



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

TRABAJO FINAL DE GRADO

ESTUDIO DEL ESTADO DE LA VISIÓN DE UNA MUESTRA DE CONDUCTORES

CARLOS PITARCH RUIZ

**DIRECTORS: AURORA TORRENTS GÓMEZ
I MIQUEL RALLÓ CAPDEVILA**

DATA DE LECTURA: 26/01/2017



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El/s Sr./Srs. Miquel Ralló i Aurora Torrents, com a tutor/s i director/s del treball,

CERTIFICA/CERTIFIQUEN

Que el Sr. CARLOS PITARCH RUIZ ha realitzat sota la seva supervisió el treball ESTUDIO DEL ESTADO DE LA VISIÓN DE UNA MUESTRA DE CONDUCTORES que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo/em aquest certificat.

Sr Miquel Ralló Capdevila

Sra Aurora Torrents Gómez

Director del TFM

Directora del TFM

Terrassa, 26 de Gener de 2017



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

ESTUDIO DEL ESTADO DE LA VISIÓN DE UNA MUESTRA DE CONDUCTORES

RESUMEN

Este trabajo de final de grado sigue la línea del estudio “Estudio de la visión de los conductores y conductoras que visitaron el salón del RACC del automóvil 2015” realizado en la Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Politécnica de Cataluña el pasado enero de 2015.

Los objetivos principales de nuestro estudio son:

1. Evaluar el estado de la visión actual de los conductores españoles.
2. Analizar si el estado de visión actual de los conductores es apto para obtener o prorrogar un permiso de conducir.
3. Comprobar si la normativa actual es adecuada para evaluar la capacidad visual en los conductores.
4. Recomendar nuevos criterios o modificaciones en la normativa actual.

Los datos se han obtenido con el instrumento “Control Vision Optec 5.000 P-G” para un total de 400 personas voluntarias. El 100% de la muestra eran mayores de edad y con algún permiso de conducir válido en el Estado Español. Las pruebas se realizaron en distintos eventos donde aprovechábamos en la mayoría de ellos la participación de la RACC para aumentar el número de voluntarios. La toma de medidas en los diferentes eventos tuvo lugar en Barcelona, Montmeló y Terrassa del 4 de diciembre del 2015 al 31 de marzo del 2016. En dichas pruebas primeramente realizaba una anamnesis (edad, sexo, antigüedad del carné de conducir, etc.) y seguidamente se evaluaban varias capacidades visuales (agudeza visual, campo visual, estereopsis, etc.).

Los datos recogidos se han analizado mediante el programa estadístico MiniTab. El análisis se ha basado en la descripción de la distribución de cada una de las variables, así como de la distribución conjunta de algunos pares de variables relevantes para averiguar los posibles efectos de causalidad entre ellas, además de las representaciones gráficas correspondientes para mostrar de manera más clara estas relaciones entre factores.

Las principales conclusiones en relación a los objetivos fijados han sido las siguientes:

- Un 16,3% de la población adulta actual no sería considerada apta para renovar el permiso de conducción (ni para obtenerlo en un primer lugar).
- Se ha puesto de manifiesto que se tendría que revisar y actualizar la normativa actual, así como los exámenes visuales relacionados con la renovación u obtención del carné de conducir.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ESTUDI DE L'ESTAT DE LA VISIÓ D'UNA MOSTRA DE CONDUCTORS

RESUM

Aquest treball de final de grau segueix la línia de l'estudi "Estudio de la visión de los conductores y conductoras que visitaron el salón del RACC del automóvil 2015" realitzat en la Facultat d'Òptica i Optometria de la Universitat Politècnica de Catalunya el passat gener de 2015.

Els objectius principals del nostre estudi són:

1. Avaluar l'estat de la visió actual dels conductors espanyols.
2. Analitzar si l'estat de visió actual dels conductors és apte per obtenir o prorrogar un permís de conduir.
3. Comprovar si la normativa actual és adequada per avaluar la capacitat visual en els conductors.
4. Recomanar nous criteris o modificacions en la normativa actual.

Les dades es van obtenir amb el instrument "Control Vision Optec 5.000 P-G" a un total de 400 persones voluntàries. El 100% de la mostra eren adults i amb un permís de conduir vàlid a l'Estat Espanyol. Les proves es van realitzar en diferents esdeveniments on vam aprofitar en la majoria d'ells la participació de la RACC per augmentar el nombre de voluntaris. Les proves realitzades en els diferents esdeveniments van tenir lloc a Barcelona, Montmeló i Tarrassa, del 4 de desembre del 2015 fins el 31 de març del 2016. En aquestes proves primerament es realitzava una anamnesi (edat, sexe, antiguitat del carnet de conduir, etc.) i seguidament es van avaluar varies capacitats visuals (agudesa visual, camp visual, estereopsis, etc.).

Les dades recollides, s'han analitzat mitjançant el programa estadístic MiniTab. L'anàlisi s'ha basat en la descripció de la distribució de cada una de les variables, així com de la distribució conjunta d'algunes parelles de variables rellevants per descobrir els possibles efectes de causalitat entre ells, a més de les representacions gràfiques corresponents per mostrar d'una manera més clara aquestes relacions entre factors.

Les principals conclusions en relació als objectius fixats han sigut les següents:

- Un 16,3% de la població adulta actual no seria considerada apta per renovar el permís de conduir (ni per obtenir-lo en un primer lloc).
- S'ha posat de manifest que s'hauria de revisar i actualitzar la normativa actual, així com els exàmens visuals relacionats amb la renovació u obtenció del carnet de conduir.



DEGREE IN OPTICS AND OPTOMETRICS

STUDY OF THE EYE SIGHT OF A SAMPLE OF DRIVERS

SUMMARY

This final project is based on the study “Estudio de la visión de los conductores y conductoras que visitaron el salón del automóvil de la RACC en 2015”. The study was created in January 2015 in the Faculty of Optics and Optometry from Universidad Politécnica de Cataluña, using and analyzing real data from actual drivers.

The main objectives of our study are:

1. Assess the state of vision of Spanish drivers.
2. Analyze if the current eye sight of Spanish drivers is suitable for obtaining or extending a driver's license.
3. Prove if the current regulations are appropriate to assess the visual ability of drivers.
4. Recommend new criteria or modifications in the current regulations.

With the machine “Control Vision Optec 5.000 P-G” I obtained a sample of 400 volunteers. I biased my sample so that all the individuals analyzed were of legal age and had a valid driver's license in Spain. The tests were fulfilled in different events where the RACC institution was involved, taking advantage of this to increase the size of the sample. These events took place in Barcelona, Montmeló and Terrassa, between December 4th of 2015 and March 31st of 2016. For undertaking the tests, I first did an anamnesis of the individuals (age, gender, the driver's license issue date, etc.) and next I evaluated some visual abilities (visual acuity, visual field, stereopsis, etc).

The data collected were analyzed using the statistical program MiniTab. The analysis was based on the description of the distribution of each of the variables, as well as on the joint distribution of some pairs of relevant variables to find out the possible causal effects between them, in addition to the corresponding graphical representations to show in a clearer way these relationships between factors.

The main conclusions obtained regarding the objectives that were set initially have been:

- A 16.3 % of the actual drivers are not competent enough to renew their driver's license (neither to obtain it in the first place).
- I've made clear that current regulations should be revised and/or updated, as well as the visual tests required to obtain/renew the driver's license.

SUMMARY: “STUDY OF THE EYE SIGHT OF A SAMPLE OF DRIVERS”

• BACKGROUND

This final project of degree follows the same line of the study “Study of the vision of the drivers who visited the hall of the RACC of the automobile 2015” created in the Faculty of Optic and Optometry of the Universitat Politècnica de Catalunya last January of 2015. The association Visión y Vida commissioned this study to the Faculty of Optic and Optometry to know the current state of vision of drivers in Spain, with the aim of improving road safety and reducing traffic accidents.

In this study, 189 people were examined with the instrument Optec 5000 PG (Stereo Optical). The tests began with a questionnaire about questions of age, sex, number of accidents, etc. Next, some visual abilities such as mono and binocular distant visual acuity, color vision, glare, etc. were evaluated.

One of the main objectives of the study was to inform society about the state of the eye sight of drivers and to recommend to public administrations that they review the visual examinations used to obtain or renew the license’s driving, demonstrating that there were capacities that were not considered and that are relevant while driving. It was also stressed that stricter regulations were required to avoid risking the lives of drivers and the road users.

One of the main conclusions of this study was that 42,3% of the drivers in Spain have at least on visual anomaly that incapacitated them to drive safely. The study emphasized the importance of having an optimal vision to prevent accidents related to the sense of sight.

Driving requires different abilities, including sensory ability, mental ability, motor ability and cognitive system. Among sensory systems, vision plays a key role, as the driver receives approximately 90% of the information required to drive through vision. For this reason, a vision disorder impedes proper perception of the stimulus, cognitive processing, and appropriate decision making to ensure road safety.

• INTRODUCTION

Our final grade work follows the line of the mentioned study and is based on new data that will be analyzed in this new work. These data were obtained between December 4, 2015 and March 31, 2016 attending different events that took place in Barcelona, Montmeló and Terrassa. These events are as follows:

- AutoRetro Barcelona Motor Show. Montjuic Exhibition Center, Barcelona (4-7 December 2015)
- RACC Montmeló walking race. Circuit of Montmeló (13 December 2015)
- Wellness Week RACC. Headquarters RACC, Av. Diagonal 687, Barcelona (April 4, 6 and 8, 2016).
- Faculty of Optics and Optometry. Polytechnic University of Catalonia, Terrassa (30-31 March 2016)

The same instrument used in the 2015 study was used: Control Vision OPTEC 5000 PG, which evaluated the visual abilities considered relevant when driving. A total of 400 volunteers participated in the study, responding first to an anamnesis (sex, age, number of accidents, etc.) followed by the examination of the visual abilities we considered.

The questions asked in the anamnesis are the following:

- Age
- Sex
- Type of optical compensation
- Age of driver's license
- Number of accidents in the last 5 years
- Number of serious accidents in your life (1 night of hospitalization or more)

The parameters assessed in the examination were as follows:

- Visual acuity from far (day and night) mono and binocular.
- Stereopsis
- Color vision
- Glare
- Visual field

In order to have everything prepared for the events, a series of previous steps have been necessary:

1. Talk to RACC about the organization of the booth, space and time for the tests.
2. Collection of the instrument OPTEC from the laboratory LEP and learning how to operate it.
3. Organization with the association Visión y Vida about when and in what events to participate in order to get a greater number of participants in the study.

● OBJECTIVES

The main objectives of this study are:

1. Evaluate the state of the current eye sight of Spanish drivers.
2. Analyze if the current eye sight of drivers is suitable to obtain or renew a driving license.
3. Check if the current regulations are adequate to assess the visual ability of drivers.
4. Recommend new criteria or modifications in the current regulations.

This final grade of degree is really looking to highlight the need to revise the current regulations all that is related to the measurement of visual abilities when obtaining or renewing a driving license. This work will also name the current regulations in force and on which points should be improved.

• METHODOLOGY

The instrument used was Control Vision Optec 5000 PG, which examined 400 volunteers between the months of December 2015 and March 2016. As mentioned, the data collection took place in different events in which Visión y Vida collaborated and RACC, so that we could increase the total number of volunteers.

First, they were given an anamnesis and then the assessment of the visual capabilities mentioned above. After the collection of parameters, both personal and visual, have been analyzed by the statistical program MiniTab each of the variables individually, as well as the relationships between relevant pairs of variables, using the chi-square test. The description of the relationship between each pair of analyzed variables was made through its graphic representation to show more clearly these relations between factors.

• RESULTS

In the first half of the test, the data of the anamnesis performed to the subjects under study:

- Age: the ages were classified into four groups: under 25 years, from 26 to 45, from 46 to 65 and over 66, the last group being the minority in participation.
- Gender: 58,5% of the volunteers were men and the remaining 41,5% were women.
- Optical compensation type: deals with the distribution of usual optical neutralization types lead to when driving. Only three different options were indicated: the use of corrective lenses (glasses), use of contact lenses or any type of correction. 61.8% had no optical compensation, 33% had glasses and the remaining 5.3% wore contact lenses.
- Driving license age: they were classified in six different groups: less than 5 years with driving license, 6 to 10, 11 to 20, 21 to 30, 31 to 40 and more than 41 years. The group with the most participation in the study was the less than 5 years old with a traffic license.
- Number of accidents in the last 5 years: the result was that 89% of drivers surveyed had not had any type of accident.
- Number of serious accidents: the result was that at least 10% of the drivers surveyed had had at least 1 serious accident (1 night of hospitalization or more) throughout their life as a driver.

Next, the visual parameters of the study subjects were analyzed:

- Visual acuity: binocular visual acuity was measured in diurnal conditions, giving a mean of 3.75% of people with visual acuity less than or equal to 0.6.
- Visual acuity in mesopic conditions: simulating a visual acuity in night conditions, resulted in 1 in 4 people having a visual acuity equal to or greater than 1.
- Stereopsis: Depth perception showed that 4.25% of drivers analyzed had 400 "of stereopsis or none.

- Glare: simulating a glare of the sun or the lights of other cars, 10.25% of people were dazzled when doing the simulation.
- Color vision: 3.3% of subjects suffered from some type of color abnormality (without being able to specify which).
- Visual field: only 97.7% of the people studied had a visual field within the normal range (without considering that the OPTEC 5000 PG instrument cannot analyze or discover local scotomas).

● CONCLUSIONS

The main conclusions of this study are the following:

- It has been proven that 16.3% of the current adult population has a visual anomaly that prevents them from driving in a 100% optimum and safe way.
- The need for an update of the current legislation on the visual capabilities necessary to obtain or renew a driving license, such as visual field or glare, has become evident. They also require a modification of the rigor and methods of measurement of visual examinations to renew or obtain a driving license.

● RECOMMENDATIONS

We make the following recommendations to try to improve the current legislation on visual abilities used to obtain or renew a driving license:

- Visual field: specify the cut-off values in this visual parameter.
- Glare: measurement and specification of the cut-off value of this visual parameter.
- Advanced age: increase the frequency of revisions of 5 years (according to current regulations) to 2-3 years.
- Increase the rigor in the visual exams used to obtain renew the driving license.

Índice

1. Introducción.....	11
1.1. Capacidades visuales que afectan a la conducción	11
○ Agudeza visual	11
○ Estereopsis	12
○ Deslumbramiento.....	12
○ Campo visual	12
1.2. Anomalías de la visión binocular que afectan a la conducción	13
○ Estrabismo	13
○ Diplopía	13
○ Ambliopía	13
○ Glaucoma.....	14
○ DMAE.....	14
○ Cataratas	14
○ Daltonismo	15
○ Nistagmus.....	15
1.3. Normativa vigente	15
1.4. Visión y edad.....	19
1.5. Visión nocturna.....	20
2. Objetivos.....	20
3. Metodología.....	21
○ Participantes.....	21
○ Material utilizado.....	21
○ Parámetros analizados	21
○ Procedimiento	22
○ Análisis de datos	23
4. Resultados.....	24
4.1. Resultados obtenidos en el cuestionario	24
4.2. Resultados obtenidos en las capacidades visuales	29
4.3. Valoración de la presencia de anomalías visuales.....	37
5. Conclusiones	40
6. Recomendaciones y propuestas.....	42
7. Bibliografía	43
8. Agradecimientos	45

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2015 fallecieron 1689 personas por accidentes de tráfico en España y 9495 fueron hospitalizadas por gravedad, según datos de la DGT (Tablas estadísticas de la DGT). Son datos que exigen un replanteamiento de la seguridad vial en este país y por ello se debe realizar un estudio sobre las causas que provocan los accidentes en la conducción que ocurren en las carreteras españolas. Ya que aproximadamente el 90% de información que llega a nuestro cerebro a la hora de la conducción es a través del sentido de la vista, es esencial conocer el estado visual de los conductores españoles actualmente.

Este trabajo fundamentalmente consta de dos partes. Un primer apartado en el que se definen las capacidades visuales relacionadas en el acto de la conducción, ligado a los mínimos necesarios legalmente para poder conducir. Por otro lado, se ha realizado un estudio de campo en una muestra de 400 conductores españoles adultos en la que se analiza el estado de sus capacidades visuales y si son aptos o no para poder ejercer la conducción.

1.1. Capacidades visuales que afectan a la conducción

Las capacidades visuales que se han considerado en este estudio relacionadas con la conducción son las siguientes:

- Agudeza visual (diurna/nocturna)

La **agudeza visual** (AV) se define como la capacidad que posee el sistema visual para percibir o identificar con nitidez pequeños detalles de un objeto. Queda determinada por el tamaño de letras más pequeñas percibidas en un optotipo calibrado y, como es sabido, el valor de normalidad de la agudeza visual es de 1.

En este estudio relacionado con la conducción se va a tratar la agudeza visual diurna y la nocturna. La agudeza visual diurna se evalúa en condiciones fotópicas (luminancia superior a 10 cd/m^2), mientras que la nocturna se refiere a condiciones escotópicas (luminancia inferior a 10^{-3} cd/m^2) aunque, en el caso de la conducción, interesa más la obtenida en condiciones mesópicas (luminancias entre 10 y 10^{-3} cd/m^2).

Cualquier error refractivo que afecte a la agudeza visual, debe estar neutralizado a la hora de ponerse al volante, ya sea utilizando lentes correctoras, lentes de contacto o cirugía refractiva.

- Estereopsis

La **estereopsis** es la percepción visual binocular del espacio tridimensional basada en la disparidad binocular. Dicha disparidad binocular se trata del ligero desalineamiento de los ejes de fijación, a pesar de existir visión binocular simple y fusión sensorial central (Tàpies M. y Álvarez J.L., 2014).

La agudeza visual estereoscópica o estereoagudeza se refiere a la menor disparidad binocular que puede ser detectada. Teniendo en cuenta estos conceptos, cuanto menor es la disparidad binocular que puede ser detectada, mayor es la estereoagudeza.

- Deslumbramiento

El **deslumbramiento** se define como la pérdida momentánea de la visión producida por una luz o un resplandor muy intensos. Estos deslumbramientos pueden crearse de forma directa, fruto de fuentes luminosas (lámparas o ventanas) que aparecen de forma brusca en el campo visual, o de manera indirecta, por reflejos en superficies de gran reflectancia (especialmente superficies especulares como las de los vidrios o los metales pulidos).

Este fenómeno afecta de modo importante en el momento de la conducción, especialmente en condiciones nocturnas, ya que las pupilas se dilatan y el deslumbramiento es mayor.

El deslumbramiento aumenta con la edad. Según Van den Berg et al (2009), a partir de la medida de la luz dispersa intraocular, concluyen que la reducción del contraste percibido es un 54% superior en sujetos alrededor de 77 años respecto a los sujetos menores de 40.

- Campo visual binocular

El **campo visual** es definido como la región que es vista simultáneamente cuando se mantiene la fijación sobre un objeto determinado, y la cabeza estacionaria (Tàpies M. y Álvarez J.L., 2014). El campo visual del ojo humano se extiende, en el meridiano horizontal, 100° por el lado temporal y 60° por el nasal, y en el meridiano vertical es de 60° hacia el extremo superior y de 70° hacia el inferior.

Según diversos estudios (Coeckelberg et al, 2002; Szlyk et al, 2005), tener un defecto central o periférico en el campo visual tiene como consecuencia una conducción a una velocidad más reducida y una disminución en las habilidades al volante.

1.2. Anomalías de la visión binocular que afectan a la conducción

Las anomalías de la visión binocular que se han considerado en este estudio que pueden afectar al acto de la conducción son las siguientes:

- Estrabismo

El **estrabismo** es un defecto visual en el cual los ojos no están alineados correctamente hacia un estímulo visual y no fijan en la misma dirección, provocando así la imposibilidad de una visión binocular.

En ocasiones, al llegar dos imágenes distintas al cerebro que no pueden fusionarse, se produce una diplopía, es decir una visión doble de un mismo objeto. Sin embargo, en ocasiones el cerebro suprime una de las imágenes para evitar esta visión doble, haciendo que la visión sea monocular.

El estrabismo en la conducción es una anomalía muy determinante ya que puede provocar una visión doble o una reducción del campo visual al suprimir la visión de un ojo, creando un campo visual solamente monocular. Según demuestra Hatt et al (2007), esta anomalía visual afecta negativamente a la visión mientras se conduce, lo que dificulta esta acción y crea más probabilidades de accidentes.

- Diplopía

La **diplopía** es la percepción simultánea de dos imágenes de un mismo estímulo visual.

La etiología de esta anomalía puede variar mucho dependiendo del caso. Puede ser provocada, por ejemplo, por enfermedades y trastornos de los músculos oculares, lesión, inflamación, trastornos circulatorios y tumores en el ojo y el cerebro.

La visión doble hace que sea difícil de ver y analizar los objetos haciendo que sea un factor muy incapacitante a la hora de conducir.

- Ambliopía

La **ambliopía** (también conocida como ojo vago) es una disminución de la agudeza visual en un ojo sin que exista ninguna lesión orgánica que la justifique. Este tipo de defecto en personas jóvenes y niños es posible corregirlo y aumentar la agudeza visual a través de tratamientos correctores, como por ejemplo a través de gafas, lentes de contacto o parches en un ojo. En cambio, si se detecta en una edad más adulta, el tratamiento no acostumbra a ser exitoso a la hora de mejorar la agudeza visual.

Las ambliopías pueden ser monoculares o binoculares. También se clasifican en ambliopías refractivas, causadas por una ausencia de corrección en un ojo con una ametropía, o ambliopías estrábicas (causadas por un estrabismo).

En la mayoría de casos la ambliopía se trata corrigiendo la ametropía con lentes correctoras o lentes de contacto, y en algunos casos de manera controlada mediante la oclusión con parches en el ojo de buena visión.

- Glaucoma

El **glaucoma** es una enfermedad que provoca un daño progresivo en el nervio óptico y esto se traduce en una pérdida en el campo visual.

El hecho de tener una presión intraocular elevada es uno de los principales factores de riesgo para desarrollar la enfermedad, por ello es importante una revisión periódica anual con el oftalmólogo. Otros factores de riesgo comunes son tener una edad mayor a 60, ser de raza negra o asiática, tener miopías altas y padecer diabetes o hipertensión arterial.

Según estudios como el de Diniz-Filho A. (2016) o el de Coeckelberg T.R. (2002), el hecho de poseer esta anomalía puede provocar una conducción a una velocidad más reducida y una disminución en las habilidades al volante. También en casos de niebla crea un aumento en el riesgo de conducción respecto a una persona sana. En definitiva, un aumento en las posibilidades de tener un accidente vial.

- Degeneración macular asociada a la edad

La **degeneración macular asociada a la edad** (DMAE) es un trastorno que afecta la zona central de la retina (la mácula), provocando la muerte de las células maculares.

El síntoma principal de esta enfermedad es una disminución progresiva de la agudeza visual y por lo tanto de las funciones que median la agudeza visual, como la lectura, costura, conducción, etc. Otros síntomas que la acompañan son la aparición de unas manchas en el área central del campo visual que crean imágenes torcidas o deformadas.

El tabaquismo, la edad avanzada, antecedentes familiares de DMAE, un alto nivel de colesterol en la sangre, entre otros, son factores influyentes para desarrollar este trastorno.

- Cataratas

La **catarata** es la pérdida de transparencia parcial o total del cristalino. La catarata causa una visión que se nubla gradualmente, y cuando la luz pasa por esta lente (la cual no es totalmente transparente como debería ser) se enfoca en la retina de manera dispersa y con pérdida de iluminación causando imágenes borrosas o nebulosas.

El tratamiento de esta enfermedad es la cirugía, en la cual se extrae el cristalino opaco y se corrige su poder refractivo introduciendo una lente intraocular.

- Daltonismo

El **daltonismo** es un defecto genético que ocasiona dificultad a la hora de distinguir algunos colores. Es una enfermedad de carácter hereditario ligado al cromosoma X, cuyo hecho hace que disminuya las posibilidades de que una mujer manifieste la enfermedad, habiendo un 0,4% de mujeres que tenga este trastorno respecto al 8% de los hombres.

Hay diferentes tipos, los principales son el dicromatismo, (corresponde al 99% de los casos de daltonismo) donde tienen una disfunción en uno de los tres mecanismos básicos de la detección del color, y la acromatopsia, en el que el individuo no percibe colores, tan solo la escala de grises.

Algunos estudios (Verriest et al, 1980; O'Brien K.A. et al, 2002) concluyen que este trastorno del color no debe impedir la conducción ya que no existe una relación significativa entre la calidad de conducción y la presencia de una anomalía cromática. Sin embargo, para facilitar y ayudar a la seguridad vial de las personas con daltonismo se deberían estandarizar en todos los países del mundo las posiciones de las luces de los semáforos (roja arriba y verde abajo) o en su tamaño (luz roja más grande respecto las otras). España es uno de los países que ya tiene estandarizadas estas posiciones, pero hay países en los que aún no hay una estandarización concreta, debido a que aún utilizan semáforos horizontales o con más de tres luces.

- Nistagmus

El nistagmus es el movimiento involuntario, rápido e incontrolable de los ojos. Normalmente afecta a los dos ojos por igual y la amplitud, velocidad y frecuencia del movimiento dependerá del momento y la persona. El nistagmus puede ser inducido, adquirido o congénito.

1.3. Normativa vial vigente respecto la capacidad visual

Según publica el Boletín Oficial del Estado núm. 279, de 24 de noviembre de 2015, el Real Decreto 1055/2015 (por el que se modifica el Reglamento General de Conductores, aprobado por Real Decreto 818/2009, de 8 de mayo) estipula la normativa relacionada con la conducción de vehículos de motor, permisos de conducción y seguridad vial.

La normativa se divide en dos principales grupos (G1 y G2) en los cuales diferencian los conductores no profesionales de los profesionales. En el grupo 1 se encuentran los permisos de circulación AM, A1, A2, A, B, B + E y LCC, que básicamente cubren los ciclomotores, motocicletas, triciclos de motor y turismos. Por otro lado, en el grupo 2 están los permisos BTP, C1, C1 + E, C, C + E, D1, D1 + E, D, D + E, los cuales cubren camiones, tractores y automóviles autorizados a llevar un remolque.

Los principales criterios de visión a la hora de obtener o prorrogar el permiso o la licencia de conducción ordinarios son los siguientes:

- Agudeza visual: si para alcanzar la agudeza visual requerida es necesaria la utilización de lentes correctoras, deberá expresarse, en el informe de aptitud psicofísica, su uso obligatorio durante la conducción. Se entenderá como visión monocular toda agudeza visual inferior a 0,10 en un ojo, con o sin lentes correctoras, debida a pérdida anatómica o funcional de cualquier etiología.

Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios	
G1 (conductores no profesionales)	G2 (conductores profesionales)
Se debe poseer, si es preciso con lentes correctoras, una agudeza visual binocular de, al menos, 0,5. No se admite la visión monocular.	Se debe poseer, con o sin corrección óptica, una agudeza visual de, al menos, 0,8 y, al menos, 0,1 para el ojo con mejor agudeza y con peor agudeza respectivamente. Si se precisa corrección con gafas, la potencia de éstas no podrá exceder de + 8 dioptrías. No se admite la visión monocular.

- Campo visual

Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios	
G1 (conductores no profesionales)	G2 (conductores profesionales)
Si la visión es binocular, el campo binocular ha de ser normal. En el examen binocular, el campo visual central no ha de presentar escotomas absolutos en puntos correspondientes de ambos ojos ni escotomas relativos significativos en la sensibilidad retiniana. Si la visión es monocular, el campo visual monocular debe ser normal. El campo visual central no ha de presentar escotomas absolutos ni escotomas relativos significativos en la sensibilidad retiniana.	Se debe poseer un campo visual binocular normal. Tras la exploración de cada uno de los campos monoculares, estos no han de presentar reducciones significativas en ninguno de sus meridianos. En el examen monocular, no se admite la presencia de escotomas absolutos ni escotomas relativos significativos en la sensibilidad retiniana. No se admite visión monocular.

- Sensibilidad al contraste

Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios	
G1 (conductores no profesionales)	G2 (conductores profesionales)
No deben existir alteraciones significativas en la capacidad de recuperación al deslumbramiento ni alteraciones de la visión mesópica.	No deben existir alteraciones significativas en la capacidad de recuperación al deslumbramiento ni alteraciones de la visión mesópica.

○ Motilidad del globo ocular

Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios	
G1 (conductores no profesionales)	G2 (conductores profesionales)
<p>Las diplopías impiden la obtención o prorroga.</p> <p>El nistagmus impide la obtención o prórroga cuando no permita alcanzar los niveles de agudeza visual o de campo visual previamente mencionados, cuando sea manifestación de alguna enfermedad de las incluidas en el presente anexo o cuando, a criterio facultativo, origine o pueda originar fatiga visual durante la conducción.</p> <p>No se admiten otros defectos de la visión binocular ni estrabismos que impidan alcanzar los niveles mencionados previamente. Cuando no impidan dichos niveles de capacidad visual el oftalmólogo deberá valorar, principalmente, sus consecuencias sobre la fatiga visual, los defectos refractivos, el campo visual, el grado de estereopsis, la presencia de forias y de tortícolis y la aparición de diplopía, así como la probable evolución del proceso, fijando en consecuencia el período de vigencia.</p>	<p>Las diplopías impiden la obtención o prorroga. El nistagmus impide la obtención o prórroga cuando no permita alcanzar los niveles de agudeza visual o de campo visual previamente mencionados, cuando sea manifestación de alguna enfermedad de las incluidas en el presente anexo o cuando, a criterio facultativo, origine o pueda originar fatiga visual durante la conducción.</p> <p>No se admiten otros defectos de la visión binocular ni los estrabismos.</p>

○ Deterioro agudo de la capacidad visual:

Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios	
G1 (conductores no profesionales)	G2 (conductores profesionales)
<p>Tras una pérdida importante y brusca de visión en un ojo, deberá transcurrir un período de adaptación de 6 meses sin conducir, tras el cual se podrá obtener o renovar el permiso o licencia aportando informe oftalmológico favorable</p>	<p>Tras una pérdida importante y brusca de visión en un ojo, deberá transcurrir un período de adaptación de 6 meses sin conducir, tras el cual se podrá obtener o renovar el permiso o licencia aportando informe oftalmológico favorable</p>

Estos criterios en ocasiones no son cumplidos por algunos conductores, los cuales se les permite circular con algunas restricciones que se les imponen a la hora de renovar u obtener el permiso de conducir. Estas restricciones se suelen poner a personas mayores, pero también a aquellos adultos que no puedan conducir en condiciones cien por cien óptimas.

La mayoría de restricciones son por capacidad visual, siguiéndole por orden la aptitud perceptivo-motora, la capacidad auditiva, enfermedades metabólicas y endocrinas y en ocasiones sistema cardiovascular. Dichas restricciones pueden llegar a tratarse de la obligación del uso de gafas (la más común) o de otros tipos de corrección óptica, hasta en casos de personas mayores la limitación del radio de conducción, por ejemplo, que solo pueda circular 20 kilómetros a la redonda de su lugar de residencia. Otros tipos de restricciones que se suelen señalar es que sólo se permita conducir durante el día, la conducción sin pasajeros o la obligación a conducir con una limitación de velocidad.

Existen muchas restricciones y todas tienen que estar especificadas en el carné de conducir mediante una numeración descrita por el ministerio del Interior (lista de restricciones adjuntada en la bibliografía). En la figura 1.3.1 se observa de qué manera tiene que reflejarse dichas restricciones y la figura 1.3.2 son algunas de las restricciones más comunes utilizadas en la Unión Europea.

	9.	10.	11.	12.
13.	A1	17-06-2008	17-06-2018	
14.	A	17-06-2008	17-06-2018	
	B	17-06-2010	17-06-2018	
	C	24-09-2001	17-06-2018	
	C1			
	C			
	D1			
	D			
	BE			
	C1E			
	CE			
	D1E			
	DE			
	btp			
12. Observaciones				01

Figura 1.3.1: Manera de ilustrar las restricciones en el carné de conducir

Códigos comunes en todos los países de la UE

- 01** Corrección y protección de la visión: Si necesita gafas, lente o lentes de contacto, recubrimiento del ojo, etc.
- 02** Prótesis auditiva / ayuda a la comunicación: en un oído o de los dos.
- 03** Prótesis / órtesis del aparato locomotor: Prótesis / órtesis de los miembros superiores o inferiores.
- 05** Limitaciones (sub-código obligatorio, conducción con restricciones por causas médicas): a conducir solo durante el día, a hacerlo en el radio de unos determinados kilómetros, a conducir en presencia del titular de un determinado remolque, sin remolque, a una determinada velocidad, solo en autopista o con nada de alcohol.
- 10** Transmisión adaptada.
- 15** Embrague adaptado.
- 20** Mecanismos de frenado adaptados.
- 25** Mecanismos de aceleración adaptados.
- 30** Mecanismos combinados de frenado y de aceleración adaptados.
- 35** Dispositivos de mandos adaptados (interruptores de los faros, lava/limpiaparabrisas, claxon, intermitentes, etcétera).

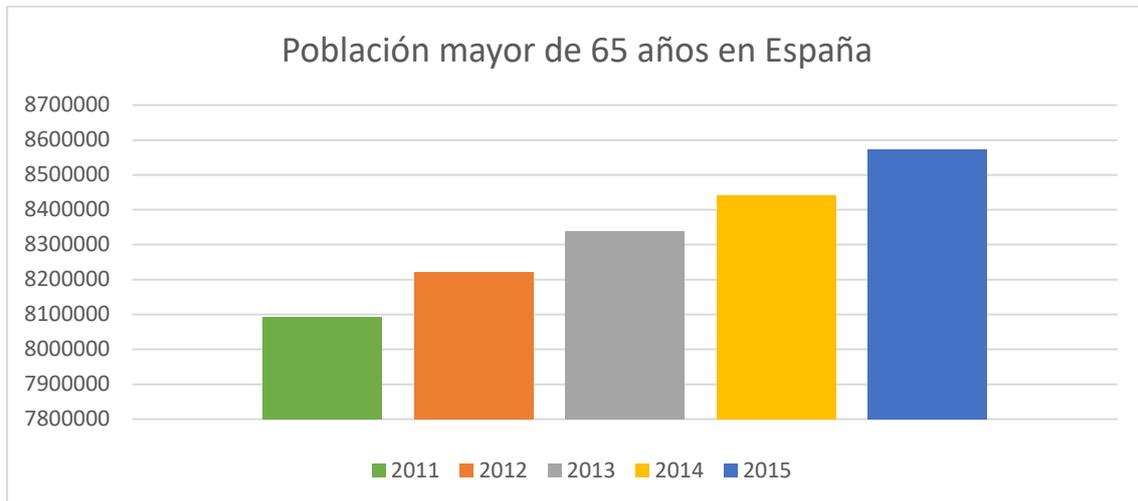
Códigos nacionales

- 101** Aplicable al permiso de las clases D1 (autobuses) y D (automóviles destinados al transporte de personas). Limitado a la conducción de autobuses en trayectos de corto recorrido, cuyo radio de acción no sea superior a 50 kilómetros alrededor del punto donde se encuentre normalmente el vehículo.
- 102** Permiso o licencia de conducción cuya vigencia ha sido prorrogada dentro de un plazo de 4 años, desde la fecha en que caducó.
- 103** Permiso o licencia de conducción obtenido después de haber transcurrido 4 años desde que caducó su período de vigencia.
- 104** Permiso o licencia de conducción obtenidos o prorrogados por un período de vigencia inferior al normal establecido.
- 105** Velocidad máxima limitada por causas administrativas.
- 171** Duplicado de permiso o licencia de conducción: Duplicado por pérdida, deterioro, sustracción...

Figura 1.3.2: Códigos de restricciones comunes en España y en la Unión Europea

1.4. Visión, edad y conducción

En nuestra sociedad, cada vez, el número total de la población mayor de 65 años aumenta progresivamente año tras año según datos del censo poblacional en España (censo del Instituto Nacional de Estadística). Este hecho nos muestra que cada vez hay un mayor número de conductores con edad avanzada conduciendo en carreteras españolas (gráfica 1.4.1).



Gráfica 1.4.1: Número de españoles mayores de 65 años des del 2011 al 2015.

Dicha edad avanzada hablando del aspecto visual, como es sabido, provoca una pérdida de la visión. Esta pérdida afecta de manera progresiva su capacidad visual y se desarrollan nuevas anomalías como pueden ser la degeneración macular asociada a la edad, cataratas, retinopatía diabética o glaucoma.

Delante de estos datos, se nos presenta una pregunta clara: ¿afecta realmente la edad a la conducción?

Según estudios realizados (Shipp MD y Penchansky R, 1995; Joanne M.W., 1994; Wood J. M., 2002), la edad avanzada se correlaciona con dos factores. El primero es el aumento de la vulnerabilidad física con la edad, lo que significa que el mismo accidente en una persona mayor conduce a lesiones mucho más graves que en un conductor más joven. El segundo problema es la disminución de las capacidades sensoriales, perceptuales-motoras y cognitivas debidas al envejecimiento. Como resultado, el procesamiento y la respuesta a la información de tráfico se ralentiza y las actividades no pueden llevarse a cabo simultáneamente. Mucho de esto puede ser compensado por cambios de comportamiento y de aprendizaje a la hora de conducir.

En conclusión, hay un cambio de comportamiento entre conductores jóvenes y de edad avanzada, pero no existe una fuerte correlación entre el número de accidentes entre edades.

1.5. Visión nocturna y conducción

La miopía nocturna es un fenómeno fisiológico que relaciona las bajas condiciones de luminancia durante la noche y el cambio del estado refractivo hacia la miopía. Fejer T.P. y Girgis R. (1992) encontraron unos valores de miopía nocturna superiores a 0,75 D en el 17% de la población comprendida entre 16 y 80 años, habiendo un 38% entre los 16 y los 25 años. Estos datos nos hacen pensar que esta condición afecta con mayor frecuencia a los jóvenes.

Aun no se ha averiguado cual es el mecanismo exacto por el que aparece esta clase de miopía, pero las teorías van encaminadas hacia el aumento del diámetro de la pupila debido a las condiciones de poca luminosidad (Charman W.R., 1996).

Estos estudios han tratado de darle más importancia a la miopía nocturna, pero el de Cohen y colaboradores (2007), más actual que los demás, ha demostrado una correlación significativa entre la miopía nocturna superior a 0,75 D y la incidencia en la probabilidad de estar involucrado en un accidente nocturno en la conducción. Frente a estas conclusiones debemos extremar las precauciones visuales en la conducción nocturna.

2. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo final de grado es evaluar el estado de la visión en una muestra de conductores en España. Para conseguir este objetivo general hemos seguido los siguientes pasos:

- Realizar un análisis de la bibliografía existente sobre visión y conducción.
- Escoger los parámetros visuales y comportamentales de los conductores que se han considerado relevantes y que serán medidos en este estudio.
- Asistir a diferentes eventos para la toma de medida de los parámetros visuales.
- Realizar un estudio estadístico de los datos recopilados durante la asistencia a los eventos.
- Razonar si los factores que hemos creído relevantes a la hora de conducir son verdaderamente influyentes.
- Plantear recomendaciones y propuestas para intentar mejorar algunos aspectos de las pruebas que se realizan para conceder o prorrogar el permiso de circulación.

3. METODOLOGÍA

a) Participantes

Para llevar a cabo este estudio ha participado una muestra de 400 personas adultas conductoras (con su compensación óptica habitual a la hora de conducir) a quienes se les midieron los parámetros que detallaremos a continuación. El rango de edad de la muestra oscila entre los 18 y los 76 años.

b) Material utilizado

Para determinar estos valores visuales se ha utilizado el instrumento portátil de medida Control Vision Optec 5.000 P-G (Stereo Optical), el cual fue prestado por LEP y Visión y Vida. (Figura 3.1)



Figura 3.1
 Control Vision Optec 5.000 P-G

c) Parámetros analizados

Los parámetros estudiados son los siguientes:

- Agudeza visual de lejos (diurna y nocturna)
 - Monocular
 - Binocular
- Estereopsis
- Visión del color
- Deslumbramiento
- Campo visual

Además de los parámetros visuales analizados, se le hizo un cuestionario previamente a todos los participantes, en el cual se preguntaban los siguientes datos:

- Edad
- Sexo
- Tipo de neutralización (uso de gafas o lentes de contacto)
- Antigüedad del carné de conducir
- Número de accidentes en los últimos 5 años
- Número de accidentes graves en su vida (1 noche de hospitalización o más)

Al tratarse de un estudio anónimo, no ha sido necesario la autorización de los participantes, y no se han distinguido de ninguna manera los conductores profesionales de los no profesionales. La recogida de datos se ha realizado en los siguientes lugares:

- Salón AutoRetro Barcelona de automóviles
 Recinto ferial de Montjuic, Barcelona (4-7 diciembre 2015)
- Carrera a pie RACC Montmeló
 Circuito de Montmeló (13 diciembre 2015)
- Wellnes Week RACC
 Sede central RACC, Av. Diagonal 687, Barcelona (4, 6 y 8 de abril 2016)

- Facultat de Òptica y Optometría
Universidad Politécnica de Cataluña, Terrassa (30-31 marzo 2016)

d) Procedimiento

El procedimiento que se ha utilizado en este estudio ha sido asistir a los diferentes eventos mencionados en el apartado anterior con el instrumento Control Vision Optec. Se intentó hacer el máximo número de personas en cada evento, pero cada uno tenía un aforo y unas características particulares, provocando que algunos días se hiciesen más pacientes que en otras ocasiones.

Cuando una persona se ofrecía a participar en el estudio primeramente se le administraba el cuestionario con los datos descritos en el apartado C asegurándonos que fuesen conductores y mayores de edad (descartando así a las personas que no cumplieran esas dos premisas). Seguidamente se empezaba con la medida de datos optométricos. Al acabar la participación en el estudio, a la persona se le entregaba un "papel" donde, brevemente, se indicaba si tenía unas buenas condiciones visuales para poder conducir con seguridad. Se trataba de un papel con un semáforo en el cual se marcaba una de las tres luces, indicando el verde si tenía una agudeza visual superior 0'8, el amarillo si se encontraba entre 0'8 y 0,5 o el rojo si su agudeza visual no llegaba a 0,5 (con su corrección habitual (Figura 3.2).



Figura 3.2: Papel que se entregaba al finalizar la participación en el estudio

Después de estos pasos se ha conseguido recopilar todos los datos necesarios para poder empezar el análisis de estos y poder realizar el estudio para sacar conclusiones.

e) Análisis de datos

Finalmente, al tener todos los datos estadísticos del estudio podemos empezar a demostrar si estos factores y parámetros que hemos tomado de la muestra de conductores influyen o no en la conducción de alguna manera.

A través del programa informático MiniTab, hemos utilizado estos parámetros para poder llevar a cabo el estudio. MiniTab es un programa estadístico con el cual hemos sabido averiguar si existe algún tipo de dependencia entre dos factores y, para ello, se han considerado estadísticamente significativos los valores de probabilidad de $p < 0,05$. Hay dos posibles hipótesis:

- A. Hipótesis alternativa: indica que las dos variables son dependientes una a la otra. Cuanto más pequeño sea el p-valor de la prueba chi-cuadrado más relación hay entre las dos variables, aunque no se especifica cual es el tipo de dependencia. La descripción del tipo de dependencia resulta clara al ver el gráfico. Esta hipótesis se dará en el caso en que el valor de “p” sea pequeño, en particular, menor a 0,05. En este caso se dice que el resultado es significativo i quiere decir que las dos variables son dependientes i que existen una relación entre las dos a nivel de población.
- B. Hipótesis nula: indica que las dos variables son independientes una de la otra. Cuanto más grande sea el p-valor de la prueba chi-cuadrado más probable es que la hipótesis sea correcta. Esta hipótesis se dará en el caso en que el valor de “p” sea mayor de 0’05, el resultado del cual no es significativo i quiere decir que las dos variables son independientes y que no se puede deducir de la muestra que exista una relación entre las dos a nivel de población.

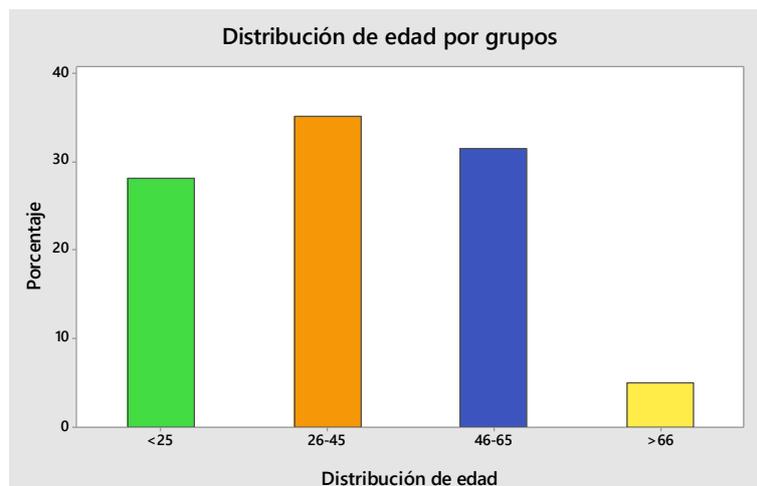
Después de demostrar las dependencias e independencias entre algunos parámetros se han sacado conclusiones para poder resolver algunos de los objetivos que nos propusimos en este estudio sobre la visión de los conductores.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados obtenidos en el cuestionario:

- Edad

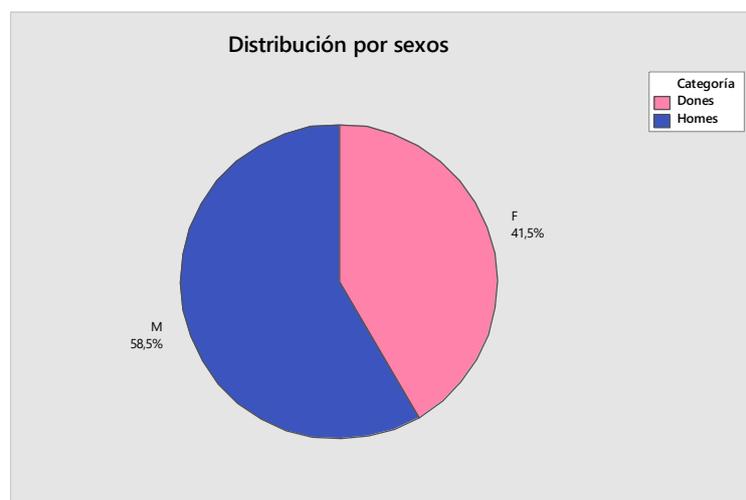
Las edades se han agrupado en cuatro grupos para facilitar el estudio: menor o igual a 25 años, entre 26 y 45, entre 46 y 65 y mayores de 66. La gráfica 4.1.1 muestra la distribución por grupos de edades de la muestra examinada, siendo el grupo de 26 a 45 años el grupo mayoritario, seguido del de 46 a 65 y por detrás menores de 25. Por otro lado, el grupo más pequeño del estudio es el de mayores de 66 años.



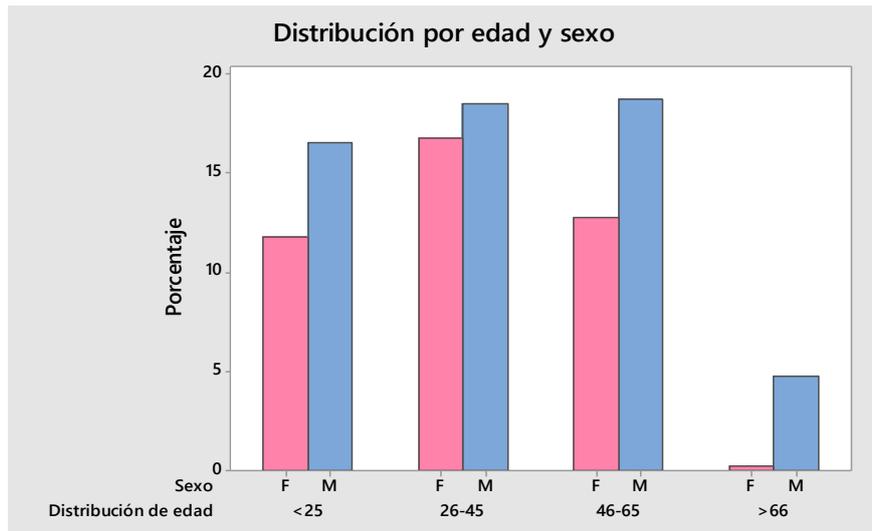
Gráfica 4.1.1: Distribución por edades

- Sexo

En la gráfica 4.1.2 se muestra la distribución por sexos de la muestra estudiada, siendo el 41,5% mujeres y el 58,5% restante hombres. Por otro lado, en la gráfica 4.1.3 se representa la distribución conjunta por edad y sexo. En todos los grupos de edad el sexo masculino es el que predomina.



Gráfica 4.1.2: Distribución por sexos

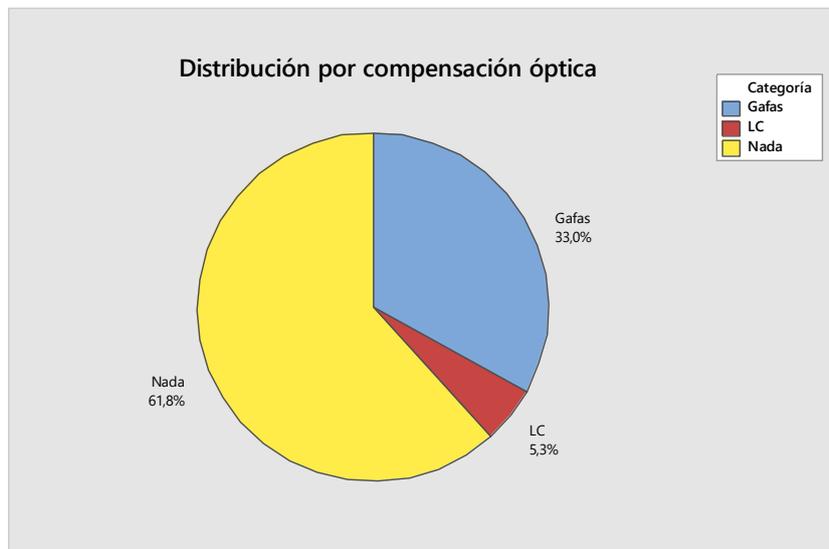


Gráfica 4.1.3: Distribución por sexo y edades

La relación entre las proporciones de hombres conductores y de mujeres conductoras que participaron en este estudio varía en función del grupo de edad y presenta una fracción muy pequeña en las conductoras mayores de 65 años.

- Uso de compensación óptica en la conducción

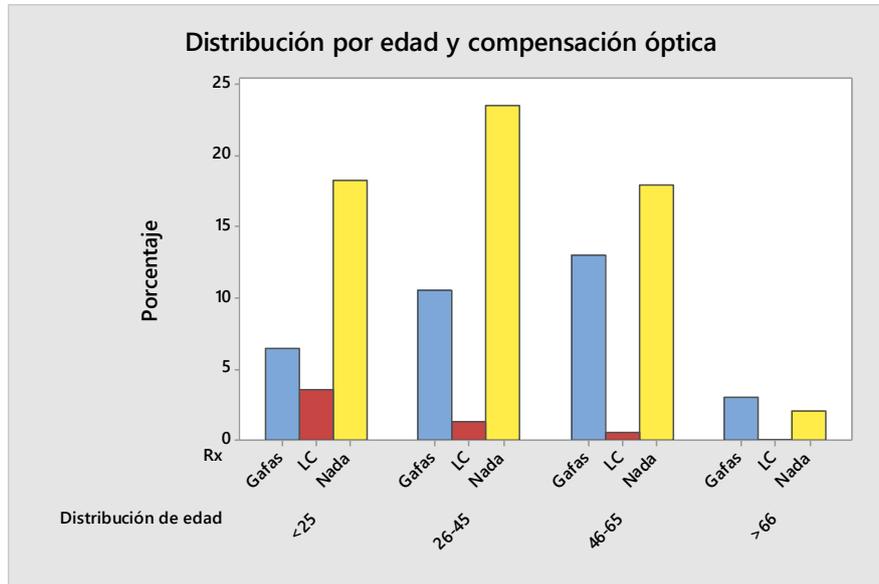
La gráfica 4.1.4 muestra la distribución según el tipo de compensación óptica que utilizaba cada conductor, reflejando que un 61,8% de la muestra no utilizaban compensación óptica. En cambio, un 33% utilizaba gafas, dejando en un 5,3% los que utilizan lentes de contacto.



Gráfica 4.1.4: Distribución por compensación óptica

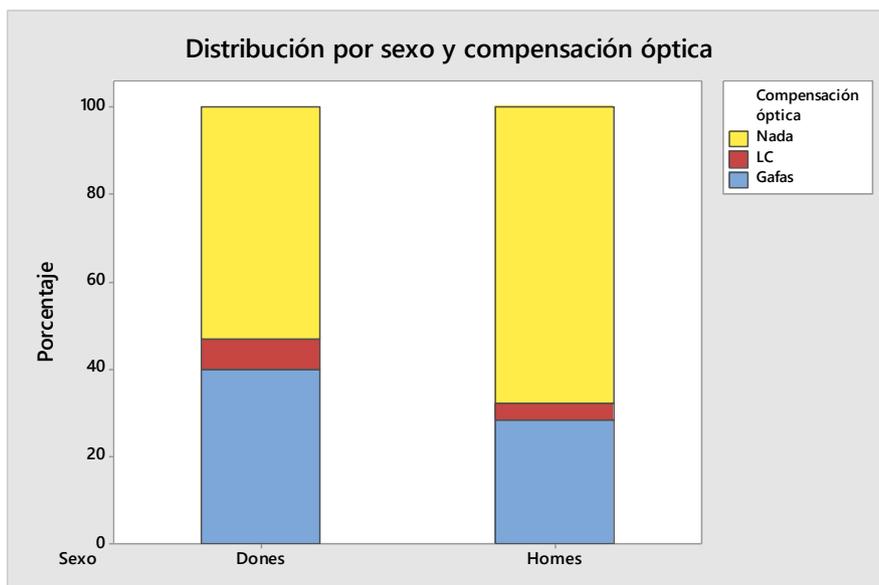
En la gráfica 4.1.5 se representa la distribución por edades respecto a las compensaciones ópticas que utilizan para conducir. Se ha evidenciado una relación significativa entre las dos variables ($p < 0.0005$) que a medida que la edad aumenta,

disminuye el número de personas que conducen sin necesidad de compensación óptica. La relación de los que usan algún tipo de compensación frente a los que no usan ninguna crece a partir de los 45 años de edad, como era de esperar. A partir de 65 años la mayoría usan gafas. Los usuarios de LC son las personas más jóvenes.



Gráfica 4.1.5: Distribución por edades y compensación óptica

También se ha demostrado que las variables de sexo y la compensación óptica presentan una relación estadísticamente significativa, que se muestra en la gráfica 4.1.6. Se puede observar que la proporción de gafas en mujeres es mayor si se compara con la de los hombres.

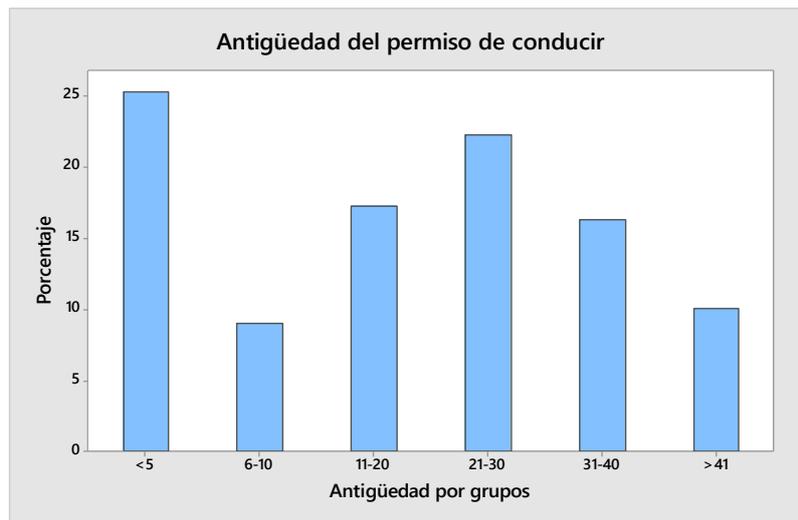


Gráfica 4.1.6: Distribución por sexo y compensación óptica

- Antigüedad del permiso de conducción

Atendiendo a la antigüedad del permiso de conducir, la muestra se ha clasificado en 6 grupos: menos de 5 años, de 6 a 10, de 11 a 20, de 21 a 30, de 31 a 40 y más de 40 des de que obtuvo el permiso de circulación.

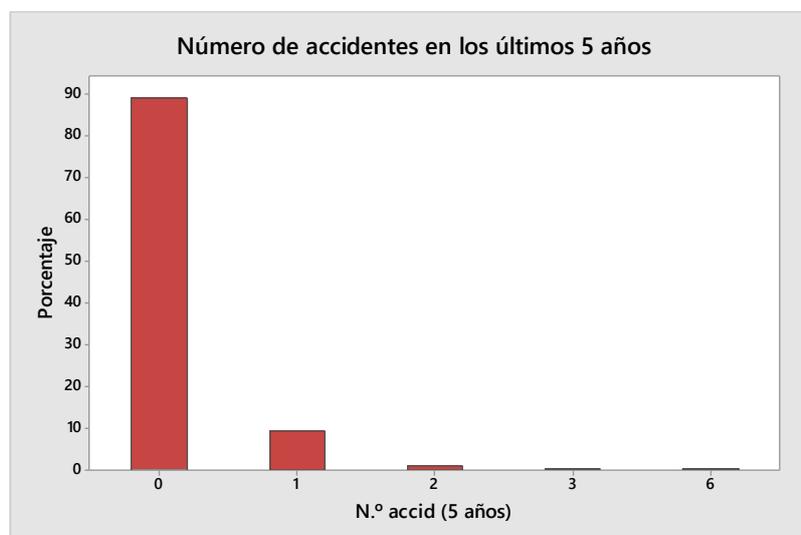
En la gráfica 4.1.7 se muestra que el grupo más numeroso es el de conductores con menos de 5 años des de que obtuvo el carné de conducir. Le sigue el grupo de 21 a 30 años y en última posición está el de entre 6 y 10 años.



Gráfica 4.1.7: Distribución por antigüedad del permiso de conducir

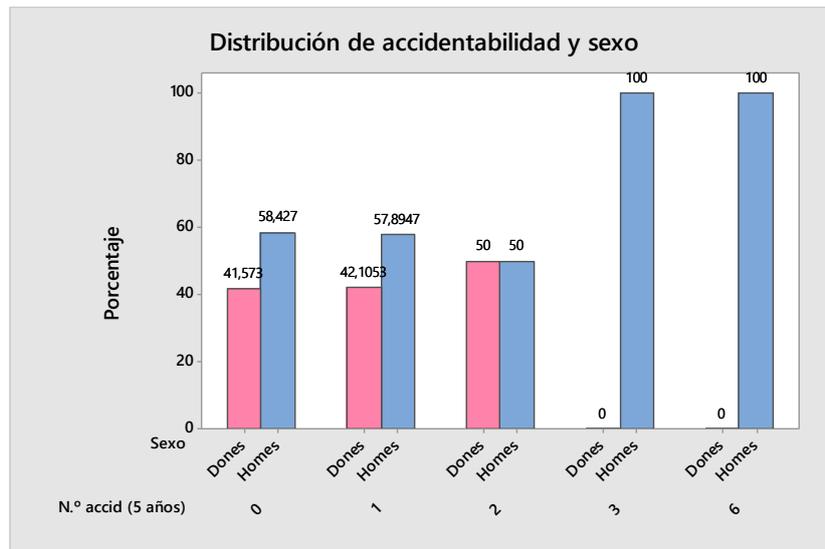
- Número de accidentes

En el cuestionario se les preguntaba si habían tenido algún accidente de tráfico en los últimos 5 años. En la gráfica 4.1.8 se muestra que un 89% de conductores respondieron no haber tenido ningún accidente en el último lustro.



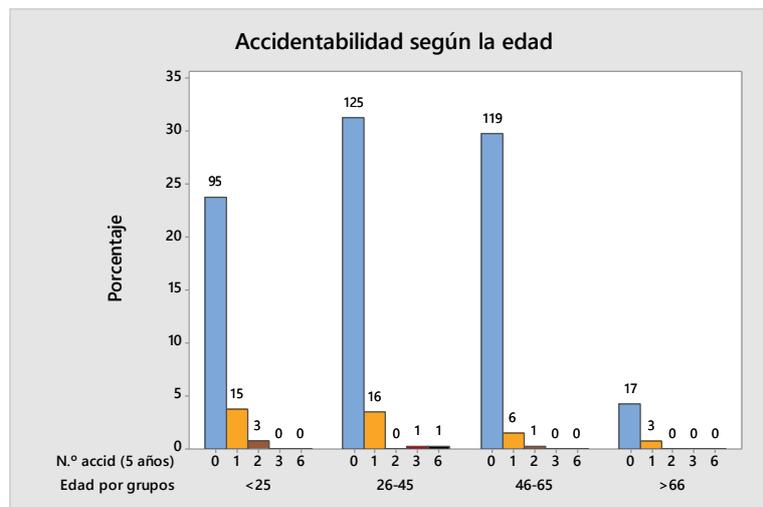
Gráfica 4.1.8: Accidentabilidad en los últimos 5 años

En la gràfica 4.1.9 se muestra que en todos los casos excepto en el de 2 accidentes en los últimos 5 años que está igualado entre ambos sexos, todos los demás los hombres han tenido más accidentes respecto a las mujeres. Aun así, no se ha encontrado una relación estadísticamente significativa entre el sexo y el número de accidentes (valor $p=0,916$). Para poder comprobar esta independencia de las variables se han tenido que agrupar los casos de 2, 3 y 6 accidentes por el reducido número de casos de alta siniestralidad (3 o más accidentes).



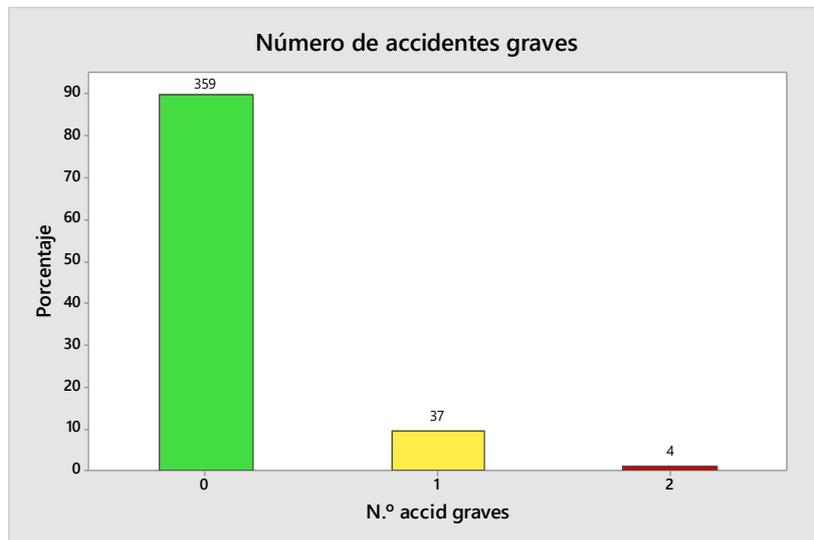
Gràfica 4.1.9: Distribución de la accidentabilidad y el sexo

En la gràfica 4.1.10 se representa el número de accidentes agrupados por los grupos de edad previamente mencionados. A simple vista no se observa ninguna relación entre la edad y la accidentabilidad y para poder comprobarlo estadísticamente se han agrupado los grupos de edad en 3: <25, 26-45 y >46, y lo mismo en el número de accidentes: 0, 1 o >2. Estadísticamente no existe una relación directa entre las dos variables (valor $p=0,221$).



Gràfica 4.1.10: Distribución de la accidentabilidad y edades.

En la gràfica 4.1.11 se muestra el número de accidentes graves sufridos por la muestra de conductores (entendiendo como graves los que requirieron al menos una noche de hospitalización). En la gràfica se observa que prácticamente el 90% de la muestra estudiada no ha tenido ningún accidente grave en su vida, en cambio, el 10% restante ha tenido 1 o 2 accidentes graves.



Gràfica 4.1.11: Número de accidentes graves.

4.2. Resultados obtenidos en las capacidades visuales:

- Agudeza visual

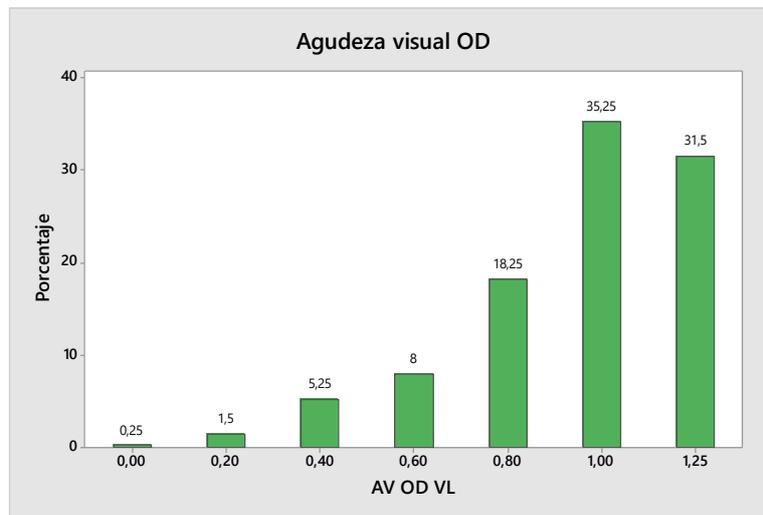
En primer lugar, se midió la agudeza visual del ojo derecho y seguidamente la del izquierdo, y para acabar la agudeza visual binocular. En todos los casos con la prescripción óptica habitual que llevan a la hora de conducir. También se analizó la agudeza visual binocular en condiciones de iluminación mesópicas.

La lámina que veían los pacientes era la figura 4.2.1, y se les preguntaba cuáles eran las letras más pequeñas que podían llegar a leer. La agudeza visual aumentaba fila por fila en 0,2 haciendo que la más pequeña corresponda a AV=1,2.

LINE		
2	XPHT	3 0 7 6
4	FNOZR	2 9 4 3 0
6	EXDTU	9 7 6 2 4
8	NUKHR	0 2 9 3 7
10	ZFONK	6 3 4 7 9
12	DTEZP	7 4 2 0 6

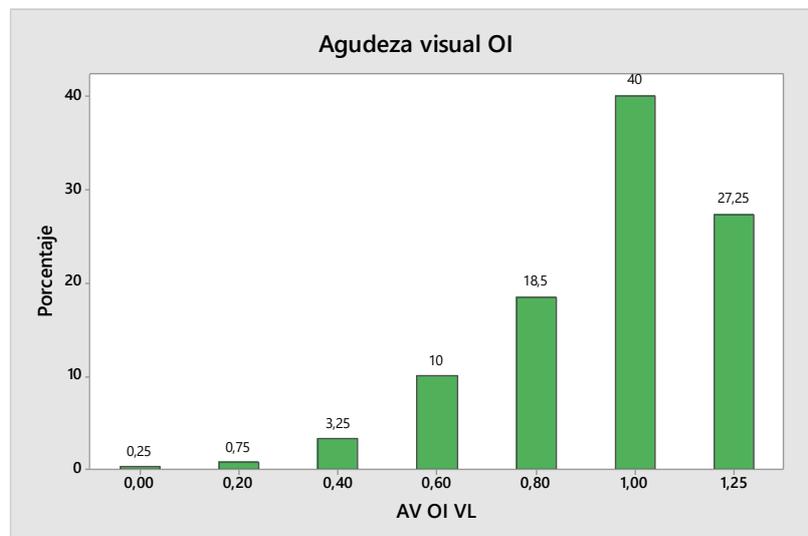
Figura 4.2.1: Lámina con la que se ha analizado la agudeza visual

En la gráfica 4.2.2 se muestra los resultados obtenidos para los valores de agudeza visual del ojo derecho, reflejando que un 66,75% de conductores poseen una AV ≥ 1 .



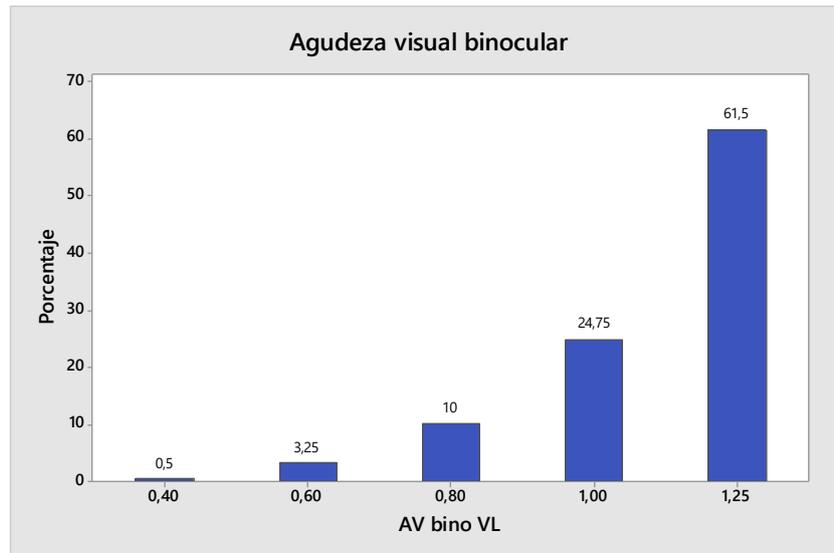
Gráfica 4.2.2: Distribución por AV del OD

Y en la gráfica 4.2.3 está la misma distribución de agudeza visual, pero del ojo izquierdo. En este caso el 67,25% de personas tienen AV ≥ 1 (muy similar al OD).



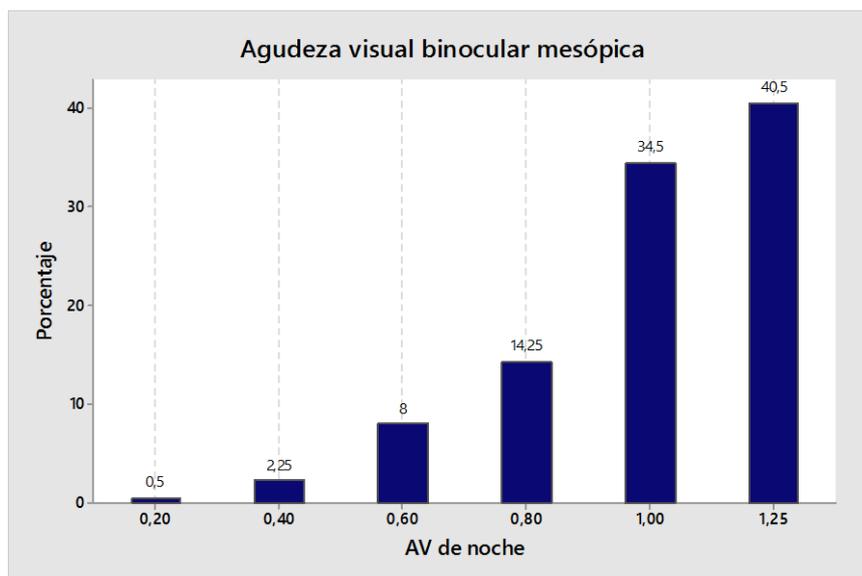
Gráfica 4.2.3: Distribución por AV del OI

Y finalmente, en la gráfica 4.2.4 se muestra la distribución de la agudeza visual binocular, viéndose que un 86,25% de los conductores estudiados tienen una AV ≥ 1 .



Gráfica 4.2.4: Distribución de la agudeza visual binocular

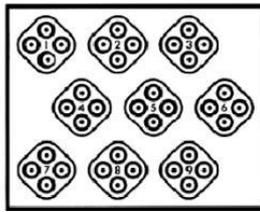
En la gráfica 4.2.6 mostramos la distribución de la agudeza visual binocular tomada en condiciones de iluminación mesópicas. Ha habido un descenso de las personas que presentaban una $AV \geq 1$ pasando del 86,25% en condiciones fotópicas a un 75% en condiciones mesópicas.



Gráfica 4.2.6: Distribución de la AV binocular en condiciones mesópicas

- Estereopsis

Para valorar la estereopsis se utilizó la lámina que puede verse en la figura 4.2.7, en la cual hay dibujados 9 rombos con 4 círculos dentro. El paciente debía indicar cuál de esos cuatro círculos sobresalía del plano de la lámina. Cuanto mayor sea el valor de estereopsis, peor será su estereoagudeza.



(a)

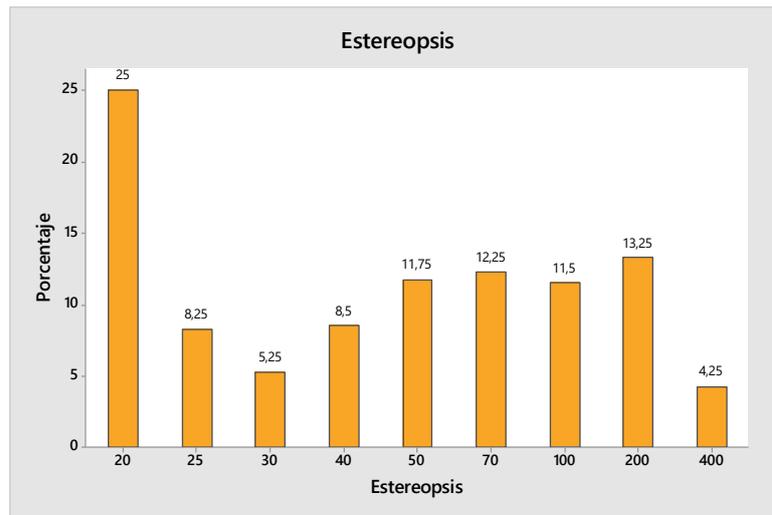
STEREO DEPTH KEY

1	2	3	4	5	6	7	8	9	TARGET
B	L	B	T	T	L	R	L	R	
400	200	100	70	50	40	30	25	20	Angle of Stereopsis in seconds of arc
15	30	50	60	70	75	82	90	95	Shepard-Fry Percentages

(b)

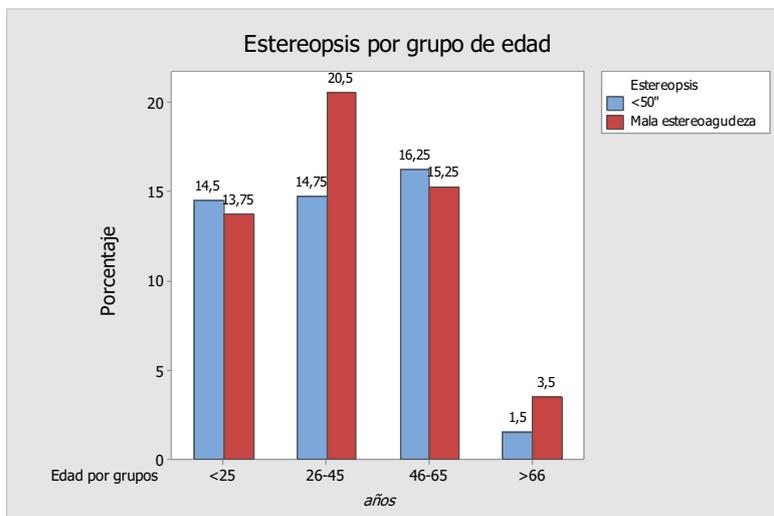
Figura 4.2.7: Lámina para el examen de estereopsis (a) y tabla de puntuaciones (b)

En la gráfica 4.2.8 se representa la distribución de la estereopsis de los conductores estudiados.



Gráfica 4.2.8: Distribución de la estereopsis

Se ha comprobado si existe alguna relación entre la estereopsis y la edad, suponiendo que cuanto mayor edad tiene una persona peor es su estereoagudeza, pero según la prueba chi-cuadrada no hay una relación estadística significativa entre las dos variables de edad y estereopsis (Valor $p=0,120$). Igualmente hemos reflejado estos dos factores en una misma gráfica 4.2.9, estableciendo como satisfactorias las estereoagudezas inferiores a 50 segundos de arco.

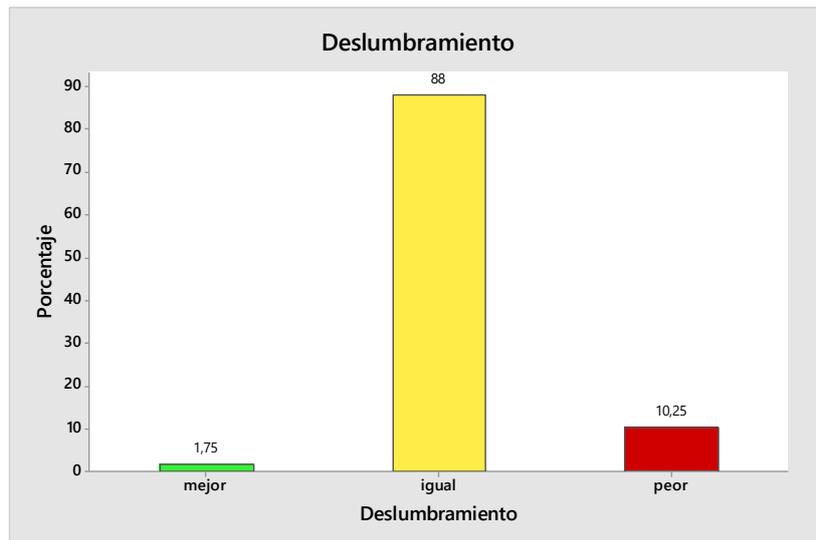


Gráfica 4.2.9: Distribución de la estereopsis por grupos de edad

- Deslumbramiento

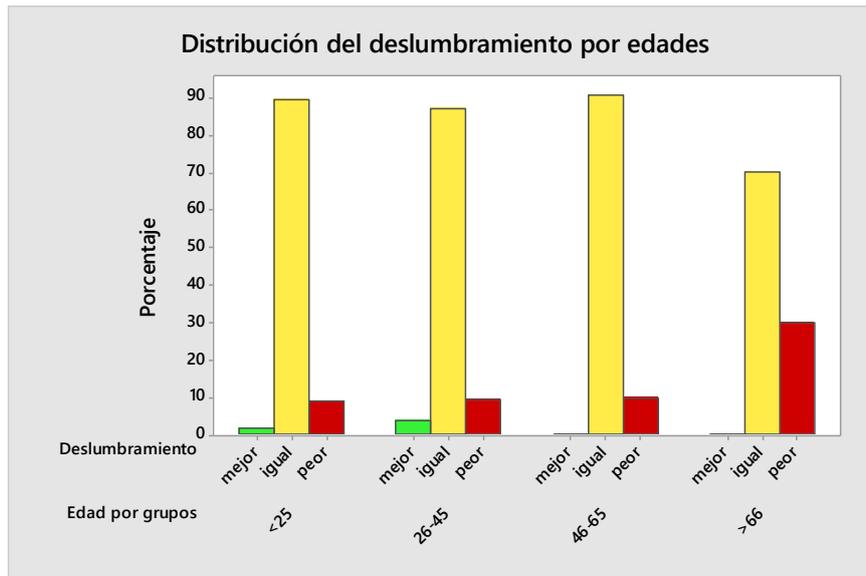
Para realizar esta prueba se le pedía a la persona que mantuviera la mirada en la línea de mejor agudeza visual. Entonces, se mantenía encendida una luz de fondo que simulaba el deslumbramiento durante unos segundos y al apagarla le preguntábamos si con ese deslumbramiento continuaba viendo bien la misma línea o por el contrario que ya no la veía. Esta prueba era una simulación del deslumbramiento que puede padecer una persona conductora a la hora de la puesta de sol o de noche cuando vienen coches de cara. Nos encontramos con casos fuera de lo “normal” que podían llegar a leer la misma línea sin problemas, y que encima tenían la sensación de verla mejor. Una de las posibles justificaciones sería que la miosis que provoca la luz, al disminuir el diámetro la pupila se reducen las aberraciones. Tan solo es una teoría que debería comprobarse con un estudio específico.

En la gráfica 4.2.10 se aprecia que un 10,25% de las personas que han participado en el estudio han sufrido efectos adversos en su AV a causa del deslumbramiento.



Gráfica 4.2.10: Distribución de los efectos del deslumbramiento en la AV.

En la gráfica 4.2.11 reflejamos el deslumbramiento dividido por la edad de cada conductor. A simple vista, podemos observar que el único grupo donde aumenta el porcentaje de personas afectadas negativamente por el deslumbramiento es el grupo de edad correspondiente a mayores de 66 años.



Gráfica 4.2.11: Distribución del deslumbramiento por edades

No se ha encontrado una relación estadística significativa entre la edad y el deslumbramiento, ya que la prueba chi-cuadrada ha dado un valor $p=0,088$. Para poder realizar esta prueba hemos unido los grupos de 46-65 y >66 por el escaso número de pacientes en este último grupo de edad.

- Visión del color

La lámina que se presentó para hacer la prueba de la visión del color contiene 6 discos con un número de una o dos cifras dentro tal y como muestra la figura 4.2.12 (similar al test de Ishihara). Con este test se puede detectar si existe alguna anomalía cromática, pero no clasificarla.

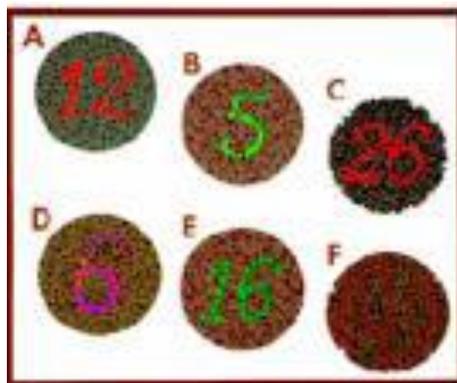
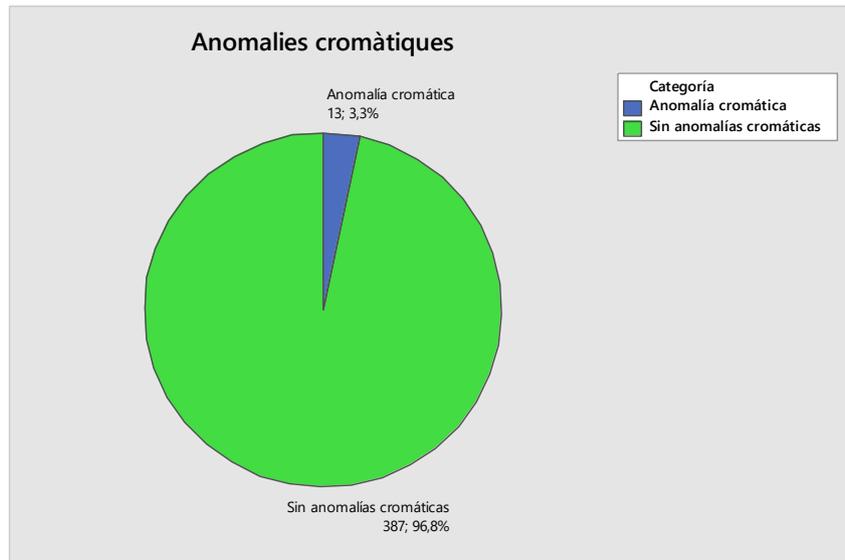


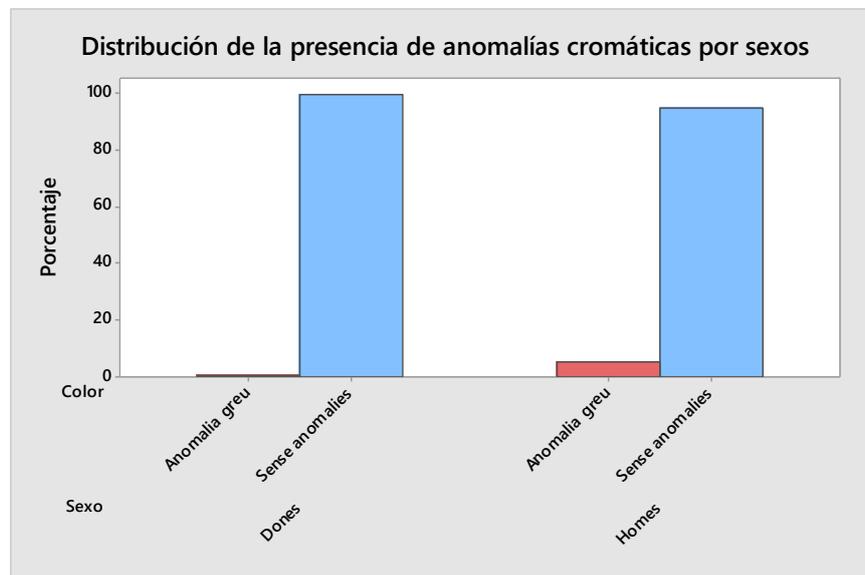
Figura 4.2.12: Lámina con la que se ha analizado la visión del color

Los resultados se han clasificado según el número de respuestas correctas: si consiguieron leer 4 de 6 números se les calificaba como "sin anomalías" y si leían 3 o menos como "anomalía". En la gráfica 4.2.13 se muestra la distribución de este análisis de la detección correcta del color, donde se muestra que un 3,3% de todos los conductores padecían una anomalía cromática, pero sin poder especificar cuál en concreto.



Gràfica 4.2.13: Distribució de la presència de anomalies cromàtiques

Se ha encontrado una relación estadística significativa entre el sexo y la presencia de anomalies cromàtiques con un p-valor igual a 0,005. Esto confirmaría que las anomalies cromàtiques dependen del sexo, tal y como muestra la siguiente gràfica 4.2.14, en la que se aprecia claramente que los hombres se ven más afectados por este tipo de disfunciones visuales.



Gràfica 4.2.14: Distribució de la presència de anomalies cromàtiques per sexes

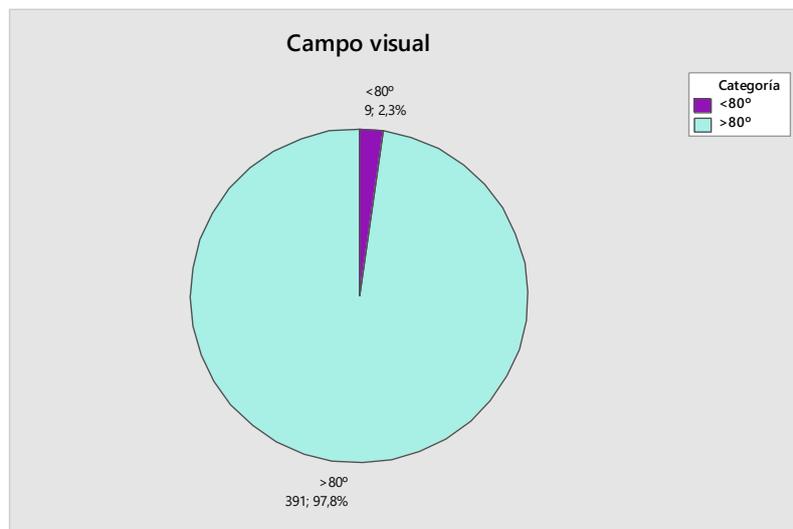
- Campo visual

Con el instrumento Optec se pudo evaluar un campo visual de hasta 85° en el campo horizontal, en cambio el vertical no lo valoraba. Mientras la persona mantenía la fijación en la línea de mejor agudeza visual, se le decía que avisara cada vez que viera una luz a su alrededor. El test se hizo de manera binocular, pero el instrumento hacía aparecer dos luces simultáneamente (una luz por ojo) y las medidas de las luces que emitía el aparato eran las siguientes (valores monoculares):

- 35° nasal
- 55° temporal
- 70° temporal
- 85° temporal

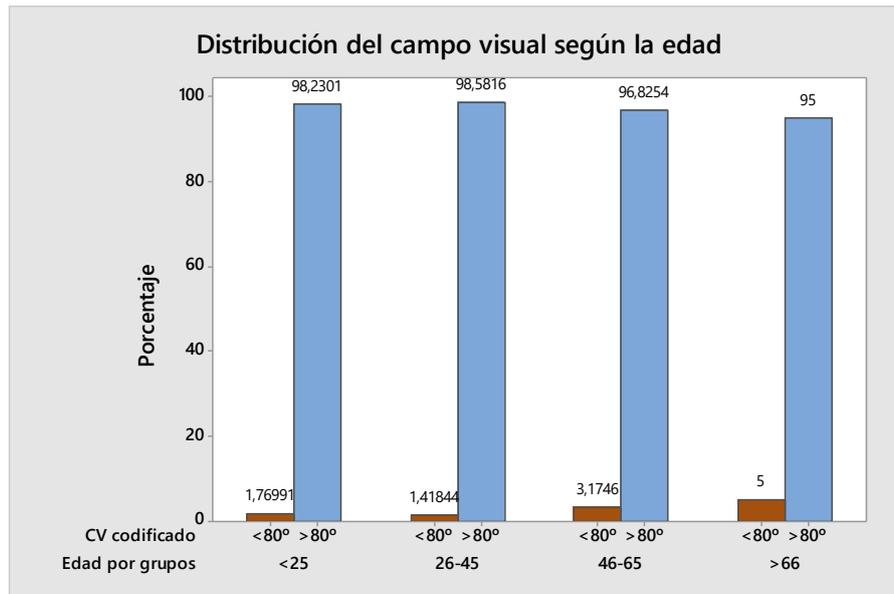
Se ha considerado que tener un campo visual binocular menor a 80° monocularmente correspondía tener una anomalía en su campo visual, y si era mayor de 80° que tenía un campo visual normal.

En la gráfica 4.2.15 se muestra distribución que resulta la presencia o no de anomalías en el campo visual, mostrando un 97,8% con un campo visual binocular dentro de los valores de normalidad que hemos considerado. No se ha encontrado una relación estadística significativa entre el sexo y el campo visual (valor $p = 0,391$).



Gráfica 4.2.15: Distribución de la presencia de anomalías en el campo visual

No se ha encontrado una dependencia estadística significativa entre las variables de la edad y el campo visual (valor $p = 0,490$). Para poder hacer esta prueba chi-cuadrada ha sido necesario unir los grupos de edad de 46-65 y >66, como en ocasiones anteriores. Sin ser significativa, la gráfica resultante (gráfica 4.2.16) de la representación conjunta de estas dos variables indica un ligero incremento de la proporción de personas con campo visual disminuido a medida que la edad aumenta.



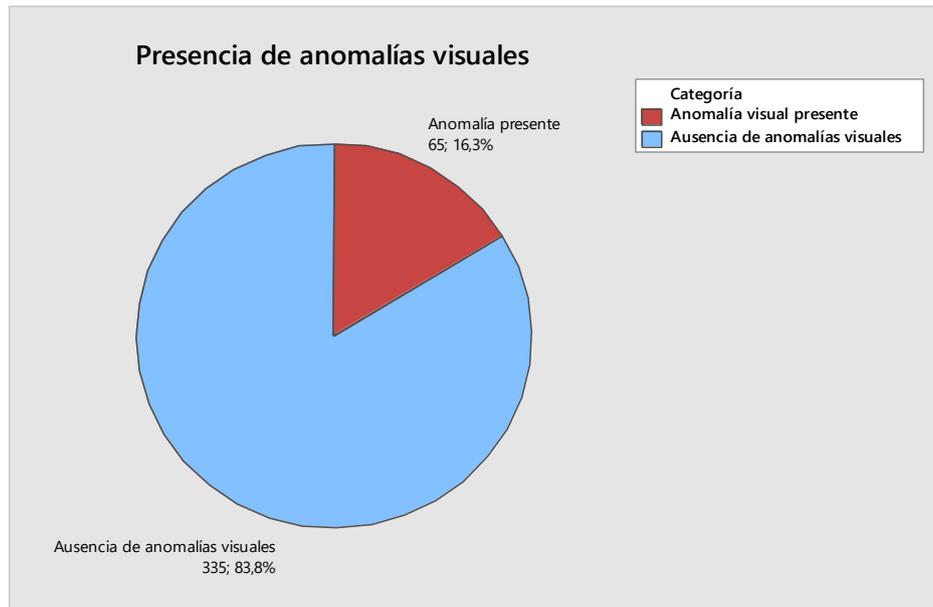
Gràfica 4.2.16: Distribución del campo visual por edades

4.3. Valoración de la presencia de anomalías visuales

Considerando todos estos parámetros visuales conjuntamente hemos asignado una nota a cada conductor indicando el número total de anomalías que presenta, sea del tipo que sea, en base a los siguientes criterios:

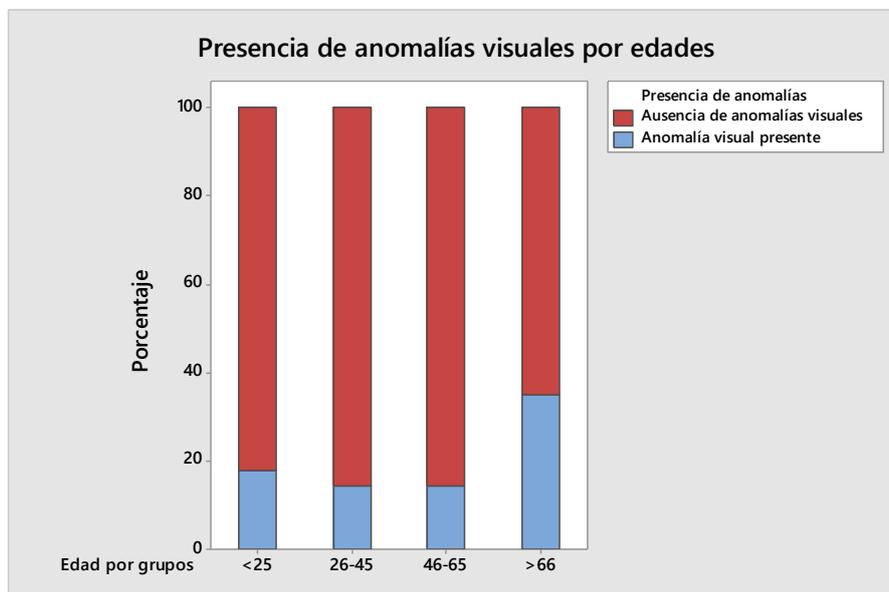
1. Agudeza visual binocular en visión lejana igual o inferior a 0,6 (aunque la normativa establezca una AV mínima de 0,5, hemos sido más estrictos en este criterio).
2. Valor de estereopsis nulo o de 400".
3. Anomalía de la visión del color presente.
4. Se incluyen las personas que han visto afecta negativamente su AV a causa del deslumbramiento.
5. Campo visual binocular inferior a 80°.

Después de agrupar todos los conductores que padecían algún tipo de anomalía visual en un único grupo, se ha hecho una gráfica para mostrar esta distribución. En la gráfica 4.2.17 queda reflejado que un 16,3% de los conductores estudiados padecían alguna anomalía en su visión, en cambio el 83,7% restante tenían todos los parámetros analizados de la visión dentro de los valores de normalidad establecidos.



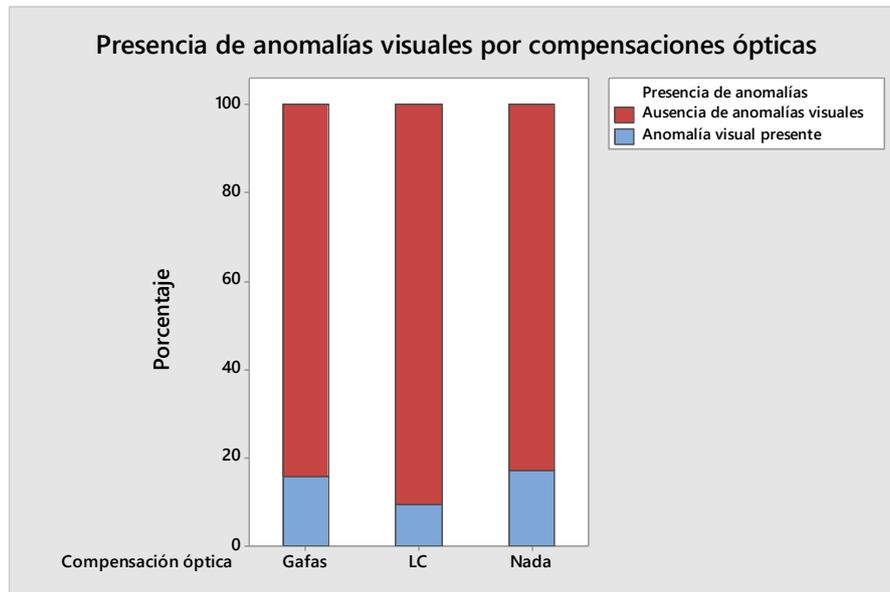
Gràfica 4.2.17: Presencia de anomalías visuales

No se ha encontrado una relación estadística significativa entre el sexo y la presencia de anomalías visuales (valor $p = 0,995$). Tampoco se ha encontrado una dependencia significativa entre la edad y la presencia de anomalías (valor $p = 0,161$). aunque en la gráfica 4.2.18 se observa que el grupo con una mayor proporción de conductores con problemas visuales es el grupo de los mayores de 66 años.



Gràfica 4.2.18: Presencia de anomalías visuales por edades

También se ha realizado la prueba chi-cuadrada para analizar si había alguna dependencia entre la presencia de anomalías visuales y el tipo de compensación óptica. Esta relación tampoco es significativa estadísticamente, ya que el resultado ha sido un valor de p igual a 0,634. La gráfica entre estas dos variables se representa en la gráfica 4.2.19.



Gráfica 4.2.19: Presencia de anomalías visuales por compensaciones ópticas

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones derivadas de la anamnesis del estudio son las siguientes:

- Edad: las edades se han clasificado en cuatro grupos: menores de 25 años, de 26 a 45, de 46 a 65 y mayores de 66, siendo éste último grupo el minoritario en participación.
- Sexo: un 58,5% de los voluntarios fueron varones y el 41,5% restante fueron mujeres.
- Tipo de compensación óptica: trata sobre la distribución de tipos de neutralización habitual óptica llevan a la hora de conducir. Solo se indicaron tres opciones distintas: el uso de lentes correctoras (gafas), uso de lentes de contacto o ningún tipo de corrección. El 61,8% no llevaba compensación óptica, el 33% llevaba gafas y el 5,3% que resta usaban lentes de contacto. Se ha encontrado una relación estadística significativa entre el sexo y la compensación óptica.
- Antigüedad del carné de conducción: se clasificaron en seis grupos diferentes: menos de 5 años con posesión de carné de conducir, de 6 a 10, de 11 a 20, de 21 a 30, de 31 a 40 y más de 41 años. El grupo con más participación en el estudio fue el de menos de 5 años con permiso de circulación.
- Número de accidentes en los últimos 5 años: el resultado fue que el 89% de los conductores encuestados no habían tenido ningún tipo de accidente. Se ha descartado una relación significativa entre el sexo y el número de accidentes, así como entre la edad y el número de accidentes.
- Número de accidentes graves: el resultado fue que al menos un 10% de los conductores encuestados ha tenido al menos 1 accidente grave (1 noche de hospitalización o más) en toda su vida como conductor.

A continuación, las conclusiones extraídas del análisis de los parámetros visuales:

- Agudeza visual: se midió la agudeza visual binocular en condiciones diurnas, dando como media un 3,75% de personas con agudeza visual menos o igual a 0,6.
- Agudeza visual en condiciones mesópicas: simulando una agudeza visual en condiciones nocturnas, dio como resultado que 1 de cada 4 personas tenían una agudeza visual igual o superior a 1.
- Estereopsis: la percepción de la profundidad dio como resultado que un 4,25% de los conductores analizados tenían 400" de estereopsis o nula. Se descartó una relación estadísticamente significativa entre la edad y la estereoagudeza.
- Deslumbramiento: simulando un deslumbramiento del sol o de las luces de coches ajenos, el 10,25% de las personas se deslumbró al hacer la simulación. Se comprobó si existía una relación estadísticamente significativa entre la edad y el deslumbramiento, dando un resultado negativo en esta relación.
- Visión del color: respecto a la percepción cromática el 3,3% de los sujetos padecían algún tipo de anomalía cromática (sin poder especificar cuál). Se ha comprobado estadísticamente que hay una relación significativa entre la visión del color y el sexo.
- Campo visual: analizando solamente el campo visual horizontal, el 97,7% de las personas estudiadas poseían un campo visual dentro de los valores de normalidad (sin tener en cuenta que el instrumento OPTEC 5000 PG no puede analizar o descubrir escotomas

locales). Se descarta una relación estadísticamente significativa entre la edad y el campo visual.

Las principales conclusiones de este trabajo final de grado son las siguientes:

1. Se ha comprobado que el 16,3% de la población adulta actual padece de alguna anomalía visual que le dificulta conducir de una manera 100% óptima y segura para su seguridad vial y la de los conductores que le rodean.
2. Se han puesto de manifiesto la necesidad de una actualización de la normativa vigente sobre las capacidades visuales necesarias para obtener o renovar un permiso de conducir como son el campo visual, el deslumbramiento o la frecuencia de revisiones en personas de edad avanzada. También requieren una modificación el rigor y los métodos de medición de los exámenes visuales para renovar u obtener un permiso de circulación.

Por lo tanto, hace falta seguir enfatizando la importancia de mantener una visión óptima para prevenir accidentes relacionados con el sentido de la vista y para ello, es necesario la actualización de las políticas y campañas de prevención de accidentes y de la normativa vigente para permitir reducir a cero el número de accidentes relacionados con la visión.

6. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS

1. Respecto a la normativa vial existente:

- Campo visual

Respecto a la normativa que regula conceder o prorrogar el permiso de circulación se debería especificar el valor cuál es el campo visual normal o la nota de corte que deniegue o permita dicho permiso. Por ello se debería comprobar y controlar para poder ver si pasaría la nota de corte y posee un campo visual binocular normal y apto para la circulación. Este campo visual binocular aproximadamente debería estar establecido entre los 110º totales en el meridiano horizontal y los 100º totales en el vertical, ya que se trata de un valor por debajo de la media estándar de un campo visual sano y no demasiado bajo como para que pueda ser peligroso para la conducción.

- Deslumbramiento

Se debería, igual que en el campo visual, especificar un método y un valor para la medición del deslumbramiento a la hora de conceder o prorrogar el permiso de circulación. Algunos métodos que serían posibles esta medición serían la medida de la luz dispersa intraocular o del tiempo de recuperación al deslumbramiento. Así se podría cuantificar de manera clara y establecer un valor de corte.

- Renovación del permiso de circulación en edad avanzada

Actualmente en la normativa vigente explica que la renovación del carnet de conducir en personas mayores de 65 años (conductores no profesionales) se debe realizar cada 5 años. Tal vez se debería aumentar la frecuencia de estas revisiones a los 2-3 años debido a que la edad avanzada provoca, en algunos casos, una pérdida de capacidades visuales y cognitivas, las cuales se han de ir revisando más a menudo para asegurar la seguridad de todos los conductores. Puede darse el caso de una persona mayor con una catarata incipiente que vuelve a los 5 años después de haber estado 2 sin visión. A pesar de todo, no se ha demostrado una correlación significativa entre padecer una discapacidad visual y tener un accidente de tránsito (Shipp M.D. et al, 1995).

2. Respecto al rigor en los exámenes visuales:

- Evaluar con un campímetro el tamaño del campo visual binocular para comprobar si pasa la nota de corte establecida.
- Revisiones cognitivas de conductores de edad avanzada para asegurar su seguridad y la de los demás.
- Evaluar la visión del color.
- Evaluar la agudeza visual de los conductores en condiciones mesópicas o, asimismo, la miopía nocturna, ya que no se tiene en cuenta a la hora de conceder o renovar el permiso de circulación que muchas personas (en muchos casos conductores profesionales) conducen en horario nocturno. Se debería, por tanto, hacer una medición de la miopía nocturna y por consecuente crear la obligación de neutralizarla en condiciones de poca iluminación.
- Evaluar la sensibilidad al contraste y crear un valor de corte en la normativa vigente.

7. BIBLIOGRAFÍA

Tablas estadísticas de la DGT de accidentabilidad en España, 2015.

- <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/accidentes-30dias/tablas-estadisticas/2015/>

Ministerio del Interior “Normativa vial vigente”. Boletín Oficial del Estado, 279, 2015.

- http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/RD-1055_2015.-Modif-RG-Cond.pdf

Tom van den Berg, L.J. van Rijn, R. Kaper-Bongers, D.J. Vonhoff, H.J. Völker-Dieben, G. Grabner, C. Nischler, M. Emesz, H. Wilhelm, D. Gamer, A. Schuster, Luuk Franssen “Disability glare in the aging eye. Assessment and impact on Driving”. Journal of Optometry, 2(3), 112-118, 2009.

- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4553776>

Coeckelberh T.R., Brouwer W.H., Cornelissen F. W., Van Wolffelaar P., Kooijman A.C. “The effect of visual field defects on driving performance: a driving simulator study”. Arch Ophthalmol, 120(11), 1509-1516, 2002.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12427065>

Szlyk J.P., Mahler C.L., Seiple W., Edward D.P., Wilensky J.T. “Driving performance of glaucoma patients correlates with peripheral visual field loss”. J Glaucoma, 14(2), 145-150, 2005.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15741817>

Guy V., Oskar N., Marion M., Andre U. “New investigations concerning the relationships between congenital color vision defects and road traffic security”. Int Ophthalmol, 2, 87-99, 1980.

- <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00137452>

Hatt S.R., Leske D.A., Kirgis P.A., Bradley E.A., Holmes J.M. “The effects of strabismus on quality of life in adults”. Am J Ophthalmol, 144(5), 643-647, 2007.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17707329>

Diniz-Filho A., Boer E.R., Elhosseiny A, Wu Z., Nakanishi M., Medeiros F.A. “Glaucoma and Driving Risk under Simulated Fog Conditions”. Transl. Vis. Sci. Technol., 5(6), 2016.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27980878>

Instituto Nacional de Estadística “Censo poblacional por edad”. 1998-2015.

- <http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t20/e245/p08/l0/&file=02002.px&L=0>

Wood J. M. “Age and visual impairment decrease driving performance as measured on a closed-road circuit”. Human Factors, 44(3), 482-494, 2002.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12502165>

Joanne M.W. "Effect of visual impairment on driving". The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 36, 3, 1994.

- <http://hfs.sagepub.com/content/36/3/476.short>

Shipp M.D., Penchansky R. "Vision testing and the elderly driver: is there a problem meriting policy change?" Journal of the American Optometric Association, 66(6), 343-351, 1995.

- <http://europepmc.org/abstract/med/7673593>

Fejer T.P., Girgis R. "Night myopia: implications for the young drivers". Can J Ophthalmol, 27, 172-176, 1992.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1633588>

Charman W.R., "Night myopia and driving". Ophatolmic Physiol Opt., 16(6), 474-485, 1996.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8944194>

Cohen Y., Zadok D., Barkana Y., Shochat Z., Ashkenazi I., Avni I., Morad Y. "Relationships between night myopia and night-time motor vehicle accidents". Acta Ophthalmol Scand, 85(4), 367-370, 2007.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17335516>

Montserrat Tàpies, José Luis Alvarez "Tema 9. Distancia visual". Motilidad y visión binocular, tema 9, 1, 2014.

- http://ocw.upc.edu/curs_publicat/37015/2010/1/apunts

Montserrat Tàpies, José Luis Alvarez "Tema 1. Generalidades sobre la visión binocular". Motilidad y visión binocular, tema 1, 4, 2014.

- http://ocw.upc.edu/curs_publicat/37015/2010/1/apunts

O'Brien K.A., Cole B.L., Maddocks J.D., Forbes A.B. "Color and defective color vision as factors in the conspicuity of signs and signals". Hum Factors, 44(4), 665-675, 2002.

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12691373>

Ministerio del interior "Códigos de las restricciones viales", Boletín Oficial del Estado, 305, 2004.

- <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/20/pdfs/A41356-41360.pdf>



8. AGRADECIMIENTOS

Al RACC por la ayuda recibida en la organización de sus stands en todos los eventos que han participado y para la realización de las pruebas, especialmente a Elisabet Olomí por haberme ayudado en toda la preparación y organización en general.

A LEP por la cesión OPTEC 5.000 P-G con el que se ha podido realizar todo el estudio. y por haberme explicado el funcionamiento del instrumento.

A la asociación Visión y Vida por haberme proporcionado los folletos de semáforos simbolizando los certificados de visión y los posters que se expusieron en todos los eventos. En especial a Elisenda Ibáñez que ha estado muy propensa a ayudar y procurar que todo saliera correctamente.

A todas las personas voluntarias que han participado directa o indirectamente en todos los eventos en los que el estudio ha participado.

A mi tutora, Aurora Torrents, y a mi tutor, Miquel Ralló, por el soporte, ayuda y consejos que me han dado durante toda la elaboración de este trabajo final de grado.