

# UNIVERSIDAD DEL ACONCAGUA

FACULTAD DE PSICOLOGÍA



TESINA

LICENCIATURA EN  
CRIMINALÍSTICA

“Alcance Nocturno de las Luces de Tungsteno y de Xenón en Automóviles.”

“Distancia máxima de avistamiento de un peatón desde un automóvil Volkswagen Voyage modelo 2009 equipado con luces de tungsteno de fábrica y con un kit de luces de xenón.”

**ALUMNA:** Abdo Noelia Belén

**AÑO:** Cuarto

**DIRECTOR:** Lic. Gustavo Olguín

**LUGAR:** Mendoza, Argentina

**FECHA DE PRESENTACIÓN:**  
Setiembre de 2012

# ÍNDICE

<b>1. Resumen.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>8</b>
2.1. Planteamiento del Problema.....	10
2.2. Justificación.....	10
<b>3. Marco Teórico.....</b>	<b>12</b>
3.1. Antecedentes.....	13
3.2. Marco Conceptual de Referencia.....	14
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>33</b>
4.1. Objetivos.....	34
<b>5. Metodología.....</b>	<b>35</b>
5.1. Tipo de estudio o diseño.....	36
5.2. Descripción de la muestra.....	36
5.3. Instrumentos y materiales de evaluación.....	40
5.4. Procedimiento.....	41
<b>6. Resultados.....</b>	<b>43</b>
5.1. Recolección de datos.....	44
5.2. Análisis Estadístico.....	48
<b>7. Discusión.....</b>	<b>57</b>
<b>8. Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>60</b>
8.1. Principal.....	61
8.2. Complementaria.....	62

# **RESUMEN**

## **RESUMEN**

El presente estudio tuvo como objetivo investigar cual es la distancia máxima a la cual se puede observar un peatón con ropa clara y un peatón con ropa oscura desde un automóvil equipado con luces de tungsteno de fábrica y el mismo automóvil equipado con luces de xenón, con el fin de determinar la diferencia de alcance luminoso que presentan ambos sistemas.

Para esto se midieron las distintas distancias a las que una serie de conductores lograron percibir a un peatón con ropa clara y a un peatón con ropa oscura desde un automóvil VOLKSWAGEN VOYAGE 1.6 comtfortline modelo 2009, equipado con luces de tungsteno de fábrica y el mismo automóvil equipado con luces de xenón de 8000K.

Los resultados obtenidos mostraron que, con luces de xenón ambos peatones son visibles a una distancia aproximadamente  $\frac{1}{3}$  mayor que con luces de tungsteno. Y, del mismo modo, el peatón de ropa clara es visible a una distancia casi de  $\frac{1}{3}$  mayor que el peatón de ropa oscura alumbrados con ambas luces.

## **SUMMARY**

The present study aimed to investigate which is the maximum distance at which you can see a pedestrian with light clothing and a pedestrian in dark clothing from a car equipped with factory tungsten lights and the same car equipped with Xenon lights with to determine the difference in light reach that occur both systems.

For this we measured the different distances at which a series of drivers managed to perceive a pedestrian with light clothing and a pedestrian in dark clothing from a car Volkswagen Voyage 1.6 comtfortline 2009 model, equipped with tungsten lights factory and the same car equipped with 8000K xenon lights.

The results showed that with both pedestrians Xenon lights are visible at a distance approximately  $\frac{1}{3}$  higher than with tungsten lights. And, likewise, the pedestrian light clothing is visible at a distance of nearly one third larger than the pedestrian wearing dark clothing with both lights lit.

# **INTRODUCCIÓN**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El sistema de alumbrado de un vehículo es un elemento esencial en la seguridad vial, ya que su función principal es evitar el accidente. El mismo provee de iluminación a su conductor, aumentando la claridad del vehículo e informa a los demás usuarios de la vía la presencia, posición, tamaño y sentido del automóvil.

Existen varios tipos de lámparas para automóviles en el mercado. Las mayormente utilizadas son las denominadas lámparas halógenas o de tungsteno, que producen un haz de luz de color blanco amarillento, y una tecnología reciente en nuestro país, son las lámparas de xenón, conocidas como lámparas HID o de descarga de alta intensidad. Éstas últimas distinguen por su fuerte intensidad luminosa (de dos a tres veces más en comparación a los faros de halógeno) y por su característica tonalidad blanco azulada.

Una cuestión importante en el análisis de un accidente vial, es la determinación de la evitabilidad física, esto es, la verificación de la posibilidad o imposibilidad de evitar el accidente. En el caso del atropello de un peatón, es necesario conocer el alcance visual que tiene el sistema de iluminación del automóvil implicado, en otras palabras, es necesario saber la distancia aproximada en la cual es visible un sujeto alumbrado por un faro.

Aplicando una metodología de diseño experimental y de observación controlada se pretende analizar la diferencia de alcance luminoso nocturno que presentan ambos sistemas, midiendo las distancias máximas a partir de las cuales se logra el avistamiento de un peatón, con vestimenta color claro, y un peatón con vestimenta color oscuro, desde un automóvil equipado con luces de tungsteno de fábrica y desde el mismo automóvil equipado con un kit de luces de xenón.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La determinación de la evitabilidad física es una de las solicitudes jurídicas-periciales más frecuente que se le hace al investigador en la reconstrucción de un accidente de tránsito. Cuando el accidente tiene como protagonista un automóvil y un peatón, es esencial reconocer el alcance de las luces del automóvil para determinar la distancia máxima a la que el conductor pudo haber visto al peatón.

Frente a esta problemática y con la reciente introducción del xenón en nuestro país, se genera un nuevo interrogante, por cuanto la experiencia indica que las lámparas de descarga de alta intensidad (xenón) proporcionan mayor iluminación que las convencionales (tungsteno), pero la información técnica no expresa distancia a la que un objeto puede ser advertido. Por ello, puede producirse una confusión en el análisis: tomando como análogos ambos sistemas, o bien, quedando inconclusa la determinación cuando se halla implicado en el incidente un automóvil equipado con luces de xenón.

Cuando el escenario del siniestro es nocturno, sin iluminación pública y en condiciones climáticas favorables, para responder a la inquietud anterior, se plantea:

¿Cuál es la distancia máxima a la cual se puede observar un peatón de ropa oscura y un peatón de ropa clara desde un automóvil Volkswagen Voyage modelo 2009 equipado con luces de tungsteno de fábrica?

¿Cuál es la distancia máxima a la cual se puede observar un peatón de ropa oscura y un peatón de ropa clara desde un automóvil Volkswagen Voyage modelo 2009 equipado con un kit de luces de xenón?

¿Existe una diferencia significativa en la distancia de avistamiento que presenta uno y otro sistema?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta busca obtener datos concretos sobre la distancia a partir de la cual se logra el avistamiento de un peatón de ropa clara y de un peatón de ropa oscura desde un automóvil equipado con luces de xenón y con luces de tungsteno, para contribuir al esclarecimiento de un futuro siniestro

vial, que se haya producido bajo las mismas condiciones y en el cual se necesite determinar evitabilidad física.

# **MARCO TEÓRICO**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES**

El Club Automovilístico Alemán en el año 2009 publicó en una revista un artículo, donde sostenía que los conductores con faros de xenón viajan más seguros, hasta un 70 por ciento más, ya que la luz de xenón tiene claras ventajas ante las luces de halógeno convencionales. "...Los faros de xenón se destacan sobre todo por su explotación luminosa de 2 a 3 veces más en comparación a los faros de halógeno..." También aclara que poseen un mayor alcance y una iluminación lateral considerablemente mejor. Por ello, la inspección técnica alemana TÜV-Rheinland concluye: "...Si todos los vehículos se equiparan de faros de xenón, la cantidad de graves accidentes de tráfico en la noche podría reducirse hasta en un 50 por ciento, y la cifra de muertos en accidentes, de todos modos, en un 18 por ciento..."

Víctor Irureta en su libro "Accidentología Vial y Pericia" afirma que la distancia de percepción de un peatón con ropas oscuras, de noche, sobre fondo oscuro, iluminado con luces medias del rodado, con buen tiempo es de 100 m; y con temporal de lluvia es de 20 m. (p. 231)

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

### Accidentología Vial: Investigación de Siniestros

El neologismo "ACCIDENTOLOGIA" comprende la unión de dos vocablos: "Accidente", derivado del latín "*Ad-cado*" (*Ad*: a, al, hacia y *Cado*: Cadere, caer, caída) y "*Logía*", derivado del griego "*Logos*" (discurso, estudio, tratado).

La Accidentología ha surgido y se ha desarrollado junto con el fenómeno mundial de la difusión del automóvil. Esta difusión provino inicialmente de dos ángulos: los fabricantes de automóviles, para evitar incurrir en responsabilidades por defectos de diseño o construcción, y el de las empresas aseguradoras, para trasladar la responsabilidad a los no asegurados o los asegurados por otras empresas competidoras.

Respecto al tema Irureta (2003) describe el concepto de Accidente en su libro "Accidentología Vial y Pericia":

*"Un accidente es un suceso (o encadenamiento de sucesos) inesperado, impremeditado, e indeseado, generalmente de consecuencias desagradables: lesiones a las personas y/o daños a las cosas. (...) Es una situación dinámica que implica un encadenamiento de circunstancias y sucesos que culminan en él".* (p. 25)

Nisini en su libro "Compendio Di infortunística" define la Accidentología vial como:

*"(...) la disciplina que se ocupa de los eventos dañosos de la vía de tránsito, después de que ellos acaecieron con el fin de investigar las causas que lo produjeron y la mecánica con que se desarrollaron, para la determinación de responsabilidades y establecer los efectos lesivos sobre los derechos ajenos (...)"* (p. 493)

Cuyas bases científicas se ubican principalmente en la Física (Mecánica: Cinemática, Dinámica y Estática), la Ingeniería de Tránsito (se refiere al aspecto funcional del camino o dinámica: movimiento de los vehículos y peatones en el mismo) y Automotriz, la Medicina y el Derecho.

El término *Siniestro vial*, para Tabasso es la expresión más adecuada, en lugar de accidente, por cuanto esta última se centra en la involuntariedad y en la aleatoriedad, mientras que, el elemento voluntariedad, casi siempre se halla presente en cuanto a manifestación de impericia, imprudencia, negligencia o inobservancia de las leyes y reglamentos.

Los elementos que concurren en un siniestro de tránsito son cuatro:

- *El hombre o factor humano*: siempre en el centro del fenómeno circulatorio, por cuánto él participa con su voluntad y su comportamiento; y la influencia que factores endógenos (atención, fatiga, sueño, etc.) y exógenos (ambientales, alimentación, intoxicación por monóxido de carbono, alcohol, psicofármacos, estupefacientes y drogas de abuso, etc.) poseen sobre el estado psicofísico y psicológico del individuo, particularmente en los tiempos de reacción
- *La vía*: el tipo de calzada, banquetas, la existencia de peralte, guardarrails, puentes, alcantarillas, canchales, plazoletas, radio de curvas, pendientes de la vía de circulación, su estado de conservación y mantenimiento influirán también en la circulación de los vehículos y en los siniestros que se puedan producir.
- *El vehículo o factor automotriz*: el estado de uso, conservación y operabilidad de los sistemas de frenos, dirección, suspensión, eléctrico, neumáticos, de seguridad, etc.
- *El entorno o ambiente en que se desenvuelve la circulación*: factores climáticos- meteorológicos, iluminación y conformación o estructuración física y topográfica general del lugar.

En la investigación de accidentes de tránsito se persiguen dos finalidades; la primera, es establecer el comportamiento dinámico de las unidades de tránsito y las causas que dieron origen al siniestro (finalidad inmediata) y la segunda es promover la aplicación de medidas para su prevención y “erradicación” (finalidad mediata). Para lograr estos objetivos la investigación de accidentes se compone de tres grandes partes: la recolección y registro de datos (inmediatamente después del accidente); la reconstrucción de accidentes; y el análisis de los mismos (buscando encontrar por qué ocurrió).

El área de la Reconstrucción de Accidentes es la que se encarga a posteriori de explicar retrospectivamente la o las posibles formas de cómo ocurrió un accidente o parte de él; buscando encontrar cuál fue el comportamiento

dinámico de los protagonistas, es decir, cuáles fueron sus posiciones, direcciones, orientaciones, velocidades y aceleraciones, en instantes previos, durante el accidente y posteriormente al mismo.

Desde el punto de vista jurídico- pericial, entre otras tareas a realizar, la determinación de la “evitabilidad física” es una de las más frecuentes.

Irureta (2003) desarrolla el concepto de evitabilidad física como “la posibilidad o imposibilidad reales habidas, de lograr evitar un accidente – que realmente ocurrió- mediante la modificación de los parámetros cinemáticos, en un entorno témporo-espacial del mismo” (p. 110). Se refiere al tema como una evaluación técnica de todas las circunstancias en que se produjo el siniestro: visibilidad, tipo de calzada, clima, tipo de automóvil, entre otros, para analizar si este pudo haber sido evitado o no.

### **Visión nocturna en la conducción**

Según Tabasso la luz del ambiente es un factor determinante en la producción del siniestro, ya que “El sentido de la vista es la fuente primaria de información de lo que sucede en el entorno, representa un 80% del total de la necesaria para el manejo.”(p. 80).

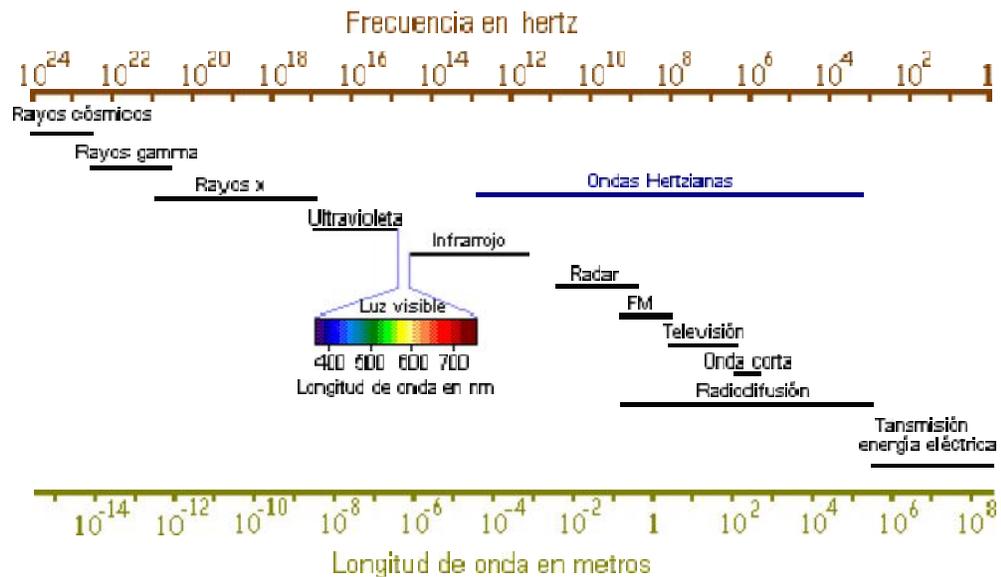
Faltando la luz ambiental, el ojo humano no recibe la luz reflejada en los objetos que es la que permite evidenciar su existencia, volumen, forma, color, distancia relativa del observador y ubicación espacial, su movimiento. Por dicha razón, la conducción en horas nocturnas representa en la vía uno de los mayores riesgos, y es aquí donde toman mayor envergadura los sistemas de alumbrado del automóvil.

### **La visión**

Para comprender el funcionamiento del sentido de la visión se debe comprender qué es la luz y como se presenta en el espacio. Sin luz los ojos no podrían percibir las formas, los colores de los objetos y, en definitiva, el mundo que nos rodea, del mismo modo, sin una visión que interpretara la luz, esta no serviría de nada.

La luz, que llega a nuestros ojos y nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm y los 760 nm.

La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda ( $\lambda$ ) o la frecuencia ( $f$ ).

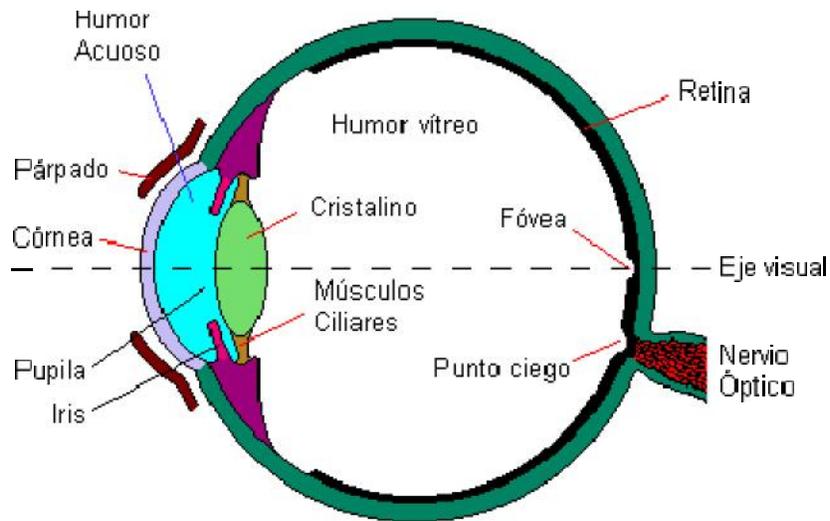


Espectro Electromagnético

El ojo humano es un órgano sensitivo muy complejo que recibe la luz procedente de los objetos, la enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. La existencia de dos ojos nos permite una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produce una visión tridimensional o estereoscópica.

### *Fisiología de la visión*

El ojo humano está formado por: la córnea, el iris, la pupila y el cristalino, uno fotorreceptor: la retina, y otros elementos accesorios encargados de diversas tareas como protección, transmisión de información nerviosa, alimentación, mantenimiento de la forma, etc.



Ojo Humano

A menudo, se compara el funcionamiento de una cámara fotográfica con el del ojo humano. La pupila actuaría de diafragma, la retina de película, la córnea de lente y el cristalino sería equivalente a acercar o alejar la cámara del objeto para conseguir un buen enfoque. La analogía no acaba aquí, pues al igual que en la cámara de fotos la imagen que se forma sobre la retina está invertida. Pero esto no supone ningún problema ya que el cerebro se encarga de darle la vuelta para que la veamos correctamente.

### *Receptores*

Hay dos tipos diferentes de receptores: el cono y el bastón. La distribución espacial no es uniforme. Sólo en un punto, el llamado «punto ciego», no hay receptores, debido a que allí desemboca el nervio óptico a la retina. Por otro lado, existe también una zona con una densidad receptora muy elevada, un área denominada fóvea, que se encuentra en el foco de la lente. En esta zona central se encuentra una cantidad extremadamente elevada de conos, mientras que la densidad de conos hacia la periferia disminuye considerablemente. Allí se encuentran los bastones, inexistentes en la fóvea.

**Bastones.** Sus propiedades especiales consisten en una sensibilidad luminosa muy elevada y una gran capacidad perceptiva para los movimientos por todo el campo visual. Por otro lado, mediante los bastones no es posible ver en color; la precisión de la vista es baja, y no se pueden fijar objetos, es decir, observarlos en el centro del campo visual más detenidamente. Debido a la gran sensibilidad a la luz, el sistema de bastones se activa para ver de noche. La desaparición de colores, la baja precisión visual y la mejor visibilidad de objetos poco luminosos en

la periferia del campo visual se explican por las propiedades del sistema de bastones.

Conos. Los conos forman un sistema con diferentes propiedades que determina la visión con mayores intensidades luminosas, es decir, durante el día o con iluminación artificial. El sistema de conos dispone de una sensibilidad luminosa baja, y está sobre todo concentrado en el área central alrededor de la fovea. Pero posibilita ver colores, teniendo también una gran precisión visual al observar objetos, que son fijados, es decir, su imagen cae en la fovea. Contrariamente a como se ve con bastones, no se percibe todo el campo visual de modo uniforme; el punto esencial de la percepción se encuentra en su centro. No obstante, la periferia del campo visual no está totalmente exenta de influencia; si allí se perciben fenómenos interesantes, la mirada se dirige automáticamente hacia ese punto, que luego se retrata y percibe con más exactitud en la fovea. Un motivo esencial para este desplazamiento de la dirección visual es, además de movimientos que se presentan y colores o motivos llamativos, la existencia de elevadas luminancias, es decir, la mirada y la atención del hombre se dejan dirigir por la luz.

#### *Adaptación. Día y noche*

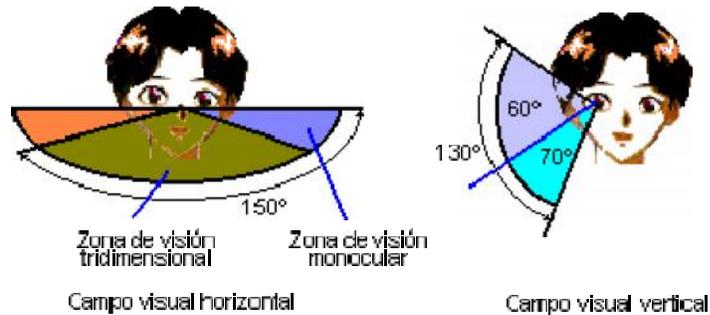
Una de las facultades más notables del ojo es su capacidad de adaptarse a diferentes situaciones de iluminación; percibimos nuestro entorno tanto bajo la luz de la luna como bajo la del sol.

Esta capacidad de adaptación se origina sólo por una parte muy pequeña mediante la pupila, que regula la incidencia; la mayor parte de la capacidad de adaptación la aporta la retina. Aquí se cubren por el sistema de bastones y conos campos de distinta intensidad luminosa; como anteriormente mencionamos, el sistema de bastones es efectivo en el campo de la visión nocturna (visión escotópica), los conos posibilitan la visión diurna (visión fotópica), mientras que en el período de transición de la visión crepuscular (visión mesópica) ambos sistemas receptores están activados.

#### *El campo visual*

Volviendo al ejemplo de la cámara de fotos, el ojo humano también dispone de un *campo visual*. Cada ojo ve aproximadamente 150° sobre el plano horizontal y con la superposición de ambos se abarcan los 180°. Sobre el plano vertical sólo son unos 130°, 60° por encima de la horizontal y 70° por debajo.

El campo visual de cada ojo es de tipo monocular, sin sensación de profundidad, siendo la visión en la zona de superposición de ambos campos del tipo binocular. La sensación de profundidad o visión tridimensional se produce en el cerebro cuando este superpone e interpreta ambas imágenes.



### *Agudeza Visual*

La *agudeza visual* según Ortiz (1999) es "...la medida de la capacidad visual central o macular para detectar, graduar y discriminar estímulos visuales del menor tamaño posible..." (p. 338)

Es una medida del detalle más pequeño que podemos diferenciar y está muy influenciada por el nivel de iluminación, el contraste entre el estímulo y el fondo, y el ángulo que el objeto presenta respecto al punto central del ojo.

La agudeza visual tiene gran importancia en la conducción de un vehículo, puesto que precisamente esta propiedad del ojo permite distinguir, a distancias más o menos grandes, las características de la carretera, las señales de tráfico, los obstáculos de la calzada, etc. Es por ello que la ley sólo permite conducir a aquellas personas que tengan un mínimo de agudeza visual.

Los controles han de efectuarse en condiciones características y constantes. Actualmente, en la provincia de Mendoza, se encuentra en vigencia el programa "Vial Trans", brindado por el Ministerio de Seguridad, Dirección de Seguridad Vial, Sistema Licencias de Conducir; el cual utiliza el Software llamado SIEPV-751, sistema que será utilizado para determinar agudeza visual de los conductores en este estudio.

El método consiste en colocar al sujeto a una distancia fija de una serie de 10 grupos de letras, de dimensiones progresivamente crecientes colocadas en un tablero con una iluminación suficiente y uniforme. Los resultados se expresan en décimas en función de la numeración de la serie de letras, con dimensiones diferentes, que el individuo ha conseguido leer sin error.

Los límites que se fijan para la agudeza varían ligeramente en los distintos, en nuestra provincia el límite mínimo es de 7/7. Los límites se aplican con cristales correctores o sin ellos, si bien en el primer caso, en el certificado médico de aptitud (necesario para la obtención del permiso) debe expresarse la obligatoriedad de utilizar cristales correctores durante la conducción.

## **Principios luminotécnicos relativos a los faros**

### *Eficacia Luminosa o Rendimiento*

La eficacia luminosa de una fuente de luz indica la cantidad de flujo emitido por dicha fuente por cada unidad de potencia eléctrica consumida en su obtención. Su unidad de medida es el lumen/vatio (lm/W).

### *Temperatura de Color*

La temperatura de color de una fuente de luz se define por comparación con el “cuerpo negro” y se muestra en la curva de Plank. Si se eleva la temperatura del “cuerpo negro”, se eleva en el espectro la parte azul y disminuye la parte roja. Una bombilla incandescente de luz blanca cálida tiene una temperatura de color de 2700 K, y un tubo fluorescente luz día, 6000 K. Su unidad de medida es el kelvin.

### *Color de la Luz*

El color de la luz se determina por su temperatura de color. Se puede dividir en tres grupos principales:

- Blanco pálido, con temperatura de color menor de 3300 K
- Blanco, con temperaturas de color entre 3300 K y 5000 K
- Luz día, para temperaturas de color mayores de 5000 K

No obstante, dos fuentes de luz pueden tener la misma temperatura de color y poseer, a causa de su composición espectral, unas propiedades de reproducción de los colores muy diferentes.

### *Alcance Visual*

Se denomina alcance visual a la distancia a la cual es visible un objeto iluminado por un faro. Este alcance viene condicionado por el tamaño y forma del objeto, su grado de reflexión, la superficie de la calzada en la que está depositado, la limpieza, estructura y fabricación del faro, las condiciones ambientales, así como las condiciones fisiológicas del ojo.

Respecto a este tema Irureta (2003) introduce en su libro el concepto de *conspicuidad*, como la cualidad de un objeto de hacerse visible o sobresalir.

*“Es obvio que es mucho más conspicuo un objeto amarillo que uno gris, en horas del amanecer sobre una ruta gris o, en las mismas condiciones, un automóvil gris con sus luces encendidas que apagadas.*

*En la conspicuidad influyen muchos elementos: iluminación, color y textura del riesgo y del escenario, tamaño, etcétera.*

*Es posible que un riesgo, si bien visible, aparezca enmascarado o camuflado en el escenario en que se presenta denotando su condición.”* (p. 134)

## **SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN AUTOMÓVILES**

En el automóvil el sistema óptico es el encargado de realizar las funciones de iluminación y señalización, estando formado por:

- Una fuente luminosa (la lámpara).
- El faro (compuesto por el reflector, la junta y el cristal difusor).

### **Lámparas**

*Lámparas de Tungsteno o Halógeno.*

Las lámparas de alumbrado principal para vehículos automotor actuales son en su mayoría de tecnología halógena. Están constituidas por una ampolla cilíndrica de vidrio duro (cristal de cuarzo), dentro de la cual están instalados uno o dos filamentos incandescentes compuestos por un hilo de wolframio y una mezcla de gases halógenos como por ejemplo el yodo y el bromo, estas combinaciones de gases halógenos se ocupan de que el filamento se regenere a través de un proceso de transporte entre las partículas de wolframio los gases halógenos.

El wolframio o tungsteno volatilizado durante el funcionamiento, debido a las altas temperaturas a que tiene que ser sometido el filamento para producir radiación luminosa, no se deposita en la ampolla que se encuentra a una temperatura inferior, volviéndola negra como ocurre en las convencionales, sino

que es atrapado por la combinación de gases halógenos, formando bromuro o yoduro de wolframio, en estado gaseoso, que al entrar en contacto con el filamento incandescente a una temperatura de 3200K, se descompone, depositándose el wolframio de nuevo en el filamento, regenerando en gran parte este; el gas halógeno queda libre y disponible para realizar de nuevo el proceso. Tienen un rendimiento luminoso de 25 lm/W, una vida útil alrededor de 2000 h y una temperatura color entre 3200 y 4000 K.

Atendiendo a la forma de la ampolla, número de filamento y posicionamiento de los mismos, existen distintas clases de lámparas halógenas, a continuación diferenciaremos las de uso más frecuente:

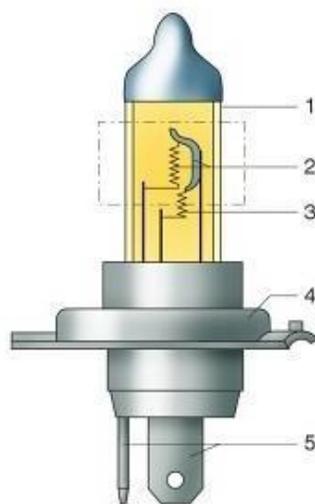
*Lámparas H1:* de ampolla tubular alargada en la que el único filamento está situado longitudinalmente y separado de la base de apoyo. En su casquillo se forma un platillo. Se utiliza en faros de largo alcance y antiniebla.

*Lámparas H2:* de menor longitud que la anterior y no dispone de casquillo, sino unas placas de conexión. Es empleada en faros auxiliares.

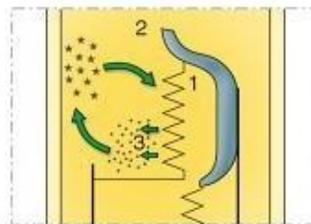
*Lámparas H3:* su único filamento está situado transversalmente en la ampolla y no dispone de casquillo, acabando el filamento en un cable con terminal conector. Se utiliza en faros de largo alcance y antiniebla.

*Lámparas H4:* sus dos filamentos van situados en línea alojados en una ampolla cilíndrica, que se fija a un casquillo con plataforma de disco para su acoplamiento a la óptica del faro. Se utiliza para luz de cruce y luz de carretera.

*Lámpara H7:* se utiliza para luz de cruce y de carretera, solo que contiene un solo filamento. Dispone de un filtro ultravioleta y de un escudo para luz directa.



Lámpara Halógena H4



1. Ampolla de la lámpara
2. Filamento de incandescencia luz de cruce
3. Filamento de incandescencia, luz de carretera
4. Casquillo
5. Conexión eléctrica
6. Relleno de halógeno
7. Wolframio evaporado
8. Haluro de wolframio
9. Sedimento de wolframio

### Lámparas de Descarga (xenón)

Son lámparas de uso muy reciente en automóviles, aunque en la industria vienen utilizándose hace algún tiempo en la iluminación de grandes superficies, como en el cine o en fotografía. Utilizan, como gas, vapor de mercurio mezclado con diferentes gases halógenos.

Las lámparas de descarga de gas, denominadas de descarga de alta presión, sustituyen el filamento de las lámparas de incandescencia, por dos electrodos perfectamente alineados entre los cuales se establece un arco voltaico en presencia de un gas (xenón) y sales de metales halogenizados, contenidos en una ampolla de cuarzo en forma de bulbo de dimensiones muy reducidas, aproximadamente  $1 \text{ cm}^3$ . La luz que emite este tipo de lámpara depende del tipo de gases empleados, principalmente luz azulada, con una temperatura de color de 4200 K.

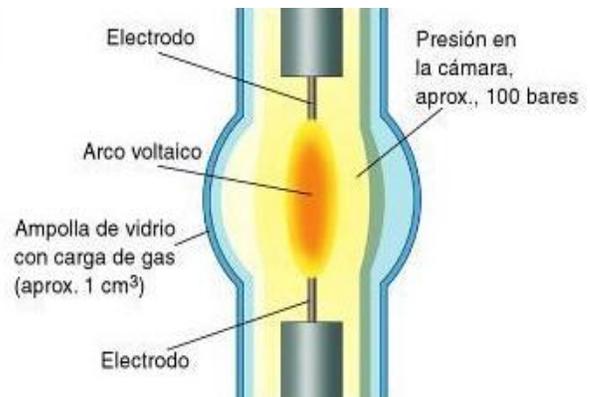
Exteriormente la ampolla en forma de bulbo se coloca otra ampolla adicional de vidrio de cuarzo como protección, la cual absorbe la radiación UV, y posibilita su uso en faros de material sintético.

### Funcionamiento

El encendido del arco voltaico se realiza a través de una reactancia que proporciona un impulso de alta tensión de miles de voltios, hasta 30000 V. Encendida la lámpara, se la hace trabajar durante aproximadamente tres segundos, con una corriente de mayor intensidad que la normal, con objeto de que la lámpara alcance su claridad máxima tras un retardo de tan solo 0,3 segundos; transcurrido ese tiempo y una vez alcanzada su temperatura de color teórica, la reactancia se encarga de regular la corriente de alimentación de la lámpara de descarga.



Lámpara de Descarga de Gas



## El circuito de alumbrado

### *Misión del Circuito de Alumbrado*

El circuito de alumbrado tiene como misión alumbrar la vía por la que circulamos de forma eficiente en conducción nocturna, situaciones de baja visibilidad o cuando así lo indique la señalización (túneles).

### *Normativa aplicable*

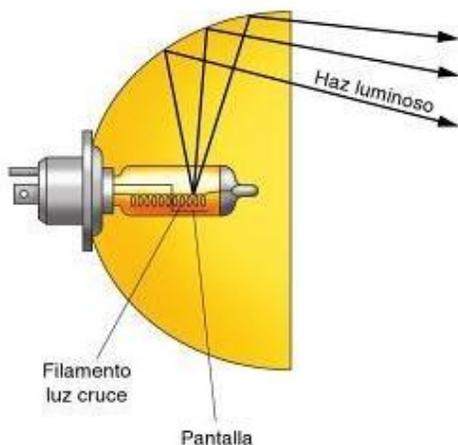
Este sistema incide directamente en la seguridad de los conductores y acompañantes del automóvil, por lo que han de responder a normas de homologación internacionales. En nuestro país, la Verificación Técnica Vehicular (VTV) se encarga de velar por el cumplimiento de las normas.

La legislación vigente en la provincia de Mendoza, Ley Provincial de Tránsito y Transporte 6082/93 en el Capítulo 12, titulado: "Utilización de las Luces" denomina:

*Luz alta* a "la luz proyectada por los focos delanteros del vehículo en forma paralela, cuya potencia permite visualizar obstáculos a una distancia no inferior a 150 m.";

*Luz baja* a "la luz proyectada por los focos delanteros del vehículo en que el borde superior del haz luminoso es paralelo a la calzada y cuya potencia permite visualizar obstáculos a una distancia no superior a 70 m."

### *Luces bajas o cortas*



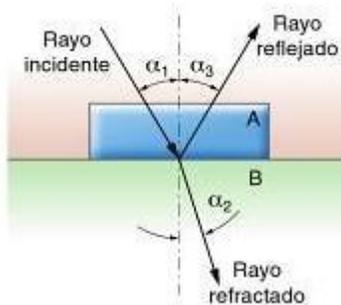
La luz baja, corta o de cruce es producida por una lámpara cuyo filamento está posicionado delante del foco del reflector parabólico, de tal forma que el haz de luz sale reflejado con una cierta inclinación respecto al eje del reflector.

Para que el haz de luz no se refleje en la parte baja del reflector, con lo cual saldría con una inclinación hacia arriba, la lámpara incorpora una pantalla metálica situada debajo del filamento de cruce; el borde de la pantalla determina sobre la calzada el límite "claro-oscuro": zona alta oscuro, zona baja claro. Esta configuración proporciona una distribución del haz de luz de forma tal

que por un lado minimiza el deslumbramiento y por otro proporciona gran intensidad de iluminación dentro del límite “claro-oscuro”.

Dado que el alcance de la luz baja es reducido empleando un haz de luz simétrico, para evitar el deslumbramiento en los vehículos que circulan en sentido contrario, en la actualidad se emplea el código europeo o código asimétrico, cuyo haz de luz proporciona mayor visibilidad en el margen derecho de la calzada (en países que se circule por la derecha, como es el caso de nuestro país, y en países que se circule por la izquierda será al contrario). La configuración del haz asimétrico se consigue por medio del tallado especial del cristal del faro y por la inclinación de unos 15° hacia la derecha de la pantalla que está situada debajo del filamento de la luz de cruce.

### Conceptos básicos de geometría óptica



#### *Refracción y reflexión de la luz*

Al poner dos medios distintos en contacto (A y B), aparece una superficie de separación entre ambos. Si hacemos incidir un rayo de luz con un cierto ángulo sobre esta superficie, éste se descompone en dos, uno refractado y otro reflejado, que cumplen las siguientes leyes:

- Para el rayo reflejado se cumple que:  $\alpha_1 = \alpha_3$
- Para el rayo refractado se cumple que:  

$$n_1 \cdot \text{sen } \alpha_1 = n_2 \cdot \text{sen } \alpha_2$$

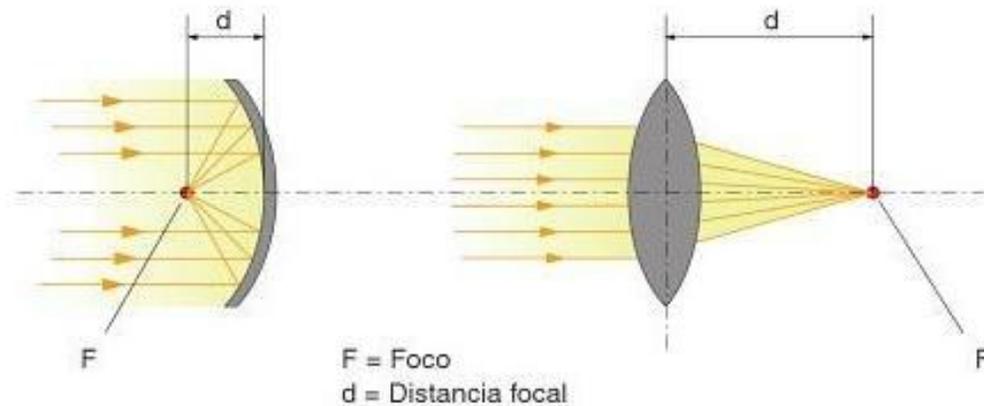
Siendo  $n_1$  y  $n_2$  los índices de refracción de los medios A y B, y  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  los ángulos de incidencia, refracción y reflexión.

#### *Foco*

Denominamos foco en geometría óptica al punto o lugar geométrico en el que convergen los rayos luminosos y caloríficos emitidos por una fuente.

### *Distancia focal*

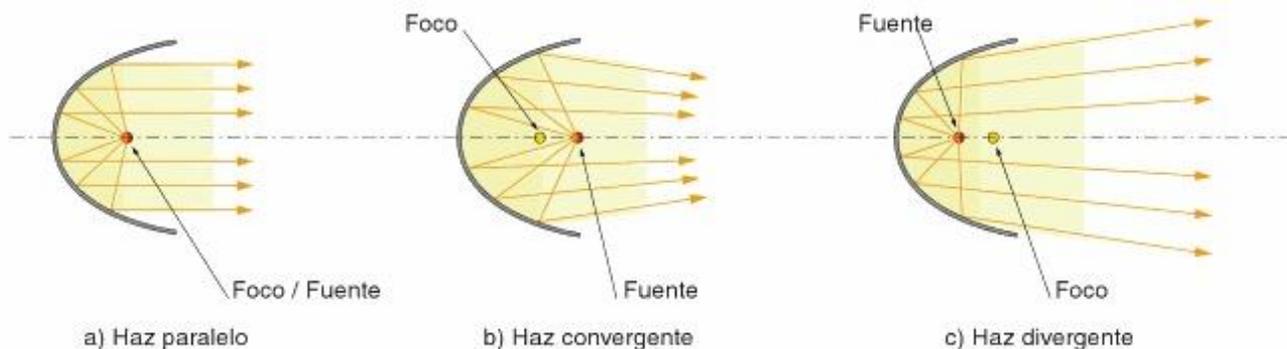
Es la distancia entre el foco y el plano medio de la lente convexa o el vértice de la parábola que conforma el espejo cóncavo. En los faros de los automóviles se emplean distancias pequeñas, entre 2 y 4 cm.



Distancia Focal

Dependiendo de la posición relativa entre el foco y la fuente de luz, tendremos tres tipos de proyección de los rayos luminosos:

- Proyección paralela: la fuente se sitúa en el foco.
- Proyección convergente: la fuente se sitúa adelante respecto al foco.
- Proyección divergente: la fuente se sitúa retrasada respecto al foco.



### *Intensidad de luz efectiva*

Es la intensidad del haz de luz a la salida del aparato óptico. Una fuente luminosa (lámpara) produce cierta intensidad de luz; parte de esta es reflejada y/o refractada, dándonos un haz luminoso que, medido, proporciona un valor efectivo de su intensidad.

En los reflectores para automóviles se emplean distancias focales pequeñas con lo cual el reflector captura la mayoría de la luz producida por la lámpara.

## **Faros**

Los faros son equipos luminotécnicos proyectores de luz. La luz proyectada depende de la fuente utilizada, en nuestro caso una lámpara, cuyas características hemos estudiado anteriormente, y de las propiedades y configuración del resto de los elementos del faro.

Los faros están constituidos por un cuerpo de faro a modo de carcasa sobre el cual se montan el resto de los componentes propios del faro. Sobre el cuerpo se montan el reflector (simple o doble), la junta y el cristal difusor del faro, y dependiendo de la forma de unión entre el difusor y el cuerpo tendremos faros sellados mediante pegamento adhesivo o faros sellados mediante juntas y grapas de unión; una perfecta unión entre estos componentes es fundamental para conseguir la estanqueidad del faro ya que una mala fijación limita la vida y el rendimiento luminoso de este.

El conjunto cierra por la parte posterior mediante el portalámparas y la tapa.

### *Cristal difusor*

También denominado dispersor. Están fabricados mediante el prensado de vidrio de gran pureza, exento de impurezas o burbujas. El conformado mediante prensado garantiza una gran calidad superficial y un perfecto tallado del difusor. El cristal difusor en su superficie interior está constituido por un conjunto de prismas de cuya forma y disposición depende el haz de luz refractada y pueda limpiarse fácilmente.

En la actualidad algunos modelos de automóviles emplean difusores sin tallar en alguno de sus faros, denominados de cristal transparente, que producen un efecto muy brillante de la óptica. Los cristales lisos dan un efecto de transparencia y profundidad superior, y permiten integrarse en los vehículos con líneas aerodinámicas al permitir inclinaciones de hasta 60° sin distorsiones.

### *El reflector*

Tiene como misión reflejar en una dirección dada el haz de luz producido por las lámparas. Están fabricados en material plástico mediante un proceso de moldeo o en chapa de acero estampada, mediante proceso de embutición profunda.

La superficie reflectante es sometida a un tratamiento superficial anticorrosivo en el caso del acero para posteriormente ser pulida, y a continuación recibe una capa reflectora a base de aluminio o magnesio que se comporta a modo de espejo, a la que se le aplica una segunda capa protectora anticorrosión.

La superficie reflectante generalmente tiene forma parabólica o elipsoidal. La forma, tamaño y colocación del reflector es determinante para una buena iluminación: una colocación alta de los faros mejora el alcance geométrico, pero esto no siempre es posible debido a los perfiles aerodinámicos de los vehículos actuales, lo que obliga a realizar faros más grandes (aumentando el ancho).

Para un tamaño de faro determinado, distancias focales pequeñas proporcionan haces luminosos anchos, que iluminan de forma favorable el campo próximo y lateral, proporcionando buena visibilidad en curvas.

### *Tipos de reflectores*

*Reflector homofocal.* Es un reflector muy utilizado con lámparas bifil (H4) en el cual todas las curvaturas de los sectores parabólicos tienen un foco común.

Está constituido por un reflector principal, el cual puede llevar adosado unos reflectores complementarios con una distancia focal más pequeña para hacer coincidir sus focos con el principal; los reflectores complementarios aumentan la iluminación lateral y frontal pero no incrementan el alcance.

La utilización de pantalla en el filamento de la lámpara o tapa luz correspondiente a la luz de cruce limita el haz luminoso con una considerable pérdida de rendimiento al no utilizar la parte baja del reflector.

*Reflector bifocal.* Está compuesto por dos sectores parabólicos con distinto foco, de tal forma que la luz reflejada por ambos sectores ilumine con una determinada inclinación hacia abajo la calzada.

Este sistema aprovecha la parte baja del reflector, generalmente desaprovechada con las luces de cruce, y solo permite ser utilizado en faros de luz de cruce.

*Reflector libre de forma F.F o de superficie compleja SC (multifocal).* Están constituidos por diferentes sectores paraboloides, cada uno con una distancia focal determinada diferente al resto.

Con este concepto de reflector, cada área de la superficie del reflector está distribuida para iluminar una parte de la carretera.

Este sistema aprovecha la parte baja del reflector, proporciona el mayor haz luminoso posible y aporta hasta un 80% más de luz que un reflector parabólico normal.

*Reflector elipsoidal-polielipsoidal.* Son reflectores utilizados en faros de última generación, constituidos en aluminio o metal moldeado. Calculados y diseñados con programas específicos por ordenador, las dimensiones de estos faros son más reducidas que las de los faros parabólicos.

Los reflectores elípticos se emplean con una lente de proyección que asegura la correcta distribución del haz luminoso sobre la calzada, y una pantalla o diafragma que proporciona unos límites de iluminación/oscuridad.

## **Faros de xenón**

Los faros de luz de xenón son empleados cada vez más en el segmento de los grandes automóviles, incluso en turismos pequeños; generalmente son montados como opción al realizar el pedido del vehículo.

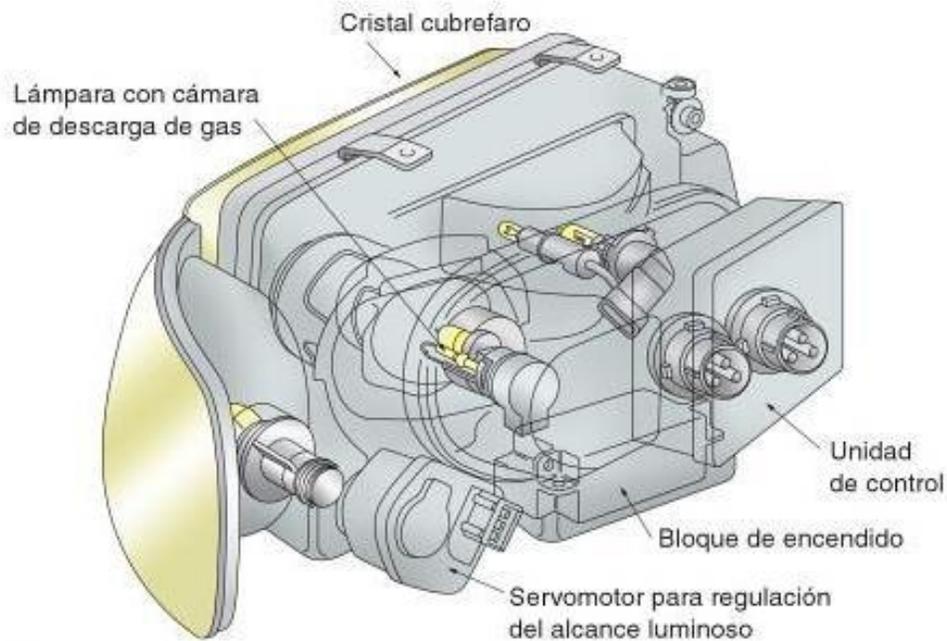
Respecto a los faros con luz halógena, tienen las siguientes ventajas:

- Un rendimiento luminoso casi tres veces superior, con una absorción de potencia normalmente inferior; proporciona un flujo luminoso de 3200 lm con tan solo 35 W de potencia.
- Alta producción de luz; mediante una configuración especial del reflector, visera y lente se consigue un alcance claramente superior y una zona de dispersión bastante más ancha en la zona de proximidad. De esta forma es posible una mejor iluminación del borde de la calzada.
- Duración notablemente superior; la vida útil de una de éstas lámparas alcanza las 2500 h.

En contrapartida, estos faros son más costosos, al ser más complicada su fabricación y precisar de un equipo electrónico de control.

Los faros de descarga de gas constan de los siguientes componentes:

- Carcasa con cristal cubrefaro transparente.
- Lámpara con descarga de gas.
- Bloque de encendido.
- Unidad de control.



Faro de Descarga de Gas

### *Servomotor para la regulación del alcance luminoso*

Cada faro es debidamente controlado por su unidad de control, que en función de las señales de conexión de los mandos de luces controla el bloque de encendido (transformador de alta tensión). Para establecer el arco voltaico, la lámpara de xenón precisa un impulso de tensión de miles de voltios (12-20 kV) que es proporcionado por la reactancia. El proceso de encendido sigue las fases siguientes:

- El encendido se realiza por medio de un impulso de alta tensión durante algunos milisegundos.

- Establecido el arco, se le hace funcionar durante unos segundos (tres segundos) con una corriente de mayor intensidad de 6 a 7 A, con un consumo aproximado de 75 W, hasta alcanzar su claridad máxima, con lo que aparece un retardo, lo que obliga a equipar los faros con lámparas halógenas para la luz de carretera y ráfagas.
- Una vez alcanzada su claridad máxima, funciona con una potencia menor de 35 W de modo continuo. La reactancia estabiliza el arco, regulando la alimentación de la lámpara.

### *Faros bi-xenón*

Estos faros consiguen producir la luz de carretera y la luz de cruce con una sola lámpara de xenón, al cual se le dota de un par de funciones más. Al accionar el conmutador de luces bajas/luces altas, un actuador pone en dos posiciones diferentes la lámpara de xenón respecto al reflector, con lo cual obtendremos dos haces de luz con inclinaciones diferentes; uno correspondería a la luz alta y el otro a la baja. Junto con el actuador de la lámpara trabaja una pantalla-obturador electromagnética que se encarga de variar el límite claro-oscuro del haz luminoso, cubriendo parte de la luz generada en la posición de luz de cruce y dejando pasar la totalidad de la luz en la posición de carretera.

Dado que las lámparas de descarga de gas no pueden realizar la función de apagado/encendido rápidamente, los faros incorporan adicionalmente una lámpara halógena (H7) para realizar la función de ráfagas, la cual también se enciende al conectar la luz de carretera.

# **OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO**

**OBJETIVO GENERAL:** Determinar la distancia máxima a la cual se puede observar un peatón con ropa clara y un peatón con ropa oscura desde un automóvil equipado con luces de tungsteno de fábrica y el mismo automóvil equipado con luces de xenón.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Determinar las condiciones de la vía en donde se realizará la experimentación, teniendo en cuenta la infraestructura y la iluminación de la misma.
- Determinar la agudeza visual de los conductores de acuerdo a los parámetros normales establecidos por el Ministerio de Seguridad de Mendoza.

# **METODOLOGÍA**

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 TIPO DE ESTUDIO O DISEÑO**

La técnica o táctica de investigación utilizada en este estudio, es de tipo *descriptiva y experimental*.

En esta experimentación se manipularon dos de las variables (independientes) para observar los resultados en la otra (variable dependiente).

Las variables independientes son:

- La luz del automóvil compuesta por dos variables:
  1. Lámpara de tungsteno
  2. Lámpara de xenón
- La ropa del peatón compuesta por dos variables:
  3. Ropa Clara
  4. Ropa Oscura

Y la variable dependiente es: si el conductor visualiza o no al peatón.

### **4.2 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

#### **Definición de la unidad de análisis**

La unidad de análisis está compuesta por personas que presenten las siguientes características:

- *Conductores con edades entre los 18 y 60 años.*

- *Con un alcance visual mayor o igual a 7/7 con y sin corrección.*
- *Sin ningún tipo de deficiencia visual.*

## **Selección de la población**

### Definición y dimensión de la población o universo

Nuestra población está compuesta por todos los conductores de la ciudad de Mendoza que reúnan las características antes mencionadas.

## **Selección de la muestra**

### Categorización de la muestra.

Utilizaremos una muestra no probabilística, siendo el procedimiento de selección de tipo informal y arbitrario.

Mediante el sistema Vial Trans, en el gabinete médico de la sede Luján de Cuyo del Ministerio de Seguridad, Sistema Licencias de conducir, se midió la agudeza visual de los conductores arrojando todos datos mayores a 7/7.

### Tamaño de la muestra.

El tamaño de la muestra estará constituido por 30 conductores hombres y mujeres.

## **Características del automóvil**

VOLKSWAGEN VOYAGE 1.6 comtfortline modelo 2009. (*Imagen N°1*)

*Faros originales:* cristal difusor de vidrio tallado con líneas verticales, reflector de superficie compleja (multifocal) y lámpara halógena H7 (55/60W).

*Faros Descarga de Alta Intensidad:* se colocó un KIT H7 (luces bajas) marca "Shenzhenshi Simon" de 8000K. (*Imagen N°2 y N°3*)



**Imagen N°1:** Vista lateral del automóvil Volkswagen Voyage utilizado en el estudio



**Imagen N°2:** Caja de kit de xenón H7



Imagen N°3: Kit de xenón H7 utilizado en los ensayos

### Características de los peatones

*Peatón ropa clara:* buzo de polar marca “Athletic” color gris perla, pantalón de jeans marca “Insomnio” color celeste claro (tipo gastado) y zapatillas de lona tipo deportivas marca “Asics” color azul y gris perla.

*Peatón ropa oscura:* campera de polar color negro marca “Cocci”, pantalón de jogging marca “Adidas” color negro y zapatillas de lona tipo deportivas marca “Adidas” color negro.

### Características del entorno y de la calzada

Lugar	Ciudad de Mendoza
Ubicación	Ruta provincial n°52 km 4.8 departamento de Las Heras, (camino a Villavicencio)
Calzada	Cinta asfáltica seca, recta, con demarcaciones horizontales y sin demarcaciones verticales. Banquina

	de tierra.
Iluminación	Sin ningún tipo de luminaria artificial.
Condiciones Climáticas	Despejado, buen tiempo, sin viento. Temperatura promedio de 9°C. Humedad de 53%.
Luminosidad	Noche con luna cuarto menguante.



**Imagen N°4:** Vista perpendicular de la calzada

#### **4.3 INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE EVALUACIÓN**

##### Instrumentos de evaluación:

- *Equipamiento:* para la medición de las distancias se utilizó una cinta métrica de 5m, la recolección de datos se llevó a cabo mediante una tabla donde se plasmó manualmente la información obtenida de los conductores.

- *Preparación experimental:* se mide, a partir del guarda barro delantero del automóvil (colocado longitudinalmente en el carril derecho de la calzada), los primeros 40m, identificando dicha distancia con una marca realizada en la calzada con el guarismo “40”. A partir de allí se midió y colocó una marca horizontal en la calzada cada 5m hasta llegar a los 140m.
- *Extracción de datos:* Los registros proporcionados por los conductores fueron volcados en 4 tablas, (una para luz de tungsteno/peatón ropa clara, una para luz de tungsteno/peatón ropa oscura, una para luz de xenón/peatón ropa clara y una para luz de xenón/peatón ropa oscura), c/u de doble entrada, donde las y las constituyen las unidades de análisis (conductores) y las x las distancias tomadas cada 5m a partir de los 40m.

#### **4.4 PROCEDIMIENTO**

*Obtención de datos:* Lo que intentamos en esta investigación es determinar la distancia máxima en la cual los conductores pueden visualizar al peatón. Para ello comenzamos con el automóvil equipado con luces bajas de tungsteno colocando al peatón de ropa clara a los 40m sobre la banquina derecha. Instruimos a las personas que participan como conductores para que, una vez ubicadas una por una dentro del habitáculo del automóvil, en el lugar izquierdo del mismo (correspondiente al del conductor), nos indiquen si pueden visualizar al peatón (es decir; si pueden diferenciarlo e identificarlo completamente como persona, no como una sombra o como un bulto) si la respuesta es afirmativa, se anota en la tabla respectiva e indicamos al peatón que se coloque a los próximos 5 m alejados del automóvil. Se procede del mismo modo hasta que el conductor nos indique que “no” puede visualizar completamente al peatón. Se repite con los 30 conductores, con ambos peatones y luego con las luces de xenón.

*Características de las pruebas:* Este fenómeno depende de innumerables factores internos al conductor, (que pueden manifestarse en diferente forma), y externos al mismo (relacionados con el medio o lugar donde se produce la acción). Por lo cual si quisiéramos considerar la totalidad de agentes que influyen en la visualización de un obstáculo en la carretera en horas nocturnas, sería una tarea totalmente imposible de realizar con resultados positivos. Esto implica que los

valores que puedan obtenerse de un estudio serán, en mayor o menor grado, diferentes a los que puedan encontrarse en próximos análisis, ya sea que éstos se realicen sobre otro vehículo o en otras circunstancias.

Sin embargo, cada persona puede indicar claramente si visualiza o no a un peatón, lo que nos permiten en forma óptima cuantificar las distancias para cada caso en particular.

En resumen, podríamos afirmar que una persona no detecta igual que otra un obstáculo en la carreta, lo que no quiere decir que esto impida apreciar, dentro de ciertos márgenes de error, distancias promedio en las cuales sería más probable visualizar un peatón con determinadas luces en una calzada sin iluminación artificial y en horas nocturnas.

Y para valorar estos resultados en forma óptima, habrá que adoptar ciertos criterios para lograr que los márgenes de errores sean mínimos, de tal manera que al cuantificar las distancias, éstas no difieran mucho de la realidad.

Es por todo esto que, en función de lograr los objetivos de este estudio, definimos un conjunto de normas que son aplicados a los casos particulares, con el propósito de minimizar los errores que puedan surgir al cotejar los valores obtenidos con otros estudios.

#### Características generales de los ensayos.

1. Los ensayos se realizaron con el vehículo y luces anteriormente descriptos.
2. Se instruyó a cada uno de los conductores para que indicaran cuando no pudieran visualizar al peatón completamente identificándolo como persona, siendo esta una condición subjetiva dependiendo de cada persona.
3. Las distancias fueron tomadas con cinta métrica de precisión a partir del guarda barro delantero.
4. Las condiciones del entorno descriptas anteriormente son de gran importancia en la determinación del experimento.
5. Las características de vestimenta de cada peatón se definieron en base a lo comúnmente utilizado por la mayoría de los usuarios de la vía.
6. En el estudio se utilizaron solo luces bajas debido a la imposibilidad que presentaba el automóvil en instalar el sistema de lámparas de xenón en luces altas.

# **RESULTADOS**

## 5.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

*Codificación de los datos:* como anteriormente comentamos, los datos fueron volcados en tablas, que a continuación se detallan, donde “x” significa que el conductor ve al peatón y “no” significa que el conductor no ve al peatón

Luces Tungsteno/Peatón ropa clara																
Conductor	Distancia en metros															
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
N°1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°17	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°21	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°22	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°23	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°26	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°27	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°28	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°29	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no

**Tabla 1:** Distancias de avistamiento del peatón de ropa clara con luces de tungsteno.

Luces Tungsteno/Peatón ropa oscura																
Conductor	Distancia en metros															
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
N°1	x	x	no	no	no	no	no									
N°2	x	x	no	no	no	no	no									
N°3	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°4	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°5	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°6	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°7	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°8	x	x	no	no	no	no	no									
N°9	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no						
N°10	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°11	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°12	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°13	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°14	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°15	x	x	no	no	no	no	no									
N°16	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°17	x	x	no	no	no	no	no									
N°18	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°19	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°20	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°21	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°22	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°23	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no						
N°24	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°25	x	x	x	no	no	no	no	no								
N°26	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°27	x	x	no	no	no	no	no									
N°28	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°29	x	x	x	x	no	no	no	no	no							
N°30	x	x	x	x	no	no	no	no	no							

**Tabla 2:** Distancias de avistamiento del peatón de ropa oscura con luces de tungsteno.

Luces Xenón/Peatón ropa clara																
Conductor	Distancia en metros															
	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
N°1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no
N°6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no
N°13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°17	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°21	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no
N°22	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°23	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°26	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°27	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no
N°28	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no
N°29	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no
N°30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no

**Tabla 3:** Distancias de avistamiento del peatón de ropa clara con luces de xenón.

Luces Xenón/Peatón ropa oscura																
Conductor	Distancia en metros															
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
N°1	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no	no	no
N°2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°4	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no	no
N°5	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no	no
N°6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°10	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no	no
N°11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°16	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no	no	no
N°17	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°19	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no	no
N°20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°21	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°22	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°23	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no
N°25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°26	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no
N°27	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no	no
N°28	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no
N°29	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no	no	no	no
N°30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	no	no	no	no	no	no

**Tabla 4:** Distancias de avistamiento del peatón de ropa oscura con luces de xenón.

## 5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

- Distribución de Frecuencias

**Distancia máxima en la cual los conductores lograron el avistamiento del peatón de ropa clara con luces de tungsteno.**

Distancia (m)	$f_i$	$f_r$	$f_r\%$
80	2	0.07	7%
85	7	0.23	23%
90	11	0.37	37%
95	7	0.23	23%
100	3	0.10	10%

**Fuente:** datos obtenidos en la experimentación.

**Distancia máxima en la cual los conductores lograron el avistamiento del peatón de ropa oscura con luces de tungsteno.**

Distancia (m)	$f_i$	$f_r$	$f_r\%$
50	6	0.20	20%
55	9	0.30	30%
60	13	0.43	43%
65	2	0.07	7%

**Fuente:** datos obtenidos en la experimentación.

**Distancia máxima en la cual los conductores lograron el avistamiento del peatón de ropa clara con luces de xenón.**

Distancia (m)	$f_i$	$f_r$	$f_r\%$
115	5	0.17	17%
120	9	0.30	30%
125	12	0.40	40%
130	4	0.13	13%

**Fuente:** datos obtenidos en la experimentación.

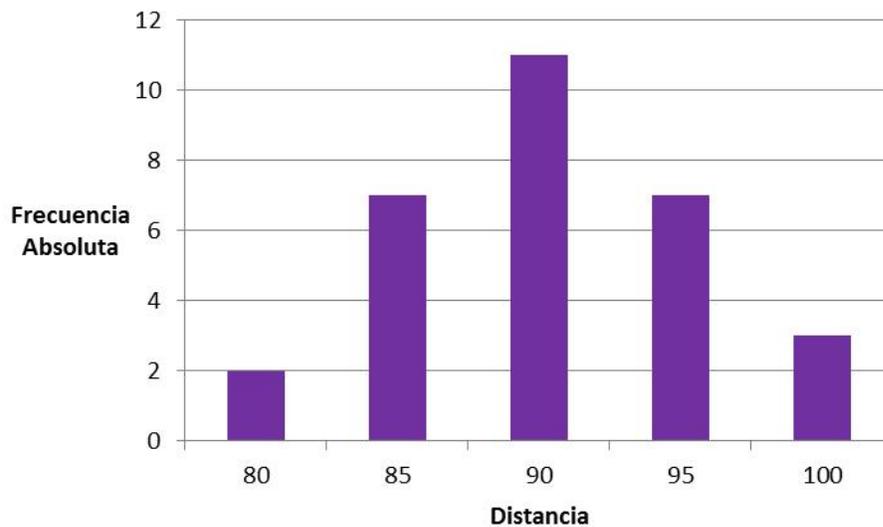
**Distancia máxima en la cual los conductores lograron el avistamiento del peatón de ropa oscura con luces de xenón.**

Distancia (m)	$f_i$	$f_r$	$f_r\%$
75	3	0.10	10%
80	5	0.17	17%
85	8	0.27	27%
90	10	0.33	33%
95	4	0.13	13%

**Fuente:** datos obtenidos en la experimentación.

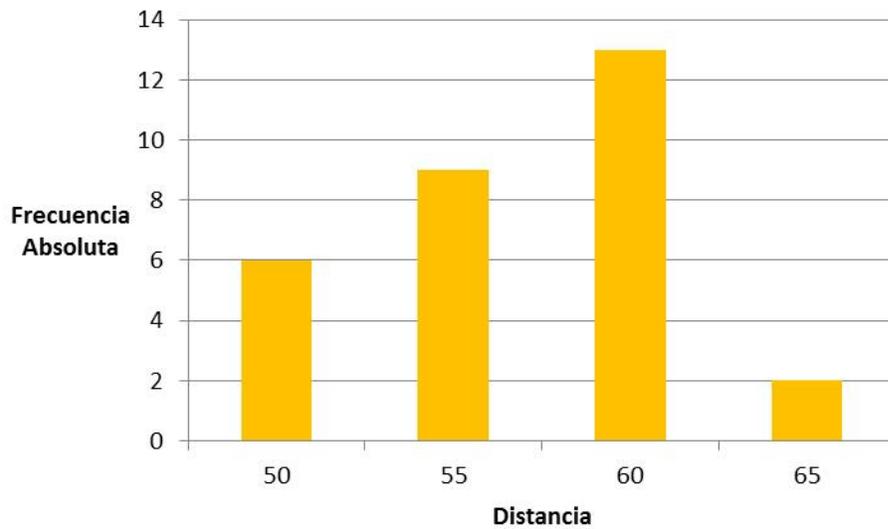
- Representación Gráfica

**Distancia máxima en la cual los conductores lograron el avistamiento del peatón de ropa clara con luces de tungsteno.**



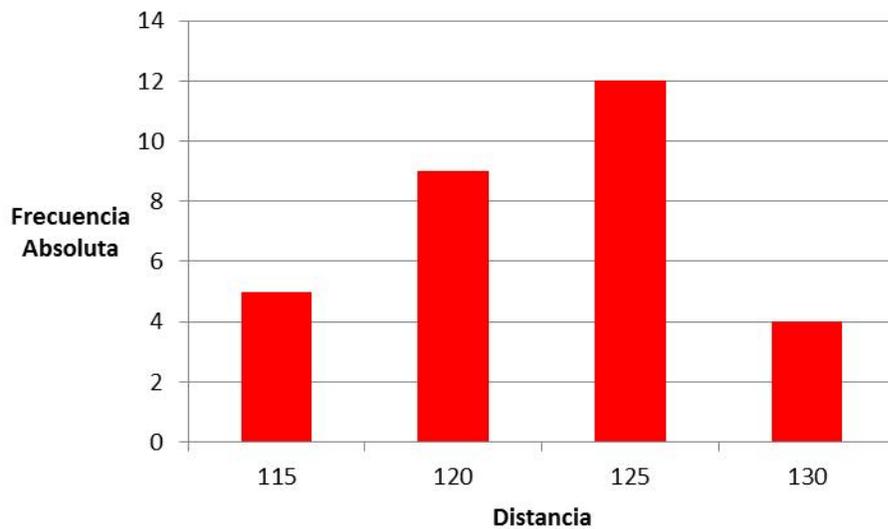
**Fuente:** datos obtenidos en la experimentación.

**Distancia máxima en la cual los conductores lograron el avistamiento del peatón de ropa oscura con luces de tungsteno.**



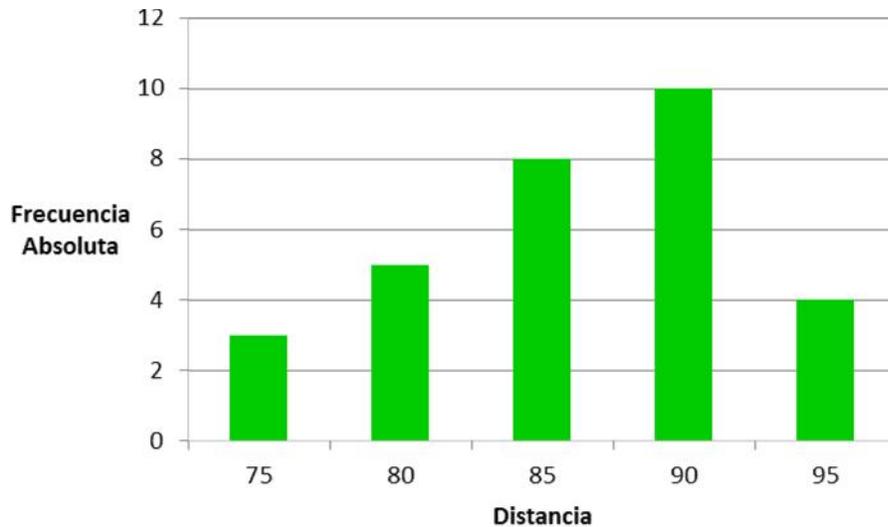
**Fuente:** datos obtenidos en la experimentación.

**Distancia máxima en la cual los conductores lograron el avistamiento del peatón de ropa clara con luces de xenón.**



**Fuente:** datos obtenidos en la experimentación.

**Distancia máxima en la cual los conductores lograron el avistamiento del peatón de ropa oscura con luces de xenón.**



**Fuente:** datos obtenidos en la experimentación.

- Medidas de Tendencia Central y Variabilidad

### **Distancia Máxima con Luces de Tungsteno - Peatón de Ropa Clara**

Medidas de tendencia central:

El tamaño de muestra (**n**) = 30

**Media:** la longitud promedio de las distancias observadas por los conductores es de 90 m

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = 90$$

**Mediana:** La mitad de las distancias son menores o iguales que 90 m y la otra mitad son mayores o iguales que 90 m.

$$Me = \frac{x\left(\frac{n}{2}\right) + x\left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2} = 90$$

**Moda:** la distancia que más se repite es 90 m.

Medidas de variabilidad:

La **observación máxima** es de 100 m mientras que la **mínima** es de 80 m.

**Rango:** la diferencia entre el mayor y el menor valor observado es de 20 m.

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

$$R = 100 - 80 = 20$$

**Varianza:** los datos presentan una varianza de 29.3

$$S^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1} = 29.3$$

**Desviación estándar:** los datos se desvían con respecto a la media (90 m), en promedio, 5.4 m.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}} = 5.4$$

**Coefficiente de variación:** la desviación estándar de la muestra representa el 6% de la media.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% = 6\%$$

**Distancia Máxima con Luces de Tungsteno - Peatón de Ropa Oscura**

Medidas de tendencia central:

El tamaño de muestra (**n**) = 30

**Media:** la longitud promedio de las distancias observadas por los conductores es de 57 m

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = 57$$

**Mediana:** La mitad de las distancias son menores o iguales que 57.5 m y la otra mitad son mayores o iguales que 57.5 m.

$$Me = \frac{x\left(\frac{n}{2}\right) + x\left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2} = 57.5$$

**Moda:** la distancia que más se repite es 60 m.

Medidas de variabilidad:

La **observación máxima** es de 65 m mientras que la **mínima** es de 50 m.

**Rango:** la diferencia entre el mayor y el menor valor observado es de 15 m.

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

$$R = 65 - 50 = 15$$

**Varianza:** los datos presentan una varianza de 19.8

$$S^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1} = 19.8$$

**Desviación estándar:** los datos se desvían con respecto a la media (57 m), en promedio, 4.4 m.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}} = 4.4$$

**Coefficiente de variación:** la desviación estándar de la muestra representa el 7.7% de la media.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% = 7.7\%$$

## Distancia Máxima con Luces de Xenón - Peatón de Ropa Clara

### Medidas de tendencia central:

El tamaño de muestra (**n**) = 30

**Media:** la longitud promedio de las distancias observadas por los conductores es de 122.5 m

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = 122.5$$

**Mediana:** La mitad de las distancias son menores o iguales que 125 m y la otra mitad son mayores o iguales que 125 m.

$$Me = \frac{x\left(\frac{n}{2}\right) + x\left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2} = 125$$

**Moda:** la distancia que más se repite es 125 m.

### Medidas de variabilidad:

La **observación máxima** es de 130 m y la **mínima** es de 115 m.

**Rango:** la diferencia entre el mayor y el menor valor observado es de 15 m.

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

$$R = 130 - 115 = 15$$

**Varianza:** los datos presentan una varianza de 22

$$S^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1} = 22$$

**Desviación estándar:** los datos se desvían con respecto a la media (122.5 m), en promedio, 4.7 m.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n - 1}} = 4.7$$

**Coefficiente de variación:** la desviación estándar de la muestra representa el 3.8% de la media.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\% = 3.8\%$$

### **Distancia Máxima con Luces de Xenón - Peatón de Ropa Oscura**

Medidas de tendencia central:

El tamaño de muestra (**n**) = 30

**Media:** la longitud promedio de las distancias observadas por los conductores es de 86 m

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = 86$$

**Mediana:** La mitad de las distancias son menores o iguales que 85 m y la otra mitad son mayores o iguales que 85 m.

$$Me = \frac{x\left(\frac{n}{2}\right) + x\left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2} = 85$$

**Moda:** la distancia que más se repite es 90 m.

Medidas de variabilidad:

La **observación máxima** es de 95 m mientras que la **mínima** es de 75 m.

**Rango:** la diferencia entre el mayor y el menor valor observado es de 20 m.

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

$$R = 95 - 75 = 20$$

**Varianza:** los datos presentan una varianza de 35.7

$$S^2 = \frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1} = 35.7$$

**Desviación estándar:** los datos se desvían con respecto a la media (86 m), en promedio, 6 m.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} = 6$$

**Coefficiente de variación:** la desviación estándar de la muestra representa el 7% de la media.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% = 7\%$$

Cuadro comparativo de medidas de tendencia central y medidas de variabilidad de las distancias máximas de avistamiento del peatón

	Media	Mediana	Moda	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
Luces Tungsteno- Ropa Clara	90	90	90	29.3	5.4	6%
Luces Tungsteno- Ropa Oscura	57	57.5	60	19.8	4.4	7.7%
Luces Xenón- Ropa Clara	122.5	125	125	22	4.7	3.8%
Luces Xenón- Ropa Oscura	86	85	90	35.7	6	7%

# **DISCUSIÓN**

El objetivo general de este trabajo era determinar la distancia máxima a la cual se puede observar un peatón con ropa clara y un peatón con ropa oscura desde un automóvil equipado con luces de tungsteno y con luces de xenón.

En las determinaciones se hallaron las siguientes diferencias:

- La mayoría de los conductores lograron ver al peatón de ropa clara a una distancia máxima de 90 m con luces de tungsteno y a una distancia máxima de 125 con luces de xenón. Estos datos reflejan una diferencia de 35 m de distancia entre cada sistema, teniendo las luces de xenón aproximadamente un 39% más de alcance luminoso que las luces de tungsteno.
- En cuanto al peatón de ropa oscura, la mayoría de los conductores lograron visualizarlo a una distancia máxima de 60 m con luces de tungsteno y a una distancia máxima de 90 m con luces de xenón, encontrándose entonces con una diferencia de 30 m entre uno y otro sistema, siendo las luces de xenón las que presentan mayor alcance luminoso con un 33% por sobre las convencionales.
- Si ahora comparamos las distancias máximas observadas con luces de tungsteno del peatón con ropa clara y el peatón con ropa oscura, observamos que, para el primer caso, la mayoría de los conductores pudieron visualizarlo a los 90 m, y en el segundo a los 60 m. Existiendo de este modo una disminución del 33% en la distancia de avistamiento del peatón con ropa oscura en comparación con el de ropa clara.
- En la determinación con luces de xenón, la mayoría de los conductores lograron ver al peatón de ropa clara a una distancia de 125 m y al peatón de ropa oscura a una distancia de 90 m. Dichos datos reflejan una disminución de la distancia máxima de avistamiento del peatón con ropa oscura del 28% con respecto a la distancia del peatón con ropa clara.

En base a esto se infiere que el sistema de iluminación con lámparas de xenón utilizado en la experiencia posee, aproximadamente en una proporción del 33 al 39%, mayor alcance luminoso nocturno que el sistema de iluminación con lámparas de tungsteno de fábrica usado en el estudio.

En cuanto a la vestimenta del peatón, es más visible de noche, en la carretera, y con las características de entorno y calzadas anteriormente descriptas, tanto con las luces de tungsteno como con las luces de xenón

utilizadas en la experiencia, el peatón de ropa clara, en un 28 al 33%, en comparación con el peatón de ropa oscura.

Este trabajo se realizó dejando de lado distintas variables y abre la puerta para nuevos interrogantes que podrían usarse para realizar futuras investigaciones y de ese modo ampliar la información actual o bien descubrir nuevos acontecimientos, como ser:

- Realizar las mismas pruebas con otro vehículo, de otra marca o modelo, para comprobar si se presentan los mismos datos que en esta tesina;
- Realizar los ensayos con un vehículo que posea faros de xenón de fábrica, para observar si existen diferencias en el alcance nocturno con las lámparas de xenón no originales del vehículo;
- Variar la vestimenta del peatón para observar que efectos produce;
- Realizar las determinaciones con las luces altas del vehículo.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## PRINCIPAL

ACADEMIA DE TRÁFICO DE LA GUARDIA CIVIL. 1991. *Investigación de accidentes de tráfico*. España: Ediciones Dirección General de Tráfico.

GIL MARTÍNEZ, Hermógenes. 2002. *Circuitos Eléctricos en el Automóvil*. Barcelona: CEAC.

IRURETA, Víctor A. 2003. *Accidentología Vial y Pericia*. Buenos Aires. Ediciones La Rocca.

NISINI, Gino. 1990. *Compendio Di infortunística*. Italia. Piacenza: La Tribuna.

ORTIZ, Pedro. 1999. *Introducción a la Medicina Clínica III. El Examen Neurológico Integral*. Lima. Editorial Fondo.

SERRANO, Evaristo. 2006. *Circuitos Eléctricos Auxiliares de Vehículo*. Madrid. Editorial Editex.

TABASSO, Carlos. 1999. *Fundamentos del Tránsito: Jurídicos, Técnicos y Accidentológicos*. Volumen I y II. Buenos Aires. Editorial La Rocca.

Lippstadt. (2009, Diciembre). *Nuevos tests demuestran que los faros de xenón proporcionan mucho más seguridad al conducir de noche*. Archivo de Prensa. Obtenido el 12 de junio de 2011 desde [http://www.hellapress.com/search\\_detail.php?text\\_id=820&archiv=1&language=s&newdir=spa](http://www.hellapress.com/search_detail.php?text_id=820&archiv=1&language=s&newdir=spa)

## COMPLEMENTARIA

AGUEDA, Eduardo; GRACIA, Joaquín y NAVARRO, José (2010). *Carrocería. Elementos Amovibles*. Madrid. Editorial Paraninfo.

GUZMÁN, Carlos (1997). *Manual de Criminalística*. Bs. As. Argentina: Ediciones La Rocca.

OLSON, (1992, abril). Problemas de Visibilidad en la Conducción. *Revista Carreteras*, 23-24.

DERRICKSON B. y TORTORA G. 1998. *Principios de Anatomía y Fisiología*. Buenos Aires. Editorial Panamericana.

Ley de Tránsito de la Provincia de Mendoza N° 6.082/93. Modificada por: Ley N° 6235/95 y N° 6343/95, Mendoza, Argentina, 2005.

MANUAL DEL CONDUCTOR DE MENDOZA- Gobierno de Mendoza, Ministerio de Justicia y Seguridad, Subsecretaría de Seguridad, Dirección de Seguridad Vial.

National Highway Traffic Safety Administration, (NHTSA). USA. 2004.  
<http://www.nhtsa.dot.gov>