

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE: INGENIERO
MECÁNICO AUTOMOTRIZ

PROYECTO TÉCNICO:

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE LUMINOSIDAD MEDIANTE TÉCNICAS DE
ADQUISICIÓN DE DATOS Y FOTOMÉTRICAS PARA LA DETERMINACIÓN
DE LA INFLUENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DIURNA EN LOS
VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE CUENCA”

AUTORES:

EDWIN EDUARDO CAMAS VELASQUEZ
CHRISTIAN FERNANDO SAAVEDRA CARRERA

TUTOR:

ING. FREDY TACURI MOSCOSO MSc.

CUENCA - ECUADOR

2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Edwin Eduardo Camas Velasquez con C.I. 030254270-9 y Christian Fernando Saavedra Carrera con C.I. 010577629-8, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales, en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DEL NIVEL DE LUMINOSIDAD MEDIANTE TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y FOTOMÉTRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DIURNA EN LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE CUENCA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Edwin E. Camas V.
CI: 030254270-9



Christian F. Saavedra C.
CI: 010577629-8

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ANÁLISIS DEL NIVEL DE LUMINOSIDAD MEDIANTE TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y FOTOMÉTRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DIURNA EN LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE CUENCA”, realizado por los autores Edwin Eduardo Camas Velasquez y Christian Fernando Saavedra Carrera, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio del 2018



Ing. Fredy Gonzalo Tacuri Moscoso

CI: 010336954-2

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Edwin Eduardo Camas Velasquez con C.I. 030254270-9 y Christian Fernando Saavedra Carrera con C.I. 010577629-8, autores del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DEL NIVEL DE LUMINOSIDAD MEDIANTE TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y FOTOMÉTRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DIURNA EN LOS VEHÍCULOS DE LA CIUDAD DE CUENCA”, certificamos que el total contenido del Proyecto Técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, julio del 2018



Edwin E. Camas V.
CI: 030254270-9



Christian F. Saavedra C.
CI: 010577629-8

DEDICATORIA

El actual trabajo de titulación está dedicado a mis padres María Rosario Velasquez Tamay y Juan Julio Camas Tenezaca quienes me dieron vida, apoyo, educación, tiempo, oportunidad y confianza para poder lograr ser un profesional.

A mis hermanas Carmen y Jennifer Camas, a toda la familia Velasquez quienes me apoyaron moral y económicamente.

Edwin Eduardo Camas Velasquez

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico a mis padres y familia quienes me han brindado el fundamento y oportunidades en la vida para lograr mi éxito como profesional.

A la Virgen Santísima del Cisne por ser a quien he entregado todo en mi vida.

Christian Fernando Saavedra Carrera

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Dios por cuidarme durante mi trayectoria por darme valor y fuerzas para superar obstáculos y dificultades que nos da la vida.

A la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de estudiar y obtener un título profesional.

Agradezco a mi mamá, ya que es un ejemplo a seguir, me ha educado y me ha enseñado a no desfallecer, ni tampoco a rendirme ante ningún obstáculo que se presente en la vida, siempre ha sido la persona ideal para motivar a seguir de pie.

A mi papá, por creer en mí apoyarme en mis estudios, moral y económicamente gracias por darme una carrera profesional para mi futuro.

A mis hermanas Carmen y Jennifer Camas, por comprender mi ausencia y valorar el esfuerzo de la familia.

Agradezco a mis tíos y de más familiares quienes supieron apoyarme moral y económicamente, para cumplir una meta más en mis estudios.

A mi compañero y amigo de tesis, Christian Saavedra por la confianza brindada durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

Un profundo agradecimiento de gratitud al Ing. Fredy Tacuri Moscoso, director de tesis, por su valioso tiempo, conocimiento, asesoramiento, paciencia por haberme brindado la oportunidad de realizar el trabajo final de mi carrera.

Todo este trabajo se ha desarrollado gracias a ellos.

Edwin Eduardo Camas Velasquez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme guiado en el lapso de mi vida en todo momento, siendo el que me ha dado la fe y la fuerza para seguir adelante cada día ante cualquier adversidad.

A mis padres les doy gracias por ser el sustento económico y moral en mis estudios para ser un buen profesional en mi carrera que tanto la soné.

A la Universidad Politécnica Salesiana por haberme brindado los conocimientos y aptitudes correctas como pilar fundamental para lograr obtener mi título profesional.

Agradezco a Motricentro Kia y Jefe de taller Ing. Daniel Andrade por habernos apoyado con material de trabajo para el desarrollo de este trabajo de titulación.

Agradezco a nuestro director de tesis al Ing. Fredy Tacuri Moscoso por el tiempo, dedicación y conocimientos brindados para poder culminar este trabajo de titulación de la mejor manera.

Christian Fernando Saavedra Carrera

RESUMEN

En el presente proyecto técnico se determina, la influencia del sistema de iluminación diurna en los vehículos de la ciudad de Cuenca, por tal motivo se realiza la adquisición de datos de iluminancia en el mes de enero durante 17 días, en intervalos de 5 minutos cada muestra, con el fin de identificar el comportamiento de iluminación mediante análisis de datos estadísticos.

Se inicia recopilando datos de iluminancia en horas diurnas de 6:00 Am a 18:00 Pm mediante un sensor digital BH-1750 y tarjeta Arduino mega 2560, la ubicación geográfica del sensor de luz se coloca a una altura fija de 7.50 metros, en relación a todos los puntos cardinales, en la calle Juan León Mera entre las calles Juan José Flores y General Eloy Alfaro.

En el análisis estadístico descriptivo se determina el flujo luminoso de la ciudad de Cuenca mediante diagramas de columnas y líneas.

Además, se realiza el estudio fotométrico, mediante cámara fotográfica profesional D5100 la cual nos entrega características y datos de la velocidad de obturación y apertura del diafragma, mediante la fórmula de ajuste de exposición se determina la cantidad de iluminancia entregada de cada fotografía.

El estudio fotométrico se realiza con tres modelos de vehículos, de distintos colores negro, blanco y gris, obteniendo fotografías de los vehículos en intervalos de 50 metros hasta una distancia comprendida de 250 metros en carretera abierta y mixta, con la finalidad de obtener la iluminancia y luminancia del vehículo a cierta distancia, con el propósito de determinar el contraste del automotor con el entorno y que tan perceptible es el vehículo con luces de posición encendidas y apagadas a diferentes rangos de distancia.

Mediante el análisis estadístico se establece la correlación de la luminancia e iluminancia de los vehículos en el estudio fotométrico, se determina gráficas de columnas del contraste visual estableciendo que tan visible es un vehículo a cierta distancia, con el objetivo de analizar la influencia que provoca las luces de circulación diurna en la seguridad activa del automotor.

SUMMARY

The present technical project determines the influence of the daytime lighting system on the vehicles in Cuenca city, the acquisition of illuminance data is carried out in the month of January for 17 days, in intervals of 5 minutes each sample, with identification of lighting behavior through statistical data.

It starts collecting illuminance data in daytime hours 6:00 Am to 18:00 Pm whit digital sensor BH-1750 and Arduino mega 2560 card, the geographical location of the sensor on placed height of 7.50 meters, in relation to the cardinal points, in Juan León Mera street between Juan José Flores and General Eloy Alfaro streets.

In the descriptive statistical analysis, the luminous flux of the city of Cuenca is determined by diagrams of columns and lines.

In addition, the photometric study is carried out by professional camera D5100 which gives us characteristics and data of the shutter speed and aperture of the diaphragm, by means of the formula of exposure adjustment the amount of illuminance delivered of each photograph is determined.

The photometric study is carried out with three models of vehicles, of different colors black, white and gray, obtaining photographs of vehicles in intervals of 50 meters up to a distance comprised of 250 meters in open and mixed road, whit the purpose of obtaining the illuminance and luminance of the vehicle at a certain distance, with the purpose of determining the contrast of the vehicle with the environment and how perceptible the vehicle is with daytime lights on and off at different distance.

Through statistical analysis, the correlation of the luminance and illuminance of the vehicles in the photometric study is established, graphs of columns of visual contrast are determined by establishing how visible a vehicle is at a certain distance, in order to analyze the influence caused by the Daytime running lights in the active safety of the automotive.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|--------------|
| CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR | II |
| CERTIFICACIÓN | III |
| DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD..... | IV |
| DEDICATORIA | V |
| DEDICATORIA | VI |
| AGRADECIMIENTOS | VII |
| AGRADECIMIENTOS | VIII |
| RESUMEN..... | IX |
| SUMMARY | X |
| ÍNDICE GENERAL | XI |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XV |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XVIII |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. PROBLEMA DE ESTUDIO | 2 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 3. OBJETIVOS..... | 4 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 4 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 4 |
| CAPÍTULO I..... | 5 |
| ESTADO DEL ARTE..... | 5 |
| 1.1 REFERENCIA HISTÓRICA DE LAS LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA..... | 5 |
| 1.2 NORMATIVA Y REGLAMENTOS SOBRE LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA | 7 |
| 1.2.1 Normativa Europea..... | 7 |
| 1.2.2 Normativa ecuatoriana | 8 |
| 1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA | 9 |
| 1.4 MODELOS DE LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA | 11 |
| 1.4.1 LEDayFlex | 11 |
| 1.4.2 LEDayFlex II..... | 11 |
| 1.4.3 LEDayLine 15° y 30° con una estructura muy compacta | 12 |
| 1.4.4 LEDayLine | 12 |
| 1.4.5 Luces diurnas de forma redonda..... | 13 |
| 1.4.6 Luz diurna con luz de posición LED | 13 |
| 1.4.7 Luces diurnas FF 40 | 14 |
| 1.4.8 Luces diurnas con diseño transparente | 14 |

1.4.9 Módulo 90 mm H15 faro de largo alcance y antiniebla con luz de conducción diurna 15

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO II | 16 |
| MEDICIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACION DIURNA DE LA CIUDAD DE CUENCA..... | 16 |
| 2.1 MEDIDAS PARA EL CÁLCULO DE LA MUESTRA | 16 |
| 2.1.1 Tamaño de la muestra..... | 16 |
| 2.1.2 Tamaño de la población | 16 |
| 2.1.3 Margen de error | 16 |
| 2.1.4 Nivel de confianza..... | 17 |
| 2.1.5 Desviación estándar..... | 17 |
| 2.2 MATERIALES PARA LA ADQUISICIÓN DE ILUMINANCIA | 17 |
| 2.2.1 Sensor de Luz BH-1750 | 17 |
| 2.2.2 Arduino MEGA 2560..... | 18 |
| 2.2.3 Computadora | 19 |
| 2.2.1 Cúpula transparente..... | 20 |
| 2.3 MÉTODOS..... | 20 |
| 2.3.1 Esquema de adquisición de datos (DAQ)..... | 20 |
| 2.3.2 Programación en Arduino | 21 |
| 2.3.3 Conexiones sensor y Arduino..... | 22 |
| 2.4 PROCEDIMIENTO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS | 22 |
| 2.4.1 Cálculo del tamaño de la muestra..... | 24 |
| 2.4.2 Ubicación del sensor | 25 |
| 2.4.3 Obtención de datos de iluminancia..... | 25 |
| CAPITULO III..... | 30 |
| ANÁLISIS ESTADISTICO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE ILUMINANCIA | 30 |
| 3.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE ILUMINANCIA | 30 |
| 3.2 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL | 33 |
| 3.2.1 Análisis de los promedios de iluminancia según los días de muestreo..... | 33 |
| 3.2.2 Análisis estadístico de la moda de iluminancia | 33 |
| 3.3 MEDIDAS DE DISPERSIÓN | 34 |
| 3.3.1 Análisis del rango de las muestras de iluminancia | 34 |
| 3.3.2 Análisis de la desviación estándar de las muestras de iluminancia | 34 |
| 3.4 MEDIDAS DE POSICIÓN | 35 |
| 3.4.1 Análisis de la mediana de las muestras de iluminancia | 35 |
| 3.4.2 Análisis de los percentiles de las muestras de iluminancia | 36 |
| 3.5 FORMA DE LA DISTRIBUCIÓN..... | 37 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.6 | ILUMINANCIA SEGÚN LA HORA | 39 |
| CAPITULO IV | | 41 |
| ESTUDIO FOTOMÉTRICO | | 41 |
| 4.1 | MAGNITUDES LUMÍNICAS..... | 41 |
| 4.1.1 | Flujo luminoso..... | 41 |
| 4.1.2 | Intensidad luminosa..... | 42 |
| 4.1.3 | Angulo Sólido | 43 |
| 4.1.4 | Nivel de iluminación | 44 |
| 4.2 | MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS | 44 |
| 4.2.1 | Luminancia..... | 44 |
| 4.2.2 | Velocidad de obturación..... | 46 |
| 4.2.3 | Apertura del diafragma..... | 46 |
| 4.2.4 | Ecuación de ajuste exposición..... | 47 |
| 4.2.5 | Contraste luminoso de Weber | 48 |
| 4.3 | MATERIALES UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO FOTOMÉTRICO | 48 |
| 4.3.1 | Cámara Nikon D5100..... | 48 |
| 4.3.2 | Cinta de agrimensura..... | 49 |
| 4.3.3 | Cono reflectivo | 50 |
| 4.3.4 | Vehículos..... | 50 |
| 4.4 | PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO FOTOMÉTRICO | 51 |
| 4.5 | CALCULO DE LUMINANCIA E ILUMINACIÓN | 52 |
| 4.5.1 | Vehículos de prueba para medida de luminancias..... | 53 |
| 4.5.2 | Descripción del comportamiento de luminancia según la distancia | 53 |
| 4.6 | MEDIDAS DE LUMINANCIA E ILUMINACIÓN EN CARRETERA MIXTA | 54 |
| 4.6.1 | Vehículo negro | 54 |
| 4.6.2 | Vehículo blanco..... | 56 |
| 4.6.3 | Vehículo gris | 57 |
| 4.7 | MEDIDAS DE LUMINANCIA E ILUMINACIÓN EN CARRETERA ABIERTA | 59 |
| 4.7.1 | Vehículo negro | 59 |
| 4.7.2 | Vehículo blanco..... | 60 |
| 4.7.3 | Vehículo Gris | 62 |
| 4.8 | CÁLCULO DEL CONTRASTE LUMINOSO | 63 |
| 4.8.1 | Luminancia de los vehículos con luces apagadas..... | 64 |
| 4.8.2 | Luminancia de los vehículos con luces de posición encendidas..... | 65 |
| CAPITULO V..... | | 67 |
| ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO FOTOMÉTRICO | | 67 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 5.1 | ILUMINANCIA Y LUMINANCIA DEL VEHÍCULO EN CARRETERA MIXTA Y ABIERTA | 67 |
| 5.1.1 | Luminancia del vehículo en carretera mixta..... | 67 |
| 5.1.2 | Iluminancia del vehículo en carretera mixta..... | 68 |
| 5.1.3 | Luminancia del vehículo en carretera abierta..... | 69 |
| 5.1.1 | Iluminancia del vehículo en carretera abierta..... | 69 |
| 5.2 | CONTRASTE LUMINOSO | 70 |
| 5.2.1 | Vehículo con luces apagadas..... | 70 |
| 5.2.2 | Correlación de contraste con máxima iluminancia..... | 71 |
| 5.2.3 | Correlación de contraste con el promedio de iluminancia..... | 71 |
| 5.2.4 | Correlación de contraste con mínima iluminancia | 72 |
| 5.2.5 | Vehículo con luces de posición encendidas | 73 |
| 5.2.6 | Correlación de contraste con máxima iluminancia..... | 73 |
| 5.2.7 | Correlación de contraste con el promedio de iluminancia..... | 74 |
| 5.2.8 | Correlación de contraste con mínima iluminancia | 74 |
| | CONCLUSIONES..... | 76 |
| | RECOMENDACIONES..... | 78 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 79 |
| | ANEXOS | 81 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Modelo y marcas sobre homologación | 8 |
| Figura 1.2 Dimensiones para instalaciones de LCD | 11 |
| Figura 1.3 LEDayFlex..... | 11 |
| Figura 1.4 LEDayFlex II..... | 12 |
| Figura 1.5 LEDayLine 15° y 30° | 12 |
| Figura 1.6 LEDayLine | 13 |
| Figura 1.7 Luces de circulación diurna redondas | 13 |
| Figura 1.8 Luz diurna con luz de posición..... | 14 |
| Figura 1.9 Luces diurnas FF 40 | 14 |
| Figura 1.10 luces diurnas con diseño transparente | 15 |
| Figura 1.11 Faro de largo alcance con luz diurna y antiniebla | 15 |
| Figura 2.1 Sensor digital BH1750 | 18 |
| Figura 2.2 Arduino Mega 2560..... | 18 |
| Figura 2.3 Computadora MacBook..... | 19 |
| Figura 2.4 Cristal para protección del sensor..... | 20 |
| Figura 2.5 Partes de un sistema DAQ..... | 21 |
| Figura 2.6 Circuito de adquisición de iluminancia | 22 |
| Figura 2.7 Flujograma del proceso para la adquisición de muestras de iluminancia | 23 |
| Figura 2.8 Superficie de la ciudad de Cuenca..... | 24 |
| Figura 2.9 Ubicación del sensor de luz en la ciudad de Cuenca..... | 25 |
| Figura 3.1 Estadística Descriptiva | 30 |
| Figura 3.2 Grafica de columnas del Promedio del iluminancia..... | 33 |
| Figura 3.3 Grafica de columnas y líneas de valores mínimos y máximos de iluminancia..... | 34 |
| Figura 3.4 Proyección De La Desviación Estándar. | 35 |
| Figura 3.5 Grafica de barras del análisis estadístico de la mediana..... | 36 |
| Figura 3.6 grafica de barras del percentil..... | 37 |
| Figura 3.7 Resultado de la distribución normal de iluminancia | 38 |
| Figura 3.8 Resultado de la distribución normal de iluminancia según la hora | 39 |
| Figura 3.9 Grafica de iluminancia según la hora | 40 |
| Figura 4.1 Flujo luminoso..... | 42 |
| Figura 4.2 Angulo sólido | 43 |
| Figura 4.3 Nivel de iluminación | 44 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.4 Luminancia | 45 |
| Figura 4.5 Cámara fotográfica profesional Nikon D5100 | 49 |
| Figura 4.6 Cinta de agrimensura | 49 |
| Figura 4.7 Cono reflectivo | 50 |
| Figura 4.8 Vehículos utilizados en el estudio fotométrico..... | 50 |
| Figura 4.9 Flujograma del procedimiento de estudio fotométrico..... | 52 |
| Figura 4.10 vehículo Kia Sportage | 52 |
| Figura 4.11 Gráfica de ilustración de objeto de análisis según la distancia | 53 |
| Figura 4.12 Características fotográficas del kia Sportage..... | 54 |
| Figura 4.13 Relación que existe entre L – E, del vehículo negro | 55 |
| Figura 4.14 Características fotográficas del Subaru Legacy..... | 56 |
| Figura 4.15 Relación que existe entre L – E, del vehículo blanco..... | 57 |
| Figura 4.16 Características fotográficas del Optra Hatchback | 57 |
| Figura 4.17 Relación que existe entre L – E, del vehículo gris | 58 |
| Figura 4.18 Características fotográficas del vehículo Kia Sportage..... | 59 |
| Figura 4.19 Relación que existe entre L – E, del vehículo negro | 60 |
| Figura 4.20 Características fotográficas del vehículo Subaru Legacy..... | 60 |
| Figura 4.21 Relación que existe entre L – E, del vehículo blanco..... | 61 |
| Figura 4.22 Características fotográficas del vehículo Optra Hatchback..... | 62 |
| Figura 4.23 Relación que existe entre L – E, del vehículo gris | 63 |
| Figura 5.1 Grafica de líneas de luminancia según la distancia del vehículo en carretera mixta..... | 68 |
| Figura 5.2 Grafica de líneas de iluminancia según la distancia del vehículo en carretera mixta..... | 68 |
| Figura 5.3 Grafica de líneas de luminancia según la distancia del vehículo en carretera abierta..... | 69 |
| Figura 5.4 Grafica de líneas de iluminancia según la distancia del vehículo en carretera abierta..... | 70 |
| Figura 5.5 Comportamiento del vehiculo según iluminancia | 70 |
| Figura 5.6 Contraste del vehiculo en carretera abierta y mixta con maxima iluminancia..... | 71 |
| Figura 5.7 Contraste del vehiculo en carretera abierta y mixta con el promedio de iluminancia..... | 72 |

| | |
|--|----|
| Figura 5.8 Contraste del vehiculo en carretera abierta y mixta con la minima iluminancia..... | 72 |
| Figura 5.9 Contraste del vehiculo con luces encendidas en carretera abierta y mixta con la maxima iluminancia | 73 |
| Figura 5.10 Contraste del vehiculo con luces encendidas en carretera abierta y mixta con el promedio de iluminancia | 74 |
| Figura 5.11 Contraste del vehiculo con luces encendidas en carretera abierta y mixta con minima iluminancia..... | 75 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2-1 Desviación estándar | 17 |
| Tabla 2-2 Especificaciones técnicas del sensor..... | 18 |
| Tabla 2-3 Características técnicas del Arduino 2560..... | 19 |
| Tabla 2-4 Características técnicas de la MacBook..... | 19 |
| Tabla 2-5 Características de la protección del sensor | 20 |
| Tabla 2-6 Especificaciones de la conexión del circuito | 22 |
| Tabla 2-7 Resultado de datos de iluminancia en horas diurnas durante 17 días..... | 27 |
| Tabla 3-1 Resultados Estadísticos De Datos De Iluminancia | 32 |
| Tabla 3-2 Análisis estadístico según la hora de iluminancia | 38 |
| Tabla 4-1 Intensidad luminosa | 42 |
| Tabla 4-2 Características de la cámara fotográfica | 49 |
| Tabla 4-3 Vehículos utilizados para la prueba de medición de luminancia..... | 53 |
| Tabla 4-4 Resultados de iluminación y luminancia | 55 |
| Tabla 4-5 Resultados de iluminación y luminancia | 56 |
| Tabla 4-6 Resultados de iluminación y luminancia | 58 |
| Tabla 4-7 Resultados de iluminación y luminancia | 59 |
| Tabla 4-8 Resultados de iluminación y luminancia | 61 |
| Tabla 4-9 Resultados de iluminación y luminancia | 62 |
| Tabla 4-10 valor de luminancia según el vehículo..... | 64 |
| Tabla 4-11 Correlación de contraste de máxima iluminación..... | 64 |
| Tabla 4-12 Correlación de contraste con media iluminación..... | 65 |
| Tabla 4-13 Correlación de contraste con mínima iluminación | 65 |
| Tabla 4-14 valor de luminancia según el vehículo..... | 65 |
| Tabla 4-15 Correlación de contraste con máxima iluminación..... | 66 |
| Tabla 4-16 Correlación de contraste con media iluminación..... | 66 |
| Tabla 4-17 Correlación de contraste con mínima iluminación | 66 |

INTRODUCCIÓN

Las luces de circulación diurna es un sistema fundamental de iluminación en los vehículos que utilizan de forma continua durante el día, con el objetivo de mejorar la visibilidad y percepción del automotor, las mismas se encienden de forma automática mientras el vehículo se encuentra encendido o en movimiento, algunas de estas luces son de tipo LED o halógenas sin diferencia alguna ya que poseen el mismo principio de funcionamiento, según estudios realizados este tipo de luces han contribuido a la reducción del número de accidentes y hacer más visible al vehículo por el contraste visual generado con el entorno, alcanzando un mayor nivel de seguridad para los peatones y conductores en la vía.

Se pretende realizar el levantamiento de iluminación de la ciudad de Cuenca mediante el sensor de luz digital BH-1750 y tarjeta Arduino MEGA para la adquisición de datos de iluminación que permite procesar datos cuantitativos, los cuales incluyen la medición sistemática empleando el análisis estadístico, además se realizara un estudio fotométrico e individual del vehículo, mediante la velocidad de obturación y la apertura del diafragma del fotómetro, indicando la cantidad de iluminancia a diferentes distancias mediante la fórmula de ajuste de exposición, con los resultados obtenidos de la adquisición de datos precisos y sistemáticos se observará las causas y efectos mediante software estadístico, que permitan determinar el nivel de iluminación natural y el contraste vehicular con el entorno en horas diurnas.

1. PROBLEMA DE ESTUDIO

Debido a las condiciones variables de iluminación natural bajo diferentes aspectos climáticos como lluvia, neblina y ángulo de oblicuidad de la elíptica con respecto a la tierra que se produce en las primeras y últimas horas del día, se reduce el campo de visión y la distancia de percepción, tanto en conductores como en peatones, esto a su vez asciende el número de accidentes de tránsito y pérdidas humanas, ocasionadas por la falta de visibilidad vehicular en horas diurnas. Según la agencia nacional de tránsito (ANT) se estima que “al menos 23 accidentes ocurrieron por fallas en la iluminación vehicular”¹, durante el año 2016 información publicada por diario El Mercurio.

En las primeras horas del día entre las 6:00 a 10:00 AM según la publicación por diario El Mercurio, se suscitaron una serie de accidentes donde estuvieron implicados vehículos motocicletas y peatones, afirmaron con detalle “que al menos 7 accidentes se produjeron el mismo día”², además el Personal de Tránsito recomienda a los conductores de vehículos y motocicletas reducir la velocidad en la calzada mojada por cambios climáticos “el vehículo podría resbalar en la calzada ante maniobras, además la visibilidad es reducida”³

¹ Noticia Diario El Mercurio
[//www.elcomercio.com/actualidad/consejos-evitar-accidentes-transito-lluvia.html](http://www.elcomercio.com/actualidad/consejos-evitar-accidentes-transito-lluvia.html)

² Noticia Diario El Mercurio
[//www.elmercurio.com.ec/529553-accidentes-simultaneos-en-calzada-mojada-por-lluvia/](http://www.elmercurio.com.ec/529553-accidentes-simultaneos-en-calzada-mojada-por-lluvia/)

³ Noticia Diario El Mercurio
[//www.elmercurio.com.ec/529553-accidentes-simultaneos-en-calzada-mojada-por-lluvia/](http://www.elmercurio.com.ec/529553-accidentes-simultaneos-en-calzada-mojada-por-lluvia/)

2. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es importante debido que se desea realizar el estudio del levantamiento lumínico de la ciudad de Cuenca en diferentes aspectos climáticos, mediante técnicas fotométricas con el propósito de conocer el nivel de iluminación natural y percibir la luminancia que tiene el vehículo con el entorno, contribuyendo a determinar la influencia del sistema de iluminación diurna en la seguridad activa de los vehículos de la ciudad, con la posibilidad de minimizar riesgos de accidentes en la vía pública. El efecto positivo de las luces de circulación diurna incrementa el contraste visual entre los vehículos dado por el color que el mismo posea con su entorno aumentando su visibilidad, también provocan la estimación del aumento de la distancia que recorre y la detección de la velocidad, permitiendo a los conductores ver y ser vistos, teniendo mayores márgenes de seguridad en adelantamientos o cambios de carril y giros en la vía pública.

Con el análisis comparativo de las variables de estudio servirá para determinar la influencia de las luces de circulación diurna como medio de seguridad activa vehicular, como por ejemplo se ha dado “en países de la Unión Europea el uso de las luces de circulación diurna hoy en día han logrado reducir un 5% de accidentes en circulación de carretera y un 8% en circulación en la ciudad lo que aseguran que son útiles para la seguridad vial.”⁴

⁴ FITSA Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil
[//espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/_fitsa/archivos/publicaciones/0000022/08-Lucesdiurna.pdf](http://espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/_fitsa/archivos/publicaciones/0000022/08-Lucesdiurna.pdf)

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Analizar el nivel de luminosidad mediante técnicas de adquisición de datos y fotométricas para la determinación de la influencia del sistema de iluminación diurna en los vehículos de la ciudad de Cuenca.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento lumínico de la ciudad de Cuenca mediante técnicas de adquisición de datos para la medición del nivel de iluminación diurno.
- Desarrollar el estudio de luminancia vehicular mediante técnicas fotométricas en diferentes condiciones de distancia e iluminación diurna para la determinación de la visibilidad del vehículo con el entorno.
- Evaluar los resultados del estudio fotométrico mediante estadística descriptiva para la validación de la información obtenida.
- Interpretar los datos obtenidos mediante análisis comparativo de las variables de estudio para la determinación de la influencia de las luces de circulación diurna como medio de seguridad activa vehicular.

CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se da a conocer sobre las luces de circulación diurna en los vehículos, sus referencias históricas que ha tenido a lo largo del tiempo en países de la Unión Europea y Norteamérica, sus respectivas normativas por las que se rigen en cuanto a su diseño, homologación e instalación, además se describe modelos y su importancia permitiendo mejorar la visibilidad, con la finalidad de determinar la influencia del sistema en los diferentes tipos de vehículos.

1.1 Referencia histórica de las luces de circulación diurna

La historia de las luces de circulación diurna se origina en los países del norte de Europa debido a su condición geográfica y de lugares con falta de luminosidad durante el día por aspectos climáticos en gran parte del año.

En el año de 1972 en países de Europa se exigió a los conductores de los vehículos a encender las luces de los vehículos durante el día, exclusivamente fuera de las ciudades y en meses de invierno, en el año de 1988 Suecia y Noruega a la par deciden implementar el encendido de las luces diurnas y Dinamarca en el año de 1990, finalmente en el año de 1997 en Finlandia se exige a permanecer encendidas las luces durante todo el año y en todas las vías, donde se encuentre en marcha el vehículo. Esto a la vez permite a los fabricantes de vehículos siendo las marcas Volvo y Saab en construir e implementar sin descargas en la batería luces automáticas de circulación diurna sincronizadas con el arranque del motor del vehículo.

En lo que se refiere a Norteamérica se resume a continuación:

- En el año de 1987, el instituto de seguros para la seguridad en las carreteras (IIHS), planteo a la administración nacional de seguridad del tráfico en las carreteras (NHTSA), establecer un estatuto sobre el uso de los sistemas de iluminación diurna, pero esta fue negada. (FITSA, 2018).

- En el año de 1990, se solicita un nuevo estatuto a (NHTA), sobre las instalaciones opcionales de las luces de conducción diurna en los automotores, General Motor consigue esta aprobación después de dos años. (FITSA, 2018).
- En el año de 1993, da inicio los acoplamientos de las luces de conducción diurna en todos los vehículos de General Motor, además este sistema ya viene incorporado en todos los modelos de los vehículos desde el año de 1997. (FITSA, 2018)
- En el año de 1998, la administración nacional de seguridad del tráfico en las carreteras (NHTSA), decide disminuir la intensidad de las luces de conducción diurna, por motivos de deslumbramientos durante el día por varias quejas de los conductores. (FITSA, 2018).
- En el año 2001, nuevamente se solicita una ley a (NHTSA), obligar a todos los vehículos nuevos incluir las luces de conducción diurna, General Motor aun no consigue que esta ley sea aprobada. (FITSA, 2018).

En la Unión Europea con la obligación de las luces de conducción diurna, durante un accidente de tránsito en horas del día, se podría evitar un 24,6% de muertos como también un 20% de personas heridas y una disminución en pérdidas de materiales, se podría decir que en el año de 1997, hubiese podido evitar 5500 muertos y 155000 heridos anualmente en diferentes vías de la Unión Europea. (Andrés Aparicio Salazar, 2007).

Según resultados y el análisis estadístico de los efectos de las luces de conducción diurna tiene una estimación estadística, sobre las victimas en los accidentes de tránsito, con un 95% de probabilidad, se da a conocer que el 20,1% de víctimas fueron evitas de las colisiones vehiculares, en la Unión Europea con la obligación de utilizar las luces de circulación diurna será superior al 12,7% y menor que el 28%, esto significa que se podría evitar más de 100.000 y menor a 215.000 accidentes de tránsito anuales. A demás se podría evitar el 12,4% de accidentes múltiples en las

horas diurnas, dando como un resultado de 740.000 accidentes evitadas. (Andrés Aparicio Salazar, 2007).

1.2 Normativa y reglamentos sobre luces de circulación diurna

En la Unión Europea a nivel de normativas y reglamentos se encuentran vigentes la ECE R48 y ECE R87, acerca de las luces de circulación diurna, mientras que en el Ecuador está vigente, la Normativa Técnica Ecuatoriana 1155:2009 y el Reglamento A La Ley De Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, aplica a los dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad del vehículo.

1.2.1 Normativa Europea

Con la intención de incrementar la seguridad y disminuir accidentes de tránsito en las vías, la Comisión Europea ha integrado normativas sobre las luces de circulación diurna, dictando que todo tipo de vehículo nuevo a partir del año 2011 debe tener instalado dichas luces, su ubicación correcta en la parte delantera del vehículo, cumpliendo normas y reglamentos, Comisión Económica para Europa (ECE R87 y ECE R48). (R48, 2016).

Reglamento ECE R48

El siguiente reglamento dicta sobre las “Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en lo que respecta a la instalación de dispositivos de alumbrado y señalización luminosa” (R48, 2016).

Esta normativa define a la luz del día dedicada a gestionar las luces que se requieren para todos los nuevos vehículos, desde el mes de febrero del año 2011 esta en marcha la obligación de la homologación de las luces diurnas en los diferentes vehículos de la siguiente categoría: (R48, 2016).

- Categoría M1: Vehículos de ocho asientos además del asiento del conductor, dedicados al transporte de personas.
- Categoría N1: vehículos con un peso máximo que no exceda de 3.5 toneladas, y destinadas al transporte de carga.

Para vehículos de fabricación inferior a esta fecha y de otras categorías, la instalación de las luces de circulación diurna se ha tomado de manera opcional dependiendo de la decisión del propietario del automotor. (R48, 2016).

Reglamento ECE R87

El reglamento N° 87 da a conocer sobre las “Prescripciones uniformes sobre la homologación de las luces de circulación diurna de los vehículos de motor” (R87, 2009).

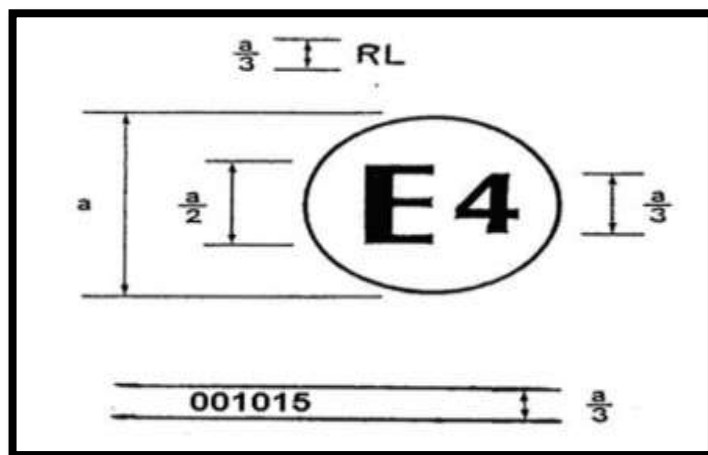


Figura 1.1 Modelo y marcas sobre homologación
Fuente: (R87, 2009)

Todas las luces de conducción diurna que lleven marcado (E4) acompañado con la serie de 001015, han sido homologados en los países bajos, garantizando que se ha cumplido con los requisitos necesario según el reglamento en su forma original. (R87, 2009).

1.2.2 Normativa ecuatoriana

NTE INEN 1155:2009

La Norma Técnica Ecuatoriana 1155:2009, los vehículos deben tener incorporados todos los dispositivos mínimos de alumbrado y señalización luminosa, para que los conductores y peatones puedan visualizar la presencia del vehículo que circulan en el área. (NTE1155, 2009).

Reglamento a ley de transporte terrestre tránsito y seguridad vial (RTTTSV)

En el capítulo V del reglamento a la ley de transporte terrestre y seguridad vial, dicta de los dispositivos para mantener y mejorar la visibilidad.

Todos los sistemas de iluminación de los diferente modelos y tipos de vehículos deben cumplir con todas las especificaciones establecidas en la norma técnica ecuatoriana tales como tamaño, ubicación y cantidad luminosa. (RTTTSV, 2012).

En el (RTTTSV) del capítulo V, nos indica lo siguiente “**Art. 185.**- Todo vehículo deberá llevar sus luces encendidas, entre las 18h00 y las 06h00 del día siguiente y, obligatoriamente, entre las 06h00 y las 18h00 si las condiciones atmosféricas (neblina, lluvia,) lo exigen” (RTTTSV, 2012).

1.3 Características de las luces de circulación diurna

Los sistemas de iluminación diurna son representados por las letras LCD (luces de conducción diurna) esta luz no tiene el propósito de alumbrar la calzada ni la vía por donde circula el vehículo, su objetivo es hacer más visible al vehículo para que los demás, ciclistas, conductores y peatones puedan percibir la presencia del mismo, esta luz resulta importante porque permite ver y ser visto evitando una colisión vehicular.

La luz diurna es visible a una distancia de 240 metros, si el alumbrado público es intenso o a su vez la luz natural es mayor puede reducirse a la mitad esto puede depender mucho del color y tipo de vehículo.

ECE R87 se especifica las características que debe tener en cuenta para la instalación de las luces de circulación diurna en un vehículo, entre las que se puede destacar que se describe a continuación.

Presencia

- Son obligados en los vehículos de motor, menos en los remolques.
- Los vehículos deben de tener dos luces de circulación diurna.

Color

- El color de esta luz es de color blanco.

Ubicación

- Ancho: Entre la luz de circulación diurna derecha e izquierda de borde a borde inferior debe de tener como mínimo 600 mm, si la máxima anchura del vehículo es de 1.30 metros o menos, esta distancia se reduce a 400 mm
- Altura: Esta luz se puede instalar a una altura máxima tomada desde el suelo es de 1500 mm y mínimo como 250 mm.

Visibilidad geométrica

- Horizontal: Está regulada a un ángulo de 20 grados hacia el exterior y 20 grados hacia el interior.
- Vertical: Hacia arriba se debe colocar a un ángulo de 10 grados y hacia abajo 10 grados.

Orientación

- Esta colocado en la parte frontal del vehículo.

En la figura 1.2 se indica las dimensiones para ubicación e instalación de las luces de circulación diurna según el reglamento indicado.

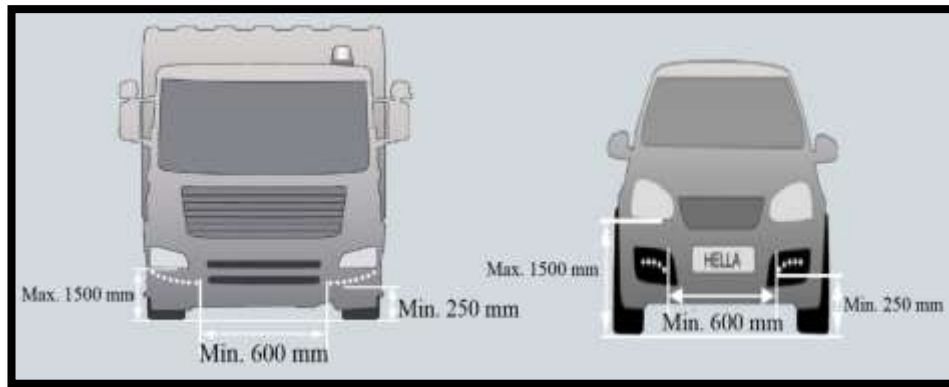


Figura 1.2 Dimensiones para instalaciones de LCD

Fuente: (Hella, 2018)

1.4 Modelos de luces de circulación diurna

1.4.1 LEDayFlex

Estas luces de circulación diurna estas compuestas de dos cadenas modulares precableadas de 5 a 8 módulos lumínicos de forma redonda con dos cajas electrónicas para el mando de las luces, además este sistema esta compactado a una red mediante un conector AMP de 3 polos. (Hella, 2018).



Figura 1.3 LEDayFlex

Fuente: (Hella, 2018)

1.4.2 LEDayFlex II

Es un sistema de cadena modulares flexible que están unidos entre sí, de forma rectangular con 5 y 6 módulos lumínicos que tiene una variedad de configuración según sea necesario. (Hella, 2018).



Figura 1.4 LEDayFlex II
Fuente: (Hella, 2018)

1.4.3 LEDayLine 15° y 30° con una estructura muy compacta

Con estas luces de circulación diurna el vehículo es visto con mayor facilidad mientras esté en marcha, aumentando la seguridad tanto en peatones y usuarios, porque tiene una inclinación de instalación de 15 a 30 grados, las ventajas de estas luces son conocidas por el mínimo consumo de energía y por su sencillo montaje. (Hella, 2018).

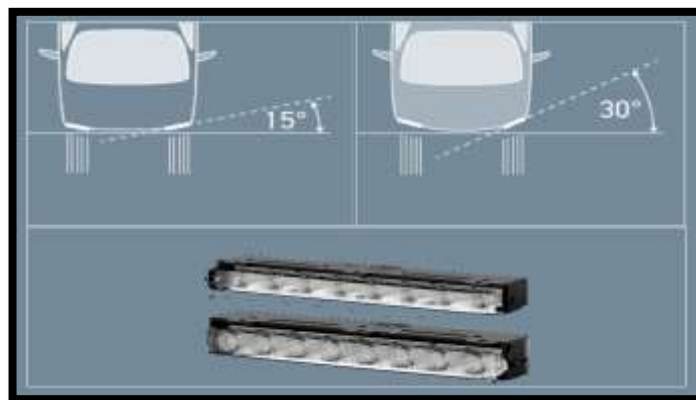


Figura 1.5 LEDayLine 15° y 30°

1.4.4 LEDayLine

Consiste las luces de circulación diurna con un relé integrado con una carcasa de color negro y la facilidad de colocar en el faldón delantero a demás son de alta potencia para conseguir un extra en seguridad y estilo, son de 5 LED cada uno con

conector AMP, su consumo de potencia es de 8 W, con un peso de 260 gramos. (Hella, 2018).



Figura 1.6 LEDayLine
Fuente: (Hella, 2018)

1.4.5 Luces diurnas de forma redonda

Las luces diurnas redondas poseen un relé integrado que facilitan el montaje ya sea de forma vertical o suspendido en el faldón delantero, su consumo de potencia es de 5.5 W cuenta con un conector AMP y un peso de 390 gramos. (Hella, 2018).



Figura 1.7 Luces de circulación diurna redondas
Fuente: (Hella, 2018)

1.4.6 Luz diurna con luz de posición LED

La luz diurna y luz de posición son lámparas incandescentes de larga vida y de tarjeta LED, la colocación de estas luces es de manera sencilla que incorpora una lámpara incandescente P21W 12V de larga vida. (Hella, 2018).



Figura 1.8 Luz diurna con luz de posición
Fuente: (Hella, 2018)

1.4.7 Luces diurnas FF 40

Estas luces son precisamente para zonas estrechas de montaje, son de lámpara P21W con soporte para el anclaje con un peso de 280 gramos.



Figura 1.9 Luces diurnas FF 40
Fuente: (Hella, 2018)

1.4.8 Luces diurnas con diseño transparente

Luces diurnas para montaje en la parte delantera puede estar suspendido o alojado cuentan con una lámpara de 12V/16W, con peso de 105 gramos



Figura 1.10 luces diurnas con diseño transparente
Fuente: (Hella, 2018)

1.4.9 Módulo 90 mm H15 faro de largo alcance y antiniebla con luz de conducción diurna

Este tipo de modulo son utilizados para empotrar en el faldón delantero del vehículo, además este módulo incorpora un reflector de alta precisión de luz diurna, con el objetivo de conseguir una iluminación optima y un efecto de percepción excelente. (Hella, 2018).



Figura 1.11 Faro de largo alcance con luz diurna y antiniebla
Fuente: (Hella, 2018)

CAPITULO II

MEDICIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACION DIURNA DE LA CIUDAD DE CUENCA

En el presente capítulo se realiza el levantamiento de iluminación de la ciudad de Cuenca en horas diurnas de 6:00 Am a 18:00 Pm, se determina la cantidad de días necesarios según el tamaño de la muestra, con la finalidad de obtener datos de iluminancia (Lx) en intervalos de tiempo y el lugar de la ubicación de la toma de muestras, mediante el método de adquisición de datos (DAQ), con su respectiva programación y materiales utilizados.

2.1 Medidas para el cálculo de la muestra

2.1.1 Tamaño de la muestra

Se conoce como la conjunto de respuestas completas que una encuesta recibe en función a el tamaño de la muestra, es conocido como muestra a lo todo lo que representa una parte de un grupo o población, para el cálculo del tamaño de la muestra se debe tomar en cuenta los siguientes términos: (Arrondo, 2013).

2.1.2 Tamaño de la población

Es interpretado como la cantidad total de elementos de un grupo o fenómeno de interés de estudio donde se ve involucrado para el inicio de la encuesta donde se intenta llegar. (Arrondo, 2013).

2.1.3 Margen de error

Es un porcentaje el cual demuestra que tanto se acerca la respuesta que se obtiene de cada muestra de la realidad en la población de estudio.

Al utilizar un sensor de luz digital con un conversor ADC la señal captada se vuelve más pura con un error en la medición mínimo, para el cálculo el margen de error es del 2%. (Arrondo, 2013).

2.1.4 Nivel de confianza

En esta investigación se utiliza un nivel de confianza de un 95% por lo que nos encontramos en una investigación de campo. (Arrondo, 2013).

2.1.5 Desviación estándar

Es un índice numérico de la dispersión del conjunto de datos, mientras mayor es la desviación estándar incrementa la cantidad de la dispersión de la población. Se conoce a la desviación estándar con la letra Z siendo la cantidad de desviaciones que se aleja de la media y a la vez va en función al porcentaje del nivel de confianza. (Survey, 2018).

Tabla 2-1 Desviación estándar

| Nivel de confianza | Desviación estándar Z |
|--------------------|-----------------------|
| 80% | 1.28 |
| 85% | 1.44 |
| 90% | 1.65 |
| 95% | 1.96 |
| 99% | 2.58 |

Fuente. (Survey, 2018)

2.2 Materiales para la adquisición de iluminancia

2.2.1 Sensor de Luz BH-1750

El sensor BH-1750 tiene un conversor analógico digital de 16 bit, la cual nos entrega datos de iluminancia en unidades de lux lumen /m², son muy utilizados por la sensibilidad aparentando a la luz del ojo humano además tiene una intensidad de luz ambiente. (Ventura, 2016).

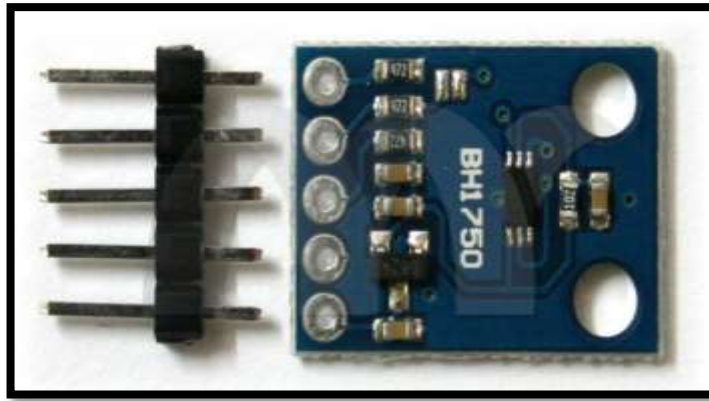


Figura 2.1 Sensor digital BH1750

Tabla 2-2 Especificaciones técnicas del sensor

| Denominación | Valor |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Voltaje de operación | 3V – 5V |
| Interfaz digital | I2C |
| Mediciones de iluminancia | Convierte de resultado a digital. |
| Rango de medición | 1 - 65535 lux. |
| Rechazo de ruido | 50/60 Hz. |

2.2.2 Arduino MEGA 2560

Para el proyecto de investigación es utilizado una placa Arduino Mega 2560 que permite la comunicación autónoma entre la computadora y el sensor a través del puerto serial conversión a USB, mediante un lenguaje de programación. (Arduino, 2018).

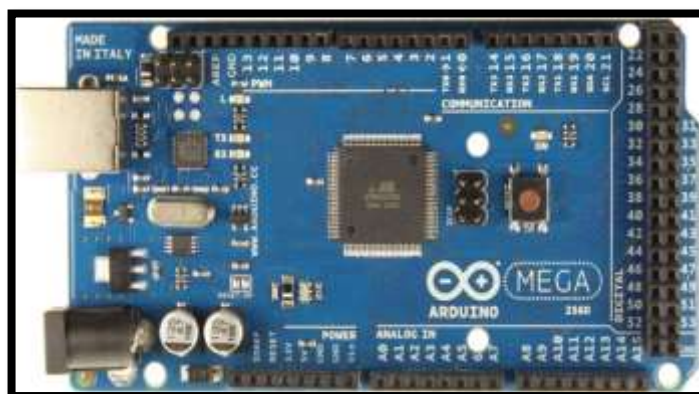


Figura 2.2 Arduino Mega 2560

Tabla 2-3 Características técnicas del Arduino 2560

| Denominación | valor |
|----------------------|---------------------|
| Microcontrolador | AT mega 2560 |
| Voltaje de entrada | 7 – 12 V |
| Pines Entrada/Salida | 54 pines digitales. |
| Entradas análogas | 16 |
| Memoria flash | 256 kB |
| Velocidad | 16Mhz. |

2.2.3 Computadora

La computadora con software programable es la encargada de controlar el procesamiento, visualización y almacenamiento de los datos medidos, mediante la operación que realice el dispositivo DAQ según sea su aplicación.



Figura 2.3 Computadora MacBook

Tabla 2-4 Características técnicas de la MacBook

| Denominación | valor |
|---------------------|-------------------------------|
| CPU | Intel Core i7 a 2.5Ghz |
| RAM | 16 GB a 1600 Mhz |
| Almacenamiento | 512 GB |
| Grafica | AMD Radeon R9 |
| Conexiones | 2 x USB 3.0 2 x Thunderbolt 2 |
| Conectividad | Wifi ac. BT 4.0 |

2.2.1 Cúpula transparente

Es un cristal fino de forma redonda es utilizada para la protección del sensor en condiciones de lluvia.



Figura 2.4 Cristal para protección del sensor

Tabla 2-5 Características de la protección del sensor

| Denominación | valor |
|--------------|---------------------|
| Dimensiones | 3 x 3 cm |
| Espesor | 0.5 mm |
| Material | Vidrio transparente |

2.3 Métodos

2.3.1 Esquema de adquisición de datos (DAQ)

La técnica de adquisición de datos data acquisition (DAQ), se encuentra presente para la medición de varios fenómenos físicos o eléctricos en tiempo real, este tipo de sistema tiene muchos beneficios para el investigador al obtener datos por un captador, los mismos son procesados de forma rápida y confiable, generando conectividad entre el fenómeno de estudio y procesador permitiendo tener visualización en pantalla, creando bases de datos para el análisis respectivo del investigador se encuentra conformado por tres elementos principales para el funcionamiento del mismo que se detallan a continuación en la figura 2.5. (Instruments, 2018).



Figura 2.5 Partes de un sistema DAQ

Fuente: (Instruments, 2018)

2.3.2 Programación en Arduino

El software Arduino es utilizado para programar, con el objetivo de obtener datos de iluminancia de la ciudad de Cuenca, a continuación, se indica el código aplicado para la adquisición de muestras de Lux.

```
*1 minuto = 60000ms
*x minutos = x*60000ms
include <Wire.h>
include <BH1750.h>
BH1750 Luxometro;
//int minutos = 0.5;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Inicializando sensor...");
  Luxometro.begin(BH1750_CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE); //inicializamos el sensor
}
void loop()
{
  uint16_t lux = Luxometro.readLightLevel();//Realizamos una lectura del sensor
  Serial.print("Luz(iluminancia): ");
  Serial.println(lux);
  Serial.println(" lx");
  delay(x*60000)
}
}
```

2.3.3 Conexiones sensor y Arduino

Las conexiones entre el sensor y el Arduino es muy sencillo, simplemente alimentamos el modulo desde el Arduino mediante 5 voltios y masa GND y el pin del sensor SDA al Arduino SDA 20, por ultimo SCL al Arduino SCL 21.

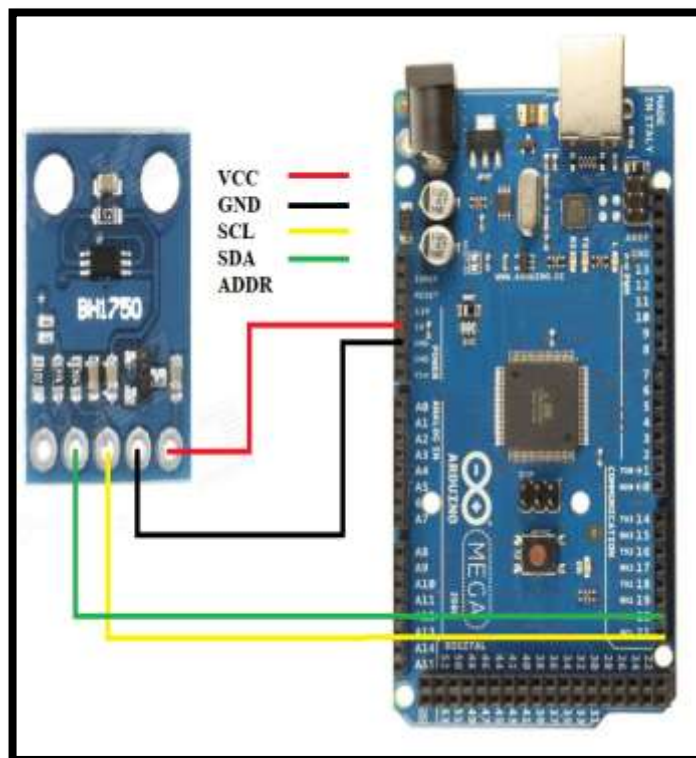


Figura 2.6 Circuito de adquisición de iluminancia

Tabla 2-6 Especificaciones de la conexión del circuito

| Denominación | Valor |
|----------------------------|-------------------|
| VCC = Alimentación voltaje | 5 V |
| GND = Masa | Negativo (-) |
| SCL = Contador | Reloj del sistema |
| SDA = Transmisor | Señal |
| | |

2.4 Procedimiento para la adquisición de datos

En la figura 2.7 se muestra el flujograma del procedimiento para la adquisición de datos de iluminancia de la ciudad de Cuenca.

1. Realizar las conexiones del sensor, Arduino y pc, para la adquisición de datos de iluminancia, aproximadamente a las 5:30 Am.
2. Encendido de los equipos para toma de muestra de iluminancia.
3. En caso de ser a las 6:00 Am inicia con la toma de muestras, en el caso de ser antes sigue con el proceso de espera hasta la hora de inicio de adquisición de datos.
4. Si son más de las 18:00 finaliza con la toma de muestras, en caso contrario sigue receptando datos.
5. A partir de las 18:00 genera una hoja de datos, la cual indica muestras de iluminancia en intervalos de 5 minutos cada muestra.
6. Una vez guardada la información de iluminancia, se repite el ciclo durante 17 días consecutivos, fin del proceso

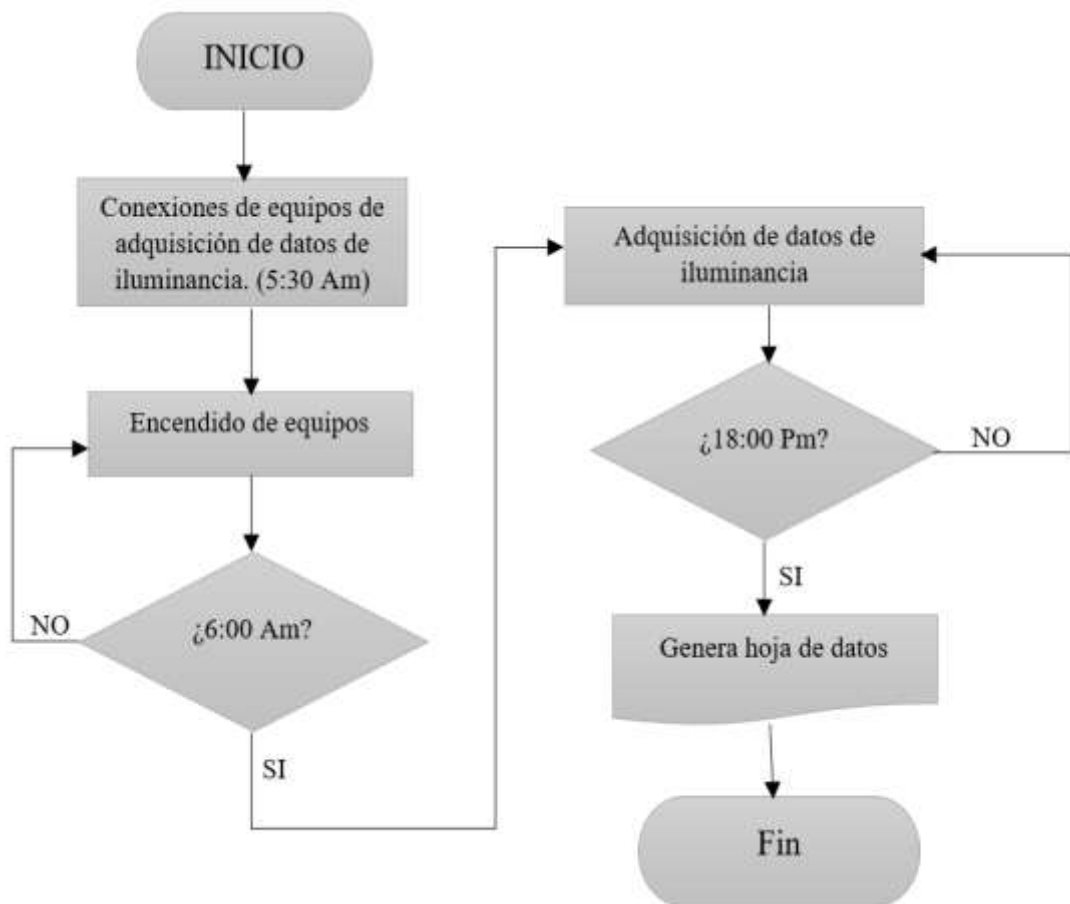


Figura 2.7 Flujograma del proceso para la adquisición de muestras de iluminancia

2.4.1 Cálculo del tamaño de la muestra

Al ser el levantamiento lumínico de la ciudad de Cuenca se toma como el tamaño de la población a la superficie de la ciudad de 70.59 km² o 70590000 m².



Figura 2.8 Superficie de la ciudad de Cuenca

Fuente: (Map, 2018)

El tamaño de la muestra se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{(N - 1) * e^2 + \sigma^2 * Z^2}$$

[1]

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población con valor constante de 0,5.

Z = 95% (0.95) es igual a 1,96.

e = Error muestral 2% (0.02).

Aplicando la ecuación 1 y reemplazando los valores se obtiene el tamaño de la muestra como dicta a continuación.

$$n = \frac{(70590000)(0.5)^2(1.96)^2}{[(70590000 - 1)(0.02^2)] + [(0.5^2)(1.96^2)]}$$

$$n = 2400.9183$$

$$n \approx 2401$$

El resultado del tamaño de la muestra da un resultado de 2401 datos esto equivalente a 17 días teniendo un total 2465 muestras tomadas de en horas diurnas de 6:00 am, a 18:00 pm, divididas en intervalos de 5 minutos en la toma de cada muestra.

2.4.2 Ubicación del sensor

En cuanto al lugar geográfica del sensor de luz para lograr obtener lecturas buenas se procede a la instalación del mismo de forma fija a una altura de 7.50 metros en horas diurnas, con relación a todos los puntos cardenales, en la calle Juan León Mera entre las calles Juan José Flores y General Eloy Alfaro.

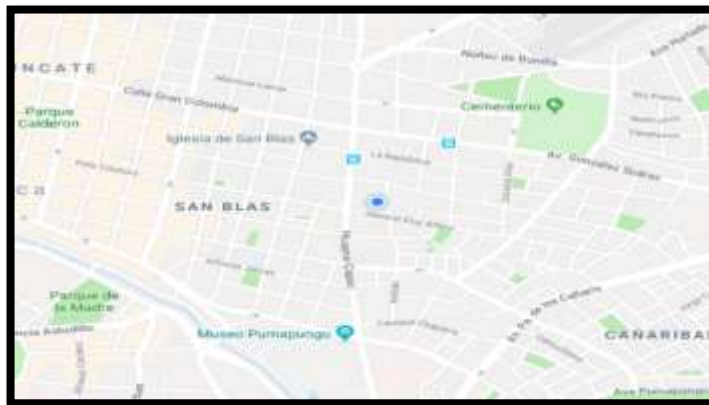


Figura 2.9 Ubicación del sensor de luz en la ciudad de Cuenca

Fuente: (Map, 2018)

2.4.3 Obtención de datos de iluminancia

Después de haber calculado el tamaño de la muestra se pone en marcha el sensor BH-1750 durante 17 días seguidos en intervalos de 5 minutos durante horas diurnas de 6:00 a 18:00 horas, la toma de muestras de iluminancia se realizó el día lunes 8 de enero hasta el 24 de enero del 2018.

Se obtiene las siguientes muestras indicadas a continuación en la tabla 2-7.

Tabla 2-7 Resultado de datos de iluminancia en horas diurnas durante 17 días

| HORA | DÍA 1 | DÍA 2 | DÍA 3 | DÍA 4 | DÍA 5 | DÍA 6 | DÍA 7 | DÍA 8 | DÍA 9 | DÍA 10 | DÍA 11 | DÍA 12 | DÍA 13 | DÍA 14 | DÍA 15 | DÍA 16 | DÍA 17 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 6:00 | 3 | 4 | 3 | 5 | 12 | 9 | 7 | 14 | 11 | 19 | 22 | 10 | 13 | 9 | 7 | 18 | 15 |
| 6:05 | 10 | 17 | 11 | 8 | 22 | 33 | 29 | 60 | 45 | 67 | 75 | 15 | 18 | 35 | 19 | 76 | 69 |
| 6:10 | 40 | 65 | 24 | 29 | 75 | 93 | 85 | 194 | 128 | 175 | 150 | 34 | 28 | 97 | 25 | 185 | 126 |
| 6:15 | 54 | 160 | 49 | 90 | 207 | 261 | 112 | 403 | 279 | 367 | 293 | 79 | 47 | 115 | 78 | 305 | 238 |
| 6:20 | 87 | 325 | 97 | 195 | 440 | 529 | 351 | 653 | 453 | 601 | 598 | 157 | 58 | 376 | 94 | 415 | 405 |
| 6:25 | 123 | 464 | 146 | 360 | 769 | 817 | 520 | 1046 | 843 | 1108 | 1250 | 298 | 187 | 523 | 116 | 652 | 630 |
| 6:30 | 168 | 1025 | 236 | 716 | 1236 | 1353 | 985 | 1457 | 1243 | 1352 | 1487 | 350 | 247 | 976 | 197 | 956 | 820 |
| 6:35 | 581 | 1825 | 590 | 1309 | 1785 | 2137 | 1120 | 2240 | 1501 | 2920 | 1863 | 673 | 571 | 1160 | 295 | 1170 | 1433 |
| 6:40 | 567 | 2133 | 595 | 2095 | 2221 | 2960 | 2320 | 3433 | 1800 | 3834 | 2900 | 1365 | 707 | 2339 | 452 | 1562 | 2520 |
| 6:45 | 1310 | 2603 | 998 | 2668 | 2603 | 5364 | 4560 | 3702 | 2260 | 3659 | 3784 | 2456 | 964 | 4579 | 597 | 2217 | 3336 |
| 6:50 | 2498 | 3050 | 879 | 3446 | 3174 | 9171 | 5682 | 4531 | 2370 | 3589 | 3897 | 2978 | 1079 | 5797 | 1355 | 3558 | 3512 |
| 6:55 | 2781 | 4089 | 954 | 3749 | 3458 | 8455 | 7821 | 5101 | 2946 | 3805 | 4182 | 5464 | 1378 | 7988 | 2477 | 3014 | 3911 |
| 7:00 | 3770 | 4468 | 1539 | 4448 | 3704 | 6183 | 9854 | 6906 | 3875 | 4245 | 4682 | 7955 | 1580 | 9994 | 3966 | 3695 | 5015 |
| 7:05 | 3634 | 4559 | 1778 | 5999 | 4190 | 4313 | 10269 | 6484 | 5200 | 6241 | 5796 | 8144 | 1782 | 10344 | 5069 | 4530 | 6129 |
| 7:10 | 5526 | 3932 | 2906 | 7746 | 7961 | 13836 | 12585 | 7345 | 8106 | 16373 | 6842 | 9055 | 2876 | 12765 | 7851 | 3980 | 5183 |
| 7:15 | 4830 | 5276 | 3625 | 8260 | 13630 | 18885 | 13152 | 7896 | 15022 | 11879 | 1086 | 1022 | 3587 | 13338 | 8567 | 7219 | 4932 |
| 7:20 | 6056 | 6344 | 3848 | 9970 | 17439 | 20087 | 15407 | 8480 | 18657 | 25852 | 11567 | 13730 | 4672 | 14998 | 9533 | 8684 | 8829 |
| 7:25 | 4682 | 5780 | 2822 | 10765 | 19506 | 24226 | 15551 | 9335 | 18676 | 14574 | 10789 | 17477 | 5040 | 15644 | 9922 | 8028 | 11512 |
| 7:30 | 5001 | 7031 | 2588 | 12190 | 21415 | 25818 | 16128 | 12372 | 16995 | 33330 | 12215 | 18722 | 6987 | 16794 | 10245 | 6217 | 10469 |
| 7:35 | 4663 | 6943 | 3141 | 13774 | 22135 | 19953 | 16359 | 12350 | 20037 | 18400 | 13843 | 19878 | 8976 | 16933 | 10344 | 9770 | 8774 |
| 7:40 | 5105 | 7081 | 3733 | 14510 | 25507 | 21627 | 17123 | 14333 | 14951 | 17753 | 14621 | 21467 | 10598 | 17244 | 10743 | 10544 | 9616 |
| 7:45 | 6829 | 9155 | 4760 | 14388 | 26168 | 25599 | 17580 | 13333 | 22780 | 42987 | 14789 | 21687 | 12644 | 17699 | 11011 | 10127 | 8317 |
| 7:50 | 11048 | 6803 | 5433 | 29608 | 27087 | 25156 | 18321 | 16319 | 26700 | 45605 | 29653 | 21890 | 14877 | 17901 | 11577 | 9910 | 8506 |
| 7:55 | 10041 | 7366 | 6940 | 23236 | 31228 | 30462 | 18537 | 17320 | 31565 | 45459 | 23356 | 25599 | 15479 | 18576 | 12355 | 10988 | 9930 |
| 8:00 | 8960 | 8114 | 11438 | 22455 | 32516 | 31540 | 19254 | 17100 | 38835 | 27506 | 22544 | 27799 | 15983 | 18825 | 13598 | 15069 | 13269 |
| 8:05 | 10964 | 10696 | 11268 | 32481 | 34270 | 9092 | 19578 | 19723 | 40975 | 49563 | 32425 | 31338 | 16847 | 22582 | 14284 | 12799 | 13600 |
| 8:10 | 13609 | 12909 | 9437 | 26128 | 37457 | 11715 | 20159 | 21413 | 40765 | 51241 | 26185 | 30243 | 30134 | 21988 | 18805 | 12200 | 15094 |
| 8:15 | 15290 | 15022 | 5996 | 43860 | 40758 | 18575 | 20235 | 24959 | 42220 | 37384 | 43781 | 9876 | 21462 | 22905 | 20349 | 12859 | 23125 |
| 8:20 | 15452 | 18183 | 4934 | 38592 | 42272 | 51659 | 21698 | 31694 | 47775 | 30738 | 38492 | 12675 | 22977 | 22288 | 18882 | 15501 | 24485 |
| 8:25 | 15554 | 21417 | 6408 | 40844 | 43725 | 27969 | 21897 | 54612 | 19320 | 54612 | 40855 | 19465 | 21653 | 19935 | 27263 | 16464 | 32659 |
| 8:30 | 15604 | 53619 | 5624 | 40811 | 42874 | 23156 | 22256 | 35437 | 30220 | 54612 | 40872 | 24911 | 20707 | 36235 | 18703 | 16375 | 21333 |
| 8:35 | 15640 | 26886 | 5420 | 43263 | 45003 | 19780 | 23563 | 38623 | 30373 | 54612 | 43363 | 27655 | 27585 | 27513 | 14489 | 15289 | 16998 |
| 8:40 | 15873 | 20813 | 6533 | 52266 | 49814 | 23565 | 23891 | 49494 | 28239 | 54612 | 52465 | 25655 | 23517 | 39105 | 13843 | 14390 | 16369 |
| 8:45 | 16043 | 30371 | 5971 | 32188 | 52214 | 19024 | 24198 | 53304 | 25991 | 31349 | 32377 | 25988 | 33240 | 29454 | 12903 | 16185 | 21200 |
| 8:50 | 16200 | 28067 | 8050 | 26328 | 53494 | 23465 | 24594 | 54612 | 23956 | 54612 | 26487 | 23565 | 35323 | 26694 | 11744 | 14509 | 20376 |
| 8:55 | 16240 | 35838 | 7827 | 29128 | 54612 | 31214 | 24783 | 54612 | 18284 | 43425 | 29346 | 24977 | 35501 | 25809 | 15262 | 16184 | 21465 |
| 9:00 | 16315 | 36829 | 10460 | 30946 | 54612 | 27227 | 25351 | 54612 | 16821 | 24630 | 23490 | 27227 | 32300 | 27599 | 17844 | 17885 | 22253 |
| 9:05 | 16387 | 37482 | 13444 | 54612 | 54612 | 30848 | 25894 | 54612 | 19403 | 38345 | 20008 | 28993 | 30849 | 32142 | 22646 | 17818 | 25706 |
| 9:10 | 16480 | 37330 | 15409 | 41535 | 54612 | 24204 | 26349 | 54612 | 18220 | 41386 | 54612 | 29165 | 29559 | 34500 | 20900 | 18309 | 33972 |
| 9:15 | 16580 | 38390 | 12136 | 32423 | 54612 | 16713 | 26987 | 54612 | 22441 | 54612 | 31737 | 30185 | 29609 | 46247 | 16745 | 19740 | 27444 |
| 9:20 | 16670 | 33454 | 12783 | 28095 | 54612 | 21979 | 27198 | 54612 | 14423 | 54612 | 19552 | 30441 | 35609 | 39174 | 16307 | 21572 | 28437 |
| 9:25 | 16704 | 23756 | 14739 | 31728 | 54612 | 23018 | 27687 | 54612 | 21645 | 54612 | 19659 | 31267 | 42525 | 37214 | 19055 | 24268 | 27996 |
| 9:30 | 16882 | 28737 | 13474 | 26325 | 54612 | 27102 | 27985 | 54612 | 21037 | 54612 | 25246 | 31872 | 49379 | 28418 | 18480 | 26509 | 23491 |
| 9:35 | 17090 | 27044 | 14984 | 24211 | 54612 | 25621 | 28168 | 54612 | 23411 | 54612 | 25599 | 33576 | 51972 | 54612 | 17793 | 34625 | 15953 |
| 9:40 | 17350 | 26664 | 13761 | 21565 | 54612 | 29245 | 28956 | 54612 | 24087 | 54612 | 23400 | 33877 | 38225 | 24149 | 23555 | 33940 | 24315 |
| 9:45 | 17383 | 21152 | 13807 | 21740 | 54612 | 28369 | 29321 | 54612 | 27236 | 54612 | 18533 | 34766 | 30067 | 20762 | 23787 | 37148 | 17837 |
| 9:50 | 17599 | 38885 | 11340 | 21192 | 54612 | 25354 | 29892 | 54612 | 31089 | 54612 | 18026 | 35488 | 29239 | 17655 | 23131 | 40762 | 34212 |
| 9:55 | 17896 | 46559 | 9378 | 21638 | 54612 | 26215 | 30416 | 54612 | 31406 | 44258 | 18547 | 35781 | 37080 | 18912 | 20355 | 45174 | 54612 |
| 10:00 | 18090 | 49132 | 10652 | 19197 | 54612 | 31109 | 31150 | 54612 | 32292 | 54612 | 18021 | 35832 | 32987 | 26943 | 17571 | 36580 | 25894 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10:05 | 18393 | 43445 | 11690 | 22365 | 54612 | 38760 | 31910 | 54612 | 28138 | 54612 | 15934 | 36233 | 27566 | 41946 | 16625 | 36903 | 21594 |
| 10:10 | 18689 | 54010 | 14769 | 24849 | 54612 | 41281 | 32960 | 54612 | 34555 | 54612 | 17420 | 36662 | 34719 | 44772 | 15579 | 30534 | 13946 |
| 10:15 | 19456 | 54612 | 12794 | 28538 | 54612 | 37702 | 35516 | 54612 | 38050 | 54612 | 21898 | 38977 | 28639 | 31248 | 17582 | 38771 | 9502 |
| 10:20 | 19605 | 33177 | 12274 | 34565 | 54612 | 51084 | 25462 | 54612 | 43340 | 54612 | 22756 | 39622 | 25180 | 28671 | 15644 | 47400 | 13258 |
| 10:25 | 20871 | 54612 | 14561 | 35199 | 54612 | 54612 | 32762 | 54612 | 39394 | 54612 | 18615 | 41581 | 33740 | 41769 | 12999 | 46295 | 25866 |
| 10:30 | 20998 | 34751 | 22077 | 30998 | 54612 | 35795 | 50659 | 54612 | 46100 | 54612 | 33821 | 42674 | 44374 | 31181 | 10113 | 29799 | 54612 |
| 10:35 | 21347 | 24829 | 20249 | 30491 | 54612 | 38235 | 43863 | 54612 | 53291 | 54612 | 27479 | 42988 | 28924 | 26298 | 10969 | 22532 | 29498 |
| 10:40 | 21740 | 39875 | 20010 | 27292 | 54612 | 46987 | 25277 | 54612 | 49969 | 54612 | 32119 | 43466 | 35881 | 17884 | 15811 | 14233 | 15504 |
| 10:45 | 22456 | 30523 | 25372 | 34803 | 54612 | 43303 | 39493 | 54612 | 54612 | 54612 | 32970 | 43773 | 46535 | 17593 | 22973 | 12056 | 10888 |
| 10:50 | 22607 | 19456 | 24771 | 36332 | 54612 | 54612 | 36869 | 54612 | 54612 | 47946 | 19600 | 43981 | 54612 | 18989 | 16752 | 8340 | 24527 |
| 10:55 | 22893 | 29515 | 39947 | 43265 | 54612 | 54612 | 37180 | 54612 | 54612 | 54612 | 16824 | 45366 | 32910 | 20275 | 14733 | 9144 | 31018 |
| 11:00 | 23013 | 23923 | 45960 | 39733 | 54612 | 46001 | 38206 | 54612 | 54612 | 49535 | 17745 | 47655 | 24586 | 20520 | 13231 | 13031 | 23250 |
| 11:05 | 44640 | 44832 | 37341 | 41640 | 54612 | 50533 | 35890 | 54612 | 54612 | 54612 | 39435 | 46476 | 26136 | 24826 | 13693 | 10087 | 16247 |
| 11:10 | 51600 | 44133 | 29769 | 35735 | 54612 | 54612 | 34525 | 54612 | 49050 | 54612 | 22605 | 45760 | 47547 | 26659 | 13823 | 10668 | 18636 |
| 11:15 | 34469 | 54612 | 22219 | 29653 | 54612 | 44668 | 35495 | 54612 | 54612 | 31886 | 12729 | 45532 | 51994 | 16845 | 24340 | 11711 | 24589 |
| 11:20 | 49108 | 53654 | 18521 | 36989 | 54612 | 37145 | 33536 | 54612 | 54612 | 30754 | 11509 | 44641 | 54612 | 13706 | 33943 | 9746 | 20742 |
| 11:25 | 45130 | 54612 | 13659 | 48548 | 54612 | 37849 | 42800 | 54612 | 54612 | 33915 | 14819 | 44576 | 53839 | 21284 | 46610 | 21497 | 13692 |
| 11:30 | 42035 | 54612 | 11522 | 42370 | 54612 | 54612 | 39732 | 48160 | 54612 | 23115 | 23081 | 44451 | 54131 | 47447 | 54612 | 21340 | 10517 |
| 11:35 | 40205 | 42107 | 13030 | 30919 | 54612 | 54612 | 33728 | 25074 | 40525 | 23865 | 17220 | 42788 | 47005 | 13141 | 54612 | 16749 | 20483 |
| 11:40 | 25454 | 32615 | 12695 | 34405 | 30105 | 54612 | 28711 | 54612 | 39491 | 27196 | 13053 | 40762 | 42905 | 7769 | 39036 | 14710 | 27052 |
| 11:45 | 29154 | 25585 | 10810 | 39111 | 54612 | 46144 | 25889 | 54612 | 30478 | 35975 | 32010 | 40211 | 28878 | 9075 | 28784 | 22662 | 37788 |
| 11:50 | 36600 | 29292 | 9576 | 43197 | 36093 | 49015 | 34276 | 54612 | 29915 | 33978 | 31910 | 38746 | 36025 | 7075 | 19539 | 36105 | 32554 |
| 11:55 | 54612 | 21455 | 9595 | 50764 | 36464 | 39921 | 36980 | 16314 | 53239 | 54612 | 18453 | 38622 | 29548 | 8698 | 25732 | 23706 | 36548 |
| 12:00 | 54612 | 13482 | 11043 | 37537 | 36330 | 34795 | 43830 | 54612 | 54612 | 32083 | 15512 | 38494 | 43329 | 15368 | 32611 | 33787 | 54612 |
| 12:05 | 54612 | 20547 | 12749 | 44186 | 38853 | 36090 | 29030 | 54612 | 54105 | 21107 | 11875 | 36583 | 54612 | 35832 | 47155 | 53289 | 46526 |
| 12:10 | 31434 | 22000 | 27161 | 27428 | 40234 | 32517 | 31075 | 54612 | 51144 | 19081 | 13692 | 35864 | 46187 | 40560 | 48695 | 54612 | 54612 |
| 12:15 | 35760 | 21789 | 54612 | 23005 | 37505 | 31192 | 32768 | 54612 | 54612 | 54612 | 39860 | 35479 | 38956 | 48633 | 54612 | 54612 | 54612 |
| 12:20 | 41423 | 19761 | 54612 | 20621 | 32649 | 35847 | 29439 | 54612 | 54612 | 41950 | 27409 | 32070 | 26421 | 36047 | 24103 | 45662 | 24943 |
| 12:25 | 52944 | 23825 | 54612 | 31669 | 36985 | 41321 | 25879 | 54612 | 49567 | 21088 | 33885 | 31872 | 19882 | 54612 | 23622 | 33723 | 27946 |
| 12:30 | 43893 | 24377 | 41920 | 39226 | 45810 | 28232 | 22678 | 54612 | 54612 | 27540 | 32047 | 28670 | 30351 | 54612 | 18206 | 23303 | 21713 |
| 12:35 | 15559 | 24623 | 26926 | 54612 | 54612 | 22863 | 27125 | 54612 | 54612 | 39545 | 54612 | 26965 | 19516 | 53781 | 17149 | 17904 | 31146 |
| 12:40 | 19196 | 26809 | 19458 | 37740 | 45102 | 19895 | 24744 | 54612 | 54612 | 46834 | 54612 | 25629 | 17870 | 52018 | 33730 | 16103 | 31536 |
| 12:45 | 36615 | 26218 | 22120 | 34490 | 41032 | 19941 | 22225 | 54612 | 54612 | 28678 | 54612 | 22974 | 26986 | 38169 | 48308 | 13252 | 29361 |
| 12:50 | 30046 | 22244 | 25467 | 54612 | 35572 | 28172 | 18476 | 54612 | 34655 | 45884 | 39591 | 19946 | 35250 | 41820 | 29332 | 23500 | 29473 |
| 12:55 | 49228 | 29079 | 24338 | 54612 | 35840 | 26827 | 18907 | 54612 | 44246 | 54612 | 54612 | 19431 | 37351 | 43515 | 29452 | 35016 | 41714 |
| 13:00 | 49855 | 31254 | 21002 | 54612 | 31784 | 50712 | 24168 | 54612 | 38508 | 52542 | 54612 | 16963 | 54612 | 29700 | 29671 | 51264 | 25887 |
| 13:05 | 54612 | 27101 | 17995 | 30460 | 32926 | 54612 | 31937 | 54612 | 33205 | 54612 | 35322 | 14871 | 45256 | 54612 | 31265 | 37272 | 15359 |
| 13:10 | 30419 | 20181 | 23338 | 31689 | 32699 | 51129 | 41135 | 54612 | 54612 | 22622 | 15655 | 37430 | 36350 | 32543 | 24516 | 14241 | |
| 13:15 | 38818 | 19539 | 39972 | 28108 | 31862 | 54612 | 37970 | 54612 | 49827 | 47945 | 30252 | 15201 | 32405 | 45415 | 35177 | 23478 | 9493 |
| 13:20 | 30817 | 18172 | 30536 | 28242 | 38960 | 44335 | 38075 | 54612 | 45441 | 36835 | 54612 | 13498 | 27998 | 33222 | 35692 | 29264 | 9055 |
| 13:25 | 18207 | 25104 | 35080 | 14565 | 52686 | 39722 | 47694 | 54612 | 30263 | 16640 | 49705 | 12524 | 28337 | 40475 | 37654 | 29237 | 8664 |
| 13:30 | 13777 | 25231 | 35171 | 12415 | 48555 | 54612 | 54612 | 54612 | 33725 | 22009 | 20732 | 13191 | 42043 | 32912 | 39471 | 28157 | 5191 |
| 13:35 | 15270 | 21491 | 40583 | 8674 | 42665 | 54612 | 54612 | 54612 | 51835 | 31195 | 14654 | 36570 | 54612 | 41266 | 34003 | 4949 | |
| 13:40 | 15510 | 21750 | 35449 | 24609 | 42931 | 28335 | 54612 | 54612 | 54612 | 42280 | 36453 | 15678 | 25866 | 24050 | 43587 | 39028 | 8635 |
| 13:45 | 20354 | 19515 | 23545 | 22321 | 46600 | 54612 | 54612 | 54612 | 29680 | 49363 | 54612 | 19099 | 18884 | 49653 | 45644 | 40543 | 11095 |
| 13:50 | 11042 | 19470 | 21569 | 15856 | 45555 | 39251 | 54261 | 54612 | 23080 | 43658 | 54612 | 19745 | 17366 | 20896 | 48063 | 27828 | 13837 |
| 13:55 | 6793 | 17732 | 23669 | 11870 | 46465 | 54612 | 42602 | 54612 | 16415 | 37291 | 54612 | 20910 | 44799 | 39210 | 51155 | 47935 | 12910 |
| 14:00 | 9092 | 17928 | 23928 | 54612 | 35550 | 23783 | 54612 | 54612 | 24188 | 27802 | 43715 | 20524 | 43455 | 34186 | 52376 | 54612 | 13019 |
| 14:05 | 13660 | 22736 | 18425 | 19450 | 41015 | 54612 | 20305 | 54612 | 44213 | 54612 | 29964 | 20393 | 30918 | 24138 | 52479 | 54612 | 10724 |
| 14:10 | 26844 | 17049 | 20731 | 54612 | 42792 | 45546 | 10567 | 54612 | 25969 | 54612 | 54612 | 21788 | 24692 | 28041 | 52479 | 39612 | 23580 |
| 14:15 | 30748 | 25361 | 16760 | 26258 | 38313 | 22636 | 17424 | 54612 | 25412 | 54612 | 54612 | 21498 | 26449 | 26594 | 52479 | 21943 | 17300 |
| 14:20 | 30652 | 16469 | 25599 | 54612 | 41583 | 21075 | 54612 | 54612 | 23690 | 54612 | 32571 | 23650 | 30348 | 31148 | 52479 | 16614 | 19483 |
| 14:25 | 17824 | 10403 | 39561 | 23321 | 31474 | 19082 | 31418 | 54612 | 54612 | 54612 | 28627 | 23853 | 54612 | 31165 | 52479 | 14041 | 11871 |
| 14:30 | 14729 | 8611 | 37209 | 54612 | 36850 | 17129 | 23397 | 54612 | 40512 | 47340 | 36070 | 20517 | 54612 | 33134 | 50455 | 17251 | 14454 |
| 14:35 | 13955 | 7974 | 36783 | 54612 | 27429 | 18673 | 50598 | 54612 | 20847 | 27968 | 23962 | 16565 | 45305 | 21173 | 48964 | 20720 | 11928 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 14:40 | 10560 | 6602 | 19285 | 16709 | 54612 | 23362 | 23414 | 54612 | 18274 | 14599 | 54612 | 17273 | 35260 | 11689 | 45688 | 20940 | 8666 |
| 14:45 | 12738 | 7494 | 31277 | 54612 | 47049 | 37462 | 22287 | 54612 | 12707 | 22280 | 26723 | 18475 | 54612 | 27084 | 42875 | 28645 | 18856 |
| 14:50 | 11470 | 9059 | 28372 | 27021 | 38907 | 23575 | 23183 | 54612 | 12598 | 54612 | 41809 | 22856 | 46540 | 24782 | 32766 | 31069 | 21540 |
| 14:55 | 15855 | 13162 | 28614 | 21271 | 29488 | 27650 | 18900 | 54612 | 23944 | 34770 | 23785 | 26526 | 39731 | 27129 | 32188 | 23815 | 25774 |
| 15:00 | 8946 | 10780 | 22582 | 54612 | 24986 | 15990 | 19704 | 54612 | 31176 | 18045 | 54612 | 31108 | 54612 | 23536 | 30155 | 17522 | 15839 |
| 15:05 | 11375 | 11635 | 24499 | 54612 | 13388 | 19548 | 22770 | 54612 | 21570 | 19350 | 54612 | 35369 | 54612 | 18334 | 31988 | 11975 | 13709 |
| 15:10 | 11494 | 12695 | 14276 | 19028 | 28784 | 12047 | 31478 | 22882 | 24591 | 37375 | 54612 | 35770 | 49011 | 16075 | 27955 | 12909 | 13106 |
| 15:15 | 11636 | 15072 | 16538 | 17330 | 49135 | 12510 | 25243 | 38055 | 25757 | 54612 | 35597 | 33910 | 34081 | 13998 | 27955 | 27158 | 13020 |
| 15:20 | 10625 | 19767 | 31963 | 53814 | 39315 | 25310 | 20093 | 44719 | 24250 | 17817 | 19956 | 26643 | 41672 | 10497 | 27955 | 16693 | 17616 |
| 15:25 | 13931 | 17893 | 20053 | 53596 | 20356 | 27873 | 17460 | 27662 | 32547 | 8641 | 19217 | 23000 | 29739 | 15239 | 27955 | 25204 | 14559 |
| 15:30 | 17280 | 15175 | 19934 | 41606 | 18641 | 21897 | 12215 | 40907 | 23833 | 11567 | 18875 | 22062 | 54612 | 20356 | 23443 | 23461 | 12994 |
| 15:35 | 52154 | 12676 | 19030 | 32680 | 23939 | 9274 | 16910 | 24719 | 14497 | 52295 | 37760 | 20315 | 54612 | 28652 | 23555 | 18930 | 11975 |
| 15:40 | 24310 | 6161 | 13172 | 44181 | 17284 | 15465 | 15705 | 25331 | 17469 | 19683 | 38856 | 24016 | 28568 | 16651 | 21944 | 11142 | 9745 |
| 15:45 | 53270 | 7387 | 16243 | 42872 | 47147 | 21671 | 8960 | 29538 | 8211 | 33333 | 37363 | 24139 | 23020 | 12005 | 20554 | 9075 | 9548 |
| 15:50 | 24484 | 8303 | 17373 | 49103 | 20857 | 20746 | 8415 | 20649 | 5247 | 20683 | 39180 | 23855 | 26406 | 10890 | 20133 | 9240 | 10824 |
| 15:55 | 13975 | 9406 | 22621 | 13505 | 19010 | 19458 | 8435 | 28662 | 4930 | 21895 | 36541 | 23472 | 25331 | 11335 | 18744 | 30694 | 18545 |
| 16:00 | 15427 | 12353 | 27210 | 33325 | 21422 | 9228 | 22181 | 7331 | 4963 | 33781 | 18585 | 21151 | 11848 | 17455 | 10930 | 22816 | |
| 16:05 | 14935 | 9045 | 23487 | 32538 | 22867 | 13553 | 8044 | 21386 | 8730 | 3096 | 31851 | 19528 | 17652 | 11869 | 18563 | 10328 | 14516 |
| 16:10 | 17750 | 10413 | 22510 | 32498 | 14171 | 14608 | 6462 | 23050 | 12843 | 5510 | 26347 | 20346 | 13820 | 12309 | 18432 | 14279 | 13582 |
| 16:15 | 15753 | 15479 | 25040 | 13143 | 19871 | 14489 | 7144 | 36581 | 11995 | 7693 | 12802 | 16188 | 14586 | 13274 | 15992 | 11971 | 21884 |
| 16:20 | 34363 | 14028 | 20965 | 7370 | 10985 | 15326 | 7643 | 17865 | 8335 | 7339 | 31066 | 13849 | 17326 | 14458 | 14348 | 7697 | 16317 |
| 16:25 | 35426 | 13530 | 19268 | 25701 | 8695 | 10527 | 5637 | 18385 | 8944 | 21567 | 28781 | 10574 | 17387 | 11266 | 12374 | 7272 | 14673 |
| 16:30 | 47011 | 15309 | 19692 | 23525 | 7064 | 10655 | 4896 | 19123 | 10083 | 20237 | 13543 | 10200 | 17200 | 8410 | 8542 | 8998 | 10360 |
| 16:35 | 12289 | 12969 | 17932 | 21482 | 6909 | 14603 | 8641 | 16099 | 16154 | 18247 | 14902 | 11554 | 15719 | 7836 | 6334 | 8575 | 10572 |
| 16:40 | 6699 | 11801 | 13528 | 16735 | 7482 | 13595 | 10145 | 15781 | 12198 | 16726 | 19249 | 11258 | 13914 | 6350 | 6258 | 2658 | 7254 |
| 16:45 | 8428 | 12232 | 11197 | 5155 | 16809 | 10650 | 10158 | 15627 | 9555 | 18925 | 10333 | 11572 | 12266 | 8018 | 8100 | 2459 | 5164 |
| 16:50 | 5151 | 9212 | 13733 | 4765 | 7254 | 7311 | 11680 | 14759 | 20855 | 13813 | 12952 | 10236 | 11972 | 7368 | 7977 | 3321 | 5570 |
| 16:55 | 6457 | 9073 | 9444 | 13178 | 12470 | 6329 | 10715 | 15297 | 18704 | 9950 | 9814 | 7744 | 9283 | 6369 | 5498 | 3460 | 6623 |
| 17:00 | 7244 | 7169 | 6449 | 11055 | 5815 | 5616 | 8442 | 14074 | 8691 | 8236 | 8531 | 5485 | 7584 | 5140 | 5299 | 3482 | 6359 |
| 17:05 | 4822 | 6323 | 4145 | 6085 | 4600 | 7065 | 6675 | 9600 | 8004 | 4906 | 6492 | 3630 | 7194 | 5637 | 5003 | 4143 | 4742 |
| 17:10 | 4073 | 5516 | 5275 | 6050 | 3185 | 7408 | 5395 | 10222 | 7483 | 3649 | 6740 | 3213 | 7315 | 5254 | 4967 | 7299 | 2595 |
| 17:15 | 5308 | 4133 | 6339 | 5557 | 3028 | 4672 | 4383 | 9999 | 6739 | 3766 | 4200 | 2583 | 7359 | 4275 | 4588 | 10907 | 1611 |
| 17:20 | 3559 | 3267 | 6789 | 5421 | 3194 | 4435 | 3718 | 7129 | 5010 | 4150 | 5544 | 2516 | 7092 | 3594 | 3785 | 8850 | 1553 |
| 17:25 | 3982 | 2971 | 5171 | 5357 | 3073 | 3766 | 3719 | 7717 | 4202 | 3575 | 4837 | 2482 | 6003 | 4100 | 4241 | 2571 | 1559 |
| 17:30 | 4186 | 2592 | 4094 | 4676 | 2731 | 4184 | 3216 | 4623 | 4079 | 3899 | 5412 | 2109 | 4744 | 2970 | 2844 | 3212 | 1619 |
| 17:35 | 2762 | 2494 | 4035 | 4280 | 2494 | 5352 | 2618 | 3724 | 4445 | 4376 | 4625 | 1827 | 4119 | 1931 | 1877 | 3659 | 1744 |
| 17:40 | 2397 | 3937 | 3524 | 2940 | 2389 | 5024 | 2528 | 2933 | 3554 | 3445 | 4418 | 1391 | 3485 | 1811 | 1633 | 2516 | 1291 |
| 17:45 | 3098 | 2896 | 3404 | 2339 | 2327 | 3111 | 1973 | 2611 | 1799 | 2470 | 3001 | 956 | 2260 | 1802 | 1500 | 2405 | 675 |
| 17:50 | 3376 | 2701 | 3290 | 1995 | 2106 | 2549 | 1590 | 2148 | 769 | 2460 | 3149 | 600 | 1735 | 1598 | 1372 | 2734 | 296 |
| 17:55 | 2188 | 1877 | 2019 | 1589 | 1816 | 1544 | 1125 | 1824 | 388 | 1804 | 2448 | 373 | 1534 | 1095 | 994 | 1873 | 205 |
| 18:00 | 1679 | 1712 | 1250 | 1253 | 1491 | 915 | 742 | 1518 | 200 | 908 | 1974 | 187 | 1023 | 675 | 653 | 868 | 263 |

CAPITULO III

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE ILUMINANCIA

3.1 Análisis descriptivo de iluminancia

para obtener una medición sistemática empleando el análisis estadístico como característica resaltante, obtenido por la prueba experimental para lograr determinar la influencia del sistema de iluminación diurna.

Para el análisis de iluminancia, se utiliza la estadística descriptiva para la validación de la información obtenida de la tabla 2-7, el objetivo es analizar los datos obtenidos mediante el sensor BH-1750, con estas muestras se puede determinar el comportamiento del nivel de iluminación natural y vehicular en horas diurnas.

Para este estudio se considera los datos experimentales obtenidos del mes de enero (8/01/2018 al 24/01/2018), durante 17 días según la muestra de población calcula dictada en el capítulo 2, el mismos que presentan cambios significativos en sus valores de iluminación que requieren de un análisis descriptiva que muestra a continuación en la siguiente figura 3.1.

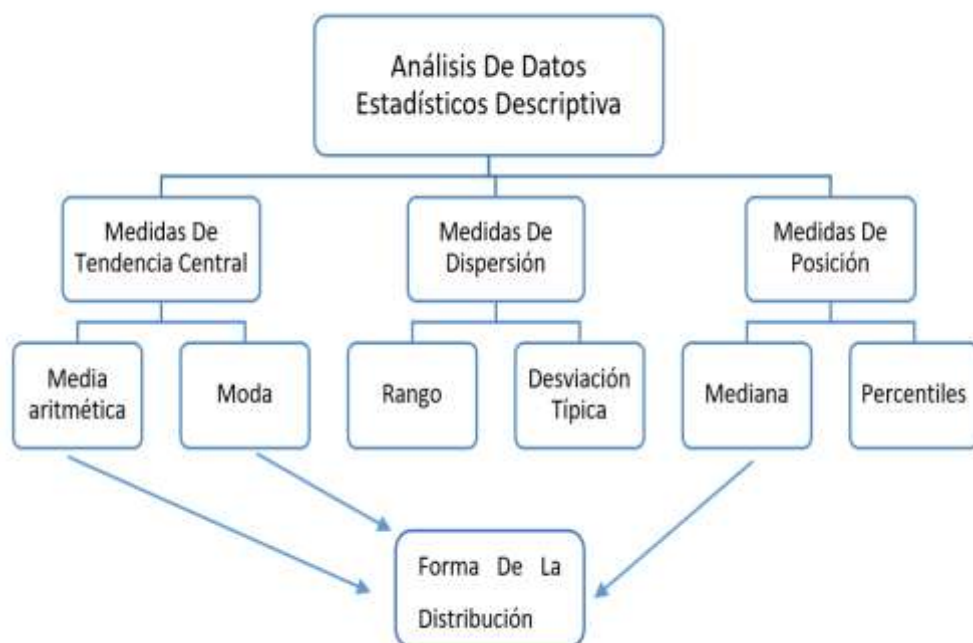


Figura 3.1 Estadística Descriptiva

En la tabla 3-1, se obtiene resultados experimentales mediante software estadístico, paquetes estadísticos para ciencias sociales (SPSS), este programa permite trabajar con grandes bases de datos, una gran capacidad de desarrollo y una sencilla interfaz para el cálculo y el análisis de resultados de iluminancia.

Tabla 3-1 Resultados Estadísticos De Datos De Iluminancia

| | | ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVA | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | DIA1 | DIA2 | DIA3 | DIA4 | DIA5 | DIA6 | DIA7 | DIA8 | DIA9 |
| N | Válido | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 |
| Media | | 18497,26 | 19049,71 | 16025,68 | 25963,37 | 31904,85 | 25220,50 | 22170,52 | 35829,45 | 26317,69 |
| Mediana | | 15753,00 | 17049,00 | 13659,00 | 26325,00 | 36093,00 | 23465,00 | 22287,00 | 54612,00 | 23956,00 |
| Moda | | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 |
| Desv. Desviación | | 14669,605 | 14504,159 | 12297,069 | 16602,791 | 19588,071 | 16393,447 | 14430,057 | 21372,274 | 17992,103 |
| Asimetría | | ,993 | ,843 | ,941 | ,122 | -,329 | ,334 | ,381 | -,452 | ,240 |
| Error estándar de asimetría | | ,201 | ,201 | ,201 | ,201 | ,201 | ,201 | ,201 | ,201 | ,201 |
| Curtosis | | ,215 | ,046 | ,738 | -,991 | -1,342 | -,879 | -,438 | -1,548 | -1,170 |
| Error estándar de curtosis | | ,400 | ,400 | ,400 | ,400 | ,400 | ,400 | ,400 | ,400 | ,400 |
| Rango | | 54609 | 54608 | 54609 | 54607 | 54600 | 54603 | 54605 | 54598 | 54601 |
| Mínimo | | 3 | 4 | 3 | 5 | 12 | 9 | 7 | 14 | 11 |
| Máximo | | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 |
| Percentiles | 25 | 6746,00 | 7125,00 | 5797,50 | 12030,00 | 13509,00 | 12278,50 | 9541,00 | 15028,00 | 9819,00 |
| | 75 | 23661,50 | 26847,50 | 22979,50 | 38166,00 | 54053,00 | 37582,00 | 31448,00 | 54612,00 | 40870,00 |

| | | DIA10 | DIA11 | DIA12 | DIA13 | DIA14 | DIA15 | DIA 16 | DIA17 |
|-----------------------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| N | Válido | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 144 | 145 | 145 |
| Media | | 30984,70 | 24593,53 | 22008,23 | 26026,34 | 21508,39 | 21109,26 | 18549,14 | 16335,59 |
| Mediana | | 31886,00 | 22756,00 | 21788,00 | 27566,00 | 18989,00 | 18025,00 | 15289,00 | 13837,00 |
| Moda | | 54612 | 54612 | 31872 | 54612 | 54612 | 52479 | 54612 | 54612 |
| Desv. Desviación | | 19918,287 | 16165,027 | 13631,458 | 16840,009 | 14683,075 | 15482,431 | 14176,095 | 12333,131 |
| Asimetría | | -,151 | ,372 | -,003 | ,052 | ,508 | ,651 | ,833 | 1,106 |
| Error estándar de asimetría | | ,201 | ,201 | ,201 | ,201 | ,201 | ,202 | ,201 | ,201 |
| Curtosis | | -1,491 | -,761 | -,968 | -1,039 | -,511 | -,489 | -,035 | 1,482 |
| Error estándar de curtosis | | ,400 | ,400 | ,400 | ,400 | ,400 | ,401 | ,400 | ,400 |
| Rango | | 54593 | 54590 | 47645 | 54599 | 54603 | 54605 | 54594 | 54597 |
| Mínimo | | 19 | 22 | 10 | 13 | 9 | 7 | 18 | 15 |
| Máximo | | 54612 | 54612 | 47655 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 | 54612 |
| Percentiles | 25 | 12846,00 | 12472,00 | 11563,00 | 12119,00 | 10169,00 | 9969,75 | 8457,50 | 8411,50 |
| | 75 | 54612,00 | 35459,50 | 32823,00 | 37390,50 | 31173,00 | 30034,00 | 27493,00 | 23370,50 |

Fuente: Autores.

3.2 Medidas de tendencia central

3.2.1 Análisis de los promedios de iluminancia según los días de muestreo

A continuación, se visualiza la figura 3.2, con cada uno de los valores de la media según de los diferentes días de muestreo, este resultado se considera dentro del total de muestras de iluminancia obtenías de la ciudad de Cuenca durante 17 días, obteniendo una media del total de muestras, que es de 23652.60 Lx, dando como resultado un 60 % del porcentaje acumulado.

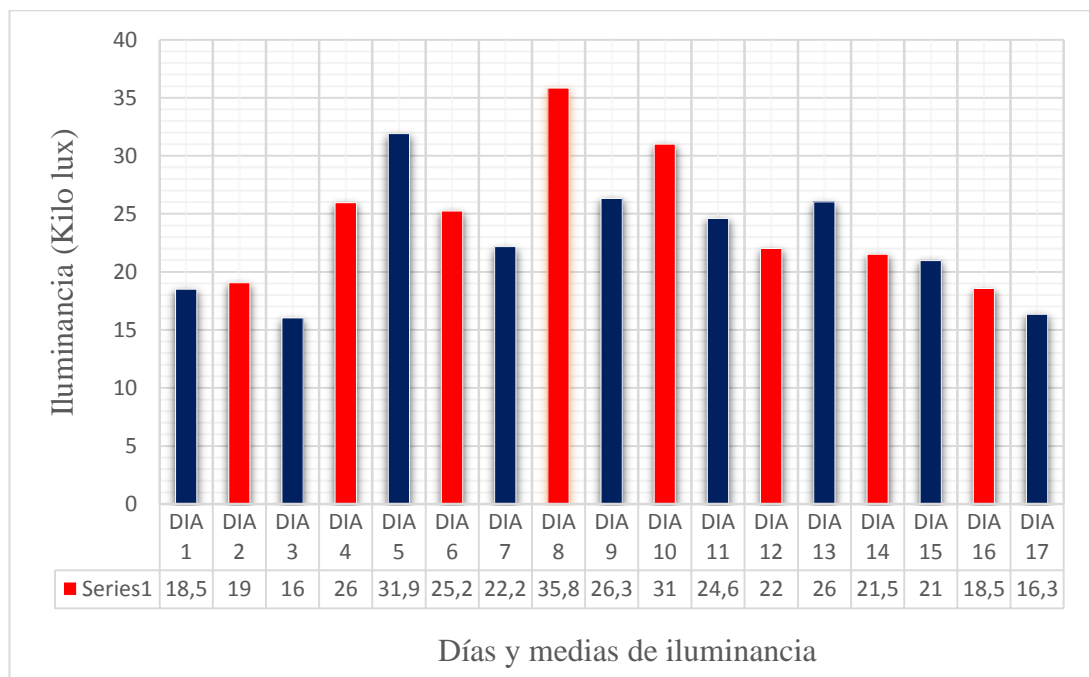


Figura 3.2 Grafica de columnas del Promedio del iluminancia

En la figura 3.2 mediante graficas de columnas se aprecia las medias que se encuentran con una mayor y menor iluminancia según los días de muestreo, para mayor detalle en la tabla 3-1, se muestran valores de cada uno de los días.

3.2.2 Análisis estadístico de la moda de iluminancia

Según los resultados la medida de tendencia central permite identificar los valores más representativos de las muestras obtenidas, en el caso del estudio las muestra que más veces se repite es el valor de 54612 lx en los días de muestro excepto el día 12

con un valor de 31872 lx obteniendo valores máximos de iluminancia durante los 17 días de recopilación de información, esto se puede apreciar en la tabla 3-1.

3.3 Medidas de dispersión

3.3.1 Análisis del rango de las muestras de iluminancia

La muestra fue de 145 datos de iluminancia durante el día, divididas entre 5 minutos cada muestra iniciando a las 6:00 hasta las 18:00 horas, en este muestreo da como resultado un rango con una diferencia de 19 Lx de los restos de días.

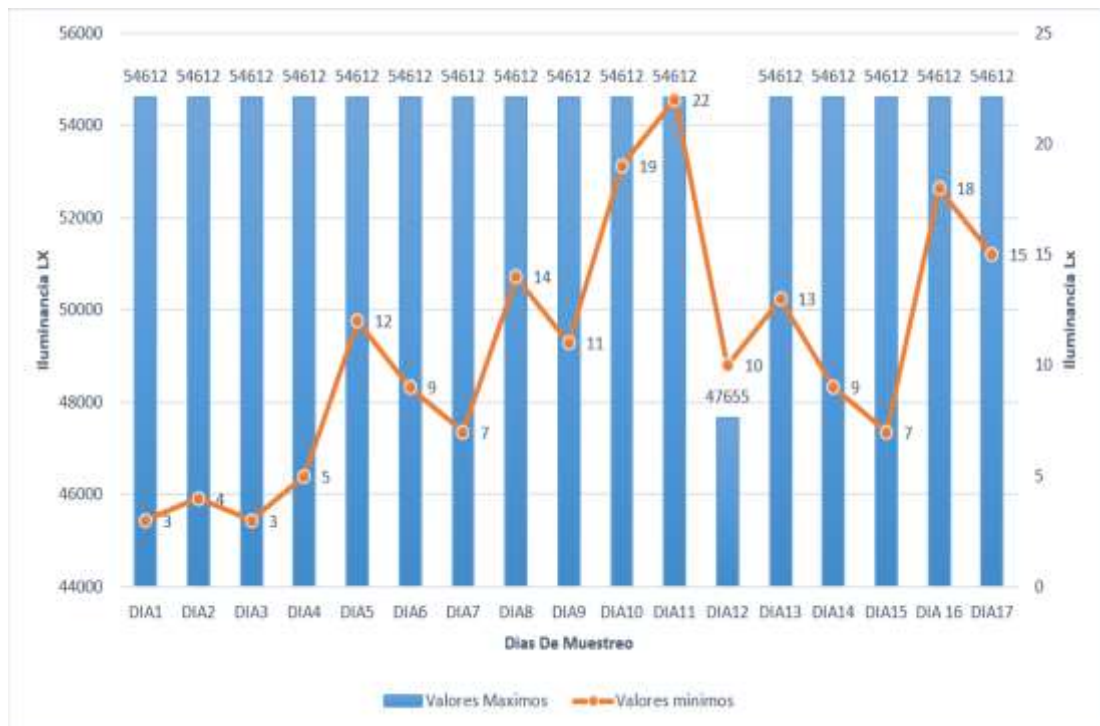


Figura 3.3 Grafica de columnas y líneas de valores mínimos y máximos de iluminancia

3.3.2 Análisis de la desviación estándar de las muestras de iluminancia

En la figura 3.4 se muestra el diagrama de columnas de la desviación estándar esta indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media calculada, mientras mayor sea la desviación estándar mayor será la dispersión de las muestras o viceversa, los ejes de la abscisas y ordenadas están distribuidas según la figura indicada.

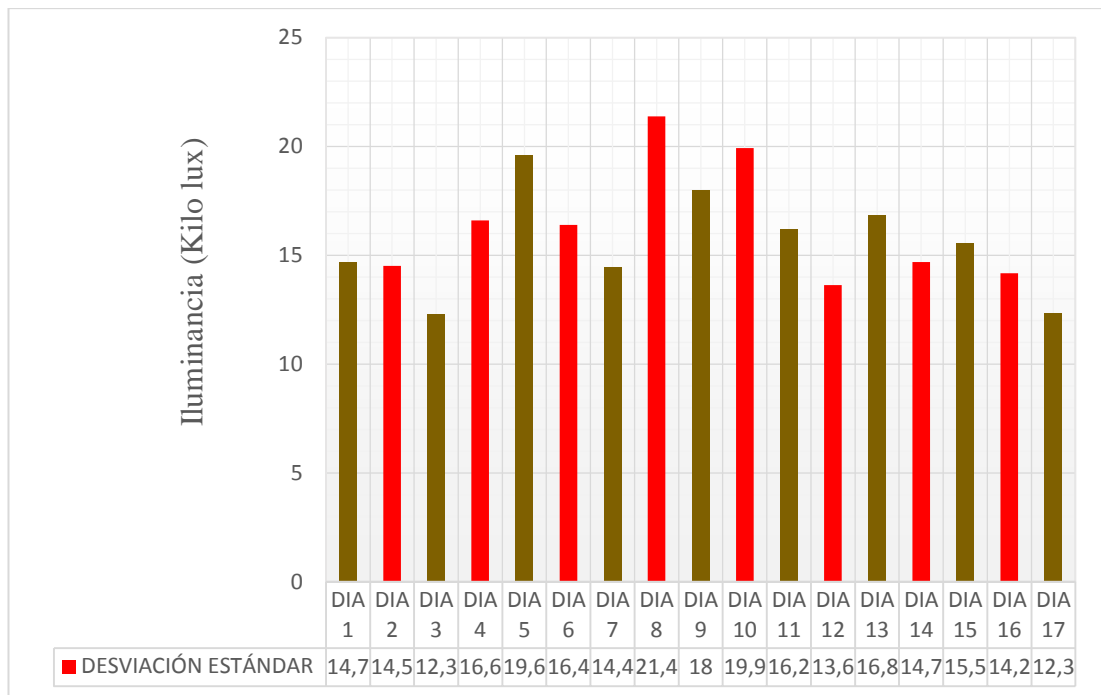


Figura 3.4 Proyección De La Desviación Estándar.

3.4 Medidas de posición

3.4.1 Análisis de la mediana de las muestras de iluminancia

En la figura 3.5 se aprecia cada uno de los valores de la mediana estos valores son las muestras centrales de los 145 datos obtenidos durante un día por ser datos impares la mediana con esta medida podemos identificar el valor que se encuentra en el centro de los datos, es decir, nos permite conocer el valor que se encuentra en la mitad de los datos después que las observaciones se han ubicado en serie ordenada esta medida nos indica que la mitad de los datos se encuentran por debajo de este valor y la otra mitad por encima del mismo.

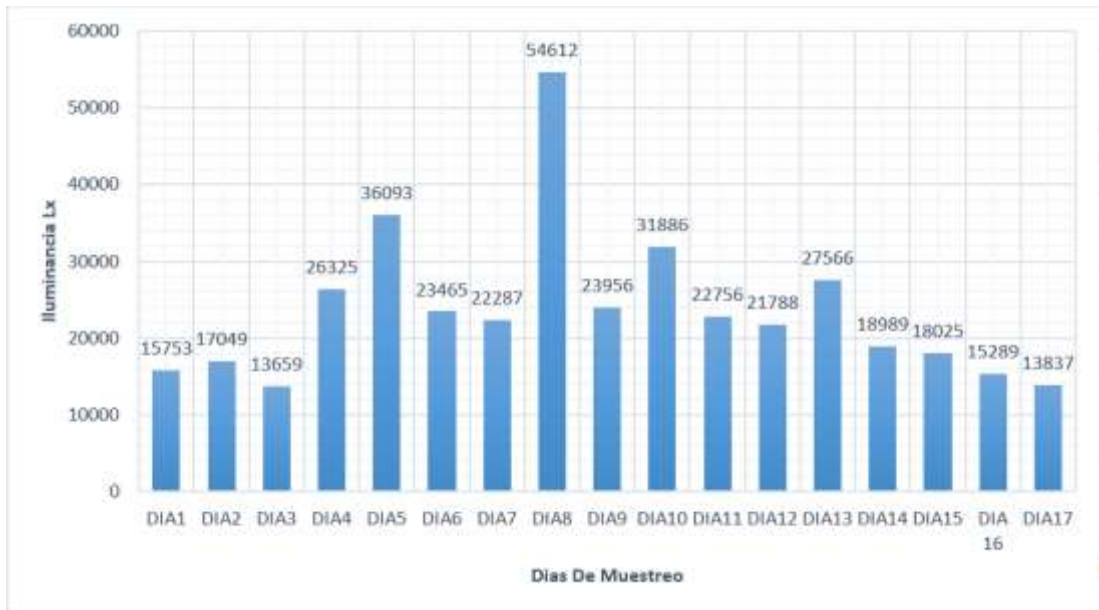


Figura 3.5 Grafica de barras del análisis estadístico de la mediana

3.4.2 Análisis de los percentiles de las muestras de iluminancia

El percentil del 50% también conocido como segundo cuartil, esta coincide con la mediana, el percentil del 25% es conocido como primer cuartil o cuartil inferior, en cambio el percentil del 75% es denominado como tercer cuartil o cuartil superior, la mediana y los cuartiles dividen a la muestra en cuatro partes iguales es decir el 25% de los datos o muestras obtenidas.

Según los resultados de la tabla 3-1 el percentil de 25% y 75% da como resultado una gráfica de barras indicada en la figura 3.6 esta indica que el 50% de los datos obtenidos de la muestra de la iluminancia está comprendida entre los resultados de cada día.

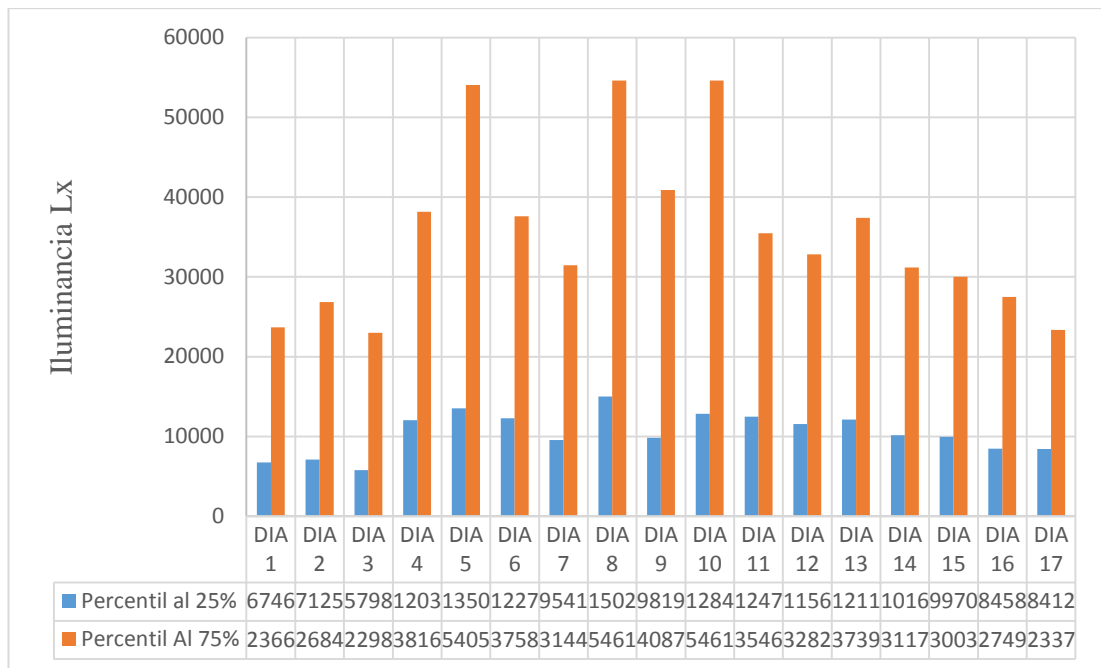


Figura 3.6 grafica de barras del percentil

3.5 Forma de la distribución

En la figura 3.7 se indica la gráfica de los datos obtenidos de la iluminancia desde las 6:00 hasta las 18:00 horas en intervalos de cinco minutos cada muestra se ha trazado la curva de la distribución normal teórica de esos datos en base a la media total de los diecisiete días de muestreo y la desviación estándar de la distribución, esto indica que los datos pueden ser ajustados a una distribución probabilística, además podemos observar que la mayor frecuencia está en los intervalos de iluminancia entre 10000 Lx – 37307,63 Lx, esto abarca un 57,9% de los datos de iluminancia lo que corresponde aproximadamente con la media de los datos es de 23653,63 lx con un ligero desfase, también si analizamos los parámetros del análisis estadísticos observamos que la mediana y la media toman valores muy cercanos, lo cual estima a una distribución normal.

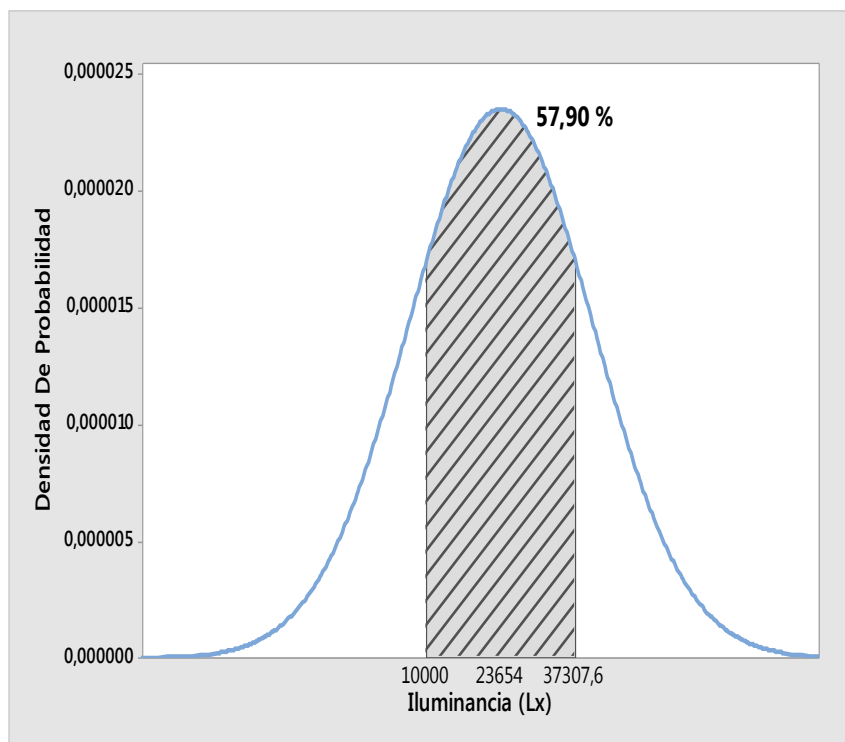


Figura 3.7 Resultado de la distribución normal de iluminancia

En la tabla 3-2 se muestra datos estadísticos de iluminancia tales como la media, desviación estándar y los percentiles del 25% y el 75% de los 17 días de muestreo, correspondientes a la mañana al medio día y al atardecer.

Tabla 3-2 Análisis estadístico según la hora de iluminancia

| Hora | | 6:00 | 12:15 | 18:00 |
|------------------|----------|-------------|--------------|--------------|
| N | Válido | 17 | 17 | 17 |
| | Perdidos | 0 | 0 | 0 |
| Media | | 10,65 | 42778,29 | 1026,88 |
| Desv. Desviación | | 5,678 | 11816,265 | 529,490 |
| Percentiles | 25 % | 6,00 | 34123,50 | 664,00 |
| | 75 % | 14,50 | 54612,00 | 1504,50 |

En la figura 3.8 se indica la graficas de la distribución normal a las 6:00 Am tiene una distribución normal de 5,67 Lx, esto indica que tan dispersos está el valor de la media, esta abarca a un total de 68,29% de muestras de iluminancia, a las 12:15 Pm la dispersión de los valores es de 11816,26 Lx, de la misma manera la dispersión de iluminancia a las 18:00 horas es de 529,49 Lx.

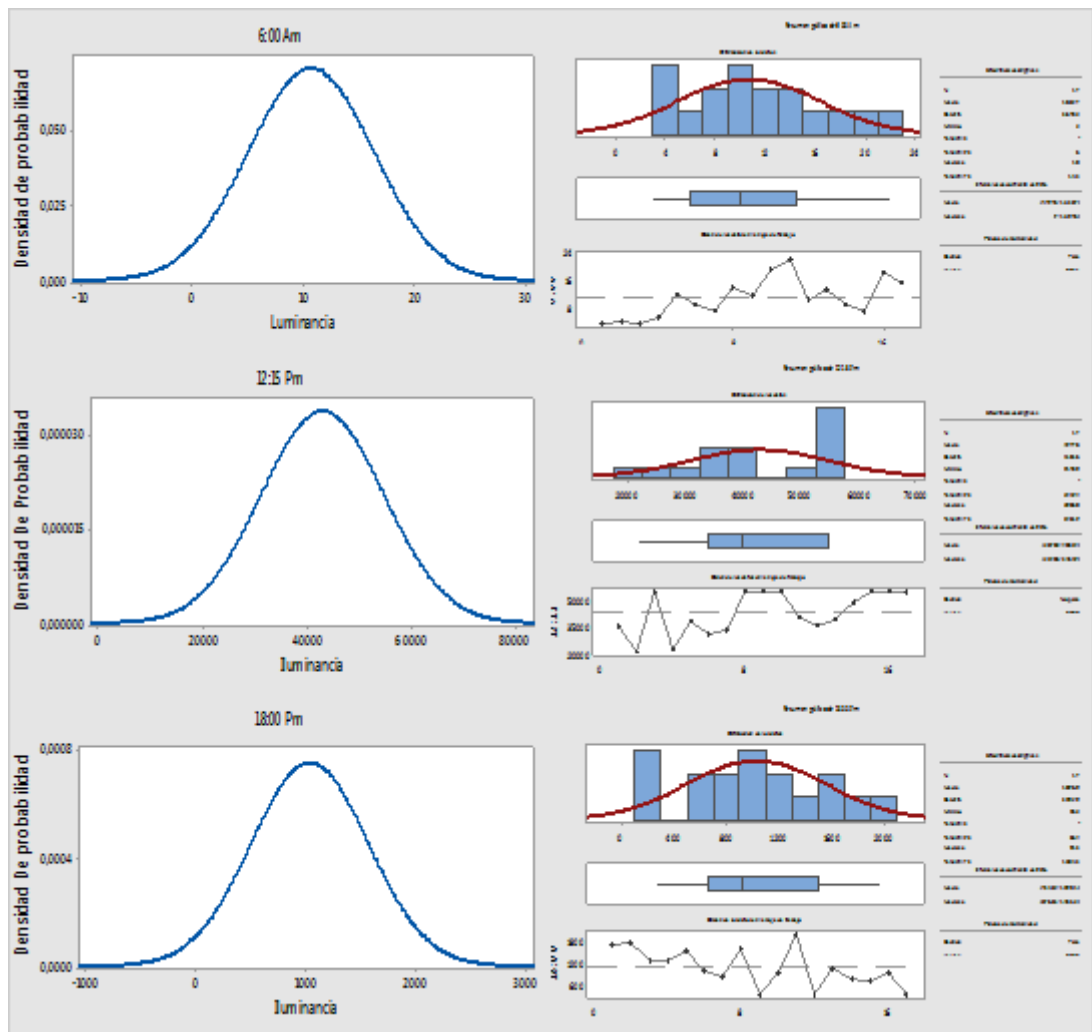


Figura 3.8 Resultado de la distribución normal de iluminancia según la hora

3.6 Iluminancia según la hora

En la figura 3.9 se indica el muestreo de la iluminancia según la hora, podemos apreciar que a partir de las 11:00 Am la iluminancia tiende a incrementar y a variar según pasa el tiempo a partir de las 16:00 horas la iluminancia viene a disminuir progresivamente, lo que sucede al contrario desde las 6:00 Am hasta las 11:00 am incrementa la iluminancia progresivamente.



Figura 3.9 Grafica de iluminancia según la hora

CAPITULO IV

ESTUDIO FOTOMÉTRICO

En el presente capítulo se realiza el estudio fotométrico del vehículo, indicando la cantidad de luminancia que posee el mismo a diferentes rangos de distancia, comprendidos entre 50, 100, 150, 200 y 250 metros, permitiendo analizar el impacto de las luces de circulación diurna, por toma de adquisición de fotografías mediante el uso de cámara fotográfica profesional, estas imágenes son captadas mediante un lente de 50 mm, que interpreta a un ojo humano, obteniendo datos de apertura de diafragma y velocidad de obturación del nivel de luminosidad, logrando simular un fotómetro por medio de la fórmula de ajuste de exposición adquiriendo la cantidad de luxes de cada fotografía para el respectivo análisis del campo visual y el contraste con el entorno, en tres modelos de vehículos de diferentes colores tales como negro blanco y gris, que definen las principales magnitudes fotométricas utilizadas como referencia en el estudio del sistema de iluminación diurna.

4.1 Magnitudes lumínicas

4.1.1 Flujo luminoso

En la ecuación 2 se refiere al flujo luminoso, esta es la cantidad de energía, en forma luminosa, emitida por una fuente, la unidad del flujo luminoso es (Lm) Lumen y su símbolo es F. ((INSHT), 2015).

$$F = \frac{Q}{t} \quad \left(Lm = \frac{Lm \times seg}{seg} \right)$$

Donde:

[2]

F: Flujo luminoso.

Q: Cantidad de luz emitida en Lúmenes / segundo.

t: Tiempo en segundos.

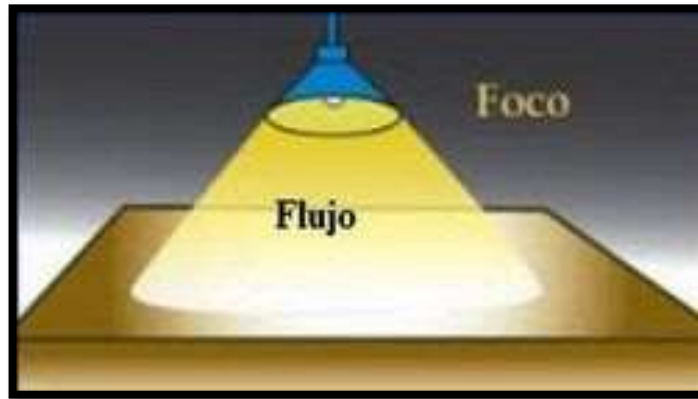


Figura 4.1 Flujo luminoso
Fuente: (Aerotecnología, 2018)

4.1.2 Intensidad luminosa

Es el flujo luminoso, es representado mediante su símbolo (I) y (cd) candela, es la unidad en el sistema internacional, su fórmula esta expresada de la siguiente manera. ((INSHT), 2015).

$$I = \frac{F}{w} = cd$$

[3]

Donde:

I: Intensidad luminosa expresado en candelas.

F: Flujo luminoso contenido en el ángulo sólido

W: Angulo sólido en estereorradianes.

En la tabla 4-1, indica los tipos de fuentes e intensidad luminosa.

Tabla 4-1 Intensidad luminosa

| Tipo De Fuente | Intensidad (cd) | Direccionalidad |
|--|-----------------|----------------------|
| Reflectores de 40 W/220 V | 35 | Toda Las Direcciones |
| Reflectores de 300 W/220 V | 400 | Toda Las Direcciones |
| Reflectores de 300 W/220 V | 1500 | Centro De Haz |
| Reflectores de 2 KW | 148000 | Toda Las Direcciones |
| Reflectores de 2 KW | 250000 | Centro Del Haz |
| Faros De Vehículos Con Reflector (Corto alcance) | 4000 | Máxima Intensidad |
| Faros De Vehículos Con Reflector (Largo alcance) | 50000 | Máxima Intensidad |

Fuente: (Andrés Aparicio Salazar, 2007)

4.1.3 Angulo Sólido

El ángulo sólido se expresa en estereorradianes. Si imaginamos una esfera de un metro de radio y desde su centro trazamos un cono que delimite en su superficie un casquete esférico de un metro cuadrado, el valor del ángulo sólido determinado por dicho cono es igual a un estereorradián. ((INSHT), 2015).

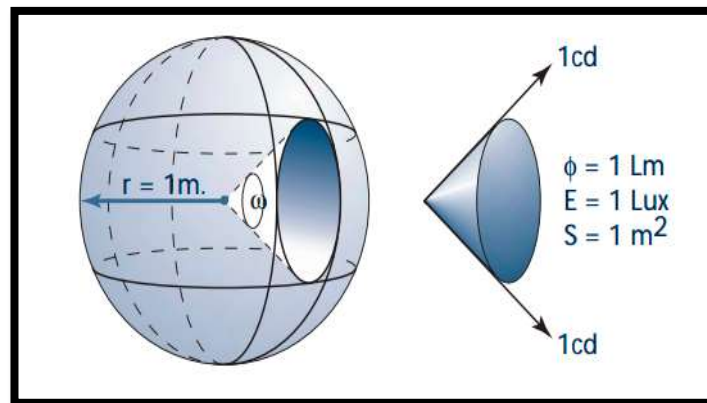


Figura 4.2 Angulo sólido
Fuente: (Aerotecnología, 2018)

La ecuación del Angulo solido se representa de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{S}{r^2} \quad \left(cd = \frac{m^2}{m^2} = \text{radio de esfera} \right)$$

[4]

Donde:

ω : Angulo sólido.

S: Es la superficie de la proyección del objeto sobre la esfera.

r: Radio de la esfera

Entonces:

$$I = \frac{F}{\omega} \quad I = \frac{F}{\frac{S}{r^2}} \quad I = \frac{F}{r} \quad \left(cd = \frac{lm}{r} \right)$$

4.1.4 Nivel de iluminación

Al nivel de iluminación también se conoce como iluminancia, es el cociente del flujo luminoso incidente sobre una área o superficie, la unidad es el lux (lx) se conoce mediante su símbolo (E), se expresa mediante la siguiente fórmula. ((INSHT), 2015).

$$E = \frac{F}{S} \quad \left(\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lx} \right)$$

[5]

E: Nivel de iluminación expresado en luxes.

F: Flujo luminoso incidente en una superficie en lúmenes.

S: Superficie en metros cuadrados.

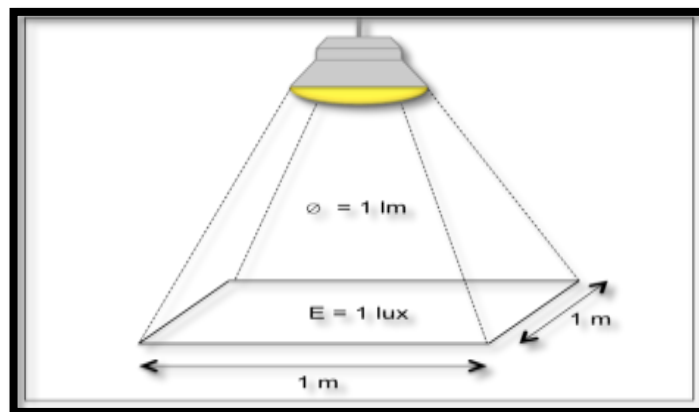


Figura 4.3 Nivel de iluminación

4.2 Magnitudes fotométricas

4.2.1 Luminancia

Es conocido como brillo fotométrico, es el brillo por unidad de superficie de una fuente de luz o un reflejo de la misma. ((INSHT), 2015).

La fórmula de la luminancia está dada por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{I}{S} \quad \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

[6]

Donde:

L: Luminancia de fuente de luz.

I: Intensidad luminosa.

S: Superficie en metros.

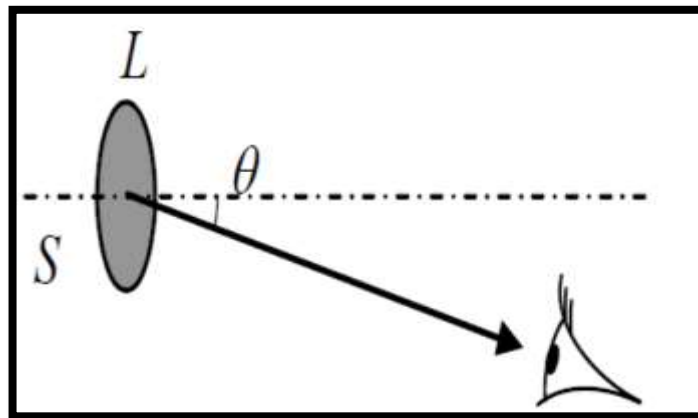


Figura 4.4 Luminancia

Fuente. (Andrés Aparicio Salazar, 2007)

Para calcular el valor de luminancia conociendo el valor de iluminación (L_x) que ilumina una superficie difusa tiene un factor de reflexión determinado la luminancia es la iluminación multiplicada por el factor de reflexión y dividida por el valor de pi.

Las referencias para tres colores, negro, blanco y gris corresponden a 3%, 18% y 90%, la magnitud de luminancia corresponde al atributo brillo representada por la letra (L).

- Para el color negro al 3%: $L=0,03 \times (L_x) / \text{Pi} = L \text{ (cd /m}^2\text{)}$.
- Para el color gris al 18%: $L=0,18 \times (L_x) / \text{Pi} = L \text{ (cd /m}^2\text{)}$.
- Para el color blanco al 90%: $L=0,9 \times (L_x) / \text{Pi} = L \text{ (cd /m}^2\text{)}$.

4.2.2 Velocidad de obturación

La velocidad de obturación también conocido como el tiempo de exposición, tiene una serie que comienza en 1 segundo que continúa reduciendo a la mitad con una serie normalizada de tiempo. (luminoso, 2010).

$$t = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{15}, \frac{1}{30}, \frac{1}{60}, \frac{1}{125}, \frac{1}{250}, \frac{1}{500}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{2000}, \frac{1}{4000} \text{ (Segundos)}$$

El tiempo está dado en una fracción podemos decir el tiempo obturación de 1/500, decimos que la velocidad de obturación es de 500.

4.2.3 Apertura del diafragma

El diafragma más habitual está formado por un iris regulable que determina la cantidad de luz que pasa hasta el material sensible. En lo que se refiere al objetivo la cualidad que define al objetivo para dejar pasar la luz se denomina luminosidad. A lo largo de la historia ha habido varios sistemas para definir la luminosidad. La magnitud más empleada para indicarla hoy día es el número f. Esto significa que, para un mismo diámetro, cuanto más largo sea el objetivo menos luminoso es. Los números f se escriben con la letra f minúscula, dos puntos y el número f correspondiente. La serie estándar de números f comienza en 1 y avanza con un factor de multiplicación de raíz cuadrada de dos (1,4). Esto es así porque la cantidad de luz que deja pasar un diafragma es proporcional a su superficie y cuando una circunferencia tiene el doble de superficie que otra su diámetro no es el doble sino solo un 41% mayor. (luminoso, 2010).

La serie de diafragma queda comprendida de la siguiente manera.

$$f = 1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32, 45, 64, 90$$

4.2.4 Ecuación de ajuste exposición

El principal motivo del ajuste de exposición en la fotografía es poder corregir la cantidad de luz que llega al sensor de la cámara, para obtener una fotografía de alta calidad con las características correctas de luz existente en el entorno, se tiene dos ajustes para controlar la exposición. (Gonzales, 2016).

- La apertura del diafragma: controla la intensidad de luz que llega a la cámara para graduar la apertura del diafragma.
- La velocidad de obturación: regula el tiempo luz que está expuesta el sensor, cuanto menor es la velocidad de obturación, mayor es la exposición.

Se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Ev = \log_2 * \frac{N^2}{t}$$

[7]

Donde:

EV: Es la ecuación de ajuste de posición.

N: Es la apertura del diafragma (el número f)

t: Es la velocidad de obturación en segundos.

En el anexo 1, uno de los factores que intervienen en la exposición es el número f (Av) es la apertura del diafragma, velocidad de obturación descrita mediante (Tv), el valor ISO/ASA de la sensibilidad descrita por (Sv) y la iluminación de escena mediante (Bv), la fórmula básica de ajuste de exposición (Ev), está compuesta de la siguiente manera. (Gonzales, 2016).

$$Ev = Av + Tv = Sv + Bv$$

[8]

Para determinar la iluminacion (lx), mediante características fotograficas se utiliza la siguiente ecuacion.

$$Bv = Av + Tv - Sv$$

[9]

4.2.5 Contraste luminoso de Weber

El contraste luminoso es calculado mediante la ecuación de Weber (K), permite calcular el contraste y la diferencia entre dos luminancias que puede ser: (vehículo – entorno, luces diurnas encendidas – luces diurnas apagadas), la diferencia entre los dos valores de luminancia nos va a dar como resultado un valor (K) entre $0 \leq K \leq 1$, adimensional, esto nos indica cuanto mayor es K, mayor es la diferencia, mayor será el contraste. (Andrés Aparicio Salazar, 2007).

$$K = \frac{L_{maxima} - L_{Minima}}{L_{maxima}}$$

[10]

Donde:

K: Es el contraste luminoso

L_{máxima}: luminancia máxima cd/m²

L_{mínimo}: luminancia mínima cd/m²

4.3 Materiales utilizados para el estudio fotométrico

4.3.1 Cámara Nikon D5100

Esta cámara réflex de la marca Nikon cuenta con la opción de grabación de video de una resolución FullHD, está entre las intermedias de Nikon D3100 y la Nikon D7000. Cuenta con una resolución de 16,2 megapíxeles, idéntico a la Nikon D7000, está catalogada como cámara semi profesional en el mundo de la fotografía, cuenta con una pantalla de 3 pulgadas rotatoria y una resolución de 921.000 píxeles además muestra característica y propiedades de cada fotografía. (Nikon, 2018).



Figura 4.5 Cámara fotográfica profesional Nikon D5100
Fuente: (Nikon, 2018)

Tabla 4-2 Características de la cámara fotográfica

| Denominación | Valor |
|----------------------|---------------------------------|
| Sensor | 16.2 Megapíxeles |
| Pantalla giratoria | 3 Pulgadas |
| Autoenfoco | 11 puntos |
| Rango de enfoque ISO | 100-6400 puede expandir a 25600 |
| Video full HD | 1080 P |
| Velocidad de disparo | 4 fotos por segundo |

4.3.2 Cinta de agrimensura

Herramienta manual utilizada para la medición en línea recta de las divisiones en intervalos de 50 metros de longitud de los puntos visión del vehículo, para la toma de fotografías en el estudio fotométrico.



Figura 4.6 Cinta de agrimensura
Fuente: (herramientas, 2018)

4.3.3 Cono reflectivo

Material utilizado para la seguridad del tráfico vehicular en la zona de campo y utilizados en la delimitación de los puntos de visión en intervalos de 50, 100, 150, 200 y 250 metros, para la toma de fotografías de los vehículos en carretera.



Figura 4.7 Cono reflectivo
Fuente: (herramientas, 2018)

4.3.4 Vehículos

Los vehículos puestos en prueba para la obtención de fotografías en el estudio fotométrico son de tres colores diferentes negro, blanco y gris, con el propósito de cubrir todo el espectro de luminancia respecto al contraste visual de los mismos generados con el entorno.



Figura 4.8 Vehículos utilizados en el estudio fotométrico

4.4 Procedimiento del estudio fotométrico

Para la ejecución del estudio fotométrico, es necesario un proceso determinado, para una mejor comprensión se puede observar el flujograma, el mismo que detalla en la figura 4.9 con el objetivo de obtener valores de luminancia para determinar la influencia que tiene las luces de circulación diurna en el vehículo.

1. El estudio fotométrico se realiza en horas diurnas.
2. Lugar estratégico para la toma de fotografías puede ser en primero en carretera abierta o mixta, se debe tomar fotografías en los dos lugares.
3. El fotógrafo realiza la configuración correspondiente de la cámara fotográfica según sea necesario.
4. Para garantizar la seguridad en el estudio fotométrico, se coloca conos reflectivo en la vía, distribuidas en intervalos de 50 metros.
5. En el caso de que el vehículo negro, blanco o gris, se encuentre a una distancia comprendida en intervalos de 50 hasta 250 metros, toma la fotografía del vehículo, en el caso de que el automotor este a otra distancia, no será tomada la fotografía.
6. La captura de imágenes, se realiza a los tres vehículos en las mismas condiciones y las mismas características fotográficas.
7. Con todas las fotografías obtenidas de los vehículos, se muestra las propiedades de cada una de las imágenes, la cual sirve para el análisis del estudio fotométrico.
8. Fin del proceso.

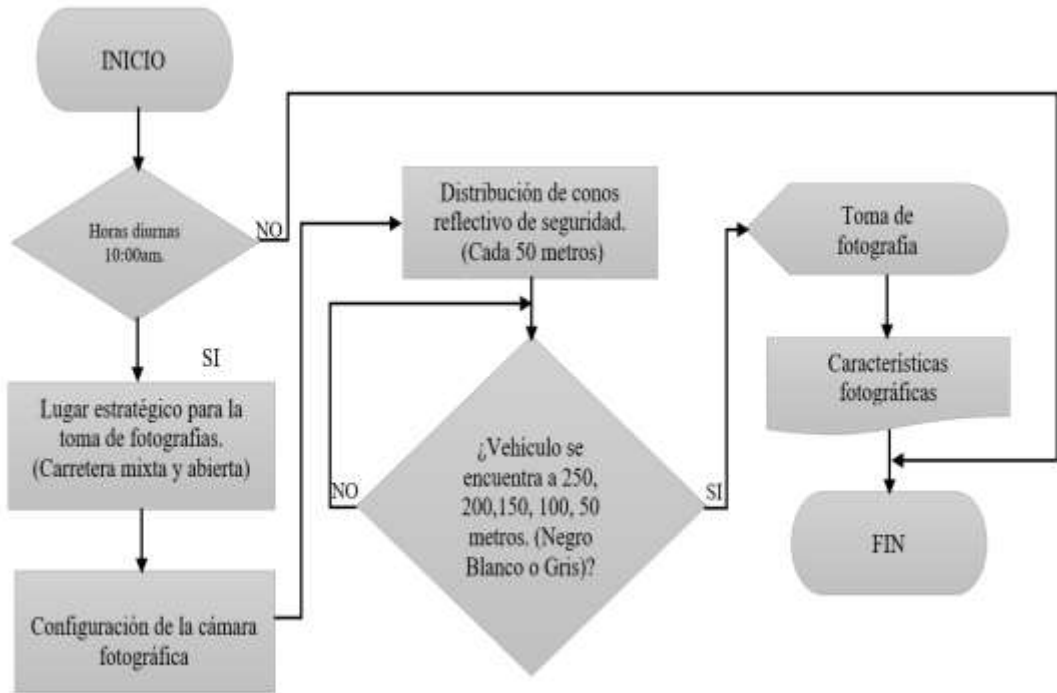


Figura 4.9 Flujograma del procedimiento de estudio fotométrico

4.5 Cálculo de luminancia e iluminación

En la siguiente figura 4.10, se puede apreciar el vehículo en carretera mixta y en carretera abierta con una visibilidad mayor que otra o viceversa, esto conduce a la detección del automotor por parte de los conductores, usuario o peatones que se encuentra cerca de vehículo, el estudio fotométrico se realiza mediante características fotográficas para un análisis de campo visual, del contraste y el brillo de los vehículos a cierta distancia en metros.



Figura 4.10 vehículo Kia Sportage

4.5.1 Vehículos de prueba para medida de luminancias

A continuación, se indica en la tabla los vehículos puestos a prueba para las medidas de luminancias con su respectiva descripción.

Tabla 4-3 Vehículos utilizados para la prueba de medición de luminancia

| Marca | Modelo | Color | Watts de focos |
|-----------|------------|--------|----------------|
| KIA | Sportage R | Negro | 27 W |
| SUBARU | Legacy GL | Blanco | 50 W |
| CHEVROLET | Optra | Gris | 50 W |

4.5.2 Descripción del comportamiento de luminancia según la distancia

Dos objetos visualizados de la misma distancia del mismo tamaño la cual presente mayor luminancia será fácil detectar el más perceptible, esto se podría identificar de la siguiente manera.

SI a, b, c, d, e es una distancia en metros y L es la luminancia en cd/m^2 , queda descrita de la siguiente forma:

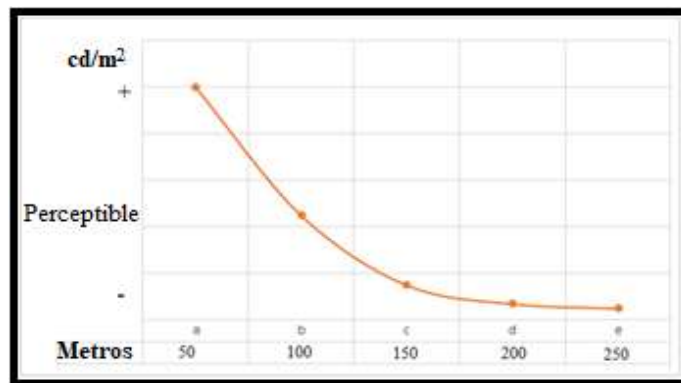


Figura 4.11 Gráfica de ilustración de objeto de análisis según la distancia

Descripción:

Objetivos del análisis: a, b, c, d, e .

Distancias comprendidas: 50, 100, 150, 200, 250

Luminancia: $L_a > L_b > L_c > L_d > L_e$

Por lo tanto

El Vehículo a una distancia (a), se visualiza fácilmente que un vehículo a una distancia (b), el vehículo a una distancia (b) se ve más fácilmente que un vehículo a una distancia (c), el vehículo a una distancia (c) se percibe con facilidad que un vehículo a una distancia (d), el vehículo a una distancia (d) se visualiza más que un vehículo a una distancia (e).

4.6 Medidas de Luminancia e Iluminación en carretera mixta

Se conoce como carretera mixta a una combinación de asfalto, vegetación y cielo aproximadamente en partes iguales, se toma muestras fotográficas de cada vehículo para obtener valores de iluminación y luminancia, mediante la ecuación de ajuste de exposición.

4.6.1 Vehículo negro

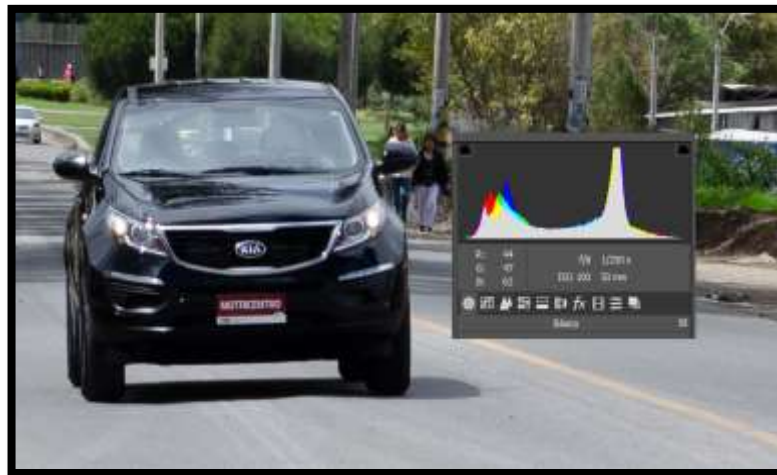


Figura 4.12 Características fotográficas del kia Sportage

A continuación, se calcula el ajuste de exposición con la ecuación [7] y se verifica en la tabla del anexo 2, correspondiente a la iluminación y caso contrario no existe el ajuste de exposición en el anexo 2, se calcula mediante la ecuación [8] y se verifica en la tabla del anexo 1.

$$Ev = \log_2 * \frac{8^2}{\frac{1}{250}} = 13.9657 \approx 14$$

Tabla 4-4 Resultados de iluminación y luminancia

| Vehículo De Color Negro | | | | | |
|-------------------------|--------|------------------------|------------------------------|-----|----------|
| Unidades | | | Características Fotográficas | | |
| Distancia (m) | E (LX) | L (cd/m ²) | ISO 100 | SV= | 5 |
| 50 | 30000 | 286,48 | f/8 | Av= | 6 |
| 100 | 15000 | 143,24 | t 1/250 | Tv= | 8 |
| 150 | 8000 | 76,39 | Bv=Av+Tv-Sv | | |
| 200 | 4000 | 38,20 | | | |
| 250 | 2000 | 19,10 | | | |
| 0 | 0 | 0 | Bv= | 9 | 30000 LX |

Según la gráfica se puede confirmar la relación L-E para este vehículo es.

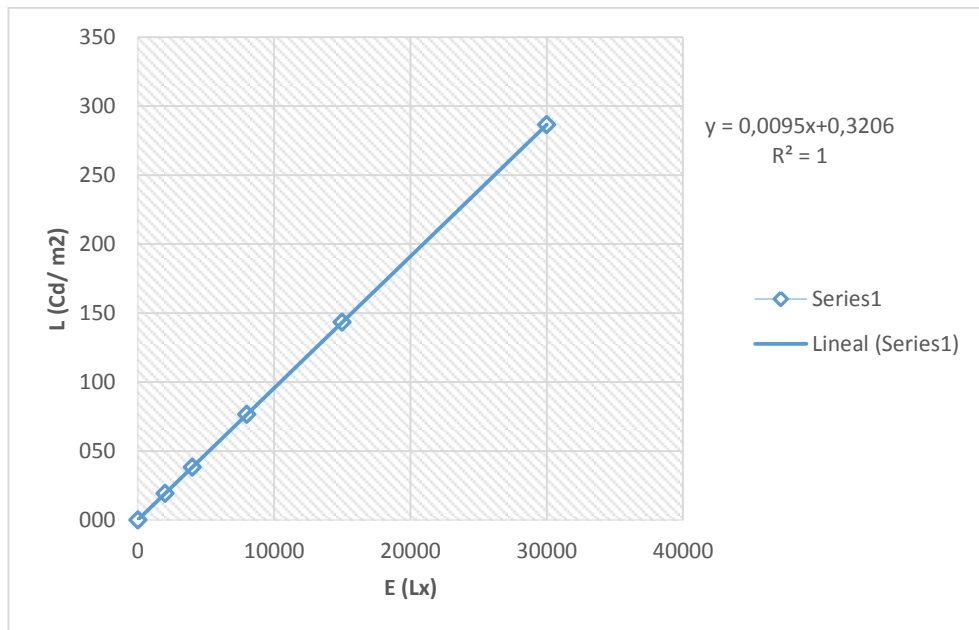


Figura 4.13 Relación que existe entre L – E, del vehículo negro

$$\frac{L}{E} = 0.0095 \frac{cd}{m^2 \text{ Lx}}$$

Se ha calculado la luminancia en diferentes rangos de distancia de las luces de circulación diurna hasta obtener los valores establecidos según el anexo 1.

4.6.2 Vehículo blanco



Figura 4.14 Características fotográficas del Subaru Legacy

$$Ev = \log_2 * \frac{10^2}{\frac{1}{250}} = 14.609 \approx 15$$

Tabla 4-5 Resultados de iluminación y luminancia

| Vehículo De Color Blanco | | | | | |
|--------------------------|------------|-----------|------------------------------|------|-------------|
| Unidades | | | Características Fotográficas | | |
| Distancia (m) | E (LX) | L (cd/m2) | ISO 200 | SV= | 6 |
| 50 | 27866,6667 | 7983,21 | f/10 | Av= | 6,36 |
| 100 | 16000 | 4583,66 | t 1/250 | Tv= | 8 |
| 150 | 8000 | 2291,83 | Bv=Av+Tv-Sv | | |
| 200 | 4000 | 1145,92 | | | |
| 250 | 2000 | 572,96 | | | |
| 0 | 0 | 0,00 | Bv= | 8,36 | 27866,7 lux |

Según la gráfica se puede confirmar la relación L-E para este vehículo es.

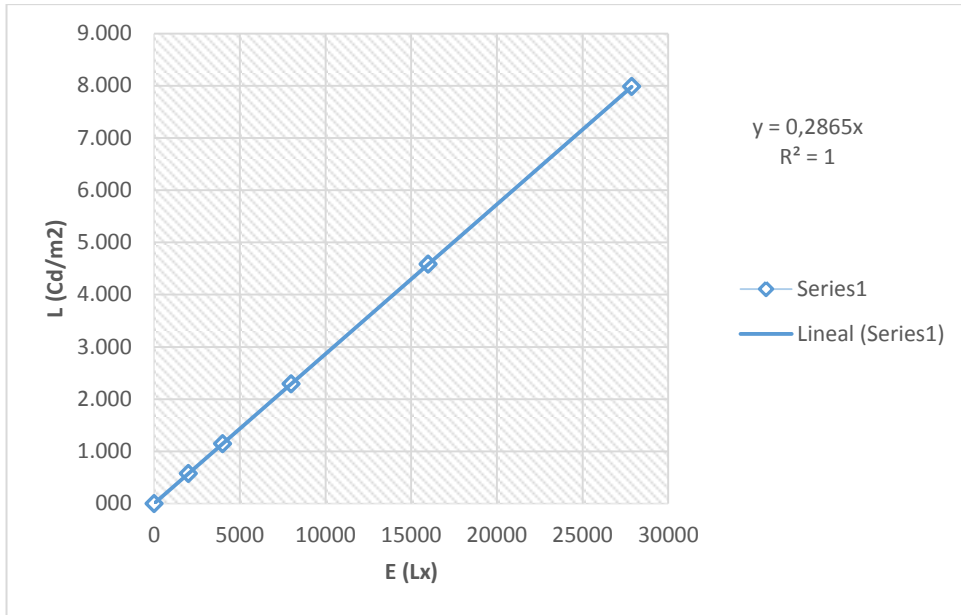


Figura 4.15 Relación que existe entre L – E, del vehículo blanco

$$\frac{L}{E} = 0,2865 \frac{cd}{m^2 Lx}$$

Se ha calculado la luminancia en diferentes rangos de distancia de las luces de circulación diurna hasta obtener los valores establecidos según el anexo 1.

4.6.3 Vehículo gris



Figura 4.16 Características fotográficas del Optra Hatchback

$$Ev = \log_2 * \frac{10^2}{\frac{1}{250}} = 14.609 \approx 15$$

Tabla 4-6 Resultados de iluminación y luminancia

| Vehículo De Color Gris | | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|------------------------------|------|----------|
| Unidades | | | Características Fotográficas | | |
| Distancia (m) | E (LX) | L (cd/m ²) | ISO 220 | SV= | 6,2 |
| 50 | 27200 | 1558,45 | f/10 | Av= | 6,36 |
| 100 | 16000 | 916,73 | t 1/250 | Tv= | 8 |
| 150 | 8000 | 458,37 | Bv=Av+Tv-Sv | | |
| 200 | 4000 | 229,18 | | | |
| 250 | 2000 | 114,59 | | | |
| 0 | 0 | 0,00 | Bv= | 8,16 | 27200 Lx |

Según la gráfica se puede confirmar la relación L-E para este vehículo es.

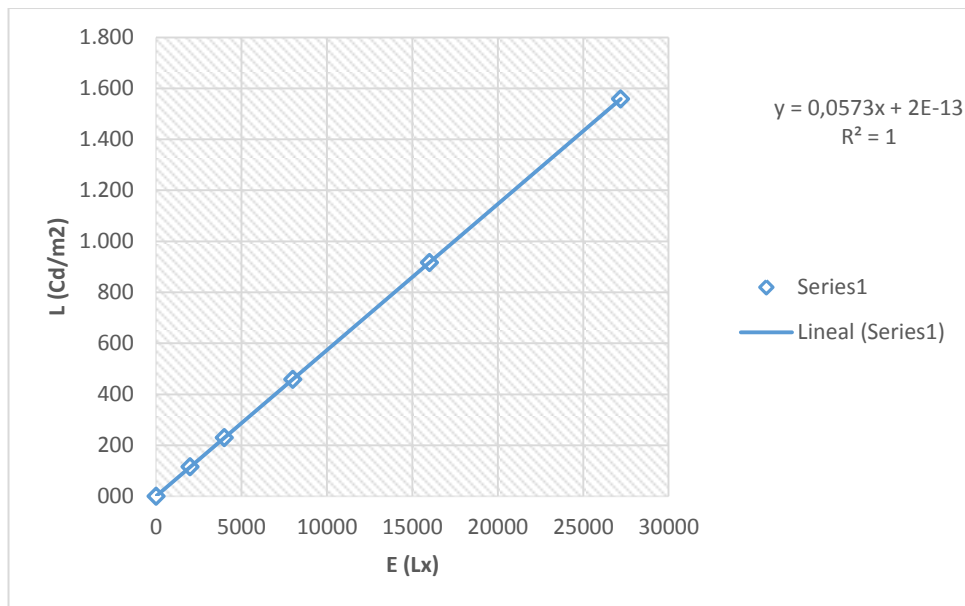


Figura 4.17 Relación que existe entre L – E, del vehículo gris

$$\frac{L}{E} = 0.0573 \frac{cd}{m^2 Lx}$$

Se ha calculado la luminancia en diferentes rangos de distancia de las luces de circulación diurna hasta obtener los valores establecidos según el anexo 1

4.7 Medidas de Luminancia e Iluminación en carretera abierta

Se conoce como carretera abierta a una combinación de asfalto o cemento con combinación de cielo aproximadamente en partes iguales y poca vegetación, se toma muestras fotográficas de cada vehículo para obtener valores de iluminación y luminancia, mediante la ecuación de ajuste de exposición.

4.7.1 Vehículo negro



Figura 4.18 Características fotográficas del vehículo Kia Sportage

$$Ev = \log_2 * \frac{10^2}{1} = 14.609 \approx 15$$

Tabla 4-7 Resultados de iluminación y luminancia

| Vehículo De Color Negro | | | | | | |
|-------------------------|--------|-----------|------------------------------|------|----------|--|
| Unidades | | | Características Fotográficas | | | |
| METROS | E (LX) | L (cd/m2) | ISO 400 | SV= | 7 | |
| 50 | 13800 | 131,78 | f/10 | Av= | 6,36 | |
| 100 | 8000 | 76,39 | t 1/250 | Tv= | 8 | |
| 150 | 4000 | 38,20 | Bv=Av+Tv-Sv | | | |
| 200 | 2000 | 19,10 | | | | |
| 250 | 1000 | 9,55 | | | | |
| 0 | 0 | 0 | Bv= | 7,36 | 13800 LX | |

Según la gráfica se puede confirmar la relación L-E para este vehículo es.

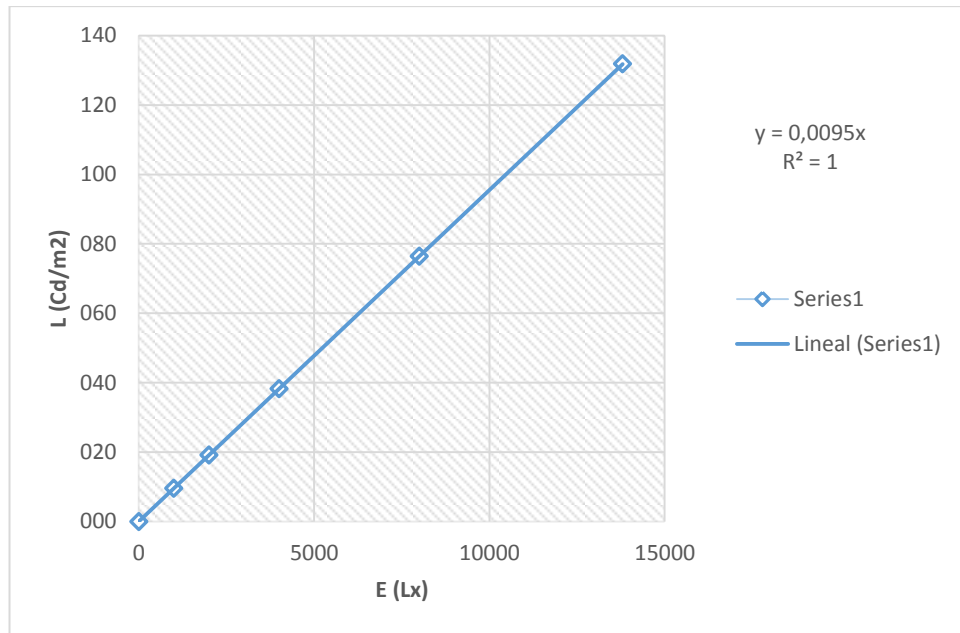


Figura 4.19 Relación que existe entre L – E, del vehículo negro

$$\frac{L}{E} = 0.095 \frac{cd}{m^2 Lx}$$

Se ha calculado la luminancia en diferentes rangos de distancia de las luces de circulación diurna hasta obtener los valores establecidos según el anexo 1.

4.7.2 Vehículo blanco



Figura 4.20 Características fotográficas del vehículo Subaru Legacy

$$Ev = \log_2 * \frac{10^2}{\frac{1}{250}} = 14.609 \approx 15$$

Tabla 4-8 Resultados de iluminación y luminancia

| Vehículo De Color Blanco | | | | | |
|--------------------------|--------|------------------------|------------------------------|------|----------|
| Unidades | | | Características Fotográficas | | |
| Distancia (m) | E (LX) | L (cd/m ²) | ISO 220 | SV= | 6,2 |
| 50 | 27200 | 7792,23 | f/10 | Av= | 6,36 |
| 100 | 15000 | 4297,18 | t 1/250 | Tv= | 8 |
| 150 | 8000 | 2291,83 | Bv=Av+Tv-Sv | | |
| 200 | 4000 | 1145,92 | | | |
| 250 | 2000 | 572,96 | | | |
| 0 | 0 | 0,00 | Bv= | 8,16 | 27200 Lx |

Según la gráfica se puede confirmar la relación L-E para este vehículo es.

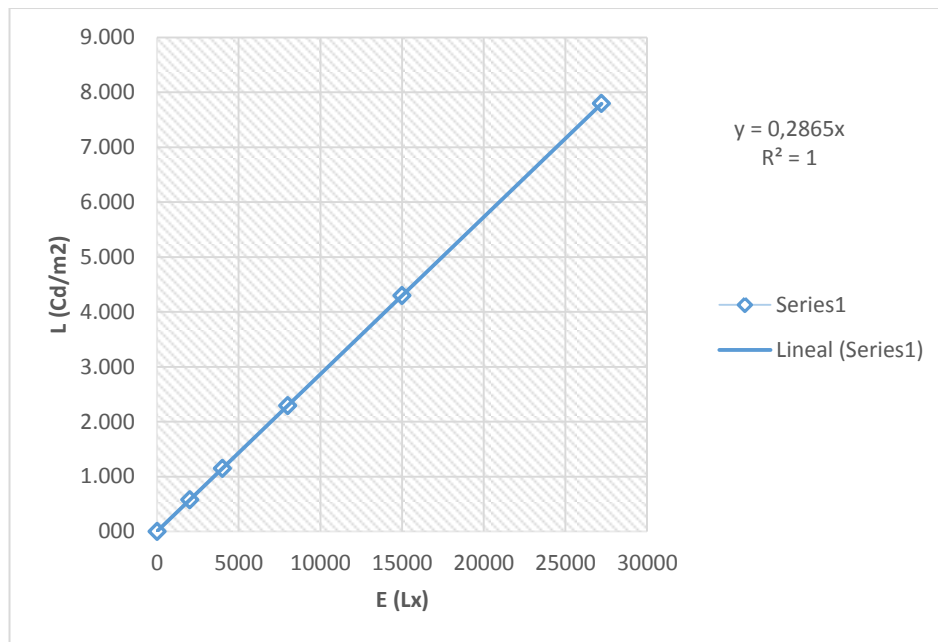


Figura 4.21 Relación que existe entre L – E, del vehículo blanco

$$\frac{L}{E} = 0.2865 \frac{cd}{m^2 Lx}$$

Se ha calculado la luminancia en diferentes rangos de distancia de las luces de circulación diurna hasta obtener los valores establecidos según el anexo 1.

4.7.3 Vehículo Gris



Figura 4.22 Características fotográficas del vehículo Optra Hatchback

$$Ev = \log_2 * \frac{10^2}{\frac{1}{250}} = 14.609 \approx 15$$

Tabla 4-9 Resultados de iluminación y luminancia

| Vehículo De Color Gris | | | | | |
|------------------------|---------|-----------|------------------------------|------|------------|
| Unidades | | | Características Fotográficas | | |
| Distancia (m) | E (LX) | L (cd/m2) | ISO 320 | SV= | 6,7 |
| 50 | 14362,5 | 822,91 | f/10 | Av= | 6,36 |
| 100 | 8000 | 458,37 | t 1/250 | Tv= | 8 |
| 150 | 4000 | 229,18 | Bv=Av+Tv-Sv | | |
| 200 | 2000 | 114,59 | | | |
| 250 | 1000 | 57,30 | | | |
| 0 | 0 | 0,00 | Bv= | 7,66 | 14362,5 Lx |

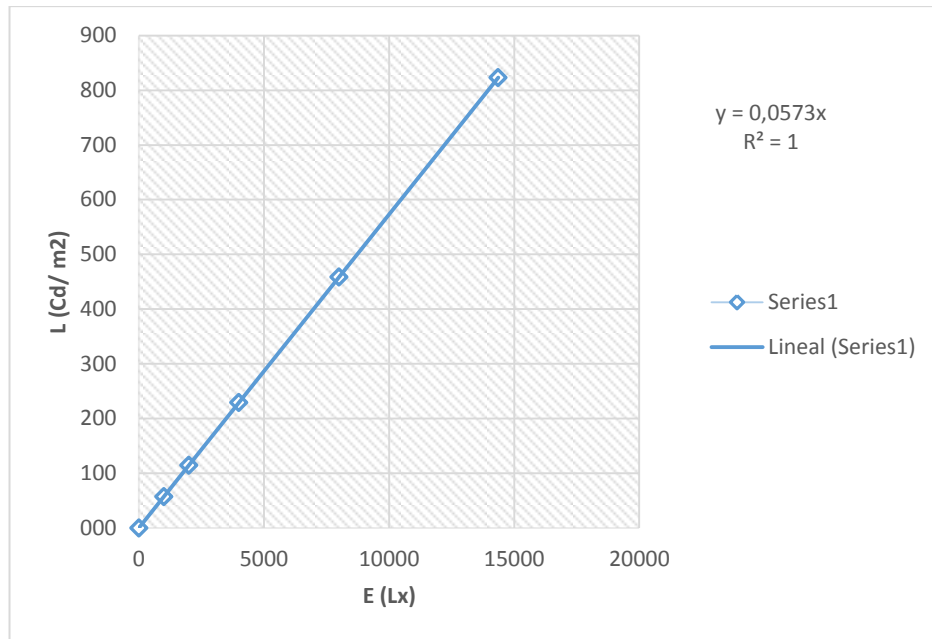


Figura 4.23 Relación que existe entre L – E, del vehículo gris

Según la gráfica se puede confirmar la correlación L-E para este vehículo es.

$$\frac{L}{E} = 0.0573 \frac{cd}{m^2 Lx}$$

Se ha calculado la luminancia en diferentes rangos de distancia de las luces de circulación diurna hasta obtener los valores establecidos según el anexo 1

4.8 Cálculo del contraste luminoso

Las condiciones de iluminancia obtenidas mediante el sensor BH-1750 nos da valor máximo, media y mínima, se puede realizar medidas comparativas de contraste en los vehículos y en su entorno.

La iluminación según las muestras se ha considerado las siguientes:

1. Iluminación máxima (E = 54616 lx).
2. Promedio de iluminacion (E = 23544.047 lx).
3. Iluminación mínima, anochecer (E = 263 lx).

Existe una relación de contraste entre el vehículo con el entorno se interpreta utilizando la ecuación [10].

4.8.1 Luminancia de los vehículos con luces apagadas

A continuación, en la siguiente tabla 4-10 se indica los valores de luminancia de tres vehículos en dos diferentes tipos de carretera que se han realizado el estudio, así como también la luminancia del entorno en función al estudio realizado.

Tabla 4-10 valor de luminancia según el vehículo

| | Vehículo Negro (V.N) | Vehículo Blanco (V.B) | Vehículo Gris (V.G) | Vehículo en carretera Abierta (V.C.A) | Vehículo en carretera Mixta (V.C.M) |
|------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Valores De Luminancia | | | | | |
| E (Lx) | L Negro | L Blanco | L Gris | L C.A | L C.M |
| 54612 | 521,51 | 15645,19 | 3129,04 | 4478,27 | 2239,36 |
| 23544,047 | 224,83 | 6744,87 | 1348,97 | 1930,702 | 965,57 |
| 263 | 2,51 | 75,34 | 15,07 | 21,65 | 11,05 |

Correlación de contraste entre el vehículo y el entorno con máxima iluminancia.

1. Máxima iluminación (E= 54612 lx)

Tabla 4-11 Correlación de contraste de máxima iluminación

| | |
|--|--|
| Vehículo Negro en carretera abierta (V.N.C.A) | Vehículo Negro en carretera Mixta (V.N.C.M) |
| K = 0,88 | K =0,77 |
| Vehículo Blanco en carretera abierta (V.B.C.A) | Vehículo Blanco en carretera Mixta (V.B.C.M) |
| K = 0,71 | K =0,86 |
| Vehículo Gris en carretera abierta (V.G.C.A) | Vehículo Gris en carretera Mixta (V.G.C.M) |
| K = 0,30 | K =0,28 |

Correlación de contraste entre el vehículo y el entorno con media iluminancia.

2. Iluminación media ($E = 23544.047 \text{ lx}$).

Tabla 4-12 Correlación de contraste con media iluminación

| | |
|--|--|
| Vehículo Negro en carretera abierta (V.N.C.A) K = 0,88 | Vehículo Negro en carretera Mixta (V.N.C.M) K = 0,76 |
| Vehículo Blanco en carretera abierta (V.B.C.A) K = 0,71 | Vehículo Blanco en carretera Mixta (V.B.C.M) K = 0,85 |
| Vehículo Gris en carretera abierta (V.G.C.A) K = 0,30 | Vehículo Gris en carretera Mixta (V.G.C.M) K = 0,28 |

Correlación de contraste entre el vehículo y el entorno mínima iluminancia.

3. Iluminación mínima, amanecer o anochecer ($E = 263 \text{ lx}$).

Tabla 4-13 Correlación de contraste con mínima iluminación

| | |
|--|--|
| Vehículo Negro en carretera abierta (V.N.C.A) K = 0,88 | Vehículo Negro en carretera Mixta (V.N.C.M) K = 0,77 |
| Vehículo Blanco en carretera abierta (V.B.C.A) K = 0,71 | Vehículo Blanco en carretera Mixta (V.B.C.M) K = 0,85 |
| Vehículo Gris en carretera abierta (V.G.C.A) K = 0,30 | Vehículo Gris en carretera Mixta (V.G.C.M) K = 0,26 |

4.8.2 Luminancia de los vehículos con luces de posición encendidas

En este caso al estar encendida las luces la luminancia es constate, a continuación, se detalla lo siguiente:

Tabla 4-14 valor de luminancia según el vehículo

| | Vehículo Negro | Vehículo Blanco | Vehículo Gris | Vehículo en carretera Abierta | Vehículo en carretera Mixta |
|----------|------------------------------|-----------------|---------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | Valores De Luminancia | | | | |
| E | L Negro | L Blanco | L Gris | L c.A | L c.M |
| 54612 | 10000 | 5000 | 12000 | 4478,27 | 2239,36 |
| 23544.04 | 10000 | 5000 | 12000 | 1930,702 | 965,57 |
| 263 | 10000 | 5000 | 12000 | 21,65 | 11,05 |

Correlación de contraste entre el vehículo y el entorno con máxima iluminancia.

1. Máxima iluminación (E= 54612 lx)

Tabla 4-15 Correlación de contraste con máxima iluminación

| | |
|--|--|
| Vehículo Negro en carretera abierta (V.N.C.A) | Vehículo Negro en carretera Mixta (V.N.C.M) |
| K = 0,55 | K = 0,78 |
| Vehículo Blanco en carretera abierta (V.B.C.A) | Vehículo Blanco en carretera Mixta (V.B.C.M) |
| K = 0,10 | K = 0,55 |
| Vehículo Gris en carretera abierta (V.G.C.A) | Vehículo Gris en carretera Mixta (V.G.C.M) |
| K = 0,63 | K = 0,81 |

Correlación de contraste entre el vehículo y el entorno con la media iluminancia.

2. Iluminación media (E = 23544.047 lx).

Tabla 4-16 Correlación de contraste con media iluminación

| | |
|--|--|
| Vehículo Negro en carretera abierta (V.N.C.A) | Vehículo Negro en carretera Mixta (V.N.C.M) |
| K = 0,80 | K = 0,90 |
| Vehículo Blanco en carretera abierta (V.B.C.A) | Vehículo Blanco en carretera Mixta (V.B.C.M) |
| K = 0,61 | K = 0,80 |
| Vehículo Gris en carretera abierta (V.G.C.A) | Vehículo Gris en carretera Mixta (V.G.C.M) |
| K = 0,83 | K = 0,91 |

Correlación de contraste entre el vehículo y el entorno con mínima iluminancia.

3. Iluminación mínima, amanecer o anochecer (E = 263 lx).

Tabla 4-17 Correlación de contraste con mínima iluminación

| | |
|--|--|
| Vehículo Negro en carretera abierta (V.N.C.A) | Vehículo Negro en carretera Mixta (V.N.C.M) |
| K = 0,99 | K = 0,99 |
| Vehículo Blanco en carretera abierta (V.B.C.A) | Vehículo Blanco en carretera Mixta (V.B.C.M) |
| K = 0,99 | K = 0,99 |
| Vehículo Gris en carretera abierta (V.G.C.A) | Vehículo Gris en carretera Mixta (V.G.C.M) |
| K = 0,99 | K = 0,99 |

CAPITULO V

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO FOTOMÉTRICO

En este análisis se presentan resultados experimentales, con muestras obtenidas mediante fotometría y adquisición de datos, obtenidas por los autores y otras fuentes relacionadas con los datos fotométricos, que permitieron obtener valores de luminancia ($L = \text{cd/m}^2$) e iluminancia ($E = \text{Lx}$), para analizarlas las muestras y validar causas y efectos que produce la luminancia en carretera abierta y mixta, además el contraste visual del vehículo y el entorno con iluminancia máxima, mínima y media, con las LCD encendidas y apagadas del vehículo.

5.1 Iluminancia y luminancia del vehículo en carretera mixta y abierta

5.1.1 Luminancia del vehículo en carretera mixta

En la figura 5.1 se da a conocer el resultado de las tablas [4-4, 4-5, 4-6] que indica la luminancia en el eje de las ordenadas y en el eje de las abscisas la distancia de muestreo cada 50 metros, se puede observar que el vehículo con mayor intensidad luminosa a diferentes puntos de muestreo es el de color blanco en carretera mixta, la que le sigue es el vehículo de color gris y a continuación el de color negro, que tiene menor intensidad luminosa, mientras aumenta la distancia de percepción, los tres vehículos tienen a tener una misma luminancia.

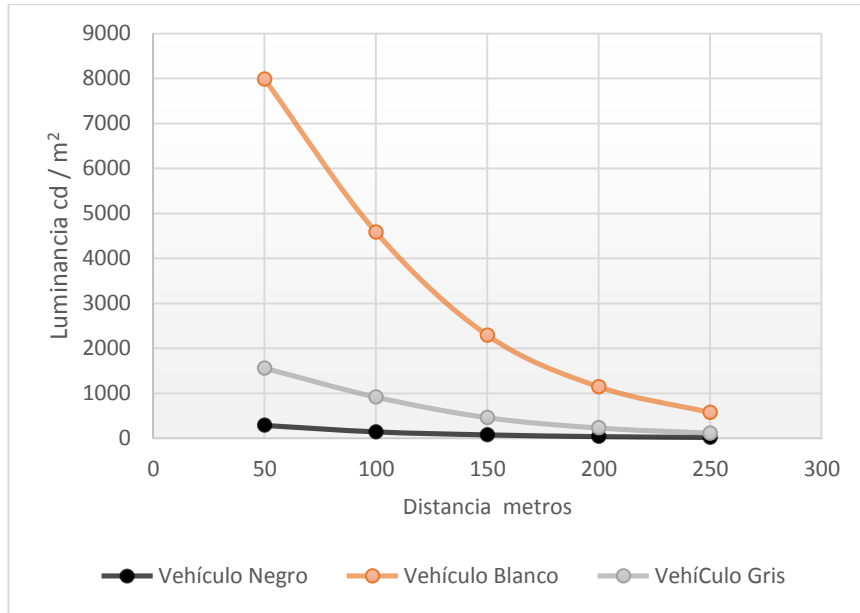


Figura 5.1 Grafica de líneas de luminancia según la distancia del vehículo en carretera mixta

5.1.2 Iluminancia del vehículo en carretera mixta

En la siguiente figura 5.2 se indica el flujo luminoso de los tres vehículos en diferentes rangos de distancia, el vehículo negro tiene mayor iluminancia que el resto, a partir de una distancia de 250 metros los tres vehículos tienen el mismo flujo luminoso.

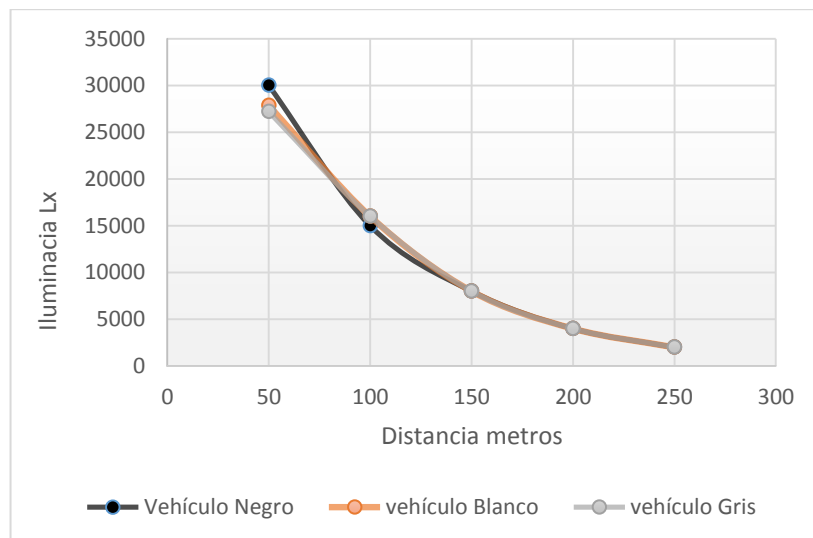


Figura 5.2 Grafica de líneas de iluminancia según la distancia del vehículo en carretera mixta.

5.1.3 Luminancia del vehículo en carretera abierta

La intensidad luminosa Figura 5.3 del vehículo blanco en carretera abierta tiende a ser mayor hasta un 90% de los demás vehículos en la primera distancia de muestreo que corresponde a 50 metros de distancia del receptor, en cambio entre el vehículo de color negro y gris tiene una diferencia del 8,85 % de intensidad luminosa, en cambio a la distancia mayor se reduce la luminancia y pierde la percepción del vehículo.

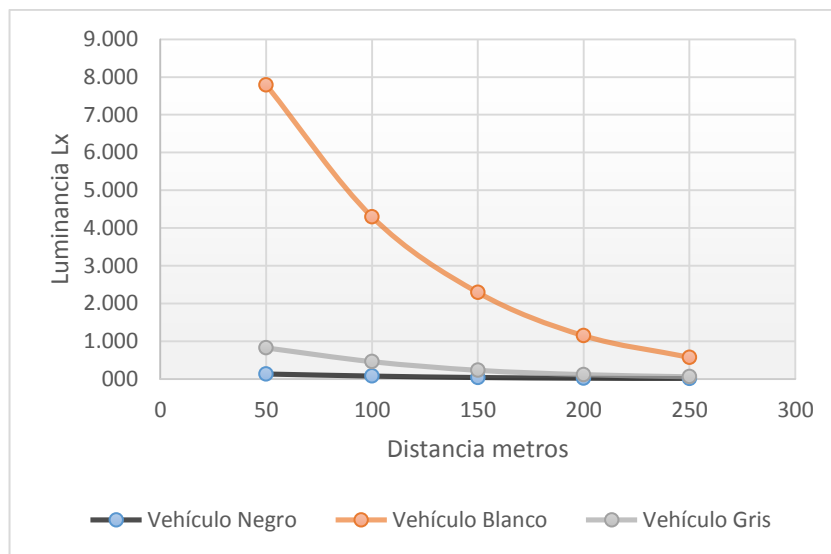


Figura 5.3 Grafica de líneas de luminancia según la distancia del vehículo en carretera abierta

5.1.1 Iluminancia del vehículo en carretera abierta

La figura 5.4 es el resultado de las tablas 3-6, 3-7, 3-8 de la columna de iluminancia y distancia de muestreo, se puede observar que los vehículos de color gris y negro a partir de 100 metros en adelante tienen el mismo flujo luminoso a excepción del vehículo de color blanco que varía con una diferencia del 47,2% a 50 metros en cambio a una distancia de 250 metros tiene una diferencia del 3,67% de iluminancia que el resto.

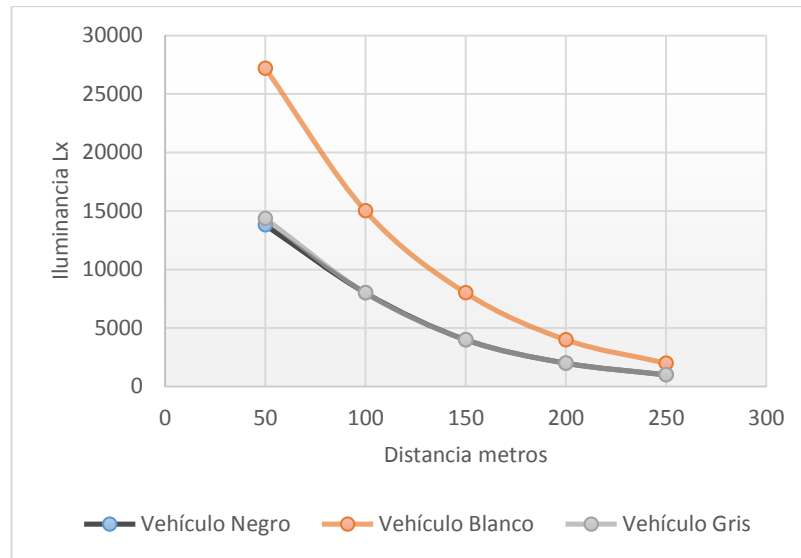


Figura 5.4 Grafica de líneas de iluminancia según la distancia del vehículo en carretera abierta.

5.2 Contraste luminoso

5.2.1 Vehículo con luces apagadas

En la figura 5.5 aparecen graficas de luminancia de tres vehículos negro, blanco y gris, además la luminancia del vehículo en carretera abierta y mixta, en función de la máxima, media y mínima iluminancia obtenida de la adquisición de datos del flujo luminoso de la ciudad de cuenca.

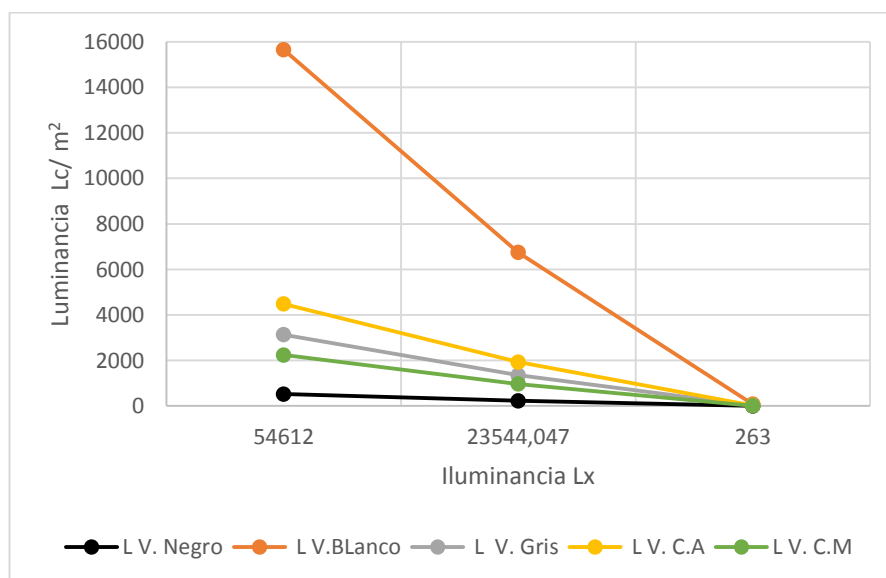


Figura 5.5 Comportamiento del vehiculo según iluminancia

5.2.2 Correlación de contraste con máxima iluminancia

El resultado del contraste luminoso de weber oscila entre $0 \leq K \leq 1$ adimensional mientras mayor sea k mayor será el contraste, en la figura 5.6 se puede apreciar que el vehículo gris a máxima iluminancia tiene problemas de percepción, es más difícil de percibir visualmente en las dos condiciones de carretera ya sea abierta o mixta, en cambio el vehículo negro en carretera abierta y el vehículo blanco en carretera mixta tiene una diferencia del 2 % del contraste estos dos vehículos tienden a ser más visibles en las condiciones indicadas.

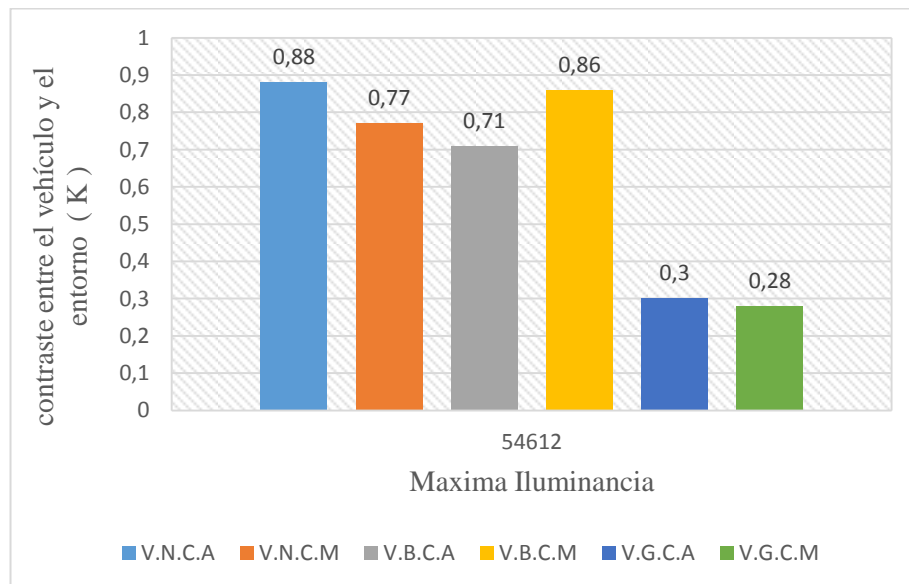


Figura 5.6 Contraste del vehículo en carretera abierta y mixta con maxima iluminancia

5.2.3 Correlación de contraste con el promedio de iluminancia

Según los resultados del contraste de la figura 5.7 son obtenidas del promedio de iluminancia de los 17 días de muestreo, y calculada mediante la fórmula de weber. El vehículo negro en carretera abierta y mixta es muy fácil de percibir entre estas dos muestras tienen una diferencia del 12 %, el vehículo blanco en carretera abierta y mixta tiene una diferencia del 14% de su valor máximo de contraste, entre estos dos vehículos y las dos condiciones presentadas son más visibles fácil de detectar, mientras que el vehículo gris sigue siendo un problema de visualización con el entorno.

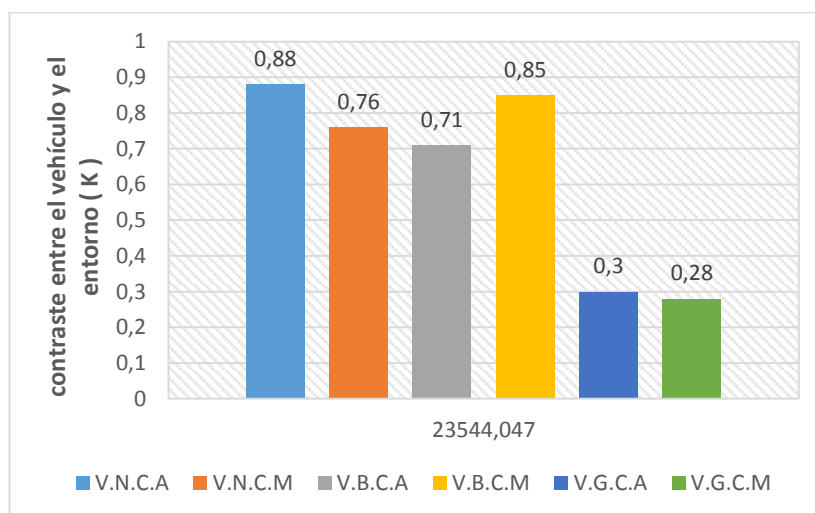


Figura 5.7 Contraste del vehículo en carretera abierta y mixta con el promedio de iluminancia

5.2.4 Correlación de contraste con mínima iluminancia

Según la figura 5.8 con mínima iluminancia, indica que el vehículo gris tiene mayor problema que los demás casos anteriores de percepción vehicular, el vehículo blanco tiene el mismo resultado con mínima y el promedio de iluminancia a excepción del vehículo negro, que tiene una diferencia del 11% de su máximo contraste en carretera abierta y esta a su vez es más visible muy fácil de ser visto.

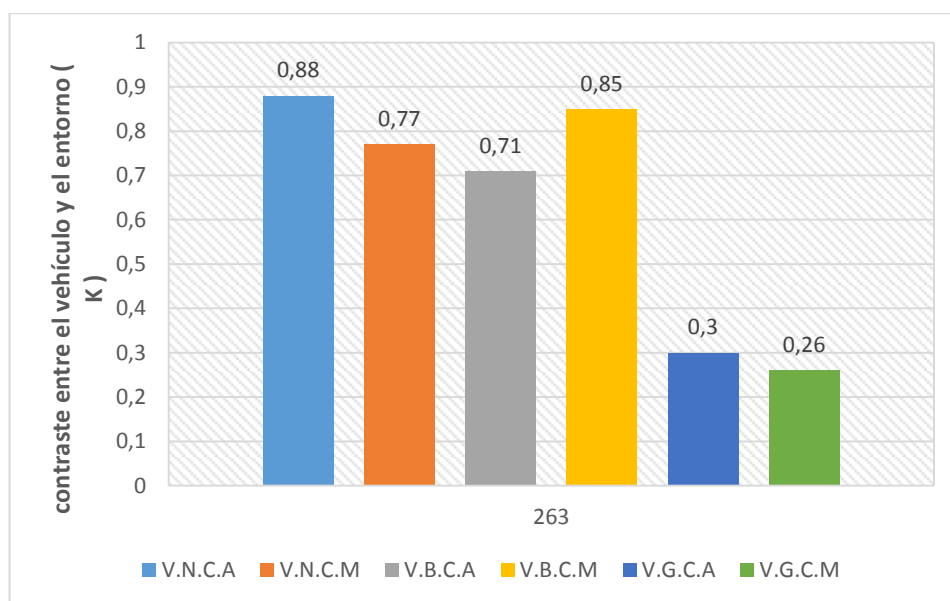


Figura 5.8 Contraste del vehículo en carretera abierta y mixta con la mínima iluminancia

5.2.5 Vehículo con luces de posición encendidas

El resultado obtenido a continuación corresponde a la tabla 4-15 representa la correlación del contraste del vehículo con luces encendidas y la iluminancia máxima, media y mínima, la luminancia de las luces de cruce de los tres vehículos para este estudio se mantiene constante.

5.2.6 Correlación de contraste con máxima iluminancia

En la figura 5.9 se puede definir que el vehículo negro en carretera mixta con las luces encendidas es más visible que en carretera abierta, en cambio el vehículo blanco con las luces encendidas en un día con la máxima iluminancia en carretera abierta el vehículo tiene un 10% de contraste visual, esto indica que el vehículo casi no se identifica con el entorno, el mismo vehículo en carretera mixta tiende a ser más visible, el vehículo gris en carretera mixta es más visible que los demás vehículos en las mismas condiciones.

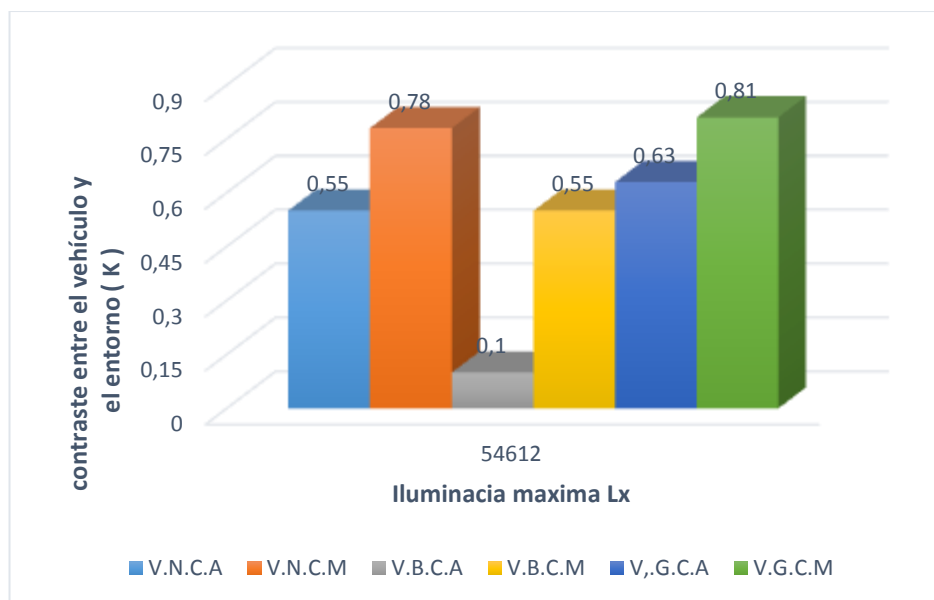


Figura 5.9 Contraste del vehículo con luces encendidas en carretera abierta y mixta con la máxima iluminancia

5.2.7 Correlación de contraste con el promedio de iluminancia

Se observa en la Figura 5.10 la gráfica del promedio de iluminancia y el contraste visual, esta indica que los tres vehículos con las luces de posición encendidas muestran contrastes aceptables respecto a su entorno.

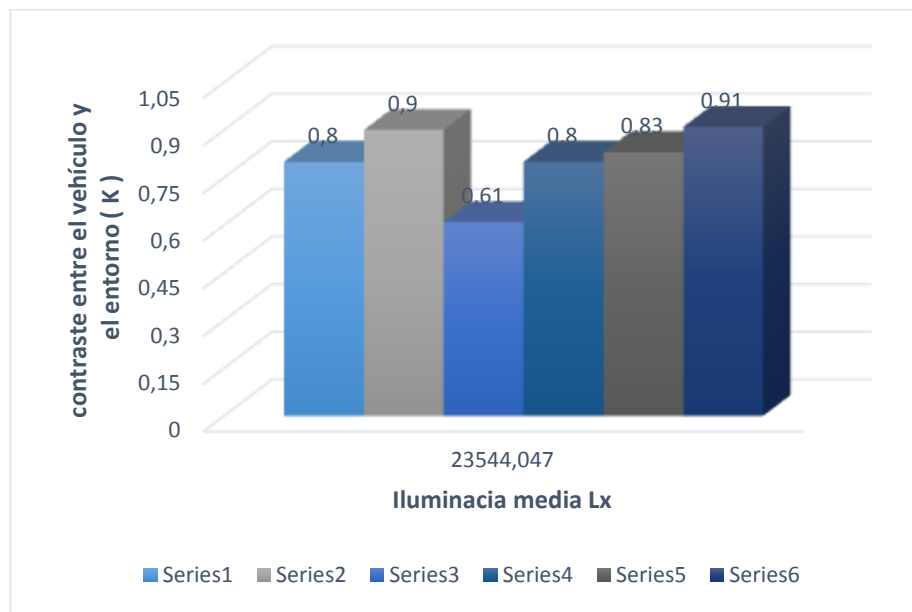


Figura 5.10 Contraste del vehículo con luces encendidas en carretera abierta y mixta con el promedio de iluminancia

5.2.8 Correlación de contraste con mínima iluminancia

En la figura 5.11 los tres vehículos tienen un campo de visión aceptable, al reducir la iluminación, el contraste de los vehículos aumenta a 0.99 esto indica prácticamente si llega a 1 el entorno tiene iluminación cero, por lo tanto, es necesario utilizar las luces diurnas en poca iluminancia, que corresponde al amanecer al atardecer o en condiciones climáticas que tiende a disminuir el flujo luminoso.

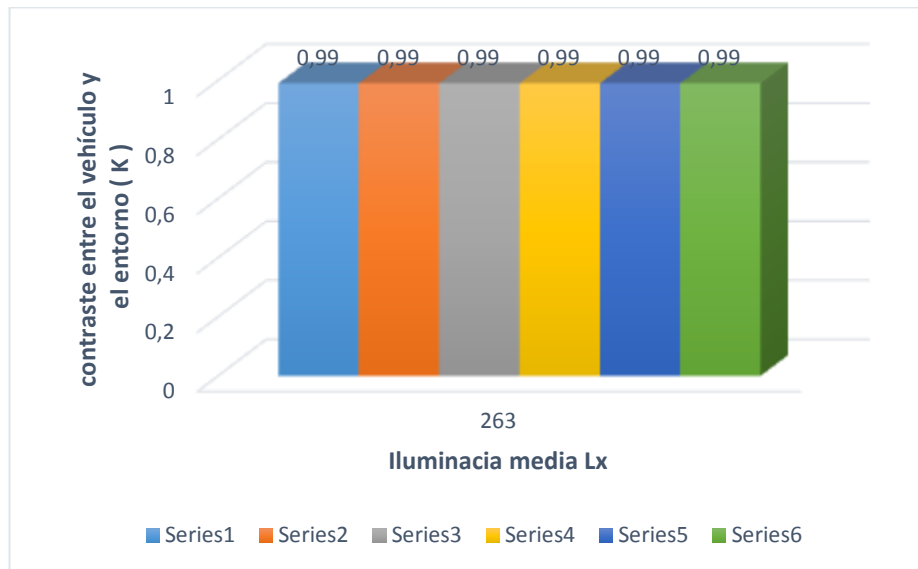


Figura 5.11 Contraste del vehículo con luces encendidas en carretera abierta y mixta con mínima iluminancia

CONCLUSIONES

Del estudio realizado se tiene las siguientes conclusiones:

- La norma INEN 1155:2009 y el reglamento a ley de transporte terrestre tránsito y seguridad vial, no obliga el uso de las luces de circulación diurna siendo un elemento principal de seguridad activa en el vehículo, la necesidad de reducir accidentes de tránsito y víctimas a nivel de Europa, todos los vehículos nuevos a partir del año 2011 deben estar implementado estas luces, en la Unión Europea en ciertas temporadas del año las condiciones de iluminación son muy semejantes a la nuestra, por lo tanto las mismas condiciones se debería aplicar en nuestro país.
- En el mes de enero del presente año se conoce a nivel nacional, según datos estadísticos dictados por la Agencia Nacional de Tránsito (Anexo 3), los accidentes de vehiculares se incrementaron en las primeras y últimas horas del día, estos accidentes podrían relacionarse con la falta de visibilidad vehicular.
- Se determinó mediante la adquisición de datos, la máxima iluminancia de la ciudad de Cuenca, es de 54612 lm/m^2 , este flujo luminoso se pudo obtener en horas diurnas de, 11:00 Am a 16:00 Pm, esto depende mucho de las condiciones meteorológicas de la ciudad de Cuenca.
- Se llegó a determinar a través del análisis estadístico el promedio de iluminancia obtenida de la ciudad de Cuenca, está por los 23652.60 Lx, dando como resultado un 60 % del porcentaje acumulado.
- La iluminancia de la ciudad de Cuenca, según los datos obtenidos a las 6:00 Am la mínima es de 3 Lx dando como un promedio de 10.64 Lx, esto indica que, al inicio del día, la iluminancia es baja, se llega a determinar que el 100% de los vehículos deben utilizar las luces para ser identificados ya que la luminancia es muy reducida por la mañana, el elemento más fácil de observar

serían las luces de los vehículos, de esta manera probablemente se reduciría accidentes de tránsito, al ver y ser visto por los peatones y conductores.

- Un vehículo de color gris con las luces apagadas, ante la iluminancia máxima de un día puesta a sol, en carretera abierta y mixta su contraste oscila, en un promedio del 29% esto indica, es muy dificultoso de percibir visualmente, lo que no sucede con un vehículo de color negro en las mismas condiciones aplicadas.
- Se llegó a determinar que un vehículo de color blanco con las luces de posición encendidas en carretera abierta con máxima iluminancia, el contraste visual es muy reducido por lo tanto tiene problemas de percepción visual o deslumbramiento, en cambio el mismo vehículo en carretera mixta su incremento del contraste visual es de un 45%.
- Al estudiar el comportamiento de la luminancia e iluminancia se llegó a determinar que los tres vehículos con mínima iluminancia con las luces de posición apagadas tiende a variar su contraste visual, esto depende mucho del color de los vehículos, alguno de estos vehículos son beneficiados otros perjudicados, en cambio los vehículos con las luces de posición encendidas, con mínima iluminación, su relación con el entorno el contraste visual se incrementa, facilitando a los conductores y peatones la presencia de los automotores a diferentes rangos de distancia.
- La luz de circulación diurna y las luces de posición incrementa el contraste, de los vehículos además incrementa la distancia de percepción de peatones y demás vehículos, aumentando el margen de la seguridad activa vehicular.

RECOMENDACIONES

- Se debería reglamentar o normalizar el uso de las luces de circulación diurna en la ciudad de Cuenca, a todos los vehículos que no lo poseen, para mayor seguridad en las vías ante conductores y peatones.
- Se recomienda diseñar un sistema de luces de circulación diurna adaptativo, para la instalación de todos los vehículos que no poseen estas luces de fábrica.
- Se recomienda a los propietarios o usuarios de los diferentes automotores llevar encendidas las LCD en horas diurnas y las luces de alumbrado durante la neblina, lluvia y noche durante 24 horas del día, los 365 días del año en las vías urbanas y rurales, esto provocaría una reducción de accidentes de tránsito.
- Se recomienda realizar el cambio de las luces de circulación diurna una vez que estas hayan sido deterioradas, para que exista mayor margen de seguridad en las vías.

BIBLIOGRAFÍA

- (INSHT), I. N. (2015). *Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos*. Madrid: Azcárate & Asocia2. Aerotecnología. (30 de Abril de 2018). *LUMINOTECNIA*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/luminotecnia.html>
- Andrés Aparicio Salazar. (21 de Diciembre de 2007). *LUCES DE CONDUCCIÓN DIURNA*. Obtenido de Estudio de implantación en España: <http://www.luchamotera.com/docs/Juan/LUCES%20CONDUCCION%20DIURNA.pdf>
- Apple. (18 de Mayo de 2018). *MacBook*. Obtenido de <https://www.apple.com/la/macbook/>
- Arduino. (15 de Mayo de 2018). *Arduino Mega 25260*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>
- Arrondo, V. M. (2013). *Probabilidad estadística*. Obtenido de <http://asignatura.us.es/dadpsico/apuntes/TamMuestra.pdf>
- Autodato. (7 de mayo de 2018). *Portada » Noticias del motor » Brasil prohibió la instalación de kits de Xenon en los vehículos*. Obtenido de <https://www.autodato.com/2011/06/faros-hid-xenon-prohibidos.html>
- FITSA. (2018). *Luces De Conducción Diurna. Evidencias científicas de la eficacia de las tecnologías*, 14-15.
- Gonzales, E. G. (2016). *Guía Básica de conceptos de Radiometría y Fotometría. Campos electromagnéticos - ópticas de telecomunicación*, 33.
- Hella. (2018). *Luz diurna*, 3.
- herramientas, m. y. (1 de Junio de 2018). Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/tag/cinta-de-agrimensor>
- Instruments, N. (14 de Mayo de 2018). *Adquisición de Datos*.
- luminoso, D. (28 de 02 de 2010). *Curso de dirección de fotografía*. Obtenido de <http://www.pacorosso.net/notas/cursos/cepsevilla/dimensionamiento.pdf>
- Map, G. (20 de Mayo de 2018). *Ciudad de Cuenca*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Cuenca/@-2.892183,-79.0243996,13z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91cd18095fc7e881:0xafd08fd090de6ff7!8m2!3d-2.9001285!4d-79.0058965>

- Naylamp. (23 de Abril de 2018). *mechatronics*. Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/44_Tutorial-m%C3%B3dulo-sensor-de-luz-BH1750.html
- Nikon. (24 de Mayo de 2018). *Camaras profesionales Nikon*. Obtenido de <https://www.blogdelfotografo.com/las-mejores-camaras-nikon-reflex-digitales/>
- NTE1155. (Agosto de 2009). *INEN*. Obtenido de La luz de circulación diurna que lleva esta marca de homologación ha sido homologada en los Países Bajos (E4) con el: <http://181.112.149.204/buzon/normas/1155.pdf>
- R48, E. (24 de Octubre de 2016). Obtenido de Diario Oficial de la Unión Europea: <http://www.boe.es/doue/2016/265/L00125-00242.pdf>
- R87, E. (11 de Noviembre de 2009). *CEPE TRANS/WP.29/343*.
- RTTTSV. (25 de Junio de 2012). *REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL*. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Decreto-Ejecutivo-No.-1196-de-11-06-2012-REGLAMENTO-A-LA-LEY-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIA.pdf>
- Survey. (15 de Mayo de 2018). *Tamaño de la muestra segun la poblacion*. Obtenido de <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>
- Ventura, V. (26 de Abril de 2016). BH1750. Sensor de luz ambiental con bus I2C. Europa.
- Villarreal, D. (20 de Abril de 2018). *DiarioMotor*. Obtenido de <https://www.diariomotor.com/2015/01/21/faros-led/>

ANEXOS

Anexo 1 el valor de exposición Ev y los factores que lo determinan

| A _v | f / # | T _v | Shutter Speed (Seconds) | S _v | ISO Rating | Scene | | | Typical Exterior | Typical Interior | |
|----------------|-------|----------------|-------------------------|----------------|------------|----------------|--------------------|---------------------------|-------------------|------------------|---------|
| | | | | | | B _v | Brightness (Ft. L) | Illuminance (Lux) (Ft. C) | | | |
| 11 | 44 | 11 | 1 / 2000 | 11 | 6400 | 11 | 2000 | 120 K 11 K | Sunny Day | Well Lit Arena | |
| 10 | 32 | 10 | 1 / 1000 | 10 | 3200 | 10 | 1000 | 60 K 5600 | | | |
| 9 | 22 | 9 | 1 / 500 | 9 | 1600 | 9 | 512 | 30 K 2800 | | | |
| 8 | 16 | 8 | 1 / 250 | 8 | 800 | 8 | 256 | 15 K 1400 | Open Shade | | |
| 7 | 11 | 7 | 1 / 125 | 7 | 400 | 7 | 128 | 8 K 740 | | | |
| 6 | 8 | 6 | 1 / 60 | 6 | 200 | 6 | 64 | 4 K 360 | Overcast Day | | |
| 5 | 5.6 | 5 | 1 / 30 | 5 | 100 | 5 | 32 | 2 K 180 | | | |
| 4 | 4 | 4 | 1 / 16 | 4 | 50 | 4 | 16 | 1 K 90 | | | |
| 3 | 2.8 | 3 | 1 / 8 | 3 | 25 | 3 | 8 | 480 45 | Sunrise Sunset | | Daytime |
| 2 | 2 | 2 | 1 / 4 | 2 | 12 | 2 | 4 | 240 22 | | | |
| 1 | 1.4 | 1 | 1 / 2 | 1 | 6 | 1 | 2 | 120 11 | | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 60 5.6 | Twilight | Nighttime | |
| -1 | .7 | -1 | 2 | -1 | -- | -1 | .5 | 30 2.8 | | | |
| -2 | .5 | -2 | 4 | -2 | -- | -2 | .25 | 15 1.4 | | | |
| -3 | - | -3 | 8 | -3 | -- | -3 | .12 | 7 0.6 | | | |

Fuente: (Gonzales, 2016)

Anexo 2 Ajuste de exposición

| VE | Diafragma | Tiempo de obturación (en segundos) | Sensibilidad ASA. | Illuminación (en lux). (Entre paréntesis unos valores aproximados más prácticos). |
|----|-----------|------------------------------------|-------------------|---|
| 0 | 1 | 1 | 3 | 90 |
| 1 | 1'4 | ½ | 6 | 180 |
| 2 | 2 | ¼ | 12 | 360 |
| 3 | 2'8 | 1/8 | 25 | 640 |
| 4 | 4 | 1/15 | 50 | 1300 |
| 5 | 5'6 | 1/30 | 100 | 2500 |
| 6 | 8 | 1/60 | 200 | 5000 |
| 7 | 11 | 1/125 | 400 | 10000 |
| 8 | 16 | 1/250 | 800 | 20000 |
| 9 | 22 | 1/500 | 1600 | 40000 |
| 10 | 32 | 1/1000 | 3200 | 80000 |

Fuente: (luminoso, 2010)

Anexo 3 Siniestros según día y hora de ocurrencia a nivel nacional- enero 2018

| RANGO HORA | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO | DOMINGO | TOTAL |
|---------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|
| 00:00 A 00:59 | 9 | 5 | 7 | 9 | 5 | 10 | 8 | 53 |
| 01:00 A 01:59 | 2 | 8 | 4 | 4 | 4 | 6 | 24 | 52 |
| 02:00 A 02:59 | 11 | 1 | 3 | 3 | 5 | 18 | 22 | 63 |
| 03:00 A 03:59 | 9 | 2 | 4 | 3 | 4 | 16 | 7 | 45 |
| 04:00 A 04:59 | 8 | 4 | 3 | 6 | 6 | 13 | 8 | 48 |
| 05:00 A 05:59 | 21 | 6 | 7 | 11 | 7 | 15 | 18 | 85 |
| 06:00 A 06:59 | 20 | 9 | 14 | 18 | 8 | 12 | 15 | 96 |
| 07:00 A 07:59 | 24 | 17 | 16 | 21 | 11 | 8 | 15 | 112 |
| 08:00 A 08:59 | 18 | 18 | 15 | 15 | 8 | 11 | 10 | 95 |
| 09:00 A 09:59 | 14 | 16 | 15 | 10 | 10 | 18 | 12 | 95 |
| 10:00 A 10:59 | 18 | 15 | 12 | 4 | 12 | 21 | 6 | 88 |
| 11:00 A 11:59 | 11 | 17 | 11 | 8 | 7 | 7 | 15 | 76 |
| 12:00 A 12:59 | 15 | 10 | 21 | 8 | 9 | 7 | 11 | 81 |
| 13:00 A 13:59 | 23 | 17 | 17 | 18 | 14 | 6 | 12 | 107 |
| 14:00 A 14:59 | 25 | 14 | 17 | 11 | 11 | 21 | 7 | 106 |
| 15:00 A 15:59 | 12 | 14 | 22 | 8 | 15 | 15 | 11 | 97 |
| 16:00 A 16:59 | 22 | 12 | 8 | 16 | 18 | 13 | 14 | 103 |
| 17:00 A 17:59 | 19 | 18 | 21 | 14 | 16 | 14 | 14 | 116 |
| 18:00 A 18:59 | 5 | 18 | 16 | 13 | 14 | 16 | 18 | 100 |
| 19:00 A 19:59 | 16 | 9 | 17 | 13 | 11 | 12 | 20 | 98 |
| 20:00 A 20:59 | 10 | 16 | 16 | 7 | 19 | 21 | 12 | 101 |
| 21:00 A 21:59 | 17 | 14 | 9 | 10 | 18 | 19 | 13 | 100 |
| 22:00 A 22:59 | 9 | 7 | 10 | 9 | 10 | 15 | 11 | 71 |
| 23:00 A 23:59 | 6 | 9 | 10 | 15 | 13 | 12 | 7 | 72 |
| | 344 | 276 | 295 | 254 | 255 | 326 | 310 | 2.060 |

Fuente: DNCTSV, CTE, EMOV - Cuenca, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, Municipio de Ambato, Autoridad de Tránsito Municipal de Guayaquil, Movidelnor y Agencia Metropolitana de Tránsito de Quito. DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS Elaboración: ANT, DEP; Quito, 14/01/2018

El resultado de los anexos 4,5 y 6, indica el tipo de carretera y la distancia que se encuentra cada vehículo con el valor de luminancia correspondiente, esta dice que un vehículo de cualquier color sea negro, blanco o gris, estando a en horas diurnas con las luces encendidas, situado a una distancia entre 20 a 240 metros, tiene la misma intensidad luminosa con su entorno que otro vehículo de color negro, blanco o gris, en horas diurnas. (Andrés Aparicio Salazar, 2007).

Anexo 4 Periodo en la mañana.

| Tipo de carretera | Distancia [m] | Luminancias | | | | | Relación vehículo / entorno | | | | | | | | |
|-------------------|---------------|--|---|--|--|---|--|------------------------|----------------------|--|------------------------|----------------------|--|------------------------|----------------------|
| | | Entorno | | | | | Coche negro | | Coche gris | | Coche blanco | | | | |
| | | Luminancia luces del vehículo [Cd/m ²] | Luminancia del asfalto [Cd/m ²] | Luminancia de la vegetación [Cd/m ²] | Luminancia del zócalo del cielo [Cd/m ²] | Luminancia del horizonte del cielo [Cd/m ²] | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas |
| Carretera abierta | 240 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000028 | 0,000002 | 500 | 0,000038 | 0,000008 | 1000 | 0,000038 | 0,000017 |
| | 220 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000029 | 0,000002 | 500 | 0,000036 | 0,000010 | 1000 | 0,000045 | 0,000020 |
| | 200 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000033 | 0,000003 | 500 | 0,000040 | 0,000011 | 1000 | 0,000050 | 0,000022 |
| | 180 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000040 | 0,000003 | 500 | 0,000049 | 0,000014 | 1000 | 0,000062 | 0,000027 |
| | 160 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000052 | 0,000004 | 500 | 0,000064 | 0,000018 | 1000 | 0,000081 | 0,000036 |
| | 140 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000069 | 0,000006 | 500 | 0,000085 | 0,000024 | 1000 | 0,000106 | 0,000047 |
| | 120 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000094 | 0,000008 | 500 | 0,000116 | 0,000032 | 1000 | 0,000145 | 0,000064 |
| | 100 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000130 | 0,000011 | 500 | 0,000160 | 0,000044 | 1000 | 0,000200 | 0,000089 |
| | 80 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000204 | 0,000017 | 500 | 0,000251 | 0,000070 | 1000 | 0,000314 | 0,000140 |
| | 60 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000381 | 0,000032 | 500 | 0,000469 | 0,000130 | 1000 | 0,000586 | 0,000261 |
| 40 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,000833 | 0,000071 | 500 | 0,001825 | 0,000285 | 1000 | 0,001282 | 0,000570 | |
| 20 | 13500 | 3300 | 3500 | 780 | 2870 | 125 | 0,002549 | 0,000218 | 500 | 0,003138 | 0,000872 | 1000 | 0,003922 | 0,001743 | |
| Carretera mixta | 240 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000029 | 0,000002 | 500 | 0,000039 | 0,000010 | 1000 | 0,000044 | 0,000020 |
| | 220 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000034 | 0,000003 | 500 | 0,000042 | 0,000012 | 1000 | 0,000052 | 0,000023 |
| | 200 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000038 | 0,000003 | 500 | 0,000046 | 0,000013 | 1000 | 0,000058 | 0,000026 |
| | 180 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000048 | 0,000004 | 500 | 0,000059 | 0,000017 | 1000 | 0,000074 | 0,000033 |
| | 160 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000063 | 0,000005 | 500 | 0,000078 | 0,000022 | 1000 | 0,000097 | 0,000043 |
| | 140 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000076 | 0,000007 | 500 | 0,000094 | 0,000026 | 1000 | 0,000118 | 0,000052 |
| | 120 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000111 | 0,000009 | 500 | 0,000137 | 0,000038 | 1000 | 0,000171 | 0,000076 |
| | 100 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000145 | 0,000012 | 500 | 0,000179 | 0,000050 | 1000 | 0,000223 | 0,000099 |
| | 80 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000223 | 0,000018 | 500 | 0,000275 | 0,000076 | 1000 | 0,000343 | 0,000153 |
| | 60 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000387 | 0,000032 | 500 | 0,000476 | 0,000132 | 1000 | 0,000595 | 0,000264 |
| 40 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,000853 | 0,000073 | 500 | 0,001850 | 0,000292 | 1000 | 0,001313 | 0,000584 | |
| 20 | 13500 | 2100 | 600 | 950 | 5150 | 125 | 0,003261 | 0,000279 | 500 | 0,004813 | 0,001115 | 1000 | 0,005816 | 0,002229 | |
| Carretera cerrada | 240 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,000119 | 0,000015 | 500 | 0,000213 | 0,000060 | 1000 | 0,000268 | 0,000119 |
| | 220 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,000212 | 0,000018 | 500 | 0,000261 | 0,000072 | 1000 | 0,000326 | 0,000145 |
| | 200 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,000249 | 0,000021 | 500 | 0,000306 | 0,000085 | 1000 | 0,000383 | 0,000170 |
| | 180 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,000324 | 0,000028 | 500 | 0,000399 | 0,000111 | 1000 | 0,000499 | 0,000222 |
| | 160 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,000389 | 0,000033 | 500 | 0,000479 | 0,000133 | 1000 | 0,000599 | 0,000269 |
| | 140 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,000475 | 0,000041 | 500 | 0,000584 | 0,000162 | 1000 | 0,000731 | 0,000325 |
| | 120 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,000594 | 0,000051 | 500 | 0,000731 | 0,000203 | 1000 | 0,000913 | 0,000406 |
| | 100 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,000890 | 0,000076 | 500 | 0,001096 | 0,000304 | 1000 | 0,001370 | 0,000609 |
| | 80 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,001396 | 0,000118 | 500 | 0,001719 | 0,000477 | 1000 | 0,002148 | 0,000955 |
| | 60 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,002509 | 0,000218 | 500 | 0,003088 | 0,000858 | 1000 | 0,003860 | 0,001718 |
| 40 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,005512 | 0,000471 | 500 | 0,006784 | 0,001884 | 1000 | 0,008480 | 0,003769 | |
| 20 | 13500 | 1160 | 25 | 780 | 2870 | 125 | 0,016627 | 0,001421 | 500 | 0,020464 | 0,005684 | 1000 | 0,025580 | 0,011369 | |

Fuente: (Andrés Aparicio Salazar, 2007)

Anexo 5 Periodo al medio día.

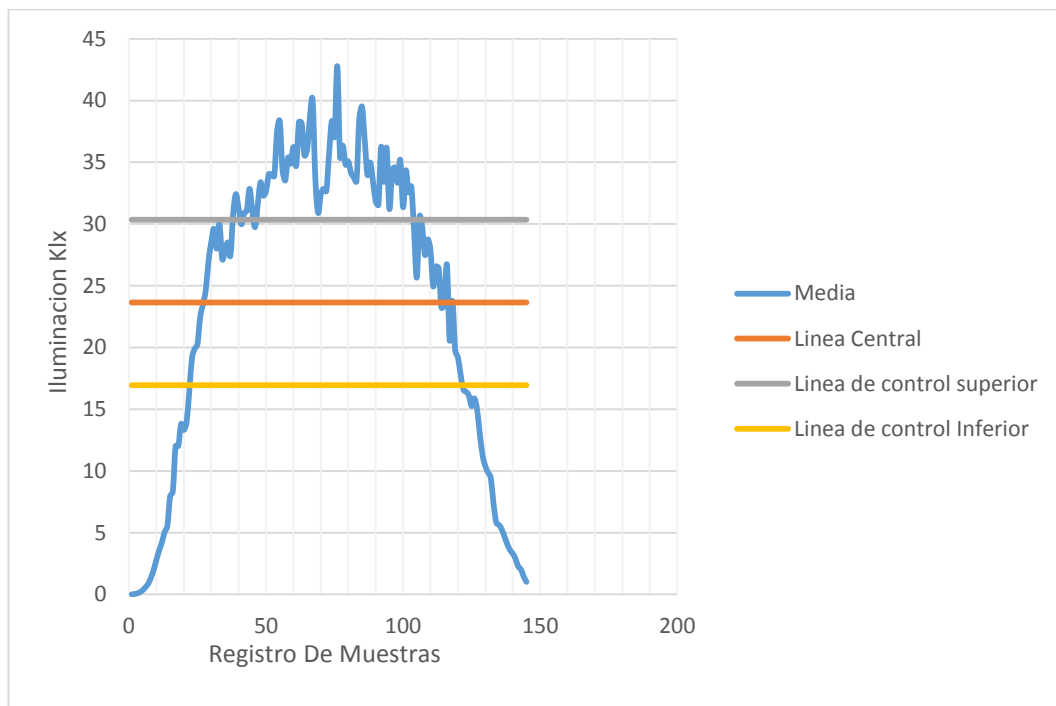
| Tipo de carretera | Distancia [m] | Luminancias | | | | | Relación vehículo / entorno | | | | | | | | |
|-------------------|---------------|--|---|--|--|---|--|------------------------|----------------------|--|------------------------|----------------------|--|------------------------|----------------------|
| | | Entorno | | | | | Coche negro | | Coche gris | | Coche blanco | | | | |
| | | Luminancia luces del vehículo [Cd/m ²] | Luminancia del asfalto [Cd/m ²] | Luminancia de la vegetación [Cd/m ²] | Luminancia del zócalo del cielo [Cd/m ²] | Luminancia del horizonte del cielo [Cd/m ²] | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas |
| Carretera abierta | 240 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000022 | 0,000008 | 4100 | 0,000090 | 0,000051 | 7000 | 0,000094 | 0,000044 |
| | 220 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000027 | 0,000008 | 4100 | 0,000074 | 0,000060 | 7000 | 0,000113 | 0,000053 |
| | 200 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000030 | 0,000009 | 4100 | 0,000083 | 0,000068 | 7000 | 0,000126 | 0,000055 |
| | 180 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000037 | 0,000011 | 4100 | 0,000102 | 0,000083 | 7000 | 0,000155 | 0,000063 |
| | 160 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000048 | 0,000014 | 4100 | 0,000133 | 0,000108 | 7000 | 0,000202 | 0,000085 |
| | 140 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000063 | 0,000018 | 4100 | 0,000176 | 0,000143 | 7000 | 0,000267 | 0,000124 |
| | 120 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000086 | 0,000023 | 4100 | 0,000239 | 0,000195 | 7000 | 0,000363 | 0,000172 |
| | 100 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000119 | 0,000034 | 4100 | 0,000330 | 0,000269 | 7000 | 0,000502 | 0,000250 |
| | 80 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000188 | 0,000054 | 4100 | 0,000521 | 0,000424 | 7000 | 0,000799 | 0,000429 |
| | 60 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000350 | 0,000100 | 4100 | 0,000971 | 0,000790 | 7000 | 0,001474 | 0,001349 |
| 40 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,000766 | 0,000219 | 4100 | 0,002123 | 0,001727 | 7000 | 0,003222 | 0,002949 | |
| 20 | 13500 | 4050 | 2500 | 1000 | 6500 | 520 | 0,002344 | 0,000670 | 4100 | 0,004997 | 0,002995 | 7000 | 0,009861 | 0,009024 | |
| Carretera mixta | 240 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000020 | 0,000007 | 4100 | 0,000089 | 0,000058 | 7000 | 0,000100 | 0,000049 |
| | 220 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000030 | 0,000009 | 4100 | 0,000084 | 0,000060 | 7000 | 0,000128 | 0,000051 |
| | 200 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000034 | 0,000010 | 4100 | 0,000094 | 0,000077 | 7000 | 0,000143 | 0,000053 |
| | 180 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000043 | 0,000012 | 4100 | 0,000120 | 0,000099 | 7000 | 0,000183 | 0,000067 |
| | 160 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000057 | 0,000016 | 4100 | 0,000157 | 0,000128 | 7000 | 0,000239 | 0,000085 |
| | 140 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000069 | 0,000020 | 4100 | 0,000191 | 0,000155 | 7000 | 0,000290 | 0,000106 |
| | 120 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000100 | 0,000028 | 4100 | 0,000277 | 0,000226 | 7000 | 0,000421 | 0,000158 |
| | 100 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000131 | 0,000037 | 4100 | 0,000362 | 0,000295 | 7000 | 0,000550 | 0,000213 |
| | 80 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000201 | 0,000057 | 4100 | 0,000557 | 0,000453 | 7000 | 0,000845 | 0,000307 |
| | 60 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000340 | 0,000099 | 4100 | 0,000964 | 0,000785 | 7000 | 0,001464 | 0,001339 |
| 40 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,000768 | 0,000220 | 4100 | 0,002129 | 0,001732 | 7000 | 0,003231 | 0,002957 | |
| 20 | 13500 | 3600 | 2000 | 1028 | 5500 | 520 | 0,002934 | 0,000839 | 4100 | 0,008134 | 0,006617 | 7000 | 0,012346 | 0,011297 | |
| Carretera cerrada | 240 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000023 | 0,000015 | 4100 | 0,000141 | 0,000115 | 7000 | 0,000214 | 0,000154 |
| | 220 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000032 | 0,000018 | 4100 | 0,000171 | 0,000138 | 7000 | 0,000250 | 0,000182 |
| | 200 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000072 | 0,000021 | 4100 | 0,000201 | 0,000163 | 7000 | 0,000305 | 0,000219 |
| | 180 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000095 | 0,000027 | 4100 | 0,000262 | 0,000213 | 7000 | 0,000390 | 0,000284 |
| | 160 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000113 | 0,000032 | 4100 | 0,000315 | 0,000256 | 7000 | 0,000477 | 0,000343 |
| | 140 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000138 | 0,000040 | 4100 | 0,000384 | 0,000312 | 7000 | 0,000582 | 0,000437 |
| | 120 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000173 | 0,000053 | 4100 | 0,000480 | 0,000390 | 7000 | 0,000728 | 0,000564 |
| | 100 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000259 | 0,000074 | 4100 | 0,000719 | 0,000585 | 7000 | 0,001092 | 0,000990 |
| | 80 | 13500 | 1600 | 1500 | 980 | 6300 | 520 | 0,000407 | 0,000114 | 4100 | 0,001128 | 0,000918 | 7000 | 0,001712 | 0,001567 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 6 Periodo por la tarde.

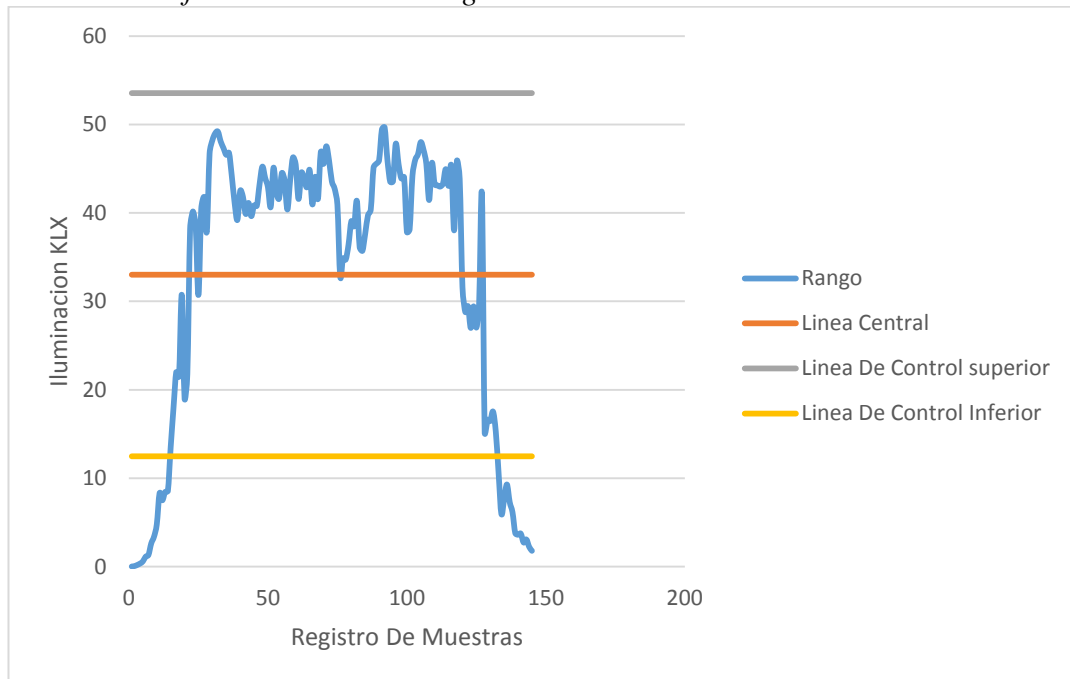
| Tipo de carretera | Distancia [m] | Luminancias | | | | | | Relación vehículo / entorno | | | | | | | |
|-------------------|---------------|--|---|--|---|---|--|-----------------------------|----------------------|--|------------------------|----------------------|--|------------------------|----------------------|
| | | Entorno | | | | | | Coche negro | | Coche gris | | Coche blanco | | | |
| | | Luminancia luces del vehículo [Cd/m ²] | Luminancia del asfalto [Cd/m ²] | Luminancia de la vegetación [Cd/m ²] | Luminancia del zóvit del cielo [Cd/m ²] | Luminancia del horizonte del cielo [Cd/m ²] | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas | Luminancia del vehículo [Cd/m ²] | Coef. luces encendidas | Coef. luces apagadas |
| Carretera abierta | 240 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,000802 | 0,000113 | 300 | 0,000714 | 0,000132 | 270 | 0,000702 | 0,000119 |
| | 220 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,000723 | 0,000016 | 300 | 0,000851 | 0,000158 | 270 | 0,000837 | 0,000142 |
| | 200 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,000809 | 0,000018 | 300 | 0,000952 | 0,000176 | 270 | 0,000936 | 0,000159 |
| | 180 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,000995 | 0,000022 | 300 | 0,001170 | 0,000217 | 270 | 0,001151 | 0,000195 |
| | 160 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,001299 | 0,000028 | 300 | 0,001529 | 0,000283 | 270 | 0,001503 | 0,000255 |
| | 140 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,001714 | 0,000037 | 300 | 0,002016 | 0,000373 | 270 | 0,001982 | 0,000336 |
| | 120 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,002332 | 0,000051 | 300 | 0,002744 | 0,000508 | 270 | 0,002698 | 0,000457 |
| | 100 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,003220 | 0,000070 | 300 | 0,003788 | 0,000702 | 270 | 0,003725 | 0,000631 |
| | 80 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,005874 | 0,000111 | 300 | 0,005969 | 0,001105 | 270 | 0,005870 | 0,000985 |
| | 60 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,009463 | 0,000204 | 300 | 0,011132 | 0,002062 | 270 | 0,010947 | 0,001855 |
| 40 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,020686 | 0,000453 | 300 | 0,024337 | 0,004507 | 270 | 0,023931 | 0,004056 | |
| 20 | 13500 | 41 | 21 | 110 | 330 | 30 | 0,063306 | 0,001376 | 300 | 0,074478 | 0,013792 | 270 | 0,073236 | 0,012413 | |
| Carretera mixta | 240 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000043 | 0,000001 | 300 | 0,000048 | 0,000000 | 270 | 0,000047 | 0,000008 |
| | 220 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000048 | 0,000001 | 300 | 0,000057 | 0,000011 | 270 | 0,000056 | 0,000009 |
| | 200 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000054 | 0,000001 | 300 | 0,000063 | 0,000012 | 270 | 0,000062 | 0,000011 |
| | 180 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000068 | 0,000002 | 300 | 0,000081 | 0,000015 | 270 | 0,000080 | 0,000014 |
| | 160 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000090 | 0,000002 | 300 | 0,000106 | 0,000020 | 270 | 0,000104 | 0,000018 |
| | 140 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000109 | 0,000002 | 300 | 0,000128 | 0,000024 | 270 | 0,000126 | 0,000021 |
| | 120 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000159 | 0,000003 | 300 | 0,000187 | 0,000035 | 270 | 0,000183 | 0,000031 |
| | 100 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000207 | 0,000005 | 300 | 0,000244 | 0,000048 | 270 | 0,000240 | 0,000044 |
| | 80 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000318 | 0,000007 | 300 | 0,000375 | 0,000069 | 270 | 0,000368 | 0,000062 |
| | 60 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,000552 | 0,000012 | 300 | 0,000649 | 0,000120 | 270 | 0,000638 | 0,000108 |
| 40 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,001218 | 0,000027 | 300 | 0,001433 | 0,000265 | 270 | 0,001409 | 0,000229 | |
| 20 | 13500 | 143 | 63 | 460 | 4600 | 30 | 0,004653 | 0,000101 | 300 | 0,005475 | 0,001014 | 270 | 0,005383 | 0,000912 | |
| Carretera cerrada | 240 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,004805 | 0,000087 | 300 | 0,004719 | 0,000073 | 270 | 0,004833 | 0,0000785 |
| | 220 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,004864 | 0,000106 | 300 | 0,005723 | 0,001060 | 270 | 0,005627 | 0,000954 |
| | 200 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,005707 | 0,000124 | 300 | 0,006714 | 0,001243 | 270 | 0,006603 | 0,001119 |
| | 180 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,007442 | 0,000162 | 300 | 0,008756 | 0,001621 | 270 | 0,008610 | 0,001459 |
| | 160 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,008934 | 0,000195 | 300 | 0,010510 | 0,001948 | 270 | 0,010335 | 0,001752 |
| | 140 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,010896 | 0,000237 | 300 | 0,012819 | 0,002374 | 270 | 0,012685 | 0,002136 |
| | 120 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,013620 | 0,000297 | 300 | 0,016023 | 0,002967 | 270 | 0,015756 | 0,002671 |
| | 100 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,020430 | 0,000445 | 300 | 0,024035 | 0,004433 | 270 | 0,023634 | 0,004008 |
| | 80 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,032039 | 0,000698 | 300 | 0,037693 | 0,006990 | 270 | 0,037065 | 0,006288 |
| | 60 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,057578 | 0,001254 | 300 | 0,067736 | 0,012544 | 270 | 0,066687 | 0,011289 |
| 40 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,126469 | 0,002735 | 300 | 0,148787 | 0,027553 | 270 | 0,146387 | 0,024798 | |
| 20 | 13500 | 18 | 8 | 110 | 330 | 30 | 0,381515 | 0,008112 | 300 | 0,448841 | 0,083110 | 270 | 0,441361 | 0,074867 | |

Fuente: (Andrés Aparicio Salazar, 2007)

Anexo 7 Graficas De Control De Medias



Anexo 8 Grafica de control de rangos



Anexo 9 Fotómetro y sensor BH-1750



Código en R. Studio para el análisis estadístico.

```
# lee datos del excel
datos<- read.csv("E:\\datos1.csv",header=TRUE,sep=";")
# Lista de paquetes de funciones a instalar
.packages = c("ggplot2")
```



```

# Lista de paquetes de funciones a instalar
.packages = c("ggplot2")

# LONGITUD DEL VECTOR
length(datos[[2]])

# DIA # 1

# media aritmetica
mediaAr1<-mean(datos[[2]])
print(mediaAr1)

# desviacion estandar
desviacionEs1=sd(datos[[2]])
print(desviacionEs1)

# varianza
varianza1=var(datos[[2]])
print(varianza1)

# rango
rango1=range(datos[[2]])
print(rango1)

# media geometrica

mediageo1=exp(mean(log(datos[[2]])))

# DIA # 2
# LONGITUD DEL VECTOR
length(datos[[3]])

# media aritmetica
mediaAr2<-mean(datos[[3]])
print(mediaAr2)

# desviacion estandar
desviacionEs2=sd(datos[[3]])
print(desviacionEs2)

# ( varianza ")
varianza2=var(datos[[3]])
print(varianza2)

# ("Calculamos el rango ")
rango2=range(datos[[3]])
print(rango2)

print("Calculamos la media geometrica ")

mediageo2=exp(mean(log(datos[[3]])))

# DIA # 3

print("Calculamos la media ")
mediaAr3<-mean(datos[[4]])
print(mediaAr3)

print("Calculamos la desviacion estandar ")

```

```

desviacionEs3=sd(datos[[4]])
print(desviacionEs3)

print("Calculamos la varianza ")
varianza3=var(datos[[4]])
print(varianza3)

print("Calculamos el rango ")
rango3=range(datos[[4]])
print(rango3)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo3<-mean(log(datos[[4]]))
exp(mean(log(datos[[4]])))

#   DIA # 4

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr4<-mean(datos[[5]])
print(mediaAr4)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs4=sd(datos[[5]])
print(desviacionEs4)

print("Calculamos la varianza ")
varianza4=var(datos[[5]])
print(varianza4)

print("Calculamos el rango ")
rango4=range(datos[[5]])
print(rango4)

print("Calculamos la media geometrica ")

mediageo4=exp(mean(log(datos[[5]])))

#   DIA # 5

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr5<-mean(datos[[6]])
print(mediaAr5)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs5=sd(datos[[6]])
print(desviacionEs5)

print("Calculamos la varianza ")
varianza5=var(datos[[6]])
print(varianza5)

print("Calculamos el rango d ")
rango5=range(datos[[6]])
print(rango5)

print("Calculamos la media geometrica ")

mediageo5=exp(mean(log(datos[[6]])))

```

```

# DIA # 6

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr6<-mean(datos[[7]])
print(mediaAr6)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs6=sd(datos[[7]])
print(desviacionEs6)

print("Calculamos la varianza ")
varianza6=var(datos[[7]])
print(varianza6)

print("Calculamos el rango ")
rango6=range(datos[[7]])
print(rango6)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo6=exp(mean(log(datos[[7]])))

```

```

# DIA # 7

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr7<-mean(datos[[8]])
print(mediaAr7)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs7=sd(datos[[8]])
print(desviacionEs7)

print("Calculamos la varianza ")
varianza7=var(datos[[8]])
print(varianza7)

print("Calculamos el rango ")
rango7=range(datos[[8]])
print(rango7)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo7=exp(mean(log(datos[[8]])))

```

```

# DIA # 8

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr8<-mean(datos[[9]])
print(mediaAr8)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs8=sd(datos[[9]])
print(desviacionEs8)

print("Calculamos la varianza ")
varianza8=var(datos[[9]])
print(varianza8)

print("Calculamos el rango ")
rango8=range(datos[[9]])
print(rango8)

```

```
print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo8=exp(mean(log(datos[[9]])))
```

```
# DIA # 9
```

```
print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr9<-mean(datos[[10]])
print(mediaAr9)
```

```
print("Calculamos la desviacion ")
desviacionEs9=sd(datos[[10]])
print(desviacionEs9)
```

```
print("Calculamos la varianza ")
varianza9=var(datos[[10]])
print(varianza9)
```

```
print("Calculamos el rango ")
rango9=range(datos[[10]])
print(rango9)
```

```
print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo9=exp(mean(log(datos[[10]])))
```

```
# DIA # 10
```

```
print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr10<-mean(datos[[11]])
print(mediaAr10)
```

```
print("Calculamos la desviacion ")
desviacionEs10=sd(datos[[11]])
print(desviacionEs10)
```

```
print("Calculamos la varianza ")
varianza10=var(datos[[11]])
print(varianza10)
```

```
print("Calculamos el rango ")
rango10=range(datos[[11]])
print(rango10)
```

```
print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo10=exp(mean(log(datos[[11]])))
```

```
# DIA # 11
```

```
print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr11<-mean(datos[[12]])
print(mediaAr11)
```

```
print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs11=sd(datos[[12]])
print(desviacionEs11)
```

```
print("Calculamos la varianza ")
varianza11=var(datos[[12]])
```

```

print(varianza11)

print("Calculamos el rango ")
rango11=range(datos[[12]])
print(rango11)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo11=exp(mean(log(datos[[12]])))

# DIA # 12

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr12<-mean(datos[[13]])
print(mediaAr12)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs12=sd(datos[[13]])
print(desviacionEs12)

print("Calculamos la varianza ")
varianza12=var(datos[[13]])
print(varianza12)

print("Calculamos el rango ")
rango12=range(datos[[13]])
print(rango12)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo12=exp(mean(log(datos[[13]])))

# DIA # 13

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr13<-mean(datos[[14]])
print(mediaAr13)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs13=sd(datos[[14]])
print(desviacionEs13)

print("Calculamos la varianza ")
varianza13=var(datos[[14]])
print(varianza13)

print("Calculamos el rango ")
rango13=range(datos[[14]])
print(rango13)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo13=exp(mean(log(datos[[14]])))

# DIA # 14

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr14<-mean(datos[[15]])
print(mediaAr14)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs14=sd(datos[[15]])
print(desviacionEs14)

```

```

print("Calculamos la varianza ")
varianza14=var(datos[[15]])
print(varianza14)

print("Calculamos el rango ")
rango14=range(datos[[15]])
print(rango14)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo14=exp(mean(log(datos[[15]])))

#   DIA # 15

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr15<-mean(datos[[16]])
print(mediaAr15)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs15=sd(datos[[16]])
print(desviacionEs15)

print("Calculamos la varianza ")
varianza15=var(datos[[16]])
print(varianza15)

print("Calculamos el rango ")
rango15=range(datos[[16]])
print(rango15)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo15=exp(mean(log(datos[[16]])))

#   DIA # 16

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr16<-mean(datos[[17]])
print(mediaAr16)

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs16=sd(datos[[17]])
print(desviacionEs16)

print("Calculamos la varianza ")
varianza16=var(datos[[17]])
print(varianza16)

print("Calculamos el rango ")
rango16=range(datos[[17]])
print(rango16)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo16=exp(mean(log(datos[[17]])))

#   DIA # 17

print("Calculamos la media aritmetica ")
mediaAr17<-mean(datos[[18]])
print(mediaAr17)

```

```

print("Calculamos la desviacion estandar ")
desviacionEs17=sd(datos[[18]])
print(desviacionEs17)

print("Calculamos la varianza ")
varianza17=var(datos[[18]])
print(varianza17)

print("Calculamos el rango ")
rango17=range(datos[[18]])
print(rango17)

print("Calculamos la media geometrica ")
mediageo17=exp(mean(log(datos[[18]])))

#          GRAFICAS

# GRAFICA DE BARRAS DE LA MEDIA ARITMETICA

heights1=c(mediaAr1,mediaAr2,mediaAr3,mediaAr4,mediaAr5,mediaAr6,mediaAr7,mediaAr8,mediaAr9,mediaAr10,mediaAr11,mediaAr12,mediaAr13,mediaAr14,mediaAr15,mediaAr16,mediaAr17)

opar <- par(lwd = 0.9)
barplot(heights1,xlim=c(0,3.2), ylim=c(0,38000), width=0.1,
        main="MEDIA ARITMETICA DE LOS DIAS DE LUX",
        names.arg=c("DIA 1", "DIA 2", "DIA3","DIA4", "DIA5",
                    "DIA6",          "DIA7",          "DIA8",          "DIA9",
                    "DIA10","DIA11","DIA12","DIA13","DIA14","DIA15","DIA16","DIA17"), ylab="LUX ",
        xlab="DIAS DE MUESTRAS", col=c("darkblue","red"),
        cex.names=0.7,space=c(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1))
grid(nx = 10, ny = 10, col = "black", equilog = TRUE)

#legend("topright",          legend          =
c(mediaAr1,mediaAr2,mediaAr3,mediaAr4,mediaAr5,mediaAr6,mediaAr7,mediaAr8,mediaAr9,mediaAr10,mediaAr11), fill = c("darkblue", "red"))

# GRAFICA DE BARRAS DE LA MEDIA GEOMETRICA

heights2=c(mediageo1,mediageo2,mediageo3,mediageo4,mediageo5,mediageo6,mediageo7,mediageo8,mediageo9,mediageo10,mediageo11,mediageo12,mediageo13,mediageo14,mediageo15,mediageo16,mediageo17)

opar <- par(lwd = 0.9)

barplot(heights2,xlim=c(0,3.2), ylim=c(0,25000), width=0.1,
        main="MEDIA GEOMETRICA",
        names.arg=c("DIA 1", "DIA 2", "DIA3","DIA4", "DIA5",
                    "DIA6",          "DIA7",          "DIA8",          "DIA9",
                    "DIA10","DIA11","DIA12","DIA13","DIA14","DIA15","DIA16","DIA17"), ylab="lux ",
        xlab="Días De Muestras", col=c("gray","maroon"),
        cex.names=0.7,space=c(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1))
grid(nx = 10, ny = 10, col = "black", equilog = TRUE)

# GRAFICA DE BARRAS DE LA VARIANZA
heights3=c(varianza1,varianza2,varianza3,varianza4,varianza5,varianza6,varianza7,varianza8,varianza9,varianza10,varianza11,varianza12,varianza13,varianza14,varianza15,varianza16,varianza17)

```

```

opar <- par(lwd = 0.9)

barplot(heights3,xlim=c(0,3.2), ylim=c(0,500000000), width=0.1,
        main="VARIANZA",
        names.arg=c("DIA 1", "DIA 2", "DIA3","DIA4", "DIA5",
                    "DIA6", "DIA7", "DIA8", "DIA9",
                    "DIA10","DIA11","DIA12","DIA13","DIA14","DIA15","DIA16","DIA17"), ylab=" LUX ",
        xlab=" Días De Muestras ", col=c("burlywood4","brown3"),
        cex.names=0.7,space=c(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1))
grid(nx = 10, ny = 10, col = "black", equilog = TRUE)

# GRAFICA DE BARRAS DE LA DESVIACION ESTANDAR

heights4=c(desviacionEs1,desviacionEs2,desviacionEs3,desviacionEs4,desviacionEs5,desviacionEs6,
desviacionEs7,desviacionEs8,desviacionEs9,desviacionEs10,desviacionEs11,desviacionEs12,desviacionEs13,desviacionEs14,desviacionEs15,desviacionEs16,desviacionEs17)

opar <- par(lwd = 0.9)

barplot(heights4,xlim=c(0,3.2), ylim=c(0,22000), width=0.1,
        main=" DESVIACIÓN ESTÁNDAR ",
        names.arg=c("DIA 1", "DIA 2", "DIA3","DIA4", "DIA5",
                    "DIA6", "DIA7", "DIA8", "DIA9",
                    "DIA10","DIA11","DIA12","DIA13","DIA14","DIA15","DIA16","DIA17"), ylab=" LUX ",
        xlab=" Días De Muestras ", col=c("burlywood4","brown3"),
        cex.names=0.7,space=c(1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1))
grid(nx = 10, ny = 10, col = "black", equilog = TRUE)

# GRAFICA DE BARRAS DEL RANGO

gra<-
c(rango1,rango2,rango3,rango4,rango5,rango6,rango7,rango8,rango9,rango10,rango11,rango12,rango13,rango14,rango15)
barplot(gra,main=" RANGO",xlab=("DIA1 DIA2 DIA3 DIA4 DIA5 DIA6 DIA7 DIA8 DIA9
DIA10 DIA11 DIA12 DIA13 DIA14 DIA15"),ylab = "PORCENTAJE",space = F,col =
rainbow(12))
grid(nx = 25, ny = 25, col = "black", equilog = TRUE)

# GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 1
# sacar distribucion normal
dn1 <- dnorm(datos[[2]], mean = mediaAr1, sd = desviacionEs1, log = F)
barplot(dn1,main=" Histograma dia 1 ",xlab="lux de dia 1",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
grid(nx = 25, ny = 25, col = "black", equilog = TRUE)
plot(datos[[2]],dn1,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 1",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr1,desviacionEs1),ylim=c(0,1),xlim=c(rango1),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilog = TRUE)

# GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 2
#
# sacar distribucion normal
dn2 <- dnorm(datos[[3]], mean = mediaAr2, sd = desviacionEs2, log = F)
barplot(dn2,main=" Histograma dia 2 ",xlab="lux de dia 2",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))

```



```

plot(datos[[3]],dn2,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 2",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr2,desviacionEs2),ylim=c(0,1),xlim=c(rango2),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

# GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 3
#
# sacar distribucion normal
dn3 <- dnorm(datos[[4]], mean = mediaAr3, sd = desviacionEs3, log = F)
barplot(dn3,main=" Histograma dia 3 ",xlab="lux de dia 3",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[4]],dn3,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 3",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr3,desviacionEs3),ylim=c(0,1),xlim=c(rango3),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

# GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 4
#
# sacar distribucion normal
dn4 <- dnorm(datos[[5]], mean = mediaAr4, sd = desviacionEs4, log = F)
barplot(dn4,main=" Histograma dia 4 ",xlab="lux de dia 4",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[5]],dn4,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 4",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr4,desviacionEs4),ylim=c(0,1),xlim=c(rango4),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

# GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 5
#
# sacar distribucion normal
dn5 <- dnorm(datos[[6]], mean = mediaAr5, sd = desviacionEs5, log = F)
barplot(dn5,main=" Histograma dia 5 ",xlab="lux de dia 5",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[6]],dn5,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 5",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr5,desviacionEs5),ylim=c(0,1),xlim=c(rango5),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

# GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 6
#
# sacar distribucion normal
dn6 <- dnorm(datos[[7]], mean = mediaAr6, sd = desviacionEs6, log = F)
barplot(dn6,main=" Histograma dia 6 ",xlab="lux de dia 6",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[7]],dn6,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 6",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr6,desviacionEs6),ylim=c(0,1),xlim=c(rango6),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

# GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 7
#
# sacar distribucion normal
dn7 <- dnorm(datos[[8]], mean = mediaAr7, sd = desviacionEs7, log = F)
barplot(dn7,main=" Histograma dia 7 ",xlab="lux de dia 7",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[8]],dn7,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 7",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr7,desviacionEs7),ylim=c(0,0),xlim=c(rango7),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

```

```

#  GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 8
#
#  sacar distribucion normal
dn8 <- dnorm(datos[[9]], mean = mediaAr8, sd = desviacionEs8, log = F)
barplot(dn8,main=" Histograma Dia 8 ",xlab="lux de dia 8",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[9]],dn8,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 8",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr8,desviacionEs8),ylim=c(0,1),xlim=c(rango8),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

#  GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 9
#
#  sacar distribucion normal
dn9 <- dnorm(datos[[10]], mean = mediaAr9, sd = desviacionEs9, log = F)
barplot(dn9,main=" Histograma Dia 9 ",xlab="lux de dia 9",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[10]],dn9,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 9",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr9,desviacionEs9),ylim=c(0,1),xlim=c(rango9),col="blue",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

#  GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 10
#
#  sacar distribucion normal
dn10 <- dnorm(datos[[11]], mean = mediaAr10, sd = desviacionEs10, log = F)
barplot(dn10,main=" Histograma Dia 10 ",xlab="lux de dia 10",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[11]],dn10,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 10",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr10,desviacionEs10),ylim=c(0,1),xlim=c(rango10),col="blue",lwd=3,add=TR
UE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

#  GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 11
#
#  sacar distribucion normal
dn11 <- dnorm(datos[[12]], mean = mediaAr11, sd = desviacionEs11, log = F)
barplot(dn11,main=" Histograma Dia 11 ",xlab="lux de dia 11",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[12]],dn11,main=" campana de gauss ",xlab="lux de dia 11",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr11,desviacionEs11),ylim=c(0,1),xlim=c(rango11),col="blue",lwd=3,add=TR
UE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

#  GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 12
#
#  sacar distribucion normal
dn12 <- dnorm(datos[[13]], mean = mediaAr12, sd = desviacionEs12, log = F)
barplot(dn12,main=" Histograma Dia 12 ",xlab="lux de dia 12",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[13]],dn12,main=" CAMPANA DE GAUSS DIA 12",xlab="lux de dia 12",ylab =
"densidad de probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr12,desviacionEs12),ylim=c(0,1),xlim=c(rango12),col="blue",lwd=3,add=TR
UE)

```

```

grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

#   GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 13
#
#   sacar distribucion normal
dn13 <- dnorm(datos[[14]], mean = mediaAr13, sd = desviacionEs13, log = F)
barplot(dn13,main=" Histograma Dia 13 ",xlab="lux de dia 13",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[14]],dn13,main=" CAMPANA DE GAUSS DIA 13",xlab="lux de dia 13",ylab =
"densidad de probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr13,desviacionEs13),ylim=c(0,1),xlim=c(rango13),col="blue",lwd=3,add=TR
UE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

#   GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 14
#
#   sacar distribucion normal
dn14 <- dnorm(datos[[15]], mean = mediaAr14, sd = desviacionEs14, log = F)
barplot(dn14,main=" Histograma Dia 14 ",xlab="lux de dia 14",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[15]],dn14,main=" CAMPANA DE GAUSS DIA 14",xlab="lux de dia 14",ylab =
"densidad de probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr14,desviacionEs14),ylim=c(0,1),xlim=c(rango14),col="blue",lwd=3,add=TR
UE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

#   GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 15
#
#   sacar distribucion normal
dn15 <- dnorm(datos[[16]], mean = mediaAr15, sd = desviacionEs15, log = F)
barplot(dn15,main=" Histograma Dia 15 ",xlab="lux de dia 15",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
plot(datos[[16]],dn15,main=" CAMPANA DE GAUSS DIA 15",xlab="lux de dia 15",ylab =
"densidad de probabilidad",lwd=1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediaAr15,desviacionEs15),ylim=c(0,1),xlim=c(rango15),col="blue",lwd=3,add=TR
UE)
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)

#   GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 16
#
#   sacar distribucion normal
dn16 <- dnorm(datos[[17]], mean = mediaAr16, sd = desviacionEs16, log = F)
barplot(dn16,main=" Histograma Dia 16 ",xlab="lux de dia 16",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(16))
plot(datos[[17]],dn16,main=" CAMPANA DE GAUSS DIA 16",xlab="lux de dia 16",ylab =
"densidad de probabilidad",lwd=1,col = rainbow(16))
curve(dnorm(x,mediaAr16,desviacionEs16),ylim=c(0,1),xlim=c(rango16),col="blue",lwd=3,add=TR
UE)
grid(nx = 16, ny = 16, col = "black", equilogs = TRUE)

#   GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA 17
#
#   sacar distribucion normal
dn17 <- dnorm(datos[[18]], mean = mediaAr17, sd = desviacionEs17, log = F)

```

```

barplot(dn17,main=" Histograma Dia 17 ",xlab="lux de dia 17",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(17))
plot(datos[[18]],dn17,main=" CAMPANA DE GAUSS DIA 17",xlab="lux de dia 17",ylab =
"densidad de probabilidad",lwd=1,col = rainbow(17))
curve(dnorm(x,mediaAr17,desviacionEs17),ylim=c(0,1),xlim=c(rango17),col="blue",lwd=3,add=TR
UE)
grid(nx = 17, ny = 17, col = "black", equilogs = TRUE)

# Distribución normal
plot(datos[[4]],dn3,main=" Campana De Gauss ",xlab="lux ",ylab = "Densidad De
Probabilidad",lwd=1,col = "3")
curve(dnorm(x,mediaAr3,desviacionEs3),ylim=c(0,1),xlim=c(0,1),col="3",lwd=3,add=TRUE)
grid(nx = 17, ny = 17, col = "black", equilogs = TRUE)
labels3 <- c("DIA3")
curve(dnorm(x,mediaAr1,desviacionEs1),ylim=c(0,1),xlim=c(rango1),col="1",lwd=3,add=TRUE)
labels1 <- c("DIA1")
curve(dnorm(x,mediaAr2,desviacionEs2),ylim=c(0,1),xlim=c(rango2),col="2",lwd=3,add=TRUE)
labels2 <- c("DIA2")
curve(dnorm(x,mediaAr4,desviacionEs4),ylim=c(0,1),xlim=c(rango4),col="4",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr5,desviacionEs5),ylim=c(0,1),xlim=c(rango5),col="5",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr6,desviacionEs6),ylim=c(0,1),xlim=c(rango6),col="6",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr7,desviacionEs7),ylim=c(0,1),xlim=c(rango7),col="7",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr8,desviacionEs8),ylim=c(0,1),xlim=c(rango8),col="8",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr9,desviacionEs9),ylim=c(0,1),xlim=c(rango9),col="9",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr10,desviacionEs10),ylim=c(0,1),xlim=c(rango10),col="187",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr11,desviacionEs11),ylim=c(0,1),xlim=c(rango11),col="11",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr12,desviacionEs12),ylim=c(0,1),xlim=c(rango11),col="12",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr13,desviacionEs13),ylim=c(0,1),xlim=c(rango11),col="13",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr14,desviacionEs14),ylim=c(0,1),xlim=c(rango11),col="14",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr15,desviacionEs15),ylim=c(0,1),xlim=c(rango11),col="15",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr16,desviacionEs16),ylim=c(0,1),xlim=c(rango16),col="16",lwd=3,add=TRUE)
curve(dnorm(x,mediaAr17,desviacionEs17),ylim=c(0,1),xlim=c(rango17),col="17",lwd=3,add=TRUE)

legend("right", legend = c("DIA 1","DIA 2","DIA 3","DIA 4","DIA 5","DIA 6","DIA 7","DIA
8","DIA 9","DIA 10","DIA 11","DIA 12","DIA 13","DIA 14","DIA 15","DIA 16","DIA 17"),
fill = c("1","2","3","4","5","6","7","8","9","187","11","12","13","14","15","16","17"))

# campana de gauss de todas

mediatotal=((mediaAr1+mediaAr2+mediaAr3+mediaAr4+mediaAr5+mediaAr6+mediaAr7+mediaAr
8+mediaAr9+mediaAr10+mediaAr11+mediaAr12+mediaAr13+mediaAr14+mediaAr15+mediaAr16+
mediaAr17)/17)
print(mediatotal)

desvicionEtotal=(17328.5773787444000000)

print(desvicionEtotal)

# GRAFICAS HISTOGRAMA Y CAMPANA DE GAUSS DEL DIA total
#
# sacar distribución normal

dnt <- dnorm(datos[[15]], mean = mediatotal, sd = desvicionEtotal, log = F)
barplot(dnt,main=" Histograma total ",xlab="lux de dia total",ylab = "densidad de
probabilidad",space=F,col = rainbow(15))
grid(nx = 15, ny = 15, col = "black", equilogs = TRUE)
plot(datos[[15]],dnt,main=" campana de gauss total ",xlab="lux de dia total",ylab = "densidad de
probabilidad",lwd=0.1,col = rainbow(15))
curve(dnorm(x,mediatotal,desvicionEtotal),ylim=c(0,1),xlim=c(rango1),col="blue",lwd=3,add=TRUE
)
grid(nx = 10, ny = 10, col = "black", equilogs = TRUE)

```

