	MEGALUX	METAL HALIDE	7	150 W
	REDONDA	MEGALUX	SODIO	13	70 W

Fuente: Los autores

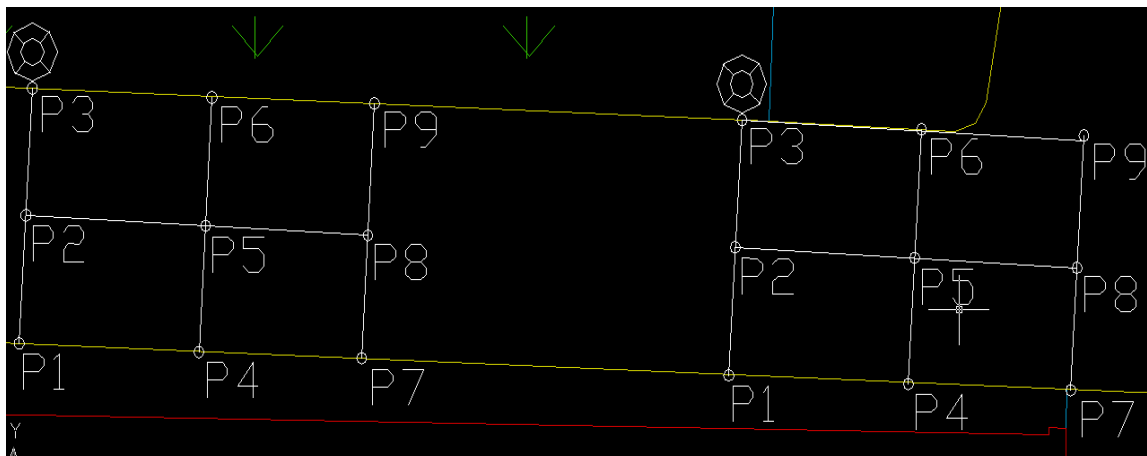


3. CALCULO DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EXISTENTES

Como una parte de levantamiento, se realizó la medición de los niveles de iluminación del sistema de alumbrado público de la Universidad, estas medidas se hicieron siguiendo las metodologías planteadas en la sección 1.2.1, con la ayuda del Luxómetro descrito en la sección 2.3.4, de acuerdo con los modelos presentados por el RETILAP. Posteriormente se procedió a calcular los valores medios, la uniformidad y el cociente entre la iluminancia mínima y la máxima, relación que da un índice sobre el deslumbramiento.

Para la determinación de la iluminancia promedio se dividió la Universidad en zonas, dentro de estas zonas se observó que configuraciones de igual similitud y se tomaron como muestras típicas, en aquellas zonas que presentan configuraciones atípicas se aplicó una metodología en la que se tomaron n muestras dependiendo del tamaño y se promediaron estas, para hallar los niveles de iluminación.

Ilustración 40 Diagrama de medición de iluminancia para configuración tipo I

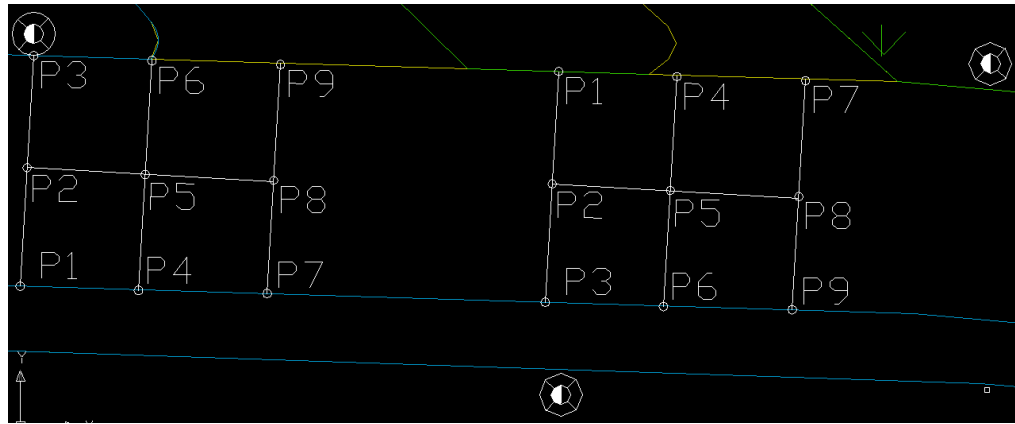


Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 41 Diagrama de medición de iluminancia para configuración tipo II



Fuente: Los autores

A continuación se presenta los cuadros de cálculo programados en una hoja de Excel, para facilitar los cálculos de iluminancia promedio.

Tabla 37 Cálculo tipo I programado en Excel para la medición de Los niveles de iluminación

MÉTODO DE LOS NUEVE PUNTOS			E _{min}	E _{prom}	E _{màx}
3	6	9			
2	5	8	E _{prom'}	U _o	U _g
1	4	7			

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 38 Cálculo tipo II programado en Excel para la medición de
Los niveles de iluminación

PUNTO	Ei		
1	E1		
2	E2		
3	E3	Emin	Emàx
4	E4		
5	E5	Eprom	
6	E6		
7	E7	Uo	Ug
8	E8		
9	E9		
....		
n	En		

Fuente: Los autores

A continuación se muestra unos ejemplos de cálculo de iluminancia promedio por los dos métodos utilizados.

Tabla 39 Ejemplo de medición de iluminancia por el método de los nueve puntos.

MÉTODO DE LOS NUEVE PUNTOS			Emin	Eprom	Emàx
26	17	9	2,0000	12,0625	26,0000
13	10	7	Eprom'	Uo	Ug
8	3	2	10,5556	0,1895	0,0769

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 40 Ejemplo de los métodos que se utilizaron para de medición de iluminancia.

PUNTO	Ei		
1	72		
2	23		
3	9		
4	4		
5	4	E _{min}	E _{máx}
6	6	4	72
7	11	E _{prom}	
8	17	32,66666667	
9	30	U _o	U _g
10	41	0,12244898	0,05555556
11	53		
12	70		
13	62		
14	54		
15	34		

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 41 Niveles de iluminancia

ZONA	TIPO DE VIA	E _{min}	E _{prom}	E _{máx}	U _o	U _g
1	M5	1	11,6667	26	0,0857	0,0385
2	M5	1	10,1667	17	0,0984	0,0588
3	M5	1	9,6667	14	0,1034	0,0714
4	M5	1	11,8333	27	0,0845	0,0370
5	M5	1	11,1667	23	0,0896	0,0435
6	M5	2	13,6042	37	0,1470	0,0541
7	M5	1	11,0000	22	0,0909	0,0455
8	M5	1	10,6667	20	0,0938	0,0500
9	M5	2	12,2708	29	0,1630	0,0690
10	M5	1	12,0000	28	0,0833	0,0357
11	M5	2	10,2708	17	0,1947	0,1176
12	M5	3	11,2083	22	0,2677	0,1364
13	M5	2	12,2708	29	0,1630	0,0690
14	M5	2	10,6042	19	0,1886	0,1053
15	M5	3	11,3750	23	0,2637	0,1304
16	M5	4	11,3125	22	0,3536	0,1818
17	M5	4	11,8125	25	0,3386	0,1600
18	M5	3	10,2083	16	0,2939	0,1875
19	M5	3	12,8750	32	0,2330	0,0938
20	M5	2	11,9375	27	0,1675	0,0741
21	M5	2	11,7708	26	0,1699	0,0769
22	M5	1	11,5000	25	0,0870	0,0400
23	M5	2	10,7708	20	0,1857	0,1000
24	M5	2	10,7708	20	0,1857	0,1000
25	M5	2	12,2708	29	0,1630	0,0690
26	M5	2	11,4375	24	0,1749	0,0833
27	M5	3	12,7083	31	0,2361	0,0968
28	M5	3	12,3750	29	0,2424	0,1034
29	M5	4	13,3125	34	0,3005	0,1176
30	P3	5	13,7500	36	0,3636	0,1389
31	P3	5	13,2500	33	0,3774	0,1515
32	P3	5	11,9167	25	0,4196	0,2000
33	P3	6	15,5208	46	0,3866	0,1304
34	P3	7	14,4583	39	0,4841	0,1795
35	P3	7	13,6250	34	0,5138	0,2059
36	P3	4	12,8125	31	0,3122	0,1290
37	P3	4	10,4792	17	0,3817	0,2353



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

38	P3	6	11,0208	19	0,5444	0,3158
39	P3	5	11,2500	21	0,4444	0,2381
40	P3	4	12,8125	31	0,3122	0,1290
41	M5	4	10,4792	17	0,3817	0,2353
42	M5	13	11,7500	19	1,1064	0,6842
43	M5	3	12,3750	29	0,2424	0,1034
44	M5	1	10,8333	21	0,0923	0,0476
45	M5	1	10,5000	19	0,0952	0,0526
46	M5	2	10,9375	21	0,1829	0,0952
47	M5	2	12,7708	32	0,1566	0,0625
48	M5	1	11,1667	23	0,0896	0,0435
49	M5	3	11,2083	22	0,2677	0,1364
50	P3	2	10,6042	19	0,1886	0,1053
51	P3	1	10,3333	18	0,0968	0,0556
52	P3	2	10,2708	17	0,1947	0,1176
53	P3	2	10,2708	17	0,1947	0,1176
54	P3	2	10,2708	17	0,1947	0,1176
55	P3	2	10,1042	16	0,1979	0,1250
56	P3	3	9,8750	14	0,3038	0,2143
57	P3	3	10,2083	16	0,2939	0,1875
58	P3	4	10,3125	16	0,3879	0,2500
59	P3	5	10,5833	17	0,4724	0,2941
60	P3	11	16,3750	48	0,6718	0,2292
61	P3	10	13,7708	33	0,7262	0,3030
62	P3	9	20,8333	76	0,4320	0,1184
63	P3	9	19,8333	70	0,4538	0,1286
64	P3	12	17,3125	53	0,6931	0,2264
65	P3	22	21,5208	72	1,0223	0,3056
66	P3	33	23,6667	78	1,3944	0,4231
67	P3	21	20,0833	64	1,0456	0,3281
68	P3	17	52,3333	260	0,3248	0,0654
69	P3	15	43,6250	209	0,3438	0,0718
70	P3	18	43,4375	206	0,4144	0,0874



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CANCHAS	TIPO	E _{min}	E _{prom}	E _{màx}	U _o
FUTBOL PASTO	RECREATIVO	1	10,0667	30	0,0333
FUTBOL TIERRA	RECREATIVO	1	14,6375	38	0,02631
MULTIPLEX 1	RECREATIVO	48	62,0853	75	0,64
MULTIPLEX 2	RECREATIVO	46	66,9147	82	0,56098
VOLEIBOL	RECREATIVO	39	54,035	63	0,61905
MICRO 1	RECREATIVO	41	63,2334	78	0,52564
VOLEIBOL PLAYA	RECREATIVO	25	45,8751	61	0,4098
MICRO 2	RECREATIVO	33	44,8896	55	0,6

Fuente: Los autores

Los valores resaltados en verde de la tabla No 41 son aquellos que cumplen con los requisitos mínimos exigidos por el RETILAP, los demás (rojo) son aquellos que no cumplen.



4. ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO

En el actual estudio económico se presentan 3 alternativas de solución para el reemplazo de la iluminación con luminarias de vapor de mercurio, entre las cuales se recomendará la que presente el menor costo total en toda la vida útil y además cumpla con los requerimientos de confort y estética.

La evaluación económica de iluminación de áreas comunes exteriores a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander, en sus diferentes alternativas, se hizo no solamente sobre la inversión inicial, sino también sobre los costos de operación, mantenimiento y reposición de elementos, a precios constantes de la fecha de presentación de la propuesta y en pesos colombianos.

El valor de los diferentes costos se tomaron del mercado de iluminación actual, en las diferentes propuestas se trabajo con bombillas adecuadas y existentes.

El estudio económico se realizará con los métodos de Valor Presente Neto y de Costo Anual Equivalente.

4.1 VALOR PRESENTE

Para efectuar una comparación entre la inversión actual y los beneficios desplazados en el tiempo, se debe considerar un valor temporal del dinero. Un peso recibido hoy es más valioso que un peso a ser recibido dentro de, por ejemplo, siete meses o tres años, porque el peso que se tenga hoy puede ser invertido, por ejemplo, en un banco y acumular intereses durante todo ese tiempo. Viceversa, un peso a recibirse en el futuro vale menos que uno en el presente, pues se pierde la oportunidad de invertirlo y obtener intereses.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

El valor presente total de la propuesta (PT) se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$PT = CI + VP(CAO)$$

Donde:

CI: Costos iniciales de infraestructura (Luminarias, conductores, materiales, etc.), transporte y mano de obra. Estos costos son presentes.

VP (CAO): Es el valor presente de los costos anuales de operación (CAO), los cuales están compuestos por el mantenimiento de la infraestructura y el consumo de energía eléctrica del sistema de alumbrado. Estos costos son anualizados y se deben traer a valor presente con la siguiente fórmula cuando estos costos anuales sean iguales para todos los años:

$$VP(CAO) = CAO \times \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right)$$

Donde:

i: Es la tasa de descuento , la cual puede interpretarse así:

Un peso ahora vale (1+i) pesos en un año.

n: Corresponde al número de años de análisis.

4.2 RESOLUCIÓN NUMERO 18 0606 DE (28 ABRIL DE 2008)

Esta resolución tiene por objeto determinar las especificaciones técnicas mínimas aceptadas en la sustitución y uso de fuentes lumínicas en los edificios que sean sede de entidades públicas de cualquier orden, independientemente de quien ostente la propiedad del inmueble.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Las bombillas o lámparas de mercurio tradicionales deberán ser reemplazadas por bombillas o lámparas de sodio alta presión, pero en el caso de requerirse la luz blanca se podrán cambiar por bombillas de halogenuros metálicos u otras fuentes con eficacias no menores a 70 lm/W y vida útil no menor a 10 000 horas.

4.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LUMINARIAS DE MERCURIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

La situación actual que se presenta en el alumbrado público con luminarias de mercurio en el campus central de la Universidad Industrial de Santander es la siguiente:

Tabla 42 Cantidad actual de lámparas de mercurio

CANTIDAD LÁMPARAS	MATERIAL	POTENCIA C/U (W)
338	MERCURIO	125
8	MERCURIO	250
8	MERCURIO	400

Fuente: Los autores

Tabla 43 Características técnicas de las lámparas de mercurio.

POTENCIA C/U (W)	FLUJO LUMINOSO (lm)	EFICACIA LUMINOSA (lm/W)	CASQUILLO	FORMA	TEMP. DE COLOR (K)	NIVEL DE REPR. CROMÁTICA	VIDA ÚTIL (H)	CONDENSADOR (µF)	BALASTRO
125	4 038	32,3	E27	Elipsoidal	4 000	25	10 000	10	GGY125ZNT
250	11 025	44,1	E40	Elipsoidal	3 900	25	7 000	18	GGY250ZNT
400	21 000	52,5	E40	Elipsoidal	3 900	25	7 000	25	GGY400ZNT

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

4.3.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL CON LÁMPARAS DE MERCURIO El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) en cumplimiento con el Decreto 3450 de 2008, estableció que el uso de bombillas de mercurio de alta presión, estará permitido solo en aplicaciones donde con otra fuente de mayor eficacia lumínica no se pueda alcanzar los requisitos de iluminación requeridos, no se permitirá su uso en iluminación domiciliaria o similar y en alumbrado público. En el campus central de la Universidad Industrial de Santander, en caso de un nuevo proyecto de iluminación queda prohibido el uso de bombillas de mercurio, debido a que los requerimientos de iluminación para estas zonas son bajos.

Las actuales lámparas de mercurio de alumbrado público están sometidas a ciertos requisitos que establece el RETILAP entre los cuales se pueden observar:

- La vida promedio de las bombillas de vapor de mercurio de alta presión no puede ser menor a 24 000 horas, según los datos establecidos en la tabla 43 las actuales bombillas no cumplen con este requisito.
- Deben que cumplir con los valores de eficacias contempladas en la tabla No 43 del actual Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).
-

Tabla 44 Eficacia mínima para bombillas de mercurio a alta presión

Potencia de la bombilla. W	Eficacia. lm/W
> 50	35
$>50 \leq 80$	36
$>80 \leq 125$	47
$>125 \leq 250$	50
$>250 \leq 400$	52
$>400 \leq 700$	55
$>700 \leq 1000$	57
>1000	57

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Con este requerimiento de eficacia y comparando la anterior tabla con los datos técnico de las actuales bombillas del campus central de la universidad podemos observar que no se está cumpliendo con este criterio del RETILAP.

4.4 SITUACIÓN 1: CAMBIO A ILUMINACIÓN DE SODIO.

4.4.1 DATOS TÉCNICOS DE LÁMPARAS DE SODIO PROPUESTA Se escogió las lámparas de marca OSRAM. Las lámparas y sistemas de luz de OSRAM ofrecen la base para una bella visión de las cosas, asegurando seguridad y confort, y permitiendo un uso eficiente de los recursos. En Colombia es uno de los líderes en iluminación, ofreciendo mayor eficiencia y cuidado ambiental.

Tabla 45 Datos técnicos de lámparas de sodio

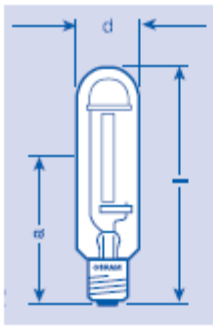
POTENCIA C/U (W)	FLUJO LUMINOSO (lm)	EFICACIA LUMINOSA (lm/W)	CASQUILLO	FORMA	TEMP. DE COLOR (K)	NIVEL DE REPR. CROMÁTICA	VIDA ÚTIL (H)	CONDENSADOR (μF)
70	5 900	84	E27	tubular	2 000	≤25	28 000	12
150	14 500	97	E40	tubular	2 000	≤25	30 000	20
250	27 000	108	E40	tubular	2 000	≤25	30 000	32

Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 42 Diagrama bombillo de sodio



	Tubular, clear		
	70 W	150 W	250 W
Light centre length ⁵⁾ a	mm 104	132	158
Diameter d	mm 37	46	46
Length max. l	mm 156	211	257
Base	E27	E40	E40

Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM

Se puede observar que se están cumpliendo con los parámetros establecidos en el RETILAP donde se exige que la vida promedio para bombillas de sodio de alta presión no podrá ser menor a 24 000 horas , al igual cumple los parámetros de eficiencia establecidos en la tabla No 44

Esta línea de lámparas de OSRAM presenta reducción efectiva de fallos prematuros. Después de 16 000 horas, el 95% del NAV® 4Y® 150, 250 y Lámparas de 400 W seguirán en funcionamiento, junto con un impresionante 92% de los 50 y 70 W lámparas, según fabricante. Esto hace que considerables ahorros adicionales en el reemplazo los costos.

4.4.2 DATOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ILUMINACIÓN CON SODIO Para este análisis se consideran los costos asociados a inversión en el año cero por efectos de cambio de lámparas, equipos auxiliares y mano de obra; cada 6 años se considera el costo por insumo y mano de obra asociado al cambio de bombilla por reposición, así como el costo anual por concepto de consumo de



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

energía manteniendo constante el valor de 369 \$/ kWh que es el que está establecido actualmente según la Resolución CREG 119/2007.

4.4.2.1 COSTOS INICIALES (CI), SODIO POR MERCURIO En los costos iniciales se tendrá presente el costo de lámparas y equipos auxiliares de las luminarias; transporte y mano de obra. El actual estado de las luminarias del campus central de la Universidad Industrial de Santander es bastante desgastado, por lo cual en estos costos iniciales se incluirá el cambio del acrílico de 330 luminarias DJK con el fin de garantizar una eficiente iluminación con la nueva tecnología.

Tabla 46 Costo de lámparas de sodio, equipos auxiliares y acrílicos

COSTO DE LÁMPARAS DE SODIO , EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO			
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANTIDAD	VLR/UNIDAD IVA INCLUI.	VLR/TOTAL IVA INCLUID.
BOMBILLO NAV-T 4Y 70W TUBULAR CLEAR SODIO	338	29 440	9 950 720
BOMBILLO NAV-T 4Y 150W TUBULAR CLEAR SODIO	8	44 800	358 400
BOMBILLO NAV-T 4Y 250W TUBULAR CLEAR SODIO	8	53 760	430 080
BALASTO SODIO CERRADO REACTOR 208/220 V 70W	338	20 892	7 061 496
BALASTO SODIO CERRADO REACTOR 208/220 V 150W	8	34 711	277 688
BALASTO SODIO CERRADO REACTOR 208/220 V 250W	8	48 595	388 760
CONDENSADOR 12 Uf DE 250V DISPROEL	338	2 640	892 320
CONDENSADOR 20 Uf DE 250V DISPROEL	8	6 440	51 520
CONDENSADOR 32 Uf DE 250V DISPROEL	8	6 720	53 760
ARRANCADOR SODIO PARA 70W SUPERPOSICIÓN IGSU 70	338	8 944	3 023 072
ARRANCADOR SODIO PARA 150/400W SUPERPOSICIÓN IGSU 400	16	10 200	163 200
SOCKET E27 CANDIL CERTIFICADO	338	514	173 732
SOCKET E40 CANDIL CERTIFICADO	16	525	8 400
ACRÍLICO DJK-P	330	61 000	20 130 000
TOTAL COSTO DE LÁMPARAS DE SODIO , EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO		42 963 148	

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Costos de mano de obra por día

Tabla 47 Costos de mano de obra por día

COSTO MANO DE OBRA	OFICIAL	AYUDANTE
SALARIO	32 000	20 000
TRANSPORTE	2 050	2 050
CESANTÍAS (8,33%)	2 836,4	1 836,8
INTERESÉS A LA CESANTÍAS (1%)	340,5	220,5
VACACIONES (4,16%)	1 331,2	832
PRIMA (8,33%)	2 836,4	1 836,8
DOTACIÓN (3,88%)	1 321,2	855,6
PENSIÓN (12%)	3 840	2 400
SALUD (8,5%)	2 720	1 700
ARP (6,9%)	2 227,2	1 392
CAJA (9%)	2 880	1 800
TOTAL	54 382,9	34 923,7
COSTO DÍA		
MANO DE OBRA		89 306,6
ANDAMIOS		1 200
RUEDAS		3 200
TABLONES		700
HERRAMIENTAS (CORTADORA, BROCA, ETC)		2 800
SUBTOTAL COSTO DÍA		97 206,6
A.I.U (20%)		19 441,32
TOTAL COSTO DÍA		116 647,92

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 48 Costos mano de obra instalación de lámparas de sodio, equipos auxiliares, acrílico.

COSTOS MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN DE BOMBILLAS, EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO			
TIEMPO INSTALACIÓN UN BOMBILLO, EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO	CANT.	HORAS	TOTAL
a) Instalación de la bombilla	1	0,2	0,2
b) Instalación equipos auxiliares	1	0,5	0,5
c) Adecuación de andamios	0,5	0,2	0,1
d) Retiro e instalación del nuevo acrílico	1	0,2	0,2
d) Despeje de espacios	0,5	0,2	0,1
TIEMPO INSTALACIÓN UN BOMBILLO Y EQUIPOS AUXILIARES EN HORAS			1,1
LUMINARIA MODIFICADA POR DÍA POR CUADRILLA			
# LÁMPARAS : (8 HORAS)/(1,1 HORAS)=	7,27		
VALOR INSTALACIÓN POR LÁMPARA EN PESOS COLOMBIANOS			
16 039,089			
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN DE LA LÁMPARAS, EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO			
354 lámparas*\$16039,089=		5 677 837,5	

Fuente: Los autores

4.4.2.2 COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN (CAO), SODIO POR MERCURIO Estos costos están compuestos por el mantenimiento de la luminaria y el consumo de energía eléctrica, estos son anualizados y se traen a valor presente con la fórmula de valor presente.

Costos de mantenimiento de las luminarias de sodio.

La acumulación de suciedad en el conjunto óptico de las luminarias afecta el rendimiento y, por lo tanto, disminuye los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado público.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 49 Clasificación de los niveles de contaminación.

Categoría	Descripción	Nivel de partículas	Observaciones
I	Ambientes poco polucionados	Bajo Menor $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$	No existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía, tráfico ligero, generalmente limitado a áreas residenciales o rurales
II	Ambientes medianamente polucionados	Medio $80 - 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía, tráfico pesado, generalmente limitado a áreas residenciales e industriales ligeras.
III	Ambientes muy polucionados y zonas industriales	Alto $150 - 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Existen actividades generadoras de nubes de polvo o humos en la cercanía, que pueden envolver ocasionalmente las instalaciones. Áreas altamente industriales
IV	Ambientes excesivamente polucionados	Excesivo Superior a $400\mu\text{m}^3$	Como la categoría anterior pero las instalaciones están envueltas en humo y polvo

Fuente: Adaptación norma NTC 900

Según la anterior tabla No 48, y la ubicación de las luminarias, estas se encuentran en la categoría (I), ya que están situadas en zonas de poca circulación de vehículos y peatones en el campus central de la Universidad Industrial de Santander.

Tabla 50 Periodos máximos para realizar limpieza del conjunto óptico de luminarias.

Categoría		Nivel de partículas	Periodo de limpieza (meses)
I	Ambientes poco polucionados	$< 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$	36 o cambio de bombilla
II	Ambientes medianamente polucionados	$80 - 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24
III	Ambientes muy polucionados y zonas industriales	$150 - 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	12
		$300 - 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$	6
IV	Ambientes excesivamente polucionados	$400 - 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$	6
		$> 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3

Fuente: Adaptación norma NTC 900

Las luminarias del campus central de la Universidad Industrial de Santander se encuentran en la categoría (I) por lo cual el periodo de limpieza no puede exceder de 36 meses.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 51 Valores del factor de ensuciamiento según el índice de protección IP del conjunto óptico de la luminaria y de la categoría de contaminación

Tipo de vía o clase de iluminación	Nivel de contaminación	Índice de hermeticidad (IP) de la luminaria	Periodo, en meses, de limpieza del conjunto óptico de la luminaria	Factor de Ensuciamiento F_E
Avenidas en el centro de algunas ciudades (*)	IV	6X (a)	6	0,91
		6X (b)	6	0,93
M2 y M3	III	6X (a)	12	0,91
		6X (b)	12	0,93
M4 y P1 a P3	II	6X (a)	24	0,89
		6X (b)	24	0,91
M5, P4 a P7 y parques	I	6X (a)	36 o cambio de la bombilla	0,90
		6X (b)		0,95

Fuente: Adaptación norma NTC 900

Las luminarias del campus central de la Universidad Industrial de Santander se encuentran en la categoría (I) por lo cual el periodo de limpieza no puede exceder de 36 meses y su factor de ensuciamiento es de 0,95.

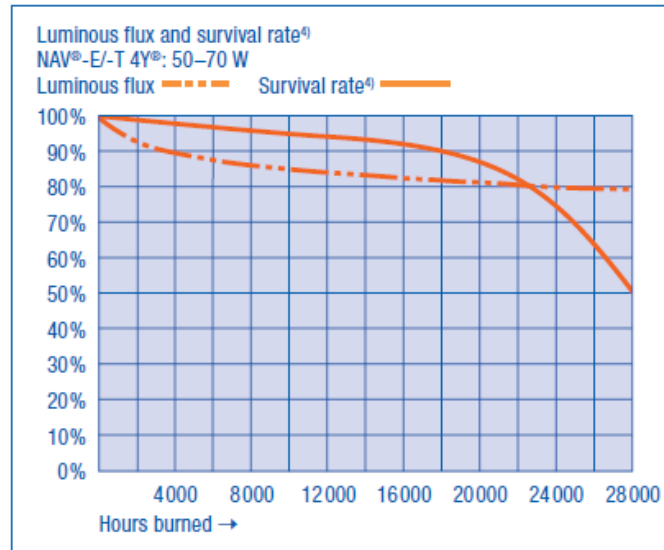
Curva de mortalidad ó de vida promedio de las fuentes luminosas de sodio dadas por el fabricante.

A continuación se encuentran las gráficas de depreciación del flujo luminoso:



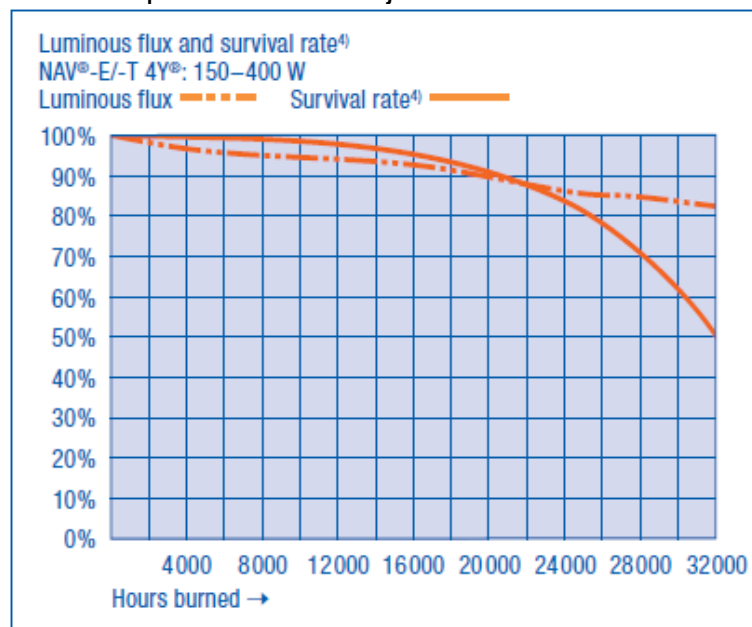
ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 43 Gráfica depreciación del flujo luminoso bombillo sodio 70 W



Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM

Ilustración 44 Gráfica depreciación del flujo luminoso bombillo sodio 150 W- 400 W



Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Después de 16 000 horas, el 95% del NAV ® 4Y ® 150, 250 y Lámparas de 400 W seguirán en funcionamiento, junto con un impresionante 92% de los 50 y 70 W lámparas. Esto hace considerables ahorros en los costos de reemplazo.

En el caso de las bombillas de descarga en gas, la vida útil de la bombilla se considera hasta cuando su flujo luminoso llega al 70% del flujo inicial. El flujo inicial es el flujo medido en la bombilla a las 100 horas de encendida.

Las luminarias estarán encendidas 12,333 horas diarias, debido a esto y a recomendaciones del fabricante y analizando la curva de depreciación del flujo luminoso se hará cambio de las bombillas cada 6 años y mantenimiento cada 3 años.

Costos asociados al mantenimiento preventivo

Los costos de mano de obra por día se obtuvieron de la tabla No 46

Tabla 52 Costos asociados al mantenimiento preventivo

TIEMPO EN REALIZAR MANTENIMIENTO POR LUMINARIA (H)	
0,5	
MANTENIMIENTO DE LUMINARIA POR DÍA POR CUADRILLA	
# LÁMPARAS : (8 HORAS)/(0,5 HORAS)=	16
VALOR MANTENIMIENTO POR LÁMPARA EN PESOS COLOMBIANOS	
7 290,495	
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO	
354 lámparas*\$7290,495=	2 580 835,23

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Costos asociados cambio de lámparas

Los costos de mano de obra por día se obtuvieron de la tabla No 46

Tabla 53 Costos asociados al cambio de lámparas de sodio

TIEMPO EN REALIZAR EL CAMBIO DE BOMBILLO (H)	
0.4	
MANTENIMIENTO DE LUMINARIA POR DÍA POR CUADRILLA	
# LÁMPARAS : (8 HORAS)/(0,4 HORAS)=	20
VALOR CAMBIO DE BOMBILLO POR LÁMPARA COL\$	
5 832,39	
VALOR TOTAL MANO DE OBRA CAMBIO DE LÁMPARAS EN COL\$	
354 lámparas*\$5 832,39=	2 064 668,18

Fuente: Los autores

Costos de consumo de energía eléctrica anualizado

Tabla 54 Lámparas de sodio

CANTIDAD LÁMPARAS	MATERIAL	POTENCIA C/U (W)	POTENCIA TOTAL (W)
338	SODIO	70	23 660
8	SODIO	150	1 200
8	SODIO	250	2 000

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 55 Costo consumo anual de energía con lámparas de sodio.

TOTAL LÁMPARAS	TOTAL DE POTENCIA DE LA BOMBILLA (kW)
354	26,86
La potencia total se incrementa en promedio un 20% debido a los equipos auxiliares que están con los conectados a la lámpara.	
VALOR (\$/ kWh)	POTENCIA PROMEDIO TOTAL DE LAS LÁMPARAS INCLUYENDO EL CONSUMO DE EQUIPOS AUXILIARES (kW)
369	32,232
TIEMPO DE ENCENDIDO POR DÍA	17:40 A 06:00
	12 HORAS Y 20 MINUTOS
TIEMPO DE ENCENDIDO POR AÑO (H)	4440
COSTO ANUAL DE ENERGÍA COL\$	52 807 619,52

Fuente: Los autores

4.5 SITUACIÓN 2: CAMBIO A ILUMINACIÓN DE HALOGENUROS METÁLICOS

4.5.1 DATOS TÉCNICOS DE LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS

Lámparas de halogenuros metálicos. La adición de los metales y yoduros mejora en gran medida la eficacia luminosa de color y POWERSTAR lámparas HCl-TT. Con su arco de descarga muy corta, que se acercan mucho al ideal de una fuente de luz puntual, lo que significa que su luz es muy fácil de dirigir exactamente donde se necesita, y ofrecen un alto factor de utilización. Su color constante durante toda su vida, su eficacia luminosa y su reproducción cromática son excelentes. Patentados por OSRAM, ofrece un rendimiento aún mejor que sus contrapartes cilíndrica en términos de luz, color y estabilidad.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Tabla 56 Datos técnicos de lámparas de halogenuros metálicos

POTENCIA C/U (W)	FLUJO LUMINOSO (lm)	EFICACIA LUMINOSA (lm/W)	CASQUILLO	FORMA	TEMP. DE COLOR (K)	NIVEL DE REPR. CROMÁTICA	VIDA ÚTIL (H)	CONDENSADOR (μF)
70	7 000	102	E27	tubular	3 000	86	18 000	12
150	14 500	107	E40	tubular	3 000	83	18 000	20
250	26 000	109	E40	tubular	3 000	87	12 000	32

Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM

Ilustración 45 Fotografía bombillo de halogenuro metálico.



Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM

Algunas de las cosas positivas que se encuentra en esta tecnología:

- Muy alta eficiencia.
- La distribución uniforme de la luz.
- Excelente rendimiento de color.
- Excelente estabilidad de color.
- Muy buen mantenimiento flujo luminoso a lo largo de la vida de la lámpara.
- Alta fiabilidad gracias en parte a la reducción de la corrosión de cerámica.

La lámparas seleccionada cumple con el actual reglamento técnico de Iluminación y Alumbrado Público, teniendo una vida promedio mayor o igual a 12 000 horas y una eficiencia lumínica mayor de 72 lm/W, además que cuenta con los datos técnicos exigidos en el RETILAP y especificaciones en la anterior tabla.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

4.5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO ILUMINACIÓN CON HALOGENUROS METÁLICOS

Para este análisis se consideran los costos asociados a inversión en el año cero por efectos de cambio de lámparas, equipos auxiliares y mano de obra; cada 3 años se considera el costo por insumo y mano de obra asociado al cambio de bombilla por reposición, así como el costo anual por concepto de consumo de energía manteniendo constante el valor de 369 \$/kWh que es el que está establecido actualmente según la Resolución CREG 119/2007.

4.5.2.1 COSTOS INICIALES (CI), HALOGENUROS METÁLICOS POR MERCURIO

En los costos iniciales se tendrá presente el costo de lámparas y equipos auxiliares de las luminarias; transporte y mano de obra. El actual estado de las luminarias del campus central de la Universidad Industrial de Santander es bastante desgastado, por lo cual en estos costos iniciales se incluirá el cambio del acrílico de 330 luminarias DJK con el fin de garantizar una eficiente iluminación con la nueva tecnología.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Costo de la lámparas, equipos auxiliares y acrílicos de las luminarias DJK

Tabla 57 Costo de la lámparas, equipos auxiliares y acrílicos de las luminarias DJK

COSTO DE LÁMPARAS DE HALOGENUROS, EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO			
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANTIDAD	VLR/UNIDAD IVA INCLUI.	VLR/TOTAL IVA INCLUID.
BOMBILLO HCI-TT 70/830 WDL PB DE HALOGENURO	338	63 017	21 299 746
BOMBILLO HCI-TT 150/830 WDL PB DE HALOGENURO	8	54 611	436 888
BOMBILLO HCI-TT 250/830 WDL PB DE HALOGENURO	8	48 870	390 960
BALASTO CERRADO REACTOR 208/220 V PARA 70 W	338	20 892	7 061 496
BALASTO CERRADO REACTOR 208/220 V PARA 150 W	8	34 711	277 688
BALASTO CERRADO REACTOR 208/220 V PARA 250 W	8	48 595	388 760
CONDENSADOR 12 μ F DE 250V DISPROEL	338	2 640	892 320
CONDENSADOR 20 μ F DE 250V DISPROEL	8	6 440	51 520
CONDENSADOR 32 μ F DE 250V DISPROEL	8	6 720	53 760
ARRANCADOR PARA 150/400 W SUPERPOSICIÓN IGSU 400	16	10 200	163 200
SOCKET E27 CANDIL CERTIFICADO	338	514	173 732
SOCKET E40 CANDIL CERTIFICADO	16	525	8 400
ACRÍLICO DJK-P ROY ALPHA	330	61 000	20 130 000
TOTAL COSTO DE LÁMPARAS DE HALOGENURO , EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO			51 328 470

Fuente: Los autores

Costo instalación de la lámparas, equipos auxiliares de halogenuros metálico y acrílico de las luminarias DJK

Debido a que se presentan las mismas circunstancias que con las lámparas de sodio los costos de instalación es el mismo presente en la tabla No 47.

4.5.2.2 COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN (CAO), HALOGENURO METÁLICO POR MERCURIO Estos costos están compuestos por el mantenimiento de la luminaria y el consumo de energía eléctrica, estos son anualizados y se traen a valor presente con la fórmula de valor presente.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

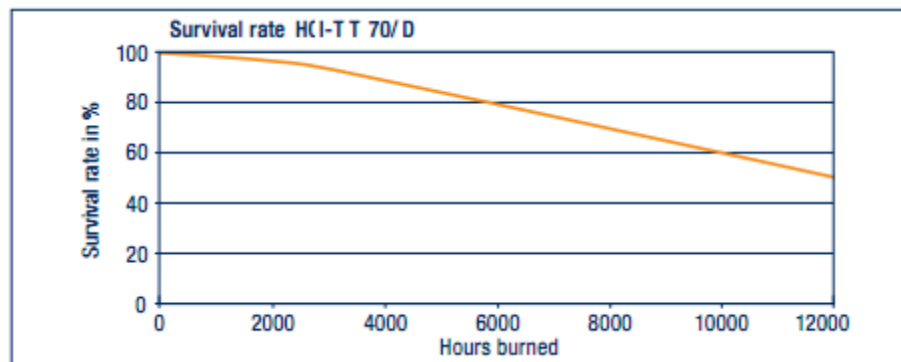
Costos de mantenimiento de las luminarias de halogenuros metálicos

El análisis hecho a las lámparas de sodio es el mismo hecho a la tecnología de halogenuros metálicos por lo cual las luminarias del campus central de la Universidad Industrial de Santander se encuentran en la categoría (I) por lo cual el periodo de limpieza no puede exceder de 36 meses y su factor de ensuciamiento es de 0,95.

Curva de mortalidad ó de vida promedio de las fuentes luminosas de sodio dadas por el fabricante

A continuación se encuentran las gráficas de depreciación del flujo luminoso y curvas de mortalidad:

Ilustración 46 Gráfica tasa de supervivencia bombillo halogenuro metálico de 70 W

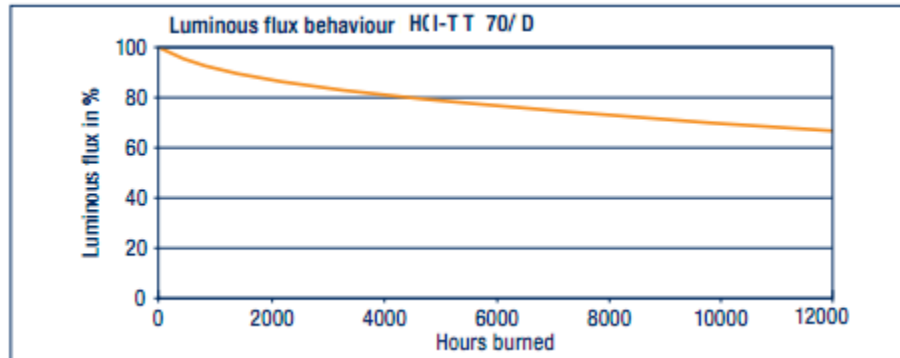


Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM



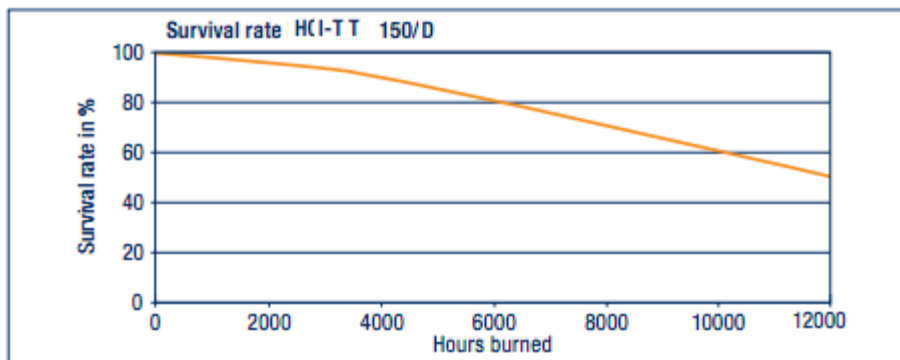
ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 47 Gráfica depreciación flujo luminoso de bombillo halogenuro metálico de 70 W



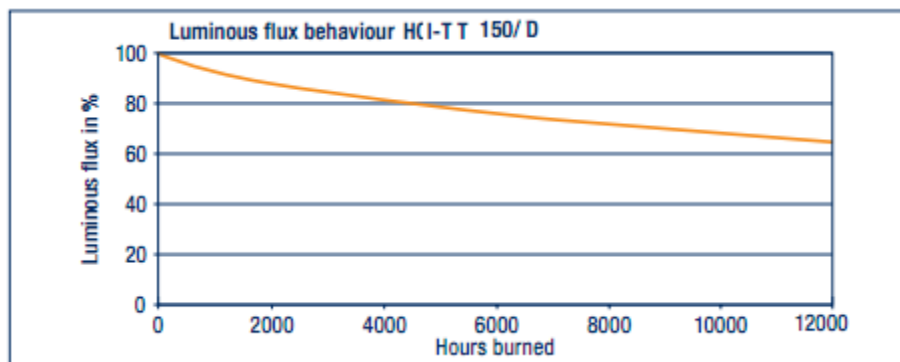
Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM

Ilustración 48 Gráfica tasa de supervivencia bombillo halogenuro metálico de 150 W



Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM

Ilustración 49 Gráfica depreciación flujo luminoso de bombillo halogenuro metálico de 150 W.

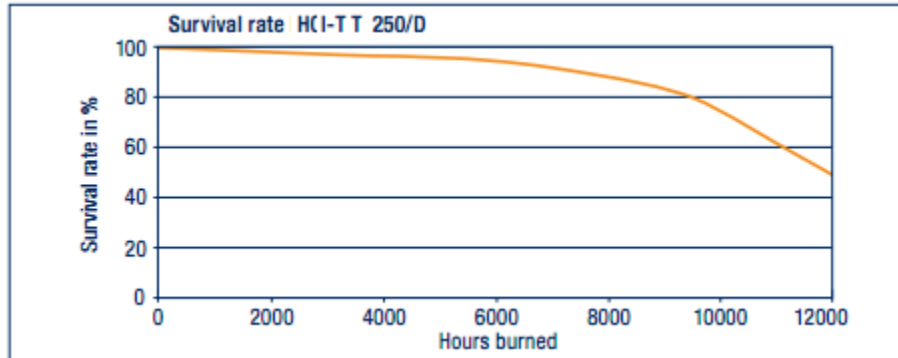


Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM



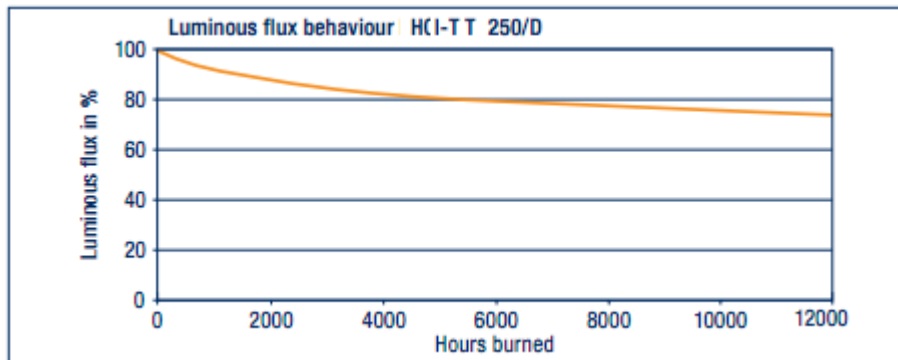
ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ilustración 50 Tasa de supervivencia bombillo halogenuro metálico de 250 W.



Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM

Ilustración 51 Gráfica depreciación flujo luminoso de bombillo halogenuro metálico de 250 W.



Fuente: Catálogos técnicos de lámparas OSRAM

Las luminarias estarán encendidas 12,333 horas diarias, debido a esto y a recomendaciones del fabricante y analizando la curva de depreciación del flujo luminoso se hará cambio de las bombillas cada 4 años y mantenimiento cada 2 años.

Costos asociados al mantenimiento preventivo

Los costos asociados al mantenimiento preventivo se encuentran en la tabla No 51.

Costos asociados cambio de lámparas

Los costos asociados al cambio de lámparas se encuentran en la Tabla No 52.

Costos de consumo de energía eléctrica anualizado



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Tabla 58 Lámparas de halogenuro metálico

CANTIDAD LÁMPARAS	MATERIAL	POTENCIA C/U (W)	POTENCIA TOTAL (W)
338	HALOGENURO	70	23 660
8	HALOGENURO	150	1 200
8	HALOGENURO	250	2000

Fuente: Los autores

Tabla 59 Costo consumo anual de energía con lámparas de halogenuro metálico

TOTAL LÁMPARAS	TOTAL DE POTENCIA DE LA BOMBILLA (kW)		
354	26,86		
La potencia total se incrementa en promedio un 20% debido a los equipos auxiliares que están con los conectados a la lámpara.			
VALOR (\$/ kWh)	POTENCIA PROMEDIO TOTAL DE LAS LÁMPARAS INCLUYENDO EL CONSUMO DE EQUIPOS AUXILIARES (kW)		
369	32,232		
TIEMPO DE ENCENDIDO POR DÍA	17:40	A	06:00
	12 HORAS Y 20 MINUTOS		
TIEMPO DE ENCENDIDO POR AÑO (H)	4 440		
COSTO ANUAL DE ENERGÍA COL\$	52 807 619,52		

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

4.6 TECNOLOGÍA LED

4.6.1 DATOS TÉCNICOS DE BOMBILLERÍA LED PROPUESTA Foco urbano LED ALEDD de alta potencia de LYA ELECTRONIC & SIGNAL TRAFFIC, S.L, cuenta con las siguientes características:

- Larga vida útil (12 años).
- Ahorro y eficiencia energética.
- No necesita equipos auxiliares.
- Luz neutra blanca de alta calidad.
- Libre de plomo, mercurio y halogenuros.
- Sin emisiones ultravioletas.
- No necesita mantenimiento
- Fácil instalación en las farolas urbanas más comunes.

Tabla 60 Datos técnicos lámparas LED

POTENCIA C/U (W)	FLUJO LUMINOSO (lm)	EFICACIA LUMINOSA (lm/W)	CASQUILLO	GRADO DE PROTECCIÓN IP	TEMP. DE COLOR (K)	NIVEL DE REPR. CROMÁTICA	VIDA ÚTIL (H)
27	4 491	80,73	E27-E40	IP44	5 525	79	>50 000
42	5 200	82	E27-E40	IP44	5 525	82	>50 000
49	5 650	83	E27-E40	IP44	5 525	82	>50 000

Fuente : Catálogo LYA Electronic & Signal Traffic, S.L.



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Ilustración 52 Fotografía bombillo LED



Fuente : Catálogo LYA Electronic & Signal Traffic, S.L.

4.6.2 COSTOS INICIALES (CI), LED POR MERCURIO En los costos iniciales se tendrá presente el costo de lámparas; transporte y mano de obra. El actual estado de las luminarias del campus central de la Universidad Industrial de Santander es bastante desgastado, por lo cual en estos costos iniciales se incluirá el cambio del acrílico de 330 luminarias DJK con el fin de garantizar una eficiente iluminación con la nueva tecnología LED.

Tabla 61 Costo de lámparas LED y acrílico para luminarias DJK

COSTO DE LÁMPARAS LED Y ACRÍLICO			
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANTIDAD	VLR/UNIDAD IVA INCLUI.	VLR/TOTAL IVA INCLUID.
ALEDD-27W-42 LYA ELECTRONIC & SIGNAL TRAFFIC, S.L	338	413 197	139 660 627
ALEDD-42W-420 LYA ELECTRONIC & SIGNAL TRAFFIC, S.L	8	687 118,96	5 496 951,68
ALEDD-49W-350 LYA ELECTRONIC & SIGNAL TRAFFIC, S.L	8	786 040,89	6 288 327,12
ACRÍLICO DJK-P	330	61 000	20 130 000
TOTAL COSTO DE LÁMPARAS DE LED Y ACRÍLICO			171 575 905

Fuente: Los autores



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

Costo instalación de las lámparas y acrílico de las luminarias DJK

Los costos de la mano de obra por día fueron extraídos de la Tabla No 46.

Tabla 62 Costo instalación de la lámparas y acrílico de las luminarias DJK

COSTOS MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN DE BOMBILLAS LED Y ACRÍLICO			
TIEMPO INSTALACIÓN UN BOMBILLO, EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO	CANT.	HORAS	TOTAL
a) Instalación de la bombilla	1	0,45	0,45
c)Adecuación de andamios	0,5	0,2	0,1
d)Retiro e instalación del nuevo acrílico	1	0,2	0,2
d) Despeje de espacios	0,5	0,2	0,1
TIEMPO INSTALACIÓN UN BOMBILLO Y EQUIPOS AUXILIARES EN HORAS			0,85
LUMINARIA MODIFICADA POR DÍA POR CUADRILLA			
# LÁMPARAS : (8 HORAS)/(0,85 HORAS)=		9,41	
VALOR MANO DE OBRA , INSTALACIÓN POR LÁMPARA COL\$			
12 393,84			
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN DE LA LÁMPARAS LED, Y ACRÍLICO			
354 lámparas*\$12 393,84=		4 387 419,89	

Fuente: Los autores

4.6.3 COSTOS DE CAMBIO DE LÁMPARAS LED

La lámparas LED no necesita mantenimiento y su vida útil es dada por el fabricante, en este caso es de 12 años. Los costos de la lámparas LED es de \$151 445 905,8 este valor se extrajo de la Tabla No 60 y la mano de obra por este cambio de lámparas es de \$2 064 668,18 extraído de la tabla No.52.



4.6.4 COSTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL

Tabla 63 Cantidad de lámparas LED

CANTIDAD LÁMPARAS	MATERIAL	POTENCIA C/U (W)	POTENCIA TOTAL (W)
338	LED	27	9 126
8	LED	42	336
8	LED	49	392

Fuente: Los autores

Tabla 64 Costo de consumo anual de energía de lámparas LED.

TOTAL LÁMPARAS	TOTAL DE POTENCIA DE LA BOMBILLA (kW)		
354	9,854		
TIEMPO DE ENCENDIDO POR DÍA	17:40	A	06:00
	12 HORAS Y 20 MINUTOS		
TIEMPO DE ENCENDIDO POR AÑO (H)	4 440		
VALOR (\$/ kWh)	369		
COSTO ANUAL DE ENERGÍA \$	16 144 399,44		

Fuente: Los autores

4.7 RESUMEN COSTOS ECONÓMICOS DE CADA TECNOLOGÍA

A continuación se presenta el resumen de costos que requerimos para el cambio de tecnología de mercurio a las diferentes propuestas, mas adelante al aplicar el método de valor presente neto se hará el análisis para escoger la mejor opción.



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

TECNOLOGÍA ACTUAL DE MERCURIO

Tabla 65 Costos económicos tecnología de mercurio

TECNOLOGÍA DE MERCURIO	
COSTOS INICIALES	
ACRÍLICO	20 130 000
MANO DE OBRA	2 838 918,75
LÁMPARAS	0
COSTOS DE MANTENIMIENTO	
MANO DE OBRA	2 580 835,23
COSTOS DE CAMBIO DE LÁMPARAS	
LÁMPARAS	2 217 456
MANO DE OBRA	2 064 668,18
COSTO DE CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL	
CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA	93 288 218,4

Fuente: Los autores

TECNOLOGÍA DE SODIO

Tabla 66 Costos económicos tecnología de sodio

TECNOLOGÍA DE SODIO	
COSTOS INICIALES	
MANO DE OBRA	5 677 837,506
LÁMPARAS , EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO	42 963 148
COSTOS DE MANTENIMIENTO	
MANO DE OBRA	2 580 835,23
COSTOS DE CAMBIO DE LÁMPARAS	
LÁMPARAS	10 739 200
MANO DE OBRA	2 064 668,18
COSTO DE CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL	
CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA	52 807 619,52

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

TECNOLOGÍA HALOGENUROS METÁLICOS

Tabla 67 Resumen costos económicos tecnología de halogenuros metálicos

TECNOLOGÍA DE HALOGENURO METÁLICO	
COSTOS INICIALES	
MANO DE OBRA	5 677 837,506
LÁMPARAS , EQUIPOS AUXILIARES Y ACRÍLICO	51 328 470
COSTOS DE MANTENIMIENTO	
MANO DE OBRA	2 580 835,23
COSTOS DE CAMBIO DE LÁMPARAS	
LÁMPARAS	22 127 594
MANO DE OBRA	2 064 668,18
COSTO DE CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL	
CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA	52 807 619,52

Fuente: Los autores

TECNOLOGÍA LED

Tabla 68 Resumen costos económicos tecnología de LED

TECNOLOGÍA DE LED	
COSTOS INICIALES	
MANO DE OBRA	4 387 420
LÁMPARAS Y ACRÍLICO	171 575 905
COSTOS DE MANTENIMIENTO	
MANO DE OBRA	0
COSTOS DE CAMBIO DE LÁMPARAS	
LÁMPARAS	151 445 905,8
MANO DE OBRA	2 064 668,18
COSTO DE CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL	
CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA	16 144 399,44

Fuente: Los autores



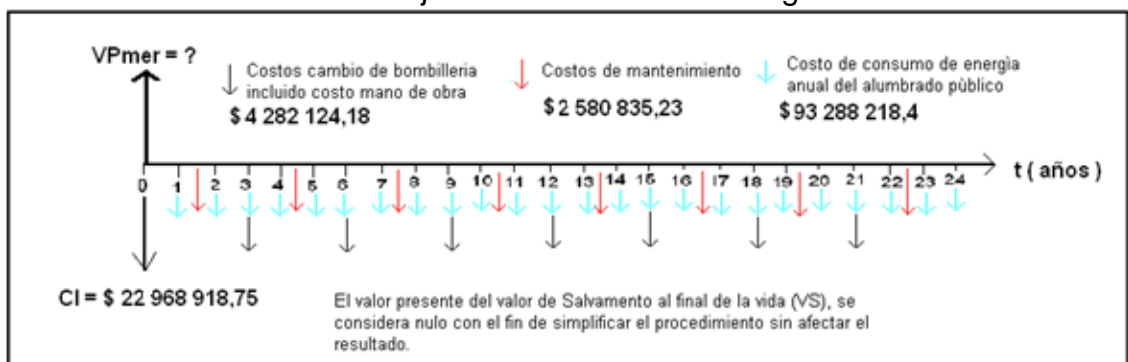
ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

4.8 VALOR PRESENTE DE CADA PROPUESTA

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público establece como indicador comparativo entre las propuesta el valor presente neto con el cual se escogerá la mejor propuesta.

4.8.1 VALOR PRESENTE TECNOLOGÍA ACTUAL DE MERCURIO

Ilustración 53 Flujo de efectivos de tecnología de mercurio



Fuente: Los autores

$$VPN = CI + VP(CAO) - VP(VS)$$

$$VPN = CI + VP(CAO) - 0$$

$$VPN = 22\,968\,918.75 + 93\,288\,218.4 \times \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right) + \frac{4\,282\,124.18}{(1+i)^3} + \dots + \frac{2\,580\,835.23}{(1+i)^n} + \dots$$

$i = 16.06\% \quad n = \text{años}$

$$VPN = 22\,968\,918.75 + 93\,288\,218.4 \times \left(\frac{(1+0.1606)^{24} - 1}{0.1606 \times (1+0.1606)^{24}} \right) + \frac{4\,282\,124.18}{(1+0.1606)^3} + \frac{4\,282\,124.18}{(1+0.1606)^6} + \frac{4\,282\,124.18}{(1+0.1606)^9} + \frac{4\,282\,124.18}{(1+0.1606)^{12}} + \frac{4\,282\,124.18}{(1+0.1606)^{15}} + \frac{4\,282\,124.18}{(1+0.1606)^{18}} + \frac{4\,282\,124.18}{(1+0.1606)^{21}} + \frac{2\,580\,835.23}{(1+0.1606)^{1.5}} + \frac{2\,580\,835.23}{(1+0.1606)^{4.5}} + \frac{2\,580\,835.23}{(1+0.1606)^{7.5}} + \frac{2\,580\,835.23}{(1+0.1606)^{10.5}} + \frac{2\,580\,835.23}{(1+0.1606)^{13.5}} + \frac{2\,580\,835.23}{(1+0.1606)^{16.5}} + \frac{2\,580\,835.23}{(1+0.1606)^{19.5}} + \frac{2\,580\,835.23}{(1+0.1606)^{22.5}}$$

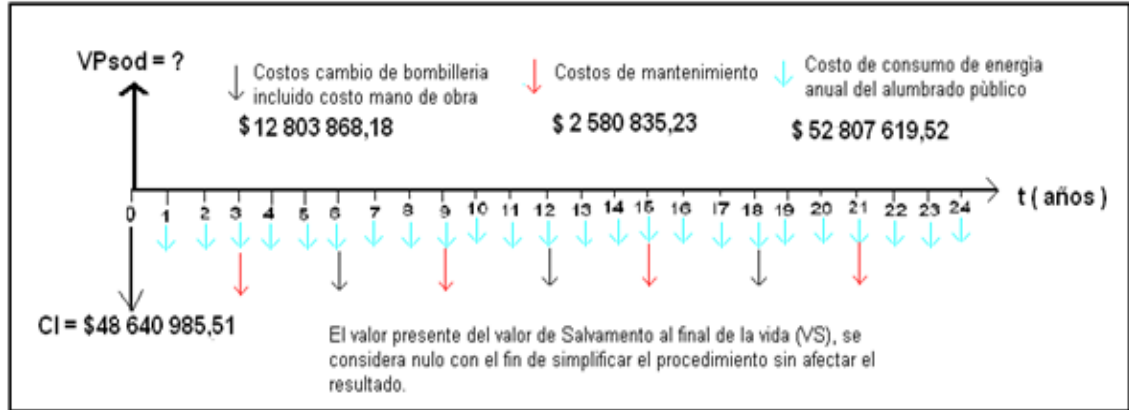
$$VPN = \$ 600\,396\,593.6$$



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

4.8.2 VALOR PRESENTE PROPUESTA 1 TECNOLOGÍA EN SODIO

Ilustración 54 Flujo de efectivos propuesta 1 Sodio



Fuente: Los autores

$$VPN = CI + VP(CAO) - VP(VS)$$

$$VPN = CI + VP(CAO) - 0$$

$$VPN = 48\,640\,985,51 + 52\,807\,619,52 \times \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right) + \frac{12\,803\,868,18}{(1+i)^n} + \dots + \frac{2\,580\,835,23}{(1+i)^n} + \dots$$

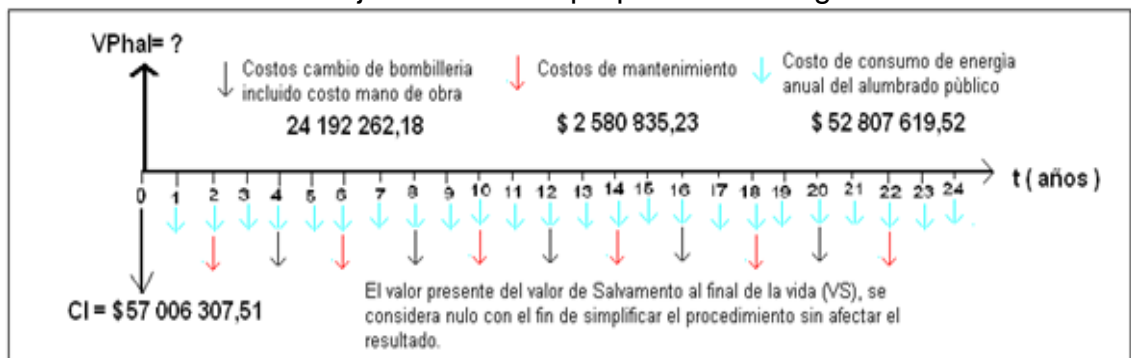
$i = 16,06\% \quad n = \text{años}$

$$VPN = 48\,640\,985,51 + 52\,807\,619,52 \times \left(\frac{(1+0,1606)^{24} - 1}{0,1606 \times (1+0,1606)^{24}} \right) + \frac{12\,803\,868,18}{(1+0,1606)^6} + \frac{12\,803\,868,18}{(1+0,1606)^{12}} + \frac{12\,803\,868,18}{(1+0,1606)^{18}} + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^3} + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^9} + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^{15}} + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^{21}}$$

$$VP = \$ 379\,214\,529,8$$

4.8.3 VALOR PRESENTE PROPUESTA 2 TECNOLOGÍA EN HALOGENUROS METÁLICOS

Ilustración 55 Flujo de efectivos propuesta 2 Halogenuros Metálicos



Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

$$VPN = CI + VP(CAO) - VP(VS)$$

$$VPN = CI + VP(CAO) - 0$$

$$VPN = 57\,006\,307,51 + 52\,807\,619,52 * \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right) + \frac{2\,580\,835,23}{(1+i)^n} + \dots + \frac{24\,192\,262,18}{(1+i)^n} + \dots$$

$i = 16,06\% \quad n = \text{años}$

$$VPN = 57\,006\,307,51 + 52\,807\,619,52 * \left(\frac{(1+0,1606)^{24} - 1}{0,1606 * (1+0,1606)^{24}} \right) + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^2} + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^6}$$

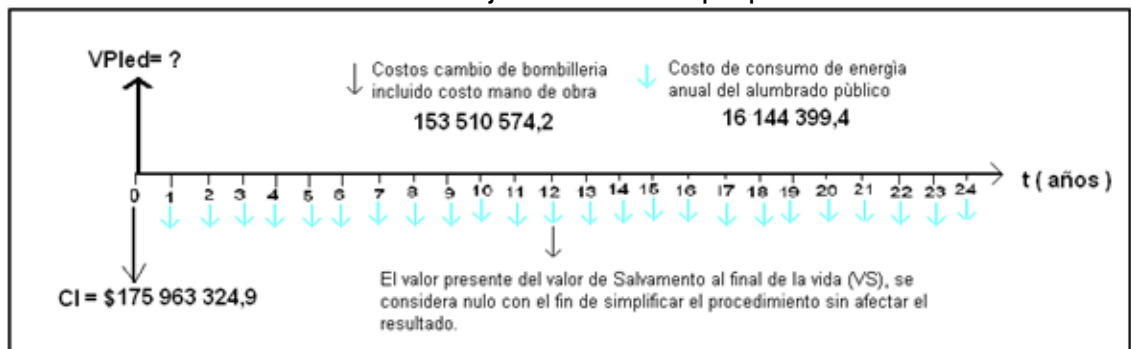
$$+ \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^{10}} + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^{14}} + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^{18}} + \frac{2\,580\,835,23}{(1+0,1606)^{22}} + \frac{24\,192\,262,18}{(1+0,1606)^4} + \frac{24\,192\,262,18}{(1+0,1606)^8}$$

$$+ \frac{24\,192\,262,18}{(1+0,1606)^{12}} + \frac{24\,192\,262,18}{(1+0,1606)^{16}} + \frac{24\,192\,262,18}{(1+0,1606)^{20}}$$

$$VP = \$ 408\,948\,629,9$$

4.8.4 VALOR PRESENTE PROPUESTA 3 TECNOLOGÍA LED

Ilustración 56 Flujo de efectivos propuesta 3 LED



Fuente: Los autores

$$VPN = CI + VP(CAO) - VP(VS)$$

$$VPN = CI + VP(CAO) - 0$$

$$VPN = 175\,963\,324,9 + 16\,144\,399,4 * \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right) + \frac{153\,510\,574,2}{(1+i)^n} + \frac{153\,510\,574,2}{(1+i)^n}$$

$i = 16,06\% \quad n = \text{años}$

$$VPN = 175\,963\,324,9 + 16\,144\,399,4 * \left(\frac{(1+0,1606)^{24} - 1}{0,1606 * (1+0,1606)^{24}} \right) + \frac{153\,510\,574,2}{(1+0,1606)^{12}}$$

$$VPN = \$ 299\,372\,001,2$$



4.9 RESULTADO DEL ESTUDIO TÉCNICO- ECONÓMICO

Como criterio de evaluación económica el RETILAP establece que la propuesta recomendada es aquella que presente menor valor presente neto. La propuesta 3, de cambio de mercurio a tecnología LED obtuvo el menor valor presente neto por lo cual sería la mejor opción.

Tabla 69 Resumen valor presente neto de cada propuesta

PROPUESTA	VALOR PRESENTE NETO (\$)
1. SODIO	379 214 529,8
2.HALOGENURO METÁLICO	408 948 629,9
3.LED	299 372 001,2

Fuente: Los autores

Tabla 70 Ahorro en costos de energía anual de las propuestas con respecto a la tecnología actual de mercurio

AHORRO EN COSTOS DE ENERGÍA ANUAL (%)	
LED	82,7
Sodio	43,4
Halogenuro Metálico	43,4

Fuente: Los autores



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

VENTAJAS Y PRESTACIONES DE LÁMPARAS LED

- Vida útil 50 000 horas (12 años), equivalente a cuatro lámparas de vapor de mercurio.
- No tiene gastos de mantenimiento.
- Reduce en más de 60% el consumo de energía eléctrica.
- No necesita equipos auxiliares.
- Compatible con farolas urbanas comunes.
- Posibilidad de obtener ayudas públicas para su compra e instalación.

VENTAJA ECOLÓGICA DE TECNOLOGÍA LED

- Libre de plomo, mercurio, y compuestos halogenados.
- Reduce a menos de la mitad de las emisiones de CO₂ en planta generadora.
- Al estar fabricados con materiales no contaminantes, se recicla fácilmente.
- Menos contaminación lumínica.

La propuesta 3 queda como la mejor opción de cambio debido a todas las anteriores ventajas técnicas y económicas presentadas en este estudio, la tecnología LED presenta ventajas considerables sobre las otras propuestas por lo cual se considera la mejor opción.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto de grado, se cumplieron los objetivos planteados inicialmente por el equipo de trabajo, estos son el punto de partida para dar una evaluación final del alcance del proyecto en la etapa de culminación.

El presente proyecto mostró nuestro interés por el cumplimiento de los reglamentos establecidos por el Ministerio de Minas y Energía, como lo es la resolución 18 0606 de 28 de Abril de 2008 donde se establece el remplazo de las bombillas de mercurio tradicionales por bombillas más eficientes y menos contaminantes. Actualmente el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) es un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional.

Se logró realizar con éxito el levantamiento de las redes de alumbrado de las zonas comunes exteriores a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS), donde se observó que estas instalaciones no cumplen con ciertas disposiciones que establece el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE); como lo es la regulación en ciertos puntos del sistema eléctrico.

Quedaron realizados y archivados los planos eléctricos del sistema de alumbrado público de las zonas comunes exteriores a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS), con un respectivo inventario de las luminarias existentes hasta la fecha, para que esta información sea utilizada en un bien común para futuros estudios.



ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

El sistema de encendido del alumbrado público exterior a los edificios del campus central de la Universidad Industrial de Santander es controlado por medio de temporizadores, para una mayor eficiencia y ahorro energético se recomienda cambiar a un control de encendido mediante foto celdas.

El abastecimiento energético pleno y oportuno es un tema de Seguridad Nacional, contribuye a la protección del medio ambiente, la vida y la salud humana y animal. El estudio técnico-económico mostro que la mejor opción para el cambio de la actual lámparas de mercurio del campus central de la Universidad Industrial de Santander es la tecnología LED que pertenece a la tercera propuesta presentada. La tecnología LED presento el menor valor presente neto durante un periodo de evaluación de 24 años, además que mostró el mejor ahorro de energía anual en comparación con las otras propuestas y mejor opción de cuidado al medio ambiente y confort visual.



**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE ÁREAS
COMUNES EXTERIORES A LOS EDIFICIOS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

BIBLIOGRAFÍA

BLANK, Leland. Ingeniería Económica. Traducido por Gladis Arango Medina. 4 edición. Bogotá D.C. McGraw-Hill. 740p.

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESSA. Normas Para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución. 2005

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Código Eléctrico Colombiano. NTC 2050. Bogotá D.C, 2002. 1042p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Código Colombiano de Alumbrado Público. NTC 900. 141p.

JURADO, Ciro, 2007. Apuntes de clase de la asignatura instalaciones eléctricas, Universidad Industrial de Santander, 2007.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. RETIE. Bogotá D.C., 2007. 164p.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. RETILAP. Bogotá D.C., 2009. 243p.

SOFTWARE AUTOCAD 2010