



Programa de Doctorado en Tráfico y Seguridad Vial

**EVALUACIÓN EN CONDUCTORES DE LA CAPACIDAD
DE ATENCIÓN VISUAL A TRAVÉS DEL DESARROLLO
DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Andrés Gené Sampedro

Dirigida por

Dr. Francisco Alonso Pla

Dra. Celia Sánchez Ramos

Valencia, 2015

*“Nuestra recompensa se encuentra
en el esfuerzo y no en el resultado.
Un esfuerzo total es una victoria completa.”*
Mahatma Gandhi (1869-1948)

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS:

A Paco Alonso y Celia Sánchez, como directores de esta tesis, por teneros ahí siempre que os he necesitado, sin importar la hora, y ayudarme a conseguir que este proyecto llegase a buen puerto.

A Sergio Useche y Andrea Cecilia, porque fueron la luz en los momentos de bloqueo, por su disposición y por sus interesantes orientaciones.

A Adelina Felipe y José María Artigas, por su apoyo constante y motivación durante los años que nos conocemos.

A Pedro Monteiro por haber creído y colaborar activamente en el desarrollo y nuevas aplicaciones del ADEMd.

A Inma Bueno por el camino investigador que hemos realizado, con ilusión, esfuerzo y muchas ganas.

A Vicente Roda, Juan Carlos Martínez, Nacho Ferreira y Pascual Capilla, por interesarse constantemente y sus “empujones” motivadores para conseguir llegar al final de esta tesis.

A Mar Argudo por su optimismo y ser ejemplo que todo es posible si se realiza con ganas, ¡hasta un doctorado!.

A Rosa, Paco y Enrique, y al resto de compañeros, que directa e indirectamente, a lo largo de estos años, se han interesado por como iba evolucionando esta investigación.

A José y Lía, por la unión que ha realizado este programa de doctorado de “Tráfico y Seguridad Vial”, la cual hemos mantenido a lo largo de estos años, y la retroalimentación para conseguirlo los tres .

A Miguel por su colaboración con los enfermos de Alzheimer, y a todas aquellas personas, colegas, amigos, estudiantes, que contribuyeron como sujetos evaluados en la realización de esta investigación, o que han aportado su grano de arena en el manejo clínico del ADEMd, corroborando que resulta una prueba interesante.

A todos los que en el día a día, como profesionales sanitarios de la visión, sabemos que debemos concienciar a los sujetos a que, además de ver, deben saber qué ver y cómo mirar.

Y para acabar y pese a estar al final, ser los más importantes, a mi mujer Carmen, y a mis hijos Andrés y Javier, y al resto de mi familia, por el apoyo en todos los momentos de subida y bajada que conllevan la realización de una tesis, y que esta no ha sido menos. Gracias a su apoyo incondicional han hecho posible que, este texto que compendia en sus hojas los muchos años de trabajo y esfuerzo vea la luz.

A todo el mundo, mi más sincero agradecimiento.

ABREVIATURAS

Abreviaturas

Listado de abreviaturas y acrónimos empleados en la presente tesis por orden alfabético. En algunos casos, para facilitar la comprensión, se ha considerado mantener el término en inglés por lo extendido de su uso.

a	Número de errores totales de adición al realizar cualquier lámina
AD	Atención dividida
ADEM	Adult Developmental Eye Movement
ADEMd	Adult Developmental Eye Movement with distractors
AS	Atención sostenida
AV	Agudeza visual
BOE	Boletín Oficial del Estado
CRC	Centro reconocimiento de conductores
CRP-H	Calidad de Realización de la Prueba H
CRP-Hd	Calidad de Realización de la Prueba Hd
CRP-V	Calidad de Realización de la Prueba Vertical total
CRP-V1	Calidad de Realización de la Prueba V1
CRP-V2	Calidad de Realización de la Prueba V2
d	Diurna
DE	Desviación Estándar
DEM	Developmental Eye Movement
DGT	Dirección General de Tráfico
EA	Enfermedad Alzheimer
EDSS	Expanded Disability Status Scale
eH	Número total de errores lámina horizontal (H)
eHd	Número total de errores lámina horizontal distractora (Hd)
EM	Esclerosis Múltiple
eT	Número total de errores en las láminas del ADEM (V1, V2, y H)
eTd	Número total de errores en las láminas del ADEMd (V1, V2, H, y Hd)
eV	Número total de errores láminas verticales (V1 y V2)
eV1	Número total de errores lámina vertical (V1)
eV2	Número total de errores lámina vertical (V2)
H	Tiempo total de lectura lámina horizontal H
Haj	Tiempo de lectura horizontal ajustado
Hd	Tiempo total de lectura horizontal de la lámina Hd

Hdaj	Tiempo de lectura horizontal ajustado de la lámina Hd
Haj/Vaj	Cociente tiempo ajustado de la lámina H con ajustado de las V
Hdaj/Haj	Cociente tiempo ajustado de la lámina Hd, con ajustado de la H
Hdaj/Vaj	Cociente tiempo ajustado de la lámina Hd, con ajustado de las V
I	Número total de letras nombradas al realizar la lámina Hd
IC	Intervalo de confianza
INE	Instituto Nacional de Estadística
M1	Error de memoria 1
M2	Error de memoria 2
MEC	Mini-Examen Cognitivo
n	Nocturna
NC-H	Nivel de competencia lámina horizontal
NC-Hd	Nivel de competencia lámina horizontal con distractores
NC-V	Nivel de competencia láminas verticales
o	Número de errores totales de omisión al realizar cualquier lámina
P25	Percentil 25
P50	Percentil 50, el cual corresponde a la mediana
P75	Percentil 75
PA	Porcentaje acumulado
RD	Real Decreto
s	Número de errores totales de sustitución al realizar la lámina
t	Número de errores totales de transposición al realizar la lámina
UFOV	Useful Field Of View (campo de visión útil)
V	Tiempo de lectura vertical total (V1+V2)
V1	Tiempo de lectura vertical lámina V1
V1aj	Tiempo de lectura vertical ajustado lámina V1
V2	Tiempo de lectura vertical lámina V2
V2aj	Tiempo de lectura vertical ajustado lámina V2
Vaj	Tiempo de lectura vertical total ajustado (V1aj + V2aj)
VF-14	Cuestionario de funcionamiento visual
VMe	Valor mediana resultado de la prueba

RESUMEN
ABSTRACT

INTRODUCCION

La circulación vial es una realidad social, compleja y dinámica en las sociedades avanzadas, siendo la habilidad para conducir seguro el resultado de la interacción entre el individuo, el coche y el entorno.

Dentro del factor humano las condiciones visuales, la capacidad cognitiva, y la habilidad, son determinantes para responder adecuadamente ante la multitarea compleja que implica al entorno cambiante de la conducción. A través de una óptima búsqueda y correcta atención se reconoce, analiza y procesa la información visual, lo cual permite comprender, organizar y actuar ante el espacio visual externo dinámico.

Cualquier elemento o factor perturbador de la visión, bien sea por inducir distracciones o por decaimiento de las facultades físicas, afecta a la información visual recibida. Como consecuencia, la seguridad vial se puede ver comprometida con un incremento del riesgo de accidentes. Por ello, la detección precoz de las alteraciones y la concienciación de los sujetos es la mejor aportación que se puede realizar para disminuir la incidencia de accidentes.

A nivel visual, la legislación aplicable en España para acceder o prorrogar al permiso de conducir, sólo exige a los Centros de Reconocimiento de Conductores la evaluación de algunas pruebas primarias visuales, como la agudeza visual, pese a ser conocido que las valoraciones que se centran en las funciones primarias visuales tienen escasa correlación con las diversas actividades relacionadas con la conducción.

Hay que ser conscientes que se debe afrontar el fenómeno del tráfico de una forma diferente, siendo necesario realizar otro tipo de pruebas visuales que aporten una mayor información sobre las capacidades funcionales de los conductores. Más si se tiene en cuenta que muchos entornos viales que requieren mantener la atención, demandan cambios rápidos visuales, precisando tareas de búsqueda visual y cognitivas. Esto justifica porque se muestran más eficaces las pruebas que relacionan

funciones visuales secundarias combinadas con habilidades atencionales y cognitivas.

Por tanto, además de una óptima función visual, y la capacidad para actuar apropiadamente en dicho entorno dinámico, con un procesamiento rápido de la información visual, se hace necesario responder adecuadamente a la ejecución de tareas simultáneas complejas, a veces duales, que entrañan el uso combinado de la visión central, y la visión periférica del conductor, siendo las capacidades oculomotoras una parte muy importante involucrada en todo este proceso.

La presente tesis defiende la importancia de los movimientos oculomotores y la atención visual en la búsqueda de información. Para evaluar estos parámetros, y facilitar su realización a nivel clínico, se plantea la posibilidad de caracterizarlos mediante una prueba sencilla visuo-verbal de lectura modificada.

El acto de la lectura, siendo una tarea aparentemente simple, envuelve procesos multitarea de alta complejidad, con la ejecución de acciones simultáneas y la involucración de la visión central y la periférica. Los movimientos oculares, el procesamiento espacial, la atención y la velocidad de integración se han mostrado relevantes para una lectura eficiente. El entorno de la conducción, al igual que la lectura, exige al conductor realizar multitareas simultáneas, con el uso paralelo de la visión central y periférica, requiriendo controlar tareas primarias y secundarias visuales, minimizando los estímulos distractores.

Para realizar esta investigación se adaptará el test de lectura denominado ADEM (Adult Development Eye Movement), añadiendo una nueva prueba. Este test, basado en una multitarea que integra un procesamiento visuo-verbal con diverso grado de exigencia cognitivo, implica el uso de la visión central y periférica, e incorpora con la nueva lámina una mayor demanda cognitiva con una doble tarea de atención visual.

OBJETIVOS

El objetivo principal de esta tesis es desarrollar y analizar la fiabilidad del test de medida de desarrollo de los movimientos oculomotores, mientras se ejecutan las tareas visuales y cognitivas, en un rango desde más automáticas a procesos que requieren mayor atención.

Como objetivos secundarios:

1.- Establecer unos valores de referencia del desarrollo de los movimientos oculomotores, bajo diversas condiciones de atención, y analizar su variación con la edad, el sexo y la escolaridad en sujetos sanos.

2.- Comparar los parámetros oculomotores de conductores con no conductores, bajo las diversas condiciones de atención y ejecución de la prueba, y valorar si se producen diferentes estrategias o patrones de conducción.

3.- Evaluar la relación del procesamiento oculomotor comparando el grupo de sujetos sanos frente al grupo con enfermedades neurodegenerativas, como la esclerosis múltiple (problema de transmisión nerviosa) y el Alzheimer (problema cognitivo).

MATERIAL Y MÉTODO

Sujetos:

Se realizó el estudio en una muestra aleatoria de 377 sujetos, en un rango de 20 a 93 años de edad con una edad media de $53,16 \pm 19,17$ años, siendo 211 mujeres (56,0%) y 166 hombres (44,0%). De esta muestra 75 formaban parte del grupo con enfermedades neurodegenerativas, de los cuales con esclerosis múltiple (EM) eran 46 personas, y con enfermedad de Alzheimer (EA) eran 29 personas.

La muestra sana, se consideró como grupo para normalizar la prueba, y como grupo control cuando se requerían realizar comparaciones. El grupo sano estaba compuesto por 302 sujetos, distribuidos en siete grupos etarios, siendo el primero de 20 a 24 años, los cinco grupos siguientes en intervalos

de 10 años, y el séptimo, y último grupo, el de mayor rango de edad dado que se disponía de menor número de sujetos, (desde 75 años en adelante). Los conductores dentro del grupo sano fueron 214 sujetos (70,9%).

La investigación ha seguido, dentro de las consideraciones éticas, los términos de la Declaración de Helsinki.

Medidas clínicas:

La información clínica se obtuvo mediante dos cuestionarios, uno general, desglosado en cuatro bloques (características socio-demográficas, salud general, información visual, y preguntas relacionadas con la conducción), y otro más específico de funcionamiento visual. En aquellos casos que se consideró, se valoró el estado cognitivo y funcional.

La prueba visual específica a realizar se ha denominado ADEMd (Adult Development Eye Movement distractor); esta valora el desarrollo de los movimientos oculares bajo condiciones normales y de atención. Su formato de realización requiere una tarea simultánea visuo-verbal que proporciona una valoración cuantitativa de la función ocular, en base a la velocidad de procesamiento y ejecución con la que se ven, reconocen y vocalizan con precisión una serie de números de dos dígitos, combinando una doble tarea de automaticidad, (nombrar los números), y de procesamiento oculomotor, pudiendo ser diferenciadas y analizadas ambas conjuntas o por separado.

El test consta de cuatro láminas, dos verticales (V1 y V2), en las que 40 números deben ser leídos en cada una, y dos horizontales (H y Hd), en las que 80 números deben ser leídos en cada una. Cada lámina va presentando un grado de dificultad creciente oculomotor, desde una habilidad básica hasta una más difícil atencional, realizándose en el siguiente orden V1, V2, H, y Hd.

La valoración de la puntuación del tiempo vertical (V1 + V2) determina la velocidad de nombrar (automaticidad). El leer en vertical no implica unos movimientos oculares complejos, por ello se considera el nombrar los números como un acto de simple automaticidad, que requiere un nivel

cognitivo sencillo de operatividad, representando el nivel base de partida del desarrollo.

Con la lámina horizontal (H) se evalúa realmente la motilidad ocular de los seguimientos, y principalmente de los sacádicos, además de la automaticidad de nombrar números. Corresponde a un nivel cognitivo más elevado, considerándolo táctico y operacional.

Con la lámina horizontal distractora (Hd) además de lo evaluado en la lámina H, se requiere una atención dividida. Corresponde al nivel cognitivo superior del test, considerándola una actividad selectiva.

Variables analizadas:

Los parámetros analizados en la realización de la prueba, además de la habilidad de distinguir y nombrar los números, han sido la velocidad (cuantificada mediante el tiempo empleado en leer las láminas V1, V2, H y Hd); la relación del comportamiento entre las variables, mediante el análisis de los cocientes temporales entre si (H_{aj}/V_{aj} , Hd_{aj}/V_{aj} y Hd_{aj}/H_{aj}); la calidad de la realización de la prueba (CRP), que tiene en cuenta los posibles errores totales cometidos en cada una de las láminas; y la exactitud o nivel de competencia (NC) con respecto a los valores de referencia en cada una de las láminas.

A nivel del tiempo empleado en leer cada una de las láminas, y dado que pueden influir, se ajustaron los tiempos teniendo en cuenta los errores de omisión y adición. Para facilitar el análisis se consideró el tiempo ajustado vertical total (V_{aj}), el cual corresponde, a la suma del tiempo empleado en realizar las dos láminas verticales V1 y V2. Los tiempos ajustados horizontales se expresaron como H_{aj} y Hd_{aj} .

Estadística:

El cálculo y el análisis estadístico se realizaron mediante el programa estadístico SPSS (versión 22.00) para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL). Para el estudio del comportamiento que siguen los datos, se ha aplicado el test de Kolmogorov-Smirnov y el coeficiente de correlación de Spearman se

ha utilizado para el análisis de la relación existente entre los diferentes parámetros medidos, considerando estadísticamente significativo un valor de p inferior a 0,05.

Para contrastar la hipótesis de si varias distribuciones son iguales o presentan diferencias significativas, al requerirse pruebas no paramétricas, se ha empleado la prueba de Kruskal-Wallis para las variables independientes, y la de Friedman para variables dependientes (láminas entre sí). Para determinar las parejas entre las que existe diferencia se ha realizado mediante el test de Mann-Whitney para muestras independientes, y la prueba de Wilcoxon para muestras dependientes. Las variables independientes analizadas fueron la edad, el sexo, el nivel de escolaridad y el ser conductor.

La fiabilidad de la prueba se ha valorado mediante el método de consistencia interna de las dos mitades en las láminas, realizando el coeficiente de correlación de Spearman-Brown, considerando valores mayores a 0,90 como una alta constancia de medida. El test-retest fue examinado utilizando el coeficiente de correlación interclase (ICC), ya que permite evaluar el acuerdo entre muestras pareadas. El criterio seguido para la interpretación de la repetibilidad con esta prueba ha sido, pobre si es $<0,5$; moderado entre 0,5 y 0,75; bueno entre 0,75 y 0,99; y excelente si es $>0,99$.

RESULTADOS

Sujetos sanos:

A nivel de la fiabilidad se han obtenido unos coeficientes de Spearman-Brown de 0,98 comparando la lámina V1 con la V2, y de 0,95 y 0,96 para las láminas H y Hd respectivamente. El estudio test-retest da unas puntuaciones buenas para todas las láminas, oscilando entre un rango de 0,81 y 0,97.

En cuanto al análisis de las variables a nivel global, la mediana se demora 3,2 segundos más al realizar la búsqueda selectiva en la lámina horizontal en relación a la vertical (Haj-Vaj). Al introducir los caracteres de distracción de la lámina Hd, el incremento temporal es de 9,2 segundos al

compararlo con la lámina vertical (Hdaj-Vaj). Valorando los cocientes con respecto al nivel base (tiempo vertical), es necesario un 5% más de tiempo para la lectura de la lámina horizontal (Haj) y un 13% para la lectura de la lámina horizontal con caracteres de distracción (Hdaj). El análisis de los errores mediante la CRP en cada lámina, muestra que el porcentaje de sujetos con una calidad óptima son a nivel vertical el 98,8%, a nivel horizontal el 91,8%, y a nivel horizontal con distractor el 89,8%.

Con respecto a la edad los valores de las láminas temporales del ADEMd muestran una correlación positiva, con diferencias significativas ($p < 0,05$) en tres etapas, de 20 a 44 años, de 45 a 64 años, y de 65 años en adelante. A nivel específico, comparando los más mayores con los más jóvenes se demoran más los primeros, con una diferencia entre las medianas Vaj, Haj y Hdaj, de 30,0, 36,6 y 33,6 segundos respectivamente. En los adultos más mayores aumenta el número de errores, tanto en las pruebas verticales como en las horizontales en comparación con los más jóvenes, siendo en las láminas horizontales los principales errores de omisión y adición. Con el incremento de la edad se empeora a nivel de la CRP-H y la CRP-Hd, mostrando esta última variable más acentuado el rango de varianza en los dos últimos grupos de edad.

No se observa una disminución del desarrollo oculomotor con los años, siendo la disminución temporal que se aprecia en las láminas, justificada por el tiempo de procesamiento perceptual de la tarea. El grupo etario que más atención pone al realizar la actividad, valorada mediante el cociente Hdaj/Haj, son los sujetos de 35 a 54 años.

Las diferencias significativas en los tiempos de lectura por sexo aparecen a partir de los 65 años en todas las láminas. No habiendo diferencias significativas por nivel de escolaridad ($p > 0,05$) en los diferentes grupos de edad.

Enfermedad neurodegenerativa:

En general, en este grupo se incrementan los valores temporales con respecto a los sujetos sanos de edad similar, con un aumento de la cuantía de errores.

Específicamente los sujetos con EM presentan diferencias significativas en las pruebas que emplean tiempos horizontales ($p < 0,05$), y altamente significativa con la lámina Hd ($p < 0,001$), mostrando el cociente donde interviene la variable atencional cambios significativos. No se producen diferencias en las que requieren movimientos verticales ($p > 0,10$).

Los sujetos con EA presentan diferencias altamente significativas en todas las variables estudiadas, con excepción del cociente entre las láminas horizontales ($p = 0,90$), y en la CRP-Hd ($p = 0,09$). Presentan también una mayor dispersión en los resultados.

Conductores:

El mayor número de kilómetros conducidos al año se produce en el rango de 35 a 64 años. Con respecto al riesgo de exposición de los conductores, calculado en base a la interacción de experiencia, frecuencia y edad, se obtuvo que el 11,2% no tenían ningún riesgo, el 24,8% poco, el 42,5% bastante, y el 21,5% presentaba mucha exposición al riesgo. Los grupos con mayor incidencia de exposición, son los jóvenes de 20 a 34 años, y de 65 años en adelante.

El 92,8% de los conductores mayores de 75 años refieren poca o ninguna dificultad en la conducción diurna por causa de su visión, mientras que en visión nocturna sólo presentan poca o ninguna dificultad el 57,1%.

En las variables del ADEMd aparecen diferencias significativas entre conductores y no conductores en el rango de los 45 años a los 74 años, empleando más tiempo en realizar todas las láminas temporales los no conductores, y teniendo peor nivel competencial.

En cuanto a los conductores que tuvieron un accidente y los que no, no hay diferencia significativa ($p>0,05$) en ninguna de las variables analizadas, ni correlación con la edad.

CONCLUSIONES

El ADEMD es un test fiable que presenta una alta constancia de la medida en todas las láminas que conforman la prueba, desde las más automáticas a las que requieren mayor atención visual y cognitiva; no viéndose alterado el resultado de una medición debido a cambios, fluctuaciones o variaciones del instrumento en sí mismo.

A continuación se indicarán las conclusiones específicas del desarrollo de los movimientos oculomotores, desglosados en las distintas muestras analizadas:

A nivel de los sujetos sanos:

1.- Se emplea más tiempo en la lectura de las láminas oculomotoras horizontales que en las verticales. La actividad oculomotora, bajo unas condiciones de atención dividida, requiere mayor atención. Cuanto menos exigente o más automática es la tarea se cometen menos errores.

2.- La variable socio-demográfica analizada que influye más en el desarrollo de los movimientos oculomotores es la edad. El aumento de esta, incrementa el tiempo de realización y el número de errores en todas las láminas, sobre todo en las horizontales, siendo justificado por el procesamiento perceptual de la tarea.

3.- En el grupo de más jóvenes, quizás por ser más impulsivos en la realización de las tareas, se producen valores más bajos de correlación temporal entre las láminas de automaticidad con respecto a la oculomotricidad horizontal con distractores.

4.- La mayoría de los sujetos presentan unos valores de realización de la prueba considerados en un rango entre normal y excelente en su grupo etario.

5.- A nivel de género, el único grupo que presenta diferencias significativas en los tres tipos de láminas temporales es el de 65 a 74 años, siendo mayor el tiempo empleado en mujeres que en hombres.

6.- El desarrollo de los movimientos oculomotores no varía con el nivel de escolaridad.

A nivel de sujetos con enfermedad neurodegenerativa:

7.- La presencia de enfermedades neurodegenerativas produce una mayor dispersión en los resultados que en el grupo sano, sobretodo en los enfermos de Alzheimer, cometiéndose más errores en todas las láminas y siendo mayores en los movimientos horizontales. Los cambios en el comportamiento del ADEMd varían dependiendo de la enfermedad analizada.

8.- Tanto en la esclerosis múltiple como en los enfermos de Alzheimer, hay diferencias significativas en el procesamiento de las tareas oculomotoras horizontales, viéndose más afectadas ante tareas con distractores. En la EM no se ven afectadas las tareas de automaticidad, mientras que en los EA si que se ve afectada.

A nivel de los conductores:

9.- Las únicas diferencias significativas entre conductores y no conductores en la ejecución del ADEMd ocurren, de los 55 a los 74 años en todas las pruebas temporales, y de los 45 a 54 años sólo en las láminas horizontales.

10.- Casi la mitad de los sujetos mayores de 75 años refieren dificultad para conducir por la noche por causa de su visión. Con una asociación muy baja, aunque significativa, entre la dificultad diurna y nocturna cuando la tarea exige mayor atención.

11.- Tal como se va produciendo una pérdida de la habilidad conduciendo o de las capacidades, y se es consciente, hay una modificación de los patrones de conducción.

12.- No hay diferencias entre los valores temporales del ADEMd por causa de haber referido tener algún accidente, ni se encuentra correlación de los accidentes con la edad.

13.- La valoración del desarrollo de los movimientos oculares atencionales es una prueba importante a incorporar, a las que se realizan en las revisiones en los CRC, para mejorar la detección de sujetos con disfunciones.

14.- En la seguridad vial es fundamental la prevención y concienciación, para minimizar los riesgos de accidentes. Con la detección precoz del ADEMd se pueden prevenir, concienciando a los sujetos a que, además de ver, deben saber qué ver y cómo mirar.

ABSTRACT

INTRODUCTION

Road traffic is a complex, dynamic social reality in advanced societies. The ability to drive safely is a result of the interaction between the driver, the car and the environment.

Eye health, cognitive capacity and skill are the crucial human factors which enable the driver to adequately respond in the face of the complex multi-tasking implied in the ever-changing driving environment. By means of an optimal search process, and by paying a lot of attention, visual information can be recognized, analyzed and processed, allowing the driver to understand, organize and act within the dynamic external visual landscape.

Any element or factor which disturbs vision, whether by causing distractions or reducing physical abilities, affects the visual information received. Consequently, road safety can be compromised leading to an increased risk of an accident. Therefore, the greatest contributions that can be made to reduce the number of accidents are early detection of changes and driver awareness.

With regard to vision, the legislation applicable in Spain in order to obtain, or renew, a driving license only requires that the Driving Recognition Centre (DRC) carry out primary eye health examinations, such as visual acuity, despite the fact that evaluations focused on primary visual functions have little correlation with the diverse activities involved in driving.

It is necessary to be aware that the phenomenon of traffic has to be dealt with in a different way. Other types of visual examinations should be carried out which can provide better information concerning the functional capabilities of drivers. Especially so if we take into account that many driving situations, which require high levels of attention, demand rapid visual changes involving visual and cognitive searches. This justifies why tests which relate secondary visual functions combined with cognitive and attention paying skills prove to be more efficient.

Therefore, besides having optimal visual function, and the ability to act appropriately in a dynamic environment rapidly processing the visual information, the driver has to be able to respond appropriately to the execution of complex simultaneous, sometimes dual, tasks. This entails the combined use of the driver's central and periphery vision, and oculomotor ability plays a vital role in this process.

This thesis argues the importance of oculomotor movements and visual attention when searching for information. In order to evaluate these parameters, and facilitate their study at a clinical level, the possibility of characterizing them by means of a simple visio-verbal modified reading test is proposed.

Reading, an apparently simple task, involves highly complex multi-tasking processes, with actions being simultaneously executed involving both central and peripheral vision. Ocular movements, spatial processing, attention and speed of integration have all been shown to be relevant in order to read efficiently. Driving conditions, just like reading, demand that the driver carries out simultaneous multi-tasking activities, with the parallel use of central and peripheral vision. It requires control of primary and secondary visual tasks, minimizing distracting stimuli.

In order to carry out this research the so-called ADEM (Adult Developmental Eye Movement) reading test will be adapted, and a new test will also be added. This new test, based on a multi-task which integrates a visuo-verbal procedure with varying degrees of cognitive demand, requires the use of both central and peripheral vision, and, due to the new test plate, it implies a greater cognitive demand with a double visual attention task.

OBJECTIVES

The main objective in this thesis is to develop and analyze the viability of developmental eye movement, whilst carrying out visual and cognitive tasks, ranging from tasks which are highly automatic to processes which require more attention.

Other objectives are:

1.- To establish reference values of the development of oculomotor movements, under different conditions, and to analyze their variation based on age, sex and level of schooling in a group of healthy subjects.

2.- To compare the oculomotor parameters of drivers with non-drivers when different levels of attention are required while carrying out the test, and to evaluate if different strategies or driving patterns are employed.

3.- To evaluate the relationship of oculomotor processing by comparing a group of healthy subjects with a group suffering from neurodegenerative illnesses, such as Multiple Sclerosis (a nerve transmission problem) and Alzheimer's (a cognitive problem).

MATERIALS AND METHODS

Subjects:

The study was carried out with a random sample of 377 subjects, ranging in age from 20 to 93, the average age being 53.16 ± 19.17 years old; 211 were women (56%) and 166 men (44%). Of this sample, 75 people were part of the group with neurodegenerative illnesses, of which 46 suffered from Multiple Sclerosis (ME), and 29 had Alzheimer's disease (AD).

The healthy sample group was used to standardize the test, and as the control group when comparisons needed to be made. The healthy group was made up of 302 subjects, divided into seven age groups, the first one being from 20 to 24 years old, the next five groups divided at 10-year intervals, and the last group, with the greatest age range due to it having the least number of subjects, aged 75 and over. Within this healthy group, 214 subjects (70.9%) were drivers.

The research followed, within ethical considerations, the terms of the Helsinki Declaration.

Clinical measurements:

Clinical information was obtained via two questionnaires, one general, broken down into four blocks (socio demographic characteristics, general health, visual information, and questions related to driving), and the other more specifically concerning visual performance. When considered necessary, the cognitive and functional states of the subjects were evaluated.

The specific visual test being carried out has been termed the ADEMD (Adult Developmental Eye Movement distractor); this evaluates the development of ocular movements under normal conditions, and under conditions when more care and attention is needed. The method used in this test consists of a simultaneous visuo-verbal task which provides a quantitative evaluation of the ocular function, based on the speed of processing and execution of precisely seeing, recognizing and reading out a series of two-digit numbers, combining a dual task investigation of automaticity, (pronouncing the numbers), and oculomotor processing. These two tasks can be differentiated and analyzed either together, or separately.

The test consists of four test plates, two vertical (V1 and V2), each with 40 numbers which have to be read out, and two horizontal (H and Hd), each with 80 numbers which have to be read out. With each test plate, the level of oculomotor difficulty increases from a basic ability to one which requires greater attention to detail. The test is carried out using the test plates in the following order: V1, V2, H, and Hd.

Evaluating the vertical time score (V1 + V2) determines the rapid naming speed (automaticity). Vertical reading does not require complex ocular movements; therefore reading out the numbers is seen as a simple act of automaticity, which requires a low level cognitive process, representing the baseline level of development.

Horizontal test plate (H) is the one which really evaluates ocular motility tracking, and in particular saccades, as well as number naming automaticity. It

corresponds with a higher cognitive level, considered to be tactical and operational.

Horizontal distractor test plate (Hd), besides evaluating the information in test plate H, requires attention to be divided. It corresponds to the highest cognitive level in the test, considered to be a selective activity.

Variables analyzed:

The parameters analysed when carrying out the test, as well as the ability to distinguish and name the numbers, were speed (quantified by the time needed to read test plates V1, V2, H and Hd); the relationship of the behaviour of the variables, by means of the analysis of time ratios amongst themselves (Haj/Vaj, Hdaj/Vaj and Hdaj/Haj); test completion quality (TCQ), which takes into account the total possible errors committed on each test plate; and the preciseness or competency level (CL) regarding the reference values in each of the test plates.

With regard to the time taken to read each of the test plates, and given that these can influence the results, times were adjusted taking into account the omission and addition errors. In order to make the analysis easier, total adjusted vertical time was taken into account (Vaj), this corresponds to the sum of the time needed to complete the two vertical test plates, V1 and V2. Horizontal adjusted times are expressed as Haj and Hdaj.

Statistics:

Calculation and statistical analysis was carried out using the SPSS statistics programme (version 22.00) for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL). In order to study the behaviour that the data follows, the Kolmogorov-Smirnov test was applied and the Spearman correlation coefficient was used to analyse the relationship which existed between the different parameters being measured, with p below 0.05 being considered as a statistically significant value.

To contrast the hypothesis that if several distributions are equal or do not show significant differences, requiring non parametric tests, the, Kruskal-

Wallis test for independent variables was used, as well as the Friedman test for dependant variables (between the test plates). In order to determine the pairs between which there is a difference, the Mann-Whitney test was used for independent samples, and the Wilcox test was used for dependent samples. The independent variables analysed were age, sex, level of schooling, and whether or not the person was a driver.

The viability of the test was evaluated by the internal consistency method of the two halves of the test plate, using the Spearman-Brown correlation coefficient, with values greater than 0.90 considered a high consistency measurement. The test-retest was studied using the interclass correlation coefficient (ICC), since this allows the agreement between paired samples to be evaluated. The criteria followed to interpret the repeatability with this test were, poor <0.5; moderate, between 0.5 and 0.75; good between 0.75 and 0.99; and excellent >0.99.

RESULTS

Healthy subjects:

At the reliability level, Spearman-Brown coefficients of 0.98 were obtained when comparing test plate V1 with V2, and 0.95 and 0.96 for test plates H and Hd, respectively. The test-retest study gave good scores for all the test plates, in a range between 0.81 and 0.97.

With regard to the analysis of the variables at a global level, on average it took 3.2 seconds longer to carry out the selective search on the horizontal test plate compared to the vertical test plate (Haj-Vaj). When the distraction characters of the Hd test plate are introduced, the increase in time is 9.2 seconds compared to the vertical test plate (Hdaj-Vaj). When evaluating the ratios with respect to the base level (vertical time), 5% more time is needed to read the horizontal test plate (Haj), and 13% more to read the horizontal test plate with distraction characters (Hdaj). Error analysis via CRP on each test plate shows that 98.8% of the subjects have optimal vision

quality at the vertical level, 91.8% at the horizontal level, and at the horizontal level with distractor optimal vision quality is 89.8%.

With regard to age, the values of the timed ADEMD test plates show a positive correlation, with significant differences ($p < 0.05$) in three stages, from 20 to 44 years old, from 45 to 64 years old, and over 65 years old. At a specific level, comparing the oldest subjects with the youngest ones, the former take longer to complete the activity, the difference between the Vaj, Haj and Hdaj averages being 30.0, 36.6 and 33.6 seconds, respectively. Amongst the oldest adults the number of errors increases, in both the vertical and horizontal tests, compared to the younger ones, the main omission and addition errors occurring in the horizontal test plates. As age increases, the results at the CRP-H and the CRP-Hd level deteriorate, with the latter variable showing a more accentuated variance range in the last two age groups.

No reduction in oculomotor development was seen due to age. The time reduction, which can be seen in the test plates, can be justified by the perceptual processing time of the task. The age group, which paid the most attention when carrying out the activity, evaluated via the Hdaj/Haj ratio, was the group of subjects between 35 and 54 years old.

Significant differences in reading time based on sex appear after the age of 65 in all of the test plates. There were no significant differences based on the level of schooling ($p > 0.05$) amongst the different age groups.

Neurodegenerative illness:

In general, in this group the temporary values increased with regard to healthy subjects of the same age, with an increase in the number of errors.

Specifically, the subjects with ME showed significant differences in the tests with horizontal times ($p < 0.05$), and highly significant differences with test plate Hd ($p < 0.001$), the ratio where the attention variable intervenes producing significant changes. No differences were produced in tests which required vertical movements ($p > 0.10$).

Subjects with AD demonstrated highly significant differences in all of the variables studied, with the exception of the ratio between the horizontal test plates ($p=0.90$), and in the CRP-Hd ($p=0.09$). They also demonstrated a greater spread of results.

Drivers:

Subjects between 35 and 64 covered the greatest number of kilometres per year. With regard to the drivers' risk of exposure, calculated based on the interaction of experience, frequency and age, it was found that 11.2% were at no risk, 24.8% low risk, 42.5% quite a high risk, and 21.5% a high risk factor. The groups with the highest risk of exposure are young people between 20 and 34, and the over 65s.

92.8% of drivers over 75 have little or no difficulty driving during the daytime due to their eyesight, whilst only 57.1% have little or no difficulty with their night vision.

The ADEMd variables show significant differences between drivers and non-drivers between the ages of 45 and 74, with the non-drivers taking more time to complete all of the test plates and demonstrating a lower competency level.

With regard to drivers who have or have not had an accident, there is no significant difference ($p>0.05$) in any of the variables analysed, nor any correlation based on age.

CONCLUSIONS

ADEMd is a viable test which demonstrates a higher than average consistency for all of the test plates which make up the test, from the most automatic ones to those which require greater visual and cognitive attention; no changes in the results of the measurement due to changes, fluctuations or variations in the instrument itself were observed.

Below, the specific conclusions concerning the development of oculomotor movements are set out, broken down based on the different samples analysed:

Healthy subjects:

1.- Spend more time reading the horizontal oculomotor test plates compared to the vertical ones. Oculomotor activity, under conditions of divided attention, requires greater attention to be paid. Fewer errors are committed when the task is more automatic or less demanding.

2.- Of the socio demographic variables analysed, age is the one which most influences the development of oculomotor movements. As age increases, the time needed to carry out the activity increases, as does the number of errors on all of the test plates, especially the horizontal ones. This can be justified by the perceptual processing of the task.

3.- The group with the youngest people in it, perhaps due to them being more impulsive when carrying out the tasks, produced the lowest time correlation values between the automaticity test plates compared to the horizontal ocular motility test plate with distractors.

4.- When carrying out the test, the majority of subjects demonstrate values which can be considered to be between normal and excellent within their age range.

5.- In terms of gender, the only group which demonstrated significant differences in the three types of timed test plates was the group aged from 65 to 74, with women spending more time on the task than men.

6.- The development of oculomotor movements does not vary based on the level of schooling.

Subjects with neurodegenerative illnesses:

7.- The presence of neurodegenerative illnesses produces a greater spread of results compared to the group of healthy subjects, above all in the

case of Alzheimer's disease. More errors occur on all of the test plates, and horizontal movements are greater. Changes in the behaviour of the ADEMd vary depending on the illnesses being analysed.

8.- In both Multiple Sclerosis and Alzheimer's there are significant differences in processing horizontal oculomotor tasks, especially tasks which include distractors. For people with ME, tasks involving automaticity are not affected, whilst an affect can be observed for people with AD.

Drivers:

9.- The only significant differences between drivers and non-drivers in the execution of the ADEMd occurred from the ages of 55 to 74 in all of the timed tests, and only from 45 to 54 in the horizontal test plates.

10.- Almost half of the subjects over 75 referred to problems driving at night due to their eyesight. With a very low, although significant association between difficulty during the daytime and at night when the task demanded a greater level of attention.

11.- As driving expertise or skills deteriorate, and if the driver is aware of this, there is a modification in driving patterns.

12.- There are no differences in time values of the ADEMd based on having had an accident, nor has any correlation between accidents and age been found.

13.- To improve the detection of subjects with visual dysfunctions, along with the tests carried out during examinations at the DRCs, it is important to included an evaluation of the development of ocular movement under conditions demanding different levels of attention.

14.- On road safety, prevention and awareness are fundamental in order to reduced the risk of having an accident. Early detection with ADEMd can help prevent accidents, making people aware that besides seeing, they need to know what to see and how to look.

Índice de contenidos

Agradecimientos	III
Abreviaturas	VII
Resumen	1
Abstract	15
Capítulo I.- Introducción general	31
1.1 Antecedentes de la investigación	35
1.2 Problema de investigación	37
1.3 Justificación del tema	40
1.4 Metodología	43
1.5 Hipótesis	44
1.6 Objetivos	45
Capítulo II.- Revisión de la literatura	47
2.1 Introducción al tema	51
2.1.1. El factor humano en el entorno vial	52
2.1.2. La visión en la conducción	53
2.1.3. Seguridad vial y accidentes	55
2.1.4. Revisiones psicotécnicas	57
2.2 Campos relacionados	60
2.2.1. Investigación de las funciones y capacidades visuales primarias	60
2.2.2. Niveles y patrones de desarrollo de la conducción	66
2.2.3. La población sénior como grupo de riesgo	71
2.2.3.1. Incremento de los impedimentos funcionales, de los	
accidentes e incumplimiento de la normativa	71
2.2.3.2. Preservar la función visual	75
2.2.4. Enfermedades neurodegenerativas	78
2.3 Modelos analíticos y preguntas de investigación	80

2.3.1. Estrategias visuales de búsqueda de la información	80
2.3.1.1. Atención visual y velocidad de procesamiento visual	81
2.3.1.2. Utilización de tareas simultáneas, atención dividida y selectiva	85
2.3.1.3. Relación de las habilidades atencionales con las capacidades visuales y el campo de visión atencional	90
2.3.2. Nuevas valoraciones y líneas a desarrollar	95
2.3.2.1. Importancia de las capacidades visuales oculomotoras	96
2.3.2.2. Valoración del desarrollo de los movimientos oculares con tareas atencionales: modelo de lectura relacionado con la conducción	102
2.4 Recapitulación	111
Capítulo III.- Metodología de la investigación	113
3.1 Introducción a la metodología	117
3.2 Justificación del paradigma y la metodología	118
3.2.1. Diseño de la investigación	118
3.2.2. Lugar de medida	120
3.2.3. Descripción de la muestra y procedimiento de selección	122
3.3 Instrumentos de evaluación utilizados	127
3.3.1. Estructura de las técnicas a emplear	127
3.3.2. Pruebas preliminares utilizadas: cuestionarios y test cognitivo ...	130
3.3.3. ADEM y ADEMd	138
3.3.3.1. Antecedentes y caracterización	138
3.3.3.2. Instrucciones anotaciones ficha de medida	148
3.3.3.3. Manejo de los resultados	154
3.4 Procesamiento de los datos	162
3.4.1. Diseño de la prueba del test ADEM y ADEMd	162
3.4.1.1. Estudio de la fiabilidad	163
3.4.1.2. Estudio de la validez	165
3.4.2. Preparación de los datos y estadística	168
3.4.3. Limitaciones de la metodología	173

3.5 Conclusión sobre la metodología	175
Capítulo IV.- Análisis de los datos	177
4.1 Introducción al análisis de resultados	181
4.2 Características de los sujetos	183
4.2.1. Distribución de la muestra sana y patológica	183
4.2.2. Descriptivos del grupo sano	184
4.2.3. Descriptivos de los grupos neurodegenerativos	185
4.3 Caracterización del ADEMd en el grupo sano	189
4.3.1. Resultados de los parámetros temporales de las láminas	189
4.3.2. Estudio de la fiabilidad y de la validez	196
4.3.3. Relación entre los cocientes de las láminas	210
4.3.4. Calidad de la realización de la prueba	213
4.3.5. Niveles de competencia	216
4.4 Modelos de datos en cada pregunta de investigación	217
4.4.1. Influencia de variables socio-demográficas en el ADEMd	217
4.4.1.1. Efecto de la edad	217
4.4.1.2. Efecto del género	239
4.4.1.3. Efecto del nivel de estudios	244
4.4.1.4. Influencia del ser conductores	247
4.4.2. Comportamiento del ADEMd en enfermedades neurodegenerativas	257
4.4.2.1. Influencia de la esclerosis múltiple en el ADEMd	258
4.4.2.2. Influencia del Alzheimer en el ADEMd	259
Capítulo V.- Discusión e implicaciones	261
5.1 Introducción	265
5.2 Discusión sobre cada pregunta de investigación o hipótesis	266
5.2.1. Desarrollo del test oculomotor ADEMd con interacción cognitiva	266
5.2.2. Predominio de las variables socio-demográficas en el ADEMd ...	269
5.2.2.1. Influencia de la edad	269

5.2.2.2. Influencia del género	273
5.2.2.3. Influencia del nivel de estudios	275
5.2.2.4. Influencia del ser conductores	275
5.2.3. Comportamiento del ADEMd en enfermedades neurodegenerativas	281
5.3 Implicaciones de los resultados	283
5.4 Limitaciones	286
5.5 Líneas futuras de investigación	289
Capítulo VI.- Conclusiones / Conclusions	291
6.1 Conclusiones	295
6.2 Conclusions	297
Bibliografía	301
Anexos	333
Anexo 1.- Consentimiento informado	335
Anexo 2.- Cuestionario historia clínica	339
Anexo 3.- Cuestionario de capacidad visual percibida	343
Anexo 4.- Procedimiento y descripción del Test UFOV	347
Anexo 5.- Descripción del Test ADEMd	351
Anexo 6.- Registro de los movimientos oculares ADEMd	359
Anexo 7.- Muestra de las letras	363
Anexo 8.- Valoración cognitiva y funcional	367
Anexo 9.- Capacidades Visuales requeridas según normativa CRC	373
Anexo 10.- Contribuciones científicas	379
Anexo 11.- Proyectos de investigación	385
Lista de tablas	389
Lista de figuras	395

*“Sería insensato, y contradictorio en sí mismo,
pensar que es posible hacer lo que hasta ahora nunca se ha hecho,
por procedimientos que no sean totalmente nuevos.”*

Francis Bacon, 1620. *Novum Organum*

Capítulo 1.- INTRODUCCIÓN

Capítulo I.- INTRODUCCIÓN GENERAL
--

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

1.4 METODOLOGÍA

1.5 HIPÓTESIS

1.6 OBJETIVOS

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

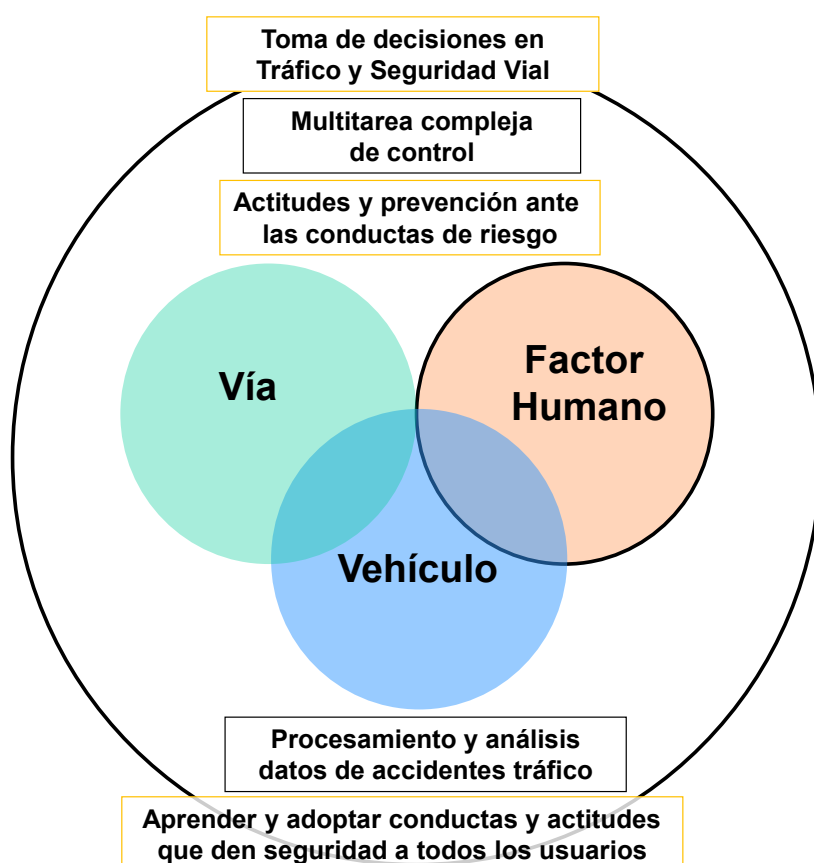
La circulación vial es una realidad social cada vez más presente, compleja y dinámica en las sociedades avanzadas, siendo la habilidad para conducir seguro el resultado de la interacción entre el individuo, el coche y el entorno. Aparte de factores demográficos y sociales, existen otros dentro del factor humano que influyen y resultan fundamentales durante la conducción de vehículos. Si se tiene en cuenta que la mayoría de la información que se recibe al conducir llega a través de la vista, las condiciones visuales son determinantes para un buen rendimiento del conductor, con asociaciones entre la función visual, el desarrollo y los hábitos de conducción (Brabyn, Schneck, Lott, & Haegerström-Portnoy, 2005).

El entorno cambiante y las potenciales situaciones de riesgo relacionadas con el tráfico requieren el procesamiento rápido de la información visual, con una buena capacidad de detectar y reconocer objetos que aparezcan rápidamente en el campo visual. Cualquier elemento o factor perturbador de la visión, bien sea por inducir distracciones o por decaimiento de las facultades físicas, puede afectar al procesado de la información recibida.

Por tanto, conducir es una multitarea compleja en la cual las habilidades de procesamiento de la información visual tienen una gran importancia requiriéndose una óptima función sensorial visual, así como la habilidad para responder adecuadamente al entorno dinámico cambiante. El sistema visual se encuentra involucrado estructuralmente con los demás sistemas corporales que le dan soporte, pero funcionalmente se encuentra integrado con los sistemas de percepción, así como con el sistema de memoria y otros relacionados con los procesos del conocimiento y el procesamiento.

Cuando se tiene peor visión se requiere mayor tiempo de adaptación al entorno reduciéndose la capacidad de percepción, e incrementándose el

tiempo de reacción, produciéndose cambios en los patrones de conducción, entre los que se encuentra el cese, las restricciones por la noche, y el evitar situaciones de tráfico difíciles (Ball, Owsley, Stalvey, Roenker, Sloane, & Graves, 1998; Stutts, 1998; Gilhotra, Mitchell, Ivers, & Cumming, 2001; West, et al., 2003; Satariano, MacLeod, Cohn, & Ragland, 2004).



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.1. Factores relacionados en la conducción

En España, al igual que en otros países desarrollados, los accidentes de tráfico constituyen un problema de salud pública de primera magnitud (Dirección General de Tráfico [DGT], 2013). Cada edad y cada etapa del desarrollo del ser humano, permite afrontar el fenómeno del tráfico de una forma diferente, por ello es importante detectar potenciales problemas para crear hábitos y actitudes seguras y responsables de los ciudadanos hacia el

uso de las vías públicas y los vehículos (figura 1.1.). La concienciación de los conductores supone la principal aportación para la disminución de los accidentes, siendo un factor importante, dado que el 90% de los accidentes de tráfico son debidos al genéricamente llamado “factor humano” (DGT, 1994-1995; Toledo, Esteban, & Civera, 1998; Montoro, Alonso, Esteban, & Toledo, 2000).

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Si bien todo es importante para mejorar la seguridad vial, un hecho sobre el que se debe incidir más es en la prevención, y dentro de esta, en el conocimiento de las deficiencias que puede presentar una persona, como elemento fundamental en los diversos aspectos de la circulación vial: conductor, usuario, y/o peatón. Por tanto, se debe concienciar a la sociedad y a los individuos que la conforman, sobre la necesidad de reunir sus mejores capacidades posibles en el entorno relacionado con la seguridad vial, siendo fundamental en esta el encontrar pruebas que permitan detectar disfunciones que puedan influir en la conducción.

Ya indicamos anteriormente que la conducción de un vehículo es una multitarea compleja de control de un mecanismo móvil, en un ambiente sometido a perpetuo cambio, en el cual se requiere un ajuste continuo de la trayectoria del vehículo al entorno. El conductor para realizar este ajuste debe asimilar e interpretar el conjunto de las informaciones que le circundan en cada momento, con el fin de analizar cómo evolucionará la situación sin su intervención, o cómo cambiará en función de la decisión que tome, estimando las posibles consecuencias de estas distintas posibilidades de acción en un breve periodo temporal.

Aunque la variabilidad en los hábitos conduciendo puede deberse a otros factores adicionales a los cognitivos y de salud física, lo que sí que es indudable es que la anticipación a los riesgos potenciales es fundamental,

siendo las habilidades de riesgos perceptuales desarrolladas a través de estrategias visuales (Chapman & Underwood, 1998). Por ello la indagación en estrategias visuales más que en pruebas aisladas visuales podría ser la justificación para encontrar que mecanismos se encuentran involucrados en mantener la capacidad aferente atencional de la información percibida.

En el tráfico diario los conductores experimentan una tremenda sobrecarga de información visual, debiendo seleccionar, aislar y extraer los estímulos relevantes, que le permitan tener una adecuada reacción en ese entorno, desconocido y confuso a veces, sometido a continuo cambio. Un conductor debe ser capaz de estimar las distancias relativas, posición, velocidad y dirección de movimiento de muchos objetos. Con el incremento de la duración de la conducción, los conductores adoptan diferentes estrategias dependiendo de su edad y sexo, buscando la seguridad y adaptando su método de conducción (Campagne, Pebayle, & Muzet, 2005). Por ello, la conducción implica al sujeto además de una óptima función visual, la capacidad para actuar adecuadamente en el entorno dinámico con un procesamiento rápido de la información visual, siendo necesaria la ejecución de tareas simultáneas complejas, con el uso combinado de la visión central, y la visión periférica que le permita ubicarse, y analizar el espacio adecuadamente a las exigencias requeridas.

La visión central, como encargada de la fijación, la definición de la escena y la percepción de detalles, proporciona la máxima agudeza visual y la mayor discriminación cromática (Bennet & Rabbets, 1992). Estas características funcionales de la zona central hacen que cualquier inferencia pueda afectar al procesamiento de la información percibida, retrasando las reacciones y por tanto el desarrollo al conducir.

La visión periférica es especialmente sensible a los desplazamientos, permite la visión nocturna, la percepción de formas, y la localización y ubicación de los objetos, siendo su función más característica la detección del movimiento. El usuario no ve nítidamente los objetos sino que los sitúa en el espacio, percibiendo su contorno, siendo importante para funcionar

óptimamente en el medio dinámico de la conducción (Rockwell, 1972; Leibowitz, 1986; Lansdown, 1996).

Al igual que en muchas actividades cotidianas, en la conducción los ojos deben adaptarse continuamente a incesantes cambios de distancia y posición, uno de los mecanismos involucrados y necesarios que lo permiten, son los movimientos oculares. Estos se emplean para un procesamiento visual efectivo entre la visión periférica y la central, permitiendo que la imagen sea lo más perfectamente captada mediante el mínimo esfuerzo, de forma que el sujeto pueda integrar y descodificar adecuadamente en un tiempo correcto, la información de la zona del espacio visual que se requiere (Falkmer & Gregersen, 2005). Por ello, las revisiones para conocer el estado visual no deben ceñirse sólo a analizar la visión central, dado que dicho examen obtenido podría resultar insuficiente y parcial.

Si se tiene en cuenta que los ojos realizan más de cien mil movimientos al día (Kleiser, Seitz, & Krekelberg, 2004), las disfunciones que sucedan en los mecanismos involucrados en los mismos, puede afectar al desarrollo de diversas actividades en los que se requiera su uso. Sin embargo, y pese a que se ha investigado con sofisticados aparatos en conducción real cómo se ven afectados los movimientos oculares en los sujetos bajo diversas circunstancias (Kapitaniak, Walczak, Kosobudzki, Jozwiak, & Bortkiewicz, 2015), no se ha implementado su valoración, como prueba adicional a las que ya se realizan visuales, en las revisiones en los Centros de Reconocimiento de Conductores (CRC), quizás justificado por el exceso de tiempo que conlleva la sofisticación del instrumental a emplear y el análisis posterior que se requiere realizar con estas técnicas.

La importancia de valorar y conocer la calidad de los movimientos oculomotores en los CRC de una manera adecuada es que, los mecanismos, la interrelación con los centros cognitivos superiores y las características de los mismos, se encuentran muy relacionados con el funcionamiento en lo que se ha llamado el factor humano en la conducción (Tsai, Viirre, Strychacz, Chase, & Jung, 2007). Teniendo en consideración que cuanta más

información se consiga sobre el factor humano, con sus habilidades y capacidades perceptivas, más se van a incrementar los niveles de toma de decisiones, ya no sólo como exclusión de los sujetos no aptos, sino como labor informativa a los sujetos afectados para que conozcan las alteraciones que presentan, y que puedan adaptar su conducción, en caso de considerar la deficiencia no limitativa, dado que entre los objetivos de los CRC también es fundamental la labor preventiva.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

El comportamiento en la conducción generalmente está dirigido por hábitos y decisiones racionales, además de por las emociones experimentadas, las cuales influyen en el procesamiento, en la toma constante de decisiones y en la conducta seguida durante la tarea de conducción (Montoro et al., 2000). Como se ha comentado anteriormente, la conducción tiene lugar en un entorno confuso e incluye el uso simultáneo de la visión central y periférica, y la ejecución de tareas simultáneas, viéndose muy involucrados los movimientos oculares para la consecución óptima en dicha actividad.

Las habilidades motoras y cognitivas en las tareas visuales son muy importantes (Brabyn, Schneck, Haegerstrom-Portnoy, & Lott, 2001), por tanto, cualquier inferencia que se produzca en los movimientos oculares, puede afectar al procesamiento adecuado de la información percibida, retrasando las reacciones y por tanto el desarrollo óptimo al conducir.

Con el envejecimiento las capacidades se ven mermadas, haciendo que aparezca como grupo de riesgo en la seguridad vial la población más mayor. A nivel del sistema visual, las características ópticas y neurológicas van alterándose progresivamente con la edad, siendo el impedimento visual una disfunción habitual en la población anciana. Sin embargo, cuando se considera a los conductores ancianos como un todo, las medidas del

procesamiento de la información y otras habilidades cognitivas se han encontrado más altamente predictivas de la competencia conduciendo que la degeneración sensorial debida al envejecimiento (Ball & Owsley, 2003).

Adicionalmente el incremento del envejecimiento en la población conductora española, hace que este grupo sea tenido en cuenta como uno de los aspectos importantes dentro del entorno de la seguridad vial, dados los cambios fisiológicos y psicológicos específicos que suceden en esta población. De hecho la Dirección General de Tráfico (DGT) (Seguridad Vial, 2004) se refiere a este grupo de la siguiente manera:

“Las personas mayores tienen en su haber el hecho de que son muy respetuosas con las normas de circulación, no exceden de la velocidad permitida, no consumen alcohol, pero sin embargo pueden sufrir accidentes como consecuencia de la pérdida de sus capacidades psicomotoras. Tienen más dificultades para ver, oír, interpretar las indicaciones, procesar las informaciones, etc.”

Siendo uno de los grupos de riesgo en la seguridad vial la población senior, la orientación de esta tesis se dirige a valorar el estado de los movimientos oculomotores dentro de las capacidades visuales de esta población más mayor comparándolo con otros grupos de edad más jóvenes, y más específicamente, el estudio de si la estrategia visual oculomotora se afecta con los movimientos sacádicos, los cuales son una parte muy importante dentro de la oculomotricidad, ya que estos movimientos contribuyen al eficiente flujo para procesar la información visual, estando involucrados en la capacidad de procesamiento visual-cognitivo (MacInnes, Hunt, Hilchey, & Klein, 2014).

Se debe tener en cuenta que, para desarrollar adecuadamente la actividad de la conducción, generalmente se requiere una multitarea compleja visual-cognitiva con la localización, la detección y la identificación de los

diversos estímulos que surgen en el campo de acción del entorno vial, con el uso visual simultáneo central-periférico y la exigencia de tener que desarrollar frecuentemente tareas de atención dividida en dicho entorno (Owsley & McGwin 1999).

Dadas las condiciones anteriores, y que las pruebas visuales tradicionales empleadas no valoran adecuadamente los requisitos a exigir en los CRC, se han propuesto con mayor o menor logro, diversas tentativas de apreciación de dichas capacidades visuales/cognitivas, las cuales se suelen realizar en espacios fuera de las condiciones reales de tráfico, pero que tratan de simular las condiciones que en ellos se producen, uno de los test más eficaces asociados con la conducción es el “*Useful Field of View*” (UFOV) (Bowers, Elgin, McGwin, & Owsley, 2005), el cual, a grandes rasgos, analiza el área del campo visual donde la información útil puede ser adquirida, sin movimientos de cabeza ni de ojos, en el menor tiempo posible.

Sin embargo, durante la conducción el sujeto puede adaptarse ante sus deficiencias mediante modificaciones en los patrones de conducción, ayudándose con cambios en la motilidad ocular y/o con movimientos de cabeza. Por tanto, puede resultar interesante basarse en una prueba que además de cuantificar la calidad de la detección, identificación y localización de estímulos centrales y periféricos, emplee los movimientos oculares, por ello en este estudio tomaremos como punto de partida el test del “*Adult Developmental Eye Movement*” (ADEM) (Gene-Sampedro, Richman, & Pardo, 2003), el cual a grandes rasgos es una prueba visuo-verbal que originalmente se planteó para diferenciar en adultos problemas de movimientos oculomotores de automaticidad. Dadas las peculiaridades que se quieren valorar para esta tesis se han realizado unas modificaciones al mismo, tanto en la manera de realizar la prueba, permitiendo que el sujeto pueda mover libremente la cabeza durante la realización de la misma, como en su contenido, adecuando los números presentados e incorporando una nueva lámina adicional horizontal basada en la modificación de la original, con el objetivo de incrementar más la demanda cognitiva y la atención al

introducir elementos distractores en la misma. Por ello se valora a lo largo de esta tesis si su aplicación puede resultar útil en el ámbito de la conducción y la seguridad vial.

1.4 METODOLOGÍA

Como orientación en esta sección se realiza una apreciación global introductoria de la metodología, si bien esta se ve ampliada en las secciones correspondientes del capítulo 3, donde se justifica y se describe en profundidad la metodología empleada.

En dicho capítulo se describe, en primer lugar, la justificación del paradigma y la metodología en términos generales. A continuación, los procedimientos de investigación, describiendo en primer lugar el cuestionario empleado, el cual analiza diversos aspectos de la salud y de las capacidades visuales del sujeto, luego los pasos previos seguidos para la caracterización del ADEM y para el desarrollo del test, con la incorporación de la nueva lámina que se ha denominado ADEMd. En el siguiente apartado se muestra el procesamiento de los datos con la delimitación de la metodología, y los procesos estadísticos, donde se explicará que se realizará con los valores obtenidos, tanto a nivel de tiempo como de errores cometidos, y cómo se analizará si las diferencias entre los grupos son significativas.

Se realizará el estudio en una muestra aleatoria de sujetos conductores y no conductores, de 20 a 93 años, distribuidos en diferentes categorías de edad en intervalos de 10 añosⁱ que nos permita comparar los distintos grupos entre sí. Para la inclusión en el estudio dentro del grupo sano todos los sujetos deben estar libres de patología ocular significativa. En el grupo de enfermedades neurodegenerativas alguno de los sujetos, por la afectación propia de la enfermedad, pueden presentar cambios oculares. Los

ⁱ Excepto el primer grupo que es de los 20 a los 24 años.

detalles, tales como el marco muestral y el tamaño de la muestra, se proporcionan más desarrollados en el Capítulo 3.

Para el estudio de casos, dada la población a analizar de conductores y no conductores, y para poder tener controladas otras variables, entre las que se encuentra el estado de salud y las capacidades visuales, se realizará la obtención de datos en varios sitios, por un lado para tener certeza de unas buenas capacidades visuales en dos lugares, el primero en CRC, dada la obligatoriedad de la normativa de revisarse periódicamente las aptitudes psicofísicas, por la renovación de la licencia de conducir. Y el segundo en ópticas, dada la facilidad de acceso como centros de atención primaria visual a los sujetos. Adicionalmente se valoró, considerándolos dentro del grupo normal, fuera de dichos lugares para analizar el comportamiento en una población general no clínica. A nivel del grupo con enfermedad neurodegenerativa, el subgrupo de EM se realizó en el servicio de neurología del Hospital La Fe de Valencia. El otro subgrupo con Alzheimer se obtuvieron los datos en dos residencias de mayores.

1.5 HIPÓTESIS

El desenvolverse bien como conductor implica, además de una óptima función visual, la capacidad para actuar adecuadamente en el entorno dinámico con un procesamiento rápido de la información visual, y la ejecución apropiada de tareas simultáneas.

Las pruebas que relacionan funciones visuales secundarias combinadas con habilidades atencionales y cognitivas, pueden resultar más exactas para diferenciar sujetos con problemas, que la simple medida de la agudeza visual (AV).

Las hipótesis que se plantean en esta tesis son:

- El ADEMd puede ser una prueba útil para caracterizar el comportamiento visual oculomotor del sujeto, con la interacción cognitiva y atencional que requiere su ejecución.
- Al comparar los valores de referencia del desarrollo de los movimientos oculomotores según variable de edad, sexo y escolaridad, se encontrarán diferencias significativas de acuerdo con los diferentes grupos de edad.
- Al comparar los parámetros oculomotores de sujetos conductores con no conductores, bajo las diversas condiciones de atención y ejecución, no se encontrarán diferencias significativas en las estrategias de realización de la prueba.
- Al comparar el grupo de sujetos considerados sanos con el grupo de enfermedades neurodegenerativas (esclerosis múltiple, Alzheimer), se encontrarán diferencias estadísticamente significativas, siendo mayor el tiempo de procesamiento y el número de errores al realizar la prueba en este grupo de sujetos.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1.- Objetivo principal

Desarrollar y analizar la fiabilidad del test de medida ADEMd del comportamiento de los movimientos oculomotores, con ejecución de tareas visuales y cognitivas, en un rango desde más automáticas a procesos que requieren mayor atención.

1.6.2.- Objetivos secundarios

1.- Establecer unos valores de referencia del desarrollo de los movimientos oculomotores, bajo diversas condiciones de atención, y analizar su variación con la edad, el sexo y la escolaridad en sujetos sanos.

2.- Comparar los parámetros oculomotores de conductores con no conductores, bajo las diversas condiciones de atención y ejecución de la prueba, y valorar si se producen diferentes estrategias o patrones de conducción.

3.- Evaluar la relación del procesamiento oculomotor comparando el grupo de sujetos sanos frente al grupo con enfermedades neurodegenerativas, como la esclerosis múltiple (problema de transmisión nerviosa) y el Alzheimer (problema cognitivo).

*“Llegará una época en la que una investigación diligente
y prolongada sacará a la luz cosas que hoy están ocultas...”*

*Nuestro Universo sería una cosa muy limitada
si no ofreciera a cada época algo que investigar.”*

Seneca, Cuestiones naturales, siglo I

Capítulo 2.-
REVISIÓN DE LA
LITERATURA

Capítulo II.- REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 INTRODUCCIÓN AL TEMA

- 2.1.1. El factor humano en el entorno vial
- 2.1.2. La visión en la conducción
- 2.1.3. Seguridad vial y accidentes
- 2.1.4. Revisiones psicotécnicas

2.2 CAMPOS RELACIONADOS

- 2.2.1. Investigación de las funciones y capacidades visuales primarias
- 2.2.2. Niveles y patrones de desarrollo de la conducción
- 2.2.3. La población sénior como grupo de riesgo
 - 2.2.3.1. Incremento de los impedimentos funcionales, de los accidentes e incumplimiento de la normativa
 - 2.2.3.2. Preservar la función visual
- 2.2.4. Enfermedades neurodegenerativas

2.3 MODELOS ANALÍTICOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 2.3.1. Estrategias visuales de búsqueda de la información
 - 2.3.1.1. Atención visual y velocidad de procesamiento visual
 - 2.3.1.2. Utilización de tareas simultáneas, atención dividida y selectiva
 - 2.3.1.3. Relación de las habilidades atencionales con las capacidades visuales y el campo de visión atencional
- 2.3.2. Nuevas valoraciones y líneas a desarrollar
 - 2.3.2.1. Importancia de las capacidades visuales oculomotoras
 - 2.3.2.2. Valoración del desarrollo de los movimientos oculares con tareas atencionales: modelo de lectura relacionado con la conducción

2.4 RECAPITULACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN AL TEMA

Una vez expuestas las preguntas de investigación, llega el momento de revisar el estado actual del conocimiento sobre el problema planteado, lo primero es saber si ya han sido respondidas. Si no lo han sido, aprovecharé la evidencia científica existente para, partiendo de la misma, seguir aportando hechos que permitan definir la investigación a desarrollar para demostrar o descartar la hipótesis. Ambas cosas las realizaré en este capítulo por medio de la búsqueda y revisión bibliográfica de la literatura científica referenciada.

Entendiendo que la revisión de la literatura, pese a realizarla analíticamente constructiva en lugar de meramente descriptiva, no es un fin en sí mismo sino que es un medio en el ciclo de búsqueda de la información, para identificar al final los asuntos dignos de investigación bajo los que se desarrollará esta tesis, los cuales se listan en la recapitulación de este capítulo.

Este segundo capítulo construye por tanto el fundamento teórico sobre el que se basa la investigación, identificando el desarrollo del área, en base a la selección de las referencias relevantes que valen la pena investigar, bien porque son polémicas y no han sido respondidas por investigadores previos, o bien porque lo han sido parcialmente. Para ello se realiza una revisión de la literatura, con una lectura crítica de los documentos que permita analizar cuál es el estado de la ciencia actualmente, a la vez que se valoran las disciplinas relacionadas directa e indirectamente como pueden ser la psicología, la medicina, la óptica y más específicamente la optometría, en las distintas áreas en que interactúa la visión y la conducción.

Al vivir en una sociedad tan dinámica, la conducción se convierte en una parte importante en las actividades diarias de las personas, por ello además de valorar diversas pruebas visuales primarias estudiadas en este capítulo, es necesario tener en cuenta la capacidad para mantener una adecuada conducción, la cual se afecta y varía con la edad del conductor.

En resumen, este capítulo analiza, identifica y revisa la dimensión conceptual y la dimensión metodológica de la literatura, que permita el desarrollo para conformar el “esqueleto” del área de investigación, valorando desde algunas publicaciones antiguas y relevantes hasta escritos recientes. Con ello se descubren las lagunas que justifican las preguntas de investigación y la hipótesis que se investiga en los capítulos posteriores.

2.1.1. El factor humano en el entorno vial

La aparición de los vehículos con motor fue motivo de optimismo en un momento de fuerte industrialización, y se creyó que la solución para evitar la accidentalidad era construir mejor los coches y las carreteras. Posteriormente se vio que el elemento humano tenía un peso decisivo para explicar y prevenir los accidentes (Montoro et al., 2000).

Por ello cuando se aborda la seguridad vial desde las distintas perspectivas, como son el factor humano, la vía o el vehículo, se trata de evitar o reducir los siniestros, ahondando en sus causas y en el gran número de factores que influyen. Sin embargo, queda confirmado el elemento humano como factor principal protagonista en su calidad de conductor, peatón o usuario de vehículo, dado que es el que tiene la capacidad para percibir, analizar, tomar decisiones y actuar en un espacio dinámico caracterizado por un valor temporal. Por tanto, la concienciación y profundización en el factor humano supone la mayor aportación a la disminución de los accidentes. De hecho, este factor está presente hasta en el 90 por 100 de los accidentes (Toledo et al., 1998; Montoro et al., 2000), produciéndose los mismos porque la persona toma una mala decisión, por ejemplo en el caso de un adelantamiento peligroso. La maniobra de su realización puede ser perfecta, lo equivocado es la decisión de hacer el adelantamiento en ese momento y en esas circunstancias.

Dentro del factor humano hay que tener en cuenta las variables psicosociales, dado que los modelos y el sistema de los valores tienen un peso muy importante, e influyen en que el individuo respete o no las reglas.

Las personas llevan una carga de valores que provienen de la sociedad y que se reflejan en su conducta cuando conduce, pudiendo afirmarse que las sociedades y los individuos conducen como viven y como son (Montoro et al., 2000). En el coche se mete todo lo que hay en el contexto social, incrementándose los distractores como el teléfono móvil, el GPS, encender un cigarro, manejar la radio, volver la cabeza para hablar, limpiar el coche, coger algo, comer o beber conduciendo, jugar con un niño/acompañante, mirarse en el espejo, mirar algún objeto del entorno, o un mapa, etc.

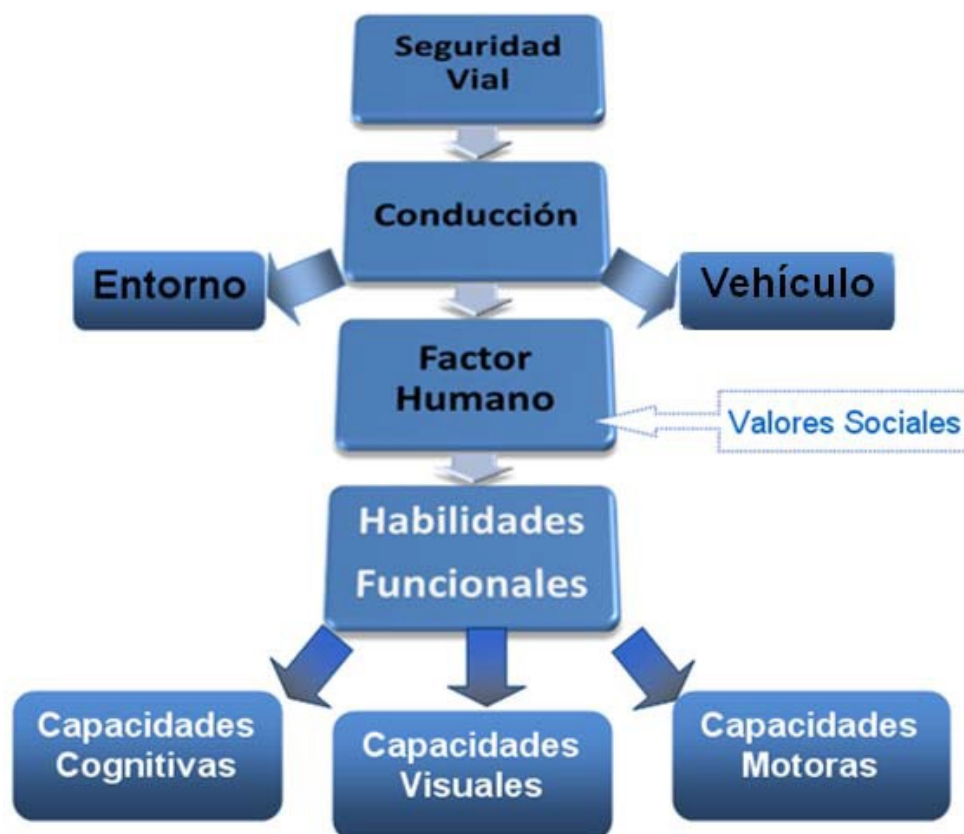
El conducir un vehículo a motor requiere un grado alto de competencia y destreza en muchos niveles, incluyendo habilidades físicas y sensoriales, como la movilidad, la visión y el oído, así como habilidades cognitivas, necesarias para integrar y responder adecuadamente a múltiples señales, rápidas y cambiantes que acontecen en el entorno vial (Montoro et al., 2000). Por tanto los ámbitos de actuación en el factor humano deben partir de la persona, que es la que toma las decisiones, es la que decide por ejemplo no tomar alcohol o ponerse el cinturón. Por ello, conocer, formar e informar al usuario es vital para que adopte valores conductuales permanentes desde el conocimiento de sus capacidades y posibilidades.

2.1.2. La visión en la conducción

Existen muchos factores de riesgo potencial en el factor humano que han sido evaluados con respecto a su relación con la seguridad vial. Estos incluyen, entre otras, la edad, los impedimentos físicos, las condiciones médicas, los fármacos tomados, las habilidades visuales disminuidas, y la reducida velocidad de procesamiento de la información visual y de otras habilidades cognitivas (Montoro et al., 2000).

Ya Wickens (1992) indicó que conducir un automóvil requería el desarrollo simultáneo de múltiples tareas, siendo necesario en muchas de estas el uso de recursos psicológicos y de comportamiento. Por ello, limitar la valoración a un solo aspecto, por ejemplo la capacidad visual, dentro de una tarea compleja multifactorial como la conducción no es suficiente,

requiriéndose una investigación significativa correlacionada con otros factores y múltiples valoraciones en su desarrollo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.1. Ubicación de las capacidades visuales en el entorno de la seguridad vial

Conducir es una tarea compleja, en la cual las habilidades de procesamiento de la información percibida y recibida tienen una gran validez. La valoración de la conducción requiere un relativo alto grado de complejidad, incluyendo tareas de reconocimiento, de atención dividida, de percepción de espacios, de velocidad y maniobra, y fueron descritos en detalle por Wood, Garth, Grounds, McKay, y Mulvahil (2003). Las pruebas que diferencian adecuadamente entre conductores seguros e inseguros, valoran como mejor predictor de la habilidad conduciendo la funcionalidad más que la edad

cronológica. El conductor debe poseer unas habilidades funcionales claves, como una coordinación efectiva visual, motora y cognitiva, que sustenten la seguridad conduciendo, alguna de esas habilidades requieren para su consecución adecuada un fuerte componente visual (ver figura 2.1.). Por ejemplo, una importante habilidad crítica es la destreza para coordinar el contacto visual con la carretera y con las demandas motoras, incluyendo el mantener el vehículo en la adecuada dirección.

La importancia del sistema visual como canal de recepción de la información sensorial necesaria cuando se conduce es importante, considerándolo crucial, (Falkmer & Gregersen, 2005), requiriéndose además la habilidad para responder adecuadamente a la información más compleja que permita predecir la ejecución de prácticas de conducir seguras. Generalmente para ello son imprescindibles el empleo de diferentes respuestas como la localización o identificación de estímulos supraumbrales en escenas visuales que pueden ser confusas, además del uso simultáneo de la visión foveal y la periférica.

Desde hace años se han realizado un gran número de estudios para relacionar las capacidades visuales con el rendimiento de la conducción (Burg, 1967 y 1968; Keeney, 1968; Cashell, 1970; Liesmaa, 1973; Council & Allen, 1974; Hofstetter, 1976; Hills & Burg, 1977), estando claro que conducir es una intensa y compleja tarea visual que requiere un amplio rango de óptimas habilidades visuales, para obtener un componente fundamental en la seguridad en el manejo motor del vehículo, que permita un rápido y eficiente desarrollo en las actividades viales diarias.

2.1.3. Seguridad vial y accidentes

Los accidentes de tráfico son un problema de salud pública, especialmente grave en nuestra sociedad, por la mortalidad, morbilidad y discapacidades que originan. A nivel mundial la siniestralidad derivada de los accidentes de circulación es un inconveniente de primera magnitud siendo la cuarta causa de mortalidad en el mundo (Montoro et al., 2000). Según la

Organización Mundial de la Salud los grandes retos sanitarios para este siglo XXI, son los accidentes de tráfico, junto con las enfermedades mentales y sus secuelas.

Aunque el accidente sea la nomenclatura genérica, debemos partir de la idea de que los accidentes pueden y deben reducirse. Si profundizamos en las causas de la accidentalidad, dentro del factor humano tenemos la distracción, el alcohol y la velocidad como ejes centrales en la política para reducir los accidentes (Montoro et al., 2000). En el segundo y tercer factor la causa es conductual. Sin embargo en el primero existen diversas características que pueden desembocar en dicha distracción, siendo uno de los más importantes el factor visual.

Conducir requiere la habilidad para ver objetos en niveles variables de contraste y luz, escaneando y procesando continuamente lo que acontece en la carretera para detectar obstáculos, para juzgar el tráfico que viene, para leer los signos, etc. Y aunque muchos autores, (Johnson & Keltner, 1983; Wood & Troutbeck, 1992, 1995; Szlyk, Fishman, Severing, Alexander, & Viana, 1993; Owsley et al., 1998a; Owsley, Stalvey, Wells, Sloane, & McGwin, 2001; Ivers, Mitchell, & Cumming, 1999; Coeckelbergh, Brouwer, Cornelissen, Van Wolffelaar, & Kooijman, 2002; Theeuwes, Alferdinck, & Perel, 2002; Freeman, Munoz, Turano, & West, 2005), han investigado en los últimos años diversas medidas aisladas de la función visual, considerándolas importantes para el desarrollo en la conducción, resulta paradójico que no se ha detectado una manifiesta correlación en dichas investigaciones, debiendo profundizar en cuales pueden ser los motivos. El sistema visual ha continuado siendo investigado para valorar su relación en los accidentes concluyendo, como se verá más adelante en este capítulo, que las estrategias de búsqueda visual son una de las principales áreas a profundizar.

Conducir es claramente una tarea visual, y el desarrollo visual ha sido asociado tradicionalmente con índices de accidentes, (Burg, 1967; Johnson & Keltner, 1983; Ball, Owsley, Sloane, Roenker, & Bruni, 1993a; Brabyn,

Schneck, Haegerstrom-Portnoy, & Steinman, 1994; Owsley et al., 1998a) y también con patrones de conducción, incluyendo ceses, restricciones a conducir de noche, y evitar situaciones de conducir difíciles (Ball et al., 1998; Stutts, Stewart, & Martell, 1998; Gilhotra et al., 2001; West et al., 2003; Satariano et al., 2004).

2.1.4. Revisiones psicotécnicas

La legislación europea, y más específicamente las condiciones normativas en España, determinan las aptitudes psicofísicas que deben poseer los conductores de vehículos, para obtener o prorrogar el permiso o la licencia de conducciónⁱⁱ, pese a que ha habido una evolución en el tiempo en los requisitos exigidos, tanto en las aptitudes físicas de la persona -vista, oído...- como en las psicológicas, sin embargo la investigación muestra que algunas de las pruebas empleadas no son suficientes por si solas para establecer la idoneidad y la adecuación de las capacidades del individuo en la conducción (Owsley & McGwin 1999; Freeman et al., 2005; Wood & Owens 2005).

A nivel visual las pruebas exigidas, (ver tabla 2.1), aún adolecen de insuficientes haciendo que se presenten lagunas y falta de información real al no correlacionarse con otras. Si bien, con la reglamentación se trata de fomentar el uso de la mejor visión indicando que, *“si para alcanzar la agudeza visual requerida es necesaria la utilización de lentes correctoras, se deberá expresar en el informe de aptitud psicofísica la obligación de su uso durante la conducción, y que dichas lentes deberán ser bien toleradas”*. Sin embargo, pese a las pruebas visuales valoradas, no se profundiza en otras pruebas relacionadas con la visión que puedan permitir, además de conocer de una manera rápida y fiable la calidad visual, relacionar las capacidades visuales con la actividad de la conducción.

ⁱⁱ El actual Reglamento General de Conductores, aprobado por el RD 818/2009, de 8 de mayo, recoge en su anexo IV las aptitudes psicofísicas requeridas. El RD 170/2010, de 19 de febrero, aprueba el Reglamento de centros de reconocimiento destinados a verificar las aptitudes psicofísicas de los conductores y los requisitos.

Tabla 2.1.

Apartado de Exploración Visual en el Modelo de Ficha Clínica según el RD 170/2010.

	Sin corrección	Con corrección					
OD	1.1	1.4	1. Agudeza visual				
			2. Dioptrías		OD	OI	
			3. Afaquias/pseudoafaquia		OD	OI	
OI	1.2	1.5	4. Cirugía refractiva		OD	OI	
			5. Campo central		OD	OI	
			6. T.R. deslumbramiento				
AO	1.3	1.6	7. Visión mesópica		OD	OI	
			8. Motilidad ocular	8.1 estrabismo			8.2 forias
				8.3 nistagmus			8.4 diplopia
			9. Visión de colores*				11. Presión intraocular*
10. Perimetría: otros meridianos*				12. Fondo de ojo*		OD	OI

(*) solo en caso de estar indicado

Fuente: extraído del BOE

La medida más común de la función visual central en la valoración clínica es la agudeza visual (AV). Sin embargo, resulta sorprendente que muchos estudios han señalado a lo largo de los años que conductores con valores más bajos que la AV mínima requerida, incluso conductores ancianos, no tuvieron una mayor incidencia de accidentes de tráfico, (Cashell, 1970; Gresset & Meyer, 1994; Koh, Guancho-Chua, & Ong, 1988; McCloskey et al., 1994), habiendo una correlación baja entre la AV y los accidentes de tráfico (Hofstetter, 1976; Davison, 1985; Humphriss, 1987; Johansson, Bronge, & Lundberg, 1996). Pese a ello, la actual normativa al igual que en muchas regulaciones de diferentes países, aún continúan con el concepto principal de requerir como límite mínimo para conducir un vehículo una AV de 0,5 o superior en la escala decimal, pero otros tipos de funciones visuales como el campo visual, la sensibilidad al contraste, la sensibilidad al deslumbramiento y otras pruebas que caracterizan la visión, no son

normalmente valoradasⁱⁱⁱ o cuando lo son, no lo son adecuadamente. Más si se tiene en cuenta que el impacto en las funciones físicas indicado por los pacientes con pérdidas en múltiples medidas de la función visual es aditivo, (Rubin et al., 2001).

Teniendo obligatoriamente que revisarse periódicamente la agudeza cada cierto intervalo de años, en ese sentido las restricciones de agudeza pudieron ser útiles en un intento de incrementar la seguridad pública (Owsley, McGwin, & Ball, 1999b). Evidentemente con el cambio en la política vial de control alargando los plazos entre revisiones, se debería plantear que es lo que realmente tiene que ser evaluado. Por ello pese a la obligatoriedad de las revisiones psicotécnicas, y que es imprescindible superar el correspondiente reconocimiento psicotécnico, se encuentra en la investigación que las medidas estándar de visión no reflejan las condiciones ideales de valoración (Kahn et al., 1977; Ganley & Roberts, 1983; Tielsch, Sommer, Witt, Katz, & Royall, 1990).

Se hace necesario por tanto valorar otras pruebas, fiables y válidas, que permitan extraer una información extrapolable sobre el estado y las capacidades visuales en la actividad de la conducción, y que sean más selectivas para detectar deficiencias. Más si se tiene en cuenta que a nivel visual es necesario como requisitos en la conducción el uso de la visión central, de la visión periférica, y la búsqueda visual, que permita la localización y extraer la información en el menor tiempo, con el procesamiento visual-cognitivo adecuado.

ⁱⁱⁱ Insurance Institute for Highway Safety/Highway Loss Data Institute. US Driver Licensing Renewal Procedures for Older Drivers, 2015. Se encuentra en: <http://www.iihs.org/iihs/topics/laws/olderdrivers>. Acceso 30-Sep-2015.

2.2 CAMPOS RELACIONADOS

2.2.1. Investigación de las funciones y capacidades visuales primarias

Previo a analizar diversas pruebas que se han utilizado tradicionalmente para caracterizar la visión, hay que tener en cuenta que los niveles de visión varían considerablemente entre sujetos de la misma edad, y en el mismo sujeto, dependiendo de los factores del entorno, presentando diferentes necesidades según el sujeto sea conductor o peatón. Por ejemplo, algunos pacientes usando gafas, lentes de contacto u operados de cirugía refractiva muestran problemas visuales al conducir por la noche, no teniendo dificultad durante el día.

Agudeza Visual

Para el reconocimiento y la lectura inmediata, por ejemplo de las señales de tráfico, son necesarias una AV central buena y su imagen retiniana clara asociada. Asimismo, también contribuye a la detección precoz de estímulos de pequeño tamaño y peligrosos como peatones, motocicletas y otros obstáculos de la carretera. Una agudeza buena permite al detectar a tiempo que el conductor tenga más tiempo para tomar decisiones sobre acontecimientos del entorno, y de hecho para que disminuya la velocidad en caso de requerirse. Un conductor con mala agudeza necesita que el obstáculo esté más cerca antes de que pueda verlo y comprender su significado, lo que le deja menos tiempo para reaccionar. Esta disminución visual implica que debe estar más alerta, por consiguiente, se fatigará con mayor rapidez y llegará a estar sobrecargado más fácilmente desde el punto de vista de la percepción.

La AV es el primer método de valoración de la integridad de la óptica del ojo. La agudeza de Snellen era una prueba clínica habitual y simple de medir la función visual cuando los requerimientos para renovar la licencia fueron adoptados, sin embargo la variabilidad existente con respecto a los

requerimientos de agudeza exigidos para licencias es un puzzle que puede reflejar decisiones arbitrarias, como qué nivel mínimo debe poseer un conductor en orden a manejar con seguridad un automóvil.

Hay muchas personas mayores que, pese a tener una buena agudeza estándar, muestran impedimentos visuales efectivos bajo distintas condiciones en actividades diarias, con cambios en el nivel de luz, deslumbramiento, o en situaciones de demanda atencional como la conducción (Brabyn et al., 2001). Diferentes autores han evaluado la relación entre la AV, el desarrollo y capacidad de conducción, y sí una AV disminuida puede afectar al desarrollo de la seguridad vial, encontrando todos una débil asociación entre la AV y la capacidad deficiente para conducir. De hecho impedimentos de AV simulados (por una borrosidad óptica inducida) fueron asociados con disminuciones en el reconocimiento de señales de tráfico y en evitar peligros en la carretera (Goode et al., 1998), pero no lo fueron con juzgar la distancia de seguridad y con maniobras de esquivar (Higgins, Wood, & Tait, 1998). Luego la borrosidad óptica ocasiona una disminución en la habilidad para leer las señales en la carretera, e incrementa el peligro para detectar objetos de bajo contraste, pero no afecta a las habilidades de conducir ni a su habilidad para realizar tareas de percepción. Por ello Owens y Tyrrell (1999) concluyeron que una imagen de alta resolución no parece ser necesaria para un adecuado manejo del vehículo.

Todo ello confirma el hecho de que aunque la AV estática es fácil de medir y está muy extendido su uso, probablemente no deba ser la medida de la función visual más relevante con respecto a la conducción, ya que la agudeza valorada es una medida del desarrollo visual bajo condiciones óptimas de alto contraste y alta iluminación. Sin embargo, el mundo visual está compuesto de estímulos que varían ampliamente a lo largo de muchas dimensiones como frecuencia espacial, contraste, frecuencia temporal, localización espacial y color, siendo por tanto en las situaciones cotidianas difícil de encontrar niveles tan elevados de contraste, solo unos pocos estímulos en el entorno diario tienen esos parámetros. Por ejemplo, las

señales viarias sobre el paisaje, sin considerar los efectos adversos del atardecer, la niebla o la lluvia sobre la percepción de la forma.

Se ha comentado que la comparación del desarrollo de la conducción con la agudeza aisladamente es insuficiente, sin embargo la agudeza puede contribuir a la correlación cuando se combina con tests de sensibilidad al contraste o mesópicos, (Wood & Owens, 2005).

La AV dinámica también se considera sensiblemente ligada al rendimiento en actividades como son la lectura de paneles y de señales de tráfico (Long & Kearns, 1996), habiéndose comprobado que es una relación más potente y coherente entre las funciones visuales y el rendimiento para conducir (Burg, 1967 y 1968). El contraste mejora la AV dinámica mientras que la velocidad y una defectuosa AV estática, la deteriora, y en los desplazamientos horizontales se obtienen valores de AV dinámica superiores a los que se consiguen en las trayectorias diagonales del objeto.^{iv}

Capacidades Binoculares

Esta habilidad es muy importante en actividades donde la información visual, que debe ser procesada rápidamente, se encuentra situada a diversas distancias y en diferentes posiciones, resultando especialmente crítica cuando debe mantenerse un alto nivel de actuación en periodos prolongados de tiempo. Las deficiencias en esta habilidad hará que se cometan errores al calcular las distancias y en la localización espacial de los diferentes estímulos. Sin embargo autores como McKnight, Shinar, y Hilburn (1991) no encontraron diferencias significativas en la conducción cuando compararon camioneros con visión monocular frente a los que tenían visión binocular, quizás debido a la adaptación que tuvieron a dicha visión monocular por el tiempo transcurrido con la alteración presente.

Una variable dependiente para la estimación de la distancia por el conductor es la velocidad a la que el vehículo está viajando, (Burney, 1977;

^{iv} Gesell et al., (1949) indicaron que la discriminación de un objeto que se desplaza en diagonal suele resultar más difícil que si lo hace horizontalmente, dado que los movimientos oculares necesarios en esas acciones son más complejos.

Morgan & Castet, 1995; Ziegler & Roy, 1998) no siendo tan importante la binocularidad en el manejo. Se sabe que la estereopsis dinámica binocular domina en bajas velocidades, y el paralelaje del movimiento, y las pistas monoculares, ganan importancia en altas velocidades.

En condiciones de mala visibilidad, por ejemplo por la noche, la mayor parte de las pistas monoculares (tamaño relativo, posición relativa, contraste, movimiento, etc), se pierden y la estereopsis se convierte en el indicio principal en la percepción de profundidad, aunque dado que la estereopsis es inoperante más allá de los 500 m, apenas es beneficiosa en la conducción a velocidades elevadas, aunque si es valiosa para tareas de cerca como aparcar el automóvil o localizar niños sorteando coches, autobuses, etc. (Allen, 1969).

Por otra parte, DeLucia (1991) y DeLucia, Kaiser, Bush, Meyer, y Sweet (2003) encontraron que el tamaño del objeto afecta a juzgar incorrectamente el tiempo de llegada del vehículo. Los objetos grandes alejados fueron juzgados de llegar antes que los pequeños estando más próximos. Las pistas de profundidad parecen anular las pistas de juzgar el tiempo de aproximación basadas en el movimiento. Caird y Hancock (1994) corroboraron que todas las medias de los tiempos de llegada fueron subestimadas, con una significativa tendencia lineal con el tamaño del vehículo, siendo mayores para vehículos pequeños (motos y pequeños coches), que para vehículos grandes (coches grandes o tipo van), siendo consistente con la ilusión del tamaño de llegada.

Campo Visual Periférico

Con el incremento en el volumen de tráfico existente en las carreteras hoy en día, es esencial una buena visión periférica para la correcta detección de detalles de alrededor. La visión periférica parece tener un papel crucial, causando problemas cuando se ve afectada, en el desarrollo de la conducción (Wood & Troutbeck, 1995). El conductor depende de su visión periférica para mantener la orientación, establecer la relación entre los diversos objetos del espacio, e identificar rápidamente situaciones peligrosas.

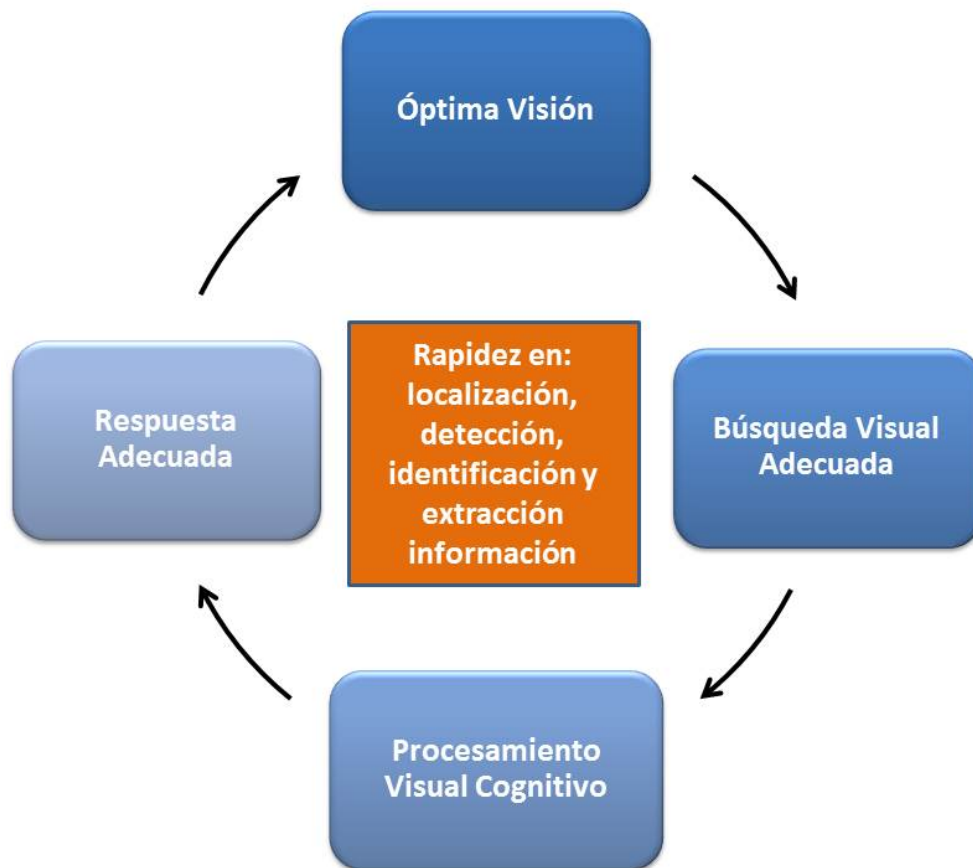
Por tanto los datos basados solamente en las capacidades de la visión foveal pueden ser inadecuados para predecir el desarrollo práctico, especialmente cuando los objetos aparecen primero en la periferia del campo visual del conductor (Plainis, Murray, & Charman, 2005). Sin embargo la sola medida de la perimetría, no fue predictiva del grado de dificultad que los ancianos referían con sus actividades diarias como la conducción, la movilidad, la búsqueda visual, y el lento procesamiento visual (Ball, Owsley, & Beard, 1990a).

Hay que tener en cuenta que la detección, identificación o localización de un objeto en el campo visual puede ser un proceso complejo que involucra muchas funciones (ver figura 2.2.). Los adultos jóvenes no son conscientes de su complejidad, desarrollando la mayoría de tareas visuales sin esfuerzo a pesar de la diversidad de estímulos presentes en el campo visual (Ball, Beard, Roenker, Miller, & Griggs, 1988). Sin embargo los ancianos visualmente sanos, tienen más dificultad con situaciones que incluyen distractores visuales o abarrotamiento, y con aquellas otras actividades que requieren el uso de la visión periférica como la conducción y la movilidad en general (Kosnik, Winslow, Kline, Rasinski, & Sekuler, 1988).

Se ha encontrado una buena evidencia de la asociación entre la edad y la disminución en la extensión del campo visual y la sensibilidad, (Wolf, 1967; Williams, 1983; Brenton & Phelps, 1986; Jaffe, Alvarado, & Juster, 1986; Johnson, Adams, Adams, & Lewis, 1988), con una disminución rápida del centro a la periferia, sobre todo nasalmente (Bennet & Rabbets, 1992). La sensibilidad de la retina y la velocidad de recobro disminuyen considerablemente en la periferia próxima, y esto tiene una importancia crítica si se considera que la mayoría del campo visual usado cuando se conduce es periférico. Si se tiene en cuenta el tamaño del objeto, la sensibilidad aumenta con el tamaño en el campo periférico, aunque para estímulos centrales, esta parece tener un tamaño crítico de máxima sensibilidad más allá de la cual no se aumenta (Plainis et al., 2005).

Numerosos estudios han medido la relación entre la seguridad conduciendo y el campo visual, siendo el más notable el de Johnson y

Keltner, (1983). Estos autores encontraron que las tasas de accidentes y de infracciones de tráfico fueron el doble en sujetos con pérdidas del campo visual binocular frente a los que no presentaban ninguna pérdida, sin embargo aquellos con pérdida de campo visual en un sólo ojo no tuvieron mayores incidencias de accidentes que aquellos conductores con campo visual binocular completo. Quizas se debiese como se comentó anteriormente en el estudio de McKnight et al., (1991), por la adaptación en el tiempo a la visión monocular.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.2. Funciones involucradas en el proceso visual de la conducción

Owens y Tyrrell (1999) usando una disminución exagerada del tamaño del campo binocular a 1,8°, encontraron una reducción dramática y significativa en el manejo de la dirección. Ello sugiere que las habilidades de

dirección son más sensitivas a algunos cambios visuales, como la reducción del campo visual, pero son más robustas a otras, como la borrosidad, la baja luminancia, el bajo contraste de las líneas, sin embargo no es la prueba estándar para diferenciar conductores aptos de los no aptos, dado que sujetos con un campo visual sensorial intacto pueden también exhibir un bajo rendimiento (Owsley, Ball, & Keeton, 1995).

2.2.2. Niveles y patrones de desarrollo de la conducción

Se ha visto anteriormente que los mecanismos visuales que se ven involucrados en la conducción son independientes de aquellos empleados para resolver detalles finos. Este concepto, pese a que fue afirmado hace más de 40 años, aún permanece actual proponiendo los investigadores dos vías neurales o modos diferentes de actuar el sistema visual, una que se encarga de la habilidad de reconocer detalles y objetos, y la otra que sirve de guía visual a los movimientos del cuerpo y la visión ambiental (Held, Ingle, Schneider, & Trevarthen, 1967; Ingle, 1967; Schneider, 1967; Held, 1968; Trevarthen, 1968).

En condiciones de iluminación disminuida, como puede ser la conducción nocturna, se requiere el uso simultáneo de los dos modos: el modo guía y el modo de reconocimiento. El modo guía o habilidad, se usa para mantener la dirección a lo largo del camino, el cual no se ve significativamente afectado por una oscuridad relativa y crea una falsa sensación de seguridad. En el segundo modo, el de reconocimiento, es el modo que se afecta más durante las condiciones nocturnas. Sin embargo no todos los sujetos lo reconocen completamente y admiten su degradación, por ello es concebible que el no reconocer objetos que aparecen de repente delante del conductor puede causar accidentes en el horario nocturno (Cohen et al., 2007). Sin embargo otros autores indican que afecta poco al desarrollo de la conducción en jóvenes (Owens & Tyrrell, 1999) teniendo efecto sólo cuando el contraste es muy bajo (McKnight et al., 1991).

Ya se vio en la figura 2.1. que las capacidades cognitivas también son importantes sucediendo una evolución en la habilidad conductora

dependiente del tiempo y de la experiencia. Michon (1979, 1989) describió tres niveles jerárquicos de conducción cognitiva, denominándolos operacional, táctico, y estratégico. El nivel operacional incluye la ejecución de acciones básicas demandadas de conducción, como el control de la dirección y la aplicación del freno, arreglándose según el riesgo y siendo dependiente del tiempo. El nivel táctico fue descrito como un nivel de riesgo conocido, el cual es de media, tiempo dependiente. Este incluye decisiones del tráfico como la adaptación de la velocidad y el uso de las luces en condiciones de baja visibilidad. El nivel estratégico de la conducción no es tiempo dependiente pero conlleva aceptar riesgos como la decisión de conducir, a que hora salir, y la ruta planeada.

Sin embargo estos niveles se ven influidos por factores y pistas, siendo posible adaptarse compensando con una conducción lenta o usando los márgenes de seguridad de la carretera en casos de baja visibilidad (nivel táctico), pudiendo cesar la conducción durante horas críticas o dejar de conducir del todo (nivel estratégico) (Akinwuntan et al., 2002). Entre las pistas para la conducción se encuentra la presencia de marcas horizontales en el asfalto, una línea central o en el borde de la carretera resultan en un incremento de la velocidad (con respecto a cuando no hay una línea presente), además la presencia de la línea central minimiza la variabilidad en el trazado del conductor (Steyvers & de Waard, 2000). Este hecho también se produce en la conducción nocturna con las marcas lineales reflectantes, aunque el riesgo es que dicho aumento de velocidad ocasiona un incremento de los accidentes nocturnos (Kallberg, 1993).

Por ello a nivel de conducción podemos encontrar una relación entre los niveles cognitivos (operacional, táctico y estratégico), y los patrones visuales empleados (guía y reconocimiento). Observando en la figura 2.3. se encuentran muy interrelacionados los modos empleados visuales con el desarrollo cognitivo de la tarea. Inicialmente no hay una prevalencia de uno sobre otro, lo que se producen son modificaciones en el tiempo con el incremento del aprendizaje.

La experiencia previa es importante a la hora de realizar cualquier tipo de tarea. Hace que disminuya el estrés y aumente la familiaridad frente a la misma, posibilitando al sujeto actuar de una manera más eficiente (Forrest, 1988). Se ha encontrado que los conductores experimentados fijaban menos y tenían menores variaciones verticales en las localizaciones de la fijación que los conductores noveles aumentando su búsqueda en el meridiano horizontal (Chapman & Underwood, 1998). Los conductores experimentados seleccionaron estrategias visuales de acuerdo a la complejidad de la carretera (Crundall & Underwood, 1998), surgiendo la idea de que hay diferencias en las estrategias de búsqueda visual entre conductores experimentados y no experimentados, (Falkmer & Gregersen, 2001).



Figura 2.3. Niveles cognitivos jerarquizados y patrones visuales en el desarrollo de la conducción. (Adaptado de: Held et al., 1967; Ingle, 1967; Schneider, 1967; Held, 1968; Trevarthen, 1968; Michon 1979, 1989).

En cuanto a dichas estrategias dependen del entorno y el tipo de carretera, los conductores experimentados y no experimentados tienen un mayor número de fijaciones en objetos relevantes del tráfico en la ruta en la ciudad que en la ruta rural. En los conductores no experimentados se encontró que tenían un mayor número de fijaciones en objetos de tráfico

relevantes que los conductores experimentados, (Miltenburg & Kuiken, 1990; Falkmer & Gregersen, 2001). Los conductores experimentados tienen un mayor número de fijaciones en pistas irrelevantes que los conductores noveles. Estos hallazgos pueden reflejar el hecho de que conductores experimentados no necesitan asignar tanto su atención foveal al entorno del tráfico como los conductores no experimentados (Hughes & Cole, 1988), pudiendo centrarse en el desarrollo de la conducción.

Tabla 2.2.

Características de los conductores en base a la experiencia. (Adaptado de: Allen, Schroeder, y Ball 1978; Hughes & Cole, 1988; Chapman & Underwood, 1998; Miltenburg & Kuiken, 1990; Falkmer & Gregersen, 2001).



Allen, Schroeder, y Ball (1978) encontraron diferencias entre los conductores noveles y los experimentados con respecto a la amplitud pero no a la frecuencia y a la longitud de los movimientos oculares. Los conductores noveles concentran su búsqueda visual en pequeñas áreas y próximas al vehículo.

Cambios inherentes al envejecimiento

La percepción de las trayectorias, como en cualquier otra capacidad perceptiva, presenta una mejora progresiva durante la infancia y la adolescencia para posteriormente estabilizarse en la edad adulta y finalmente, declinar cuando comienza la vejez (Rosenbloom & Morgan, 1993). Al igual que la percepción de las trayectorias empeora cuando el individuo se hace mayor, sucede con otras capacidades perceptivas como la localización visual de objetos comunes en un fondo (Sekuler & Ball, 1986), la expansión del campo visual (Ball et al., 1988), y la dificultad de integrar dos tareas diferentes a la vez que se realiza una acción (Korteling, 1991).

Los impedimentos funcionales afectan más a las habilidades de conducir siendo más prevalentes en ancianos. Esto hace que adquiera una gran importancia la detección precoz de disfunciones por sus importantes implicaciones en la seguridad vial. Sin embargo en ausencia de enfermedad, o impedimento funcional, no hay evidencia empírica de que sutiles cambios relacionados con la edad, a nivel sensorial visual o habilidades cognitivas detectadas en estudios controlados de laboratorio o en clínica, afecten a la habilidad de las personas mayores para manejar un vehículo a motor con seguridad (Ball & Owsley 2003).

Los conductores mayores suplen la merma de sus reflejos con una conducción más prudente, y con su mayor experiencia tienen una conducción más respetuosa con los límites de velocidad y con la señalización, autoevaluándose sus capacidades. Una prudencia que en los casos más extremos puede llegar a entorpecer la fluidez del tráfico en las ciudades. Los ancianos conducen más lento que los sujetos jóvenes (Wood, 2002). En la mayoría de los casos se trata de conductores que acostumbran a circular despacio, cuando hay poco tráfico y en trayectos cortos.

2.2.3. La población sénior como grupo de riesgo

2.2.3.1. Incremento de los impedimentos funcionales, de los accidentes e incumplimiento de la normativa

Los cambios demográficos han hecho aumentar el número de conductores que siguen circulando después de los 65 años, siendo el grupo de personas ancianas el que representa el segmento de más rápido crecimiento en la población conductora. Actualmente, casi el 13 por ciento del censo de conductores corresponde a personas mayores de 65 años, cifra que se estima llegará al 20 por ciento en el año 2020 según previsiones de la DGT. El uso del coche es para muchas de estas personas sinónimo de calidad de vida, si a esto se añaden los compromisos familiares y sociales muy importantes, y el papel activo que continúan desempeñando en la sociedad, muchos de ellos no están dispuestos a dejar de usar el vehículo de manera definitiva (Cantón-Cortés, Segura, & Ramírez, 2010).

La capacidad visual cambia a lo largo de la vida, las modificaciones involutivas por el envejecimiento del sistema ocular implican que se minimice la luz que incide en la retina por las alteraciones y las opacificaciones en los medios oculares; esta disminución de la luz que entra junto al pequeño tamaño de la pupila y el lento funcionamiento fisiológico de la retina, con alteraciones en los elementos neuronales y por tanto en la transmisión nerviosa, cambia las necesidades visuales en ancianos, incluso en ausencia de un ojo enfermo. Por la difusión en los medios aparece una mayor sensibilidad a la luz, haciéndose más difícil la adaptación a los cambios de luminosidad, además pueden tener alterada la visión de los colores y la sensibilidad al contraste, y el campo visual puede estar disminuido presentándose una constricción del mismo.

Envejecer es un síntoma de que nuestra salud ha superado las dificultades a lo largo de los años. Al hacernos mayores, algunos de nuestros sentidos y habilidades perceptivas pierden su capacidad, sufriendo a menudo diversas enfermedades inherentes al envejecimiento que incluyen, pérdida

auditiva, problemas de movilidad y/o impedimentos visuales^v, con adición de condiciones alteradas médicas, que pueden afectar a las capacidades de conducción de los ancianos (Ball & Owsley, 2003).

Tradicionalmente ha sido asumido que la mayor prevalencia de problemas visuales y enfermedades oculares en ancianos es una causa primaria de su dificultad en la conducción (Ball & Owsley, 1991). En un intento de relacionar los déficits visuales con el desarrollo de la conducción en conductores ancianos, se ha estudiado ampliamente diversas funciones visuales como potenciales predictores de su involucración en accidentes, pero ya comenté anteriormente que las funciones visuales por si solas son pobres predictoras de los resultados conduciendo.

Lo que si que está claro es que el conductor anciano esta visualmente en desventaja, la mayoría de ellos lo refieren y las medidas clínicas de la función visual se ha encontrado que disminuye con el envejecimiento (Tielsch et al., 1990; Rubin et al., 1997; Klein, Klein, Lee, & Cruickshanks, 1999; Ivers, Mitchell, & Cumming, 2000; Brabyn et al., 2001). Entre los cambios que afectan a la capacidad visual se encuentran el campo visual, el tiempo de recuperación al deslumbramiento, la estereopsis, la sensibilidad al contraste y la AV de bajo contraste, con y sin deslumbramiento (Johnson & Keltner, 1983; Rubin et al., 1997; Haegerstrom-Portnoy, Schneck, & Brabyn, 1999; Klein et al., 1999; Brabyn et al., 2001).

Las enfermedades oculares incrementan el problema, y su prevalencia también aumenta con el envejecimiento (Tielsch et al., 1990; Ivers et al., 1999; Weih, VanNewkirk, McCarty, & Taylor, 2000). Todo ello influye en el entorno vial, por ejemplo los conductores ancianos con cataratas refieren a menudo que experimentan más dificultad en la carretera que los que no tienen catarata (Owsley, Stalvey, Wells, & Sloane, 1999). Muchos de estos conductores con cataratas se autoregulan la conducción en respuesta a su

^v Alrededor del 30% de las personas mayores de 65 años tienen dificultades auditivas. La vista se deteriora y aumenta la tendencia a tener catarata, maculopatía senil, glaucoma, retinopatía diabética y/o hipertensiva.

impedimento visual, evitando situaciones viales muy cambiantes^{vi} (Ball et al., 1998) restringiendo su exposición a la conducción, (reduciendo el número de días que conducen por semana y los lugares de conducción), e incluso con el cese en la conducción (Marottoli, Ostfeld, Merrill, Perlman, & Foley, 1993). Estos cambios, una vez su función visual se ha visto comprometida, presumiblemente son en un intento de incrementar su seguridad (Forrest, Bunker, Songer, Coben, & Cauley, 1997; Ball et al., 1998; Stutts, 1998; Gallo, Rebok, & Lesikar, 1999; Gilhotra et al., 2001), hecho que se confirma tras la extracción del cristalino opacificado. La cirugía de catarata, con implantación de lente intraocular, está asociada con la disminución de la dificultad en la conducción referida por los pacientes anteriormente (Applegate et al., 1987; Mangione, Phillips, & Lawrence, 1994; Monestam & Wachmeister, 1997).

Algunos conductores ancianos experimentan una considerable disminución de la visión, de la musculatura esquelética o de los procesos cognitivos, que pueden afectar a su capacidad de conducir, pudiendo incrementar la prevalencia de accidentes por vehículo/kilómetro/conducido, el ratio de accidentados y la muerte inherente a los accidentes (Gonthier, Fabrigoule, & Domont, 2005).

Las estadísticas vitales (INE) y las fuentes policiales (DGT), posibilitan el estudio y el cálculo de diversos índices y tasas de accidentalidad, siendo las principales fuentes de información utilizadas en España, ya que comprenden la totalidad del ámbito del Estado. Estas fuentes de información nos descubren que, al igual que sucede en otros países, el riesgo de verse envuelto en accidentes por vehículo y kilómetro conducido permanece relativamente estable entre los 30 y 69 años, pero empieza a incrementarse a los 70 años (Li, Braver, & Chen, 2003). Pudiendo considerar por ello al grupo de ancianos como uno de los grupos de edad con mayores tasas de accidentalidad, en especial en los accidentes por atropello (Monteagudo, Chisvert, & Ballestar, 2001), además las víctimas ancianas por accidentes de tráfico representan un costoso problema en términos de costes de cuidado de

^{vi} Estas modificaciones se producen ante conducir por la noche, durante mal tiempo, en carreteras complicadas o extrañas, en horas de tráfico intenso, y en realizar giros a la izquierda.

salud y la necesidad del cuidado continuado (Ball et al., 2006). Todo ello hace importante profundizar en este tema.

Aunque los sujetos por encima de los 70 años conducen pocos kilómetros, y son responsables de un pequeño porcentaje del global de accidentes, la incidencia de accidente por kilómetro conducido es alta^{vii} debido a los múltiples cambios asociados al envejecimiento. Estas modificaciones incluyen disminución de la percepción sensorial, un procesamiento más lento de la información, y cambios en el manejo (Graca, 1986), siendo razones suficientes que justifican que el riesgo de accidente aumente con la edad. Más específicamente estas variaciones incluyen cambios en la visión, en el tiempo de reacción, en las habilidades físicas, y en la atención (MacGregor, Freeman, & Zhang, 2001). De hecho es conocido que los conductores ancianos con impedimentos visuales, cognitivos, y/o atencionales tienen un mayor riesgo para verse envueltos en un accidente que sujetos sin dificultades (Johnson & Keltner, 1983; Owsley, Ball, Sloane, Roenker, & Bruni, 1991; Ball et al., 1993a).

El índice de accidentes aumenta con la edad, siendo posible que las asociaciones observadas entre la función visual y el desarrollo en la conducción sean confundidas por el envejecimiento (Owsley & Mc Gwin, 1999).

Los accidentes asociados con intersecciones, cruces y otras situaciones de tráfico complejas, como fallos en ceder el paso, problemas de atención, y cambios de carril en el tráfico (Moore, Sedgely, & Sabey, 1982; Kline, 1986; Keltner & Johnson, 1987; Preusser, Williams, Ferguson, Ulmer, & Weinstein, 1998; McGwin & Brown, 1999), son comúnmente encontrados “como fallos” en accidentes. Se observa como perfil de estos accidentes en los conductores ancianos dificultad de procesamiento de la información relacionada con su captación sensorial del estímulo periférico, si no lo percibe es como si no existiese el estímulo para el sujeto.

^{vii} Los conductores ancianos tienen un índice de accidentes cuatro veces superior que los adultos de edad media, después de ajustarlo en base a los kilómetros conducidos (Evans, 1988).

2.2.3.2. Preservar la función visual

Los conductores ancianos modifican su desarrollo para reducir el riesgo con una menor conducción (Graca, 1986; Marottoli et al., 1993), limitando su conducción a aquellas horas y lugares donde ellos sienten que el riesgo es bajo (Janke, 1994; Hennessy, 1995), y/o adaptando su desarrollo de la conducción para evitar ciertas circunstancias de alto riesgo como conducir en la noche, con lluvia, en sitios no familiares, o en situaciones cambiantes de la conducción, como durante las horas de tráfico intenso (Ball et al., 1998; Gallo et al., 1999; Keall & Frith, 2004). Esto hace que conduzcan más despacio y les guste menos hacerlo en dichos lugares que los conductores jóvenes (Knoblauch et al., 1995; Ball et al., 1998). Luego la edad, y lo que conlleva en muchos casos, si que influye en el desarrollo de la actividad conductora.

Los cambios en los hábitos conduciendo son uno de los primeros indicadores de movilidad reducida para conductores ancianos y de que algo no está funcionando optimamente; el cese en la conducción en particular, representa una amenaza para continuar la movilidad, lo que tiende frecuentemente a consecuencias adversas como la dependencia y la depresión (Marottoli et al., 1997; Fonda, Wallace, & Herzog, 2001).

Se pueden distinguir tres causas principales de cese y/o modificación de los hábitos en la conducción:

a- Disminución sensorial

Los conductores ancianos se imponen una auto restricción en presencia de problemas de visión, alteraciones oculares conocidas e historias de incidentes previos (Owsley et al., 1991; Ball et al., 1998), limitando su conducción a entornos familiares y de bajo riesgo, (Campbell, Bush, & Hale, 1993; Marottoli et al., 1993; Forrest et al., 1997; Ball et al., 1998; Stutts, 1998).

Varios tipos de funciones visuales, incluyendo la agudeza, la sensibilidad al contraste, y el campo visual central y próximo periférico

fueron asociados con dejar de conducir, (Forrest et al., 1997) con una reducción de kilómetros conducidos y con el cese en la conducción nocturna, (Stutts, 1998; Gallo et al., 1999) sugiriendo que estas funciones visuales podrían desempeñar un papel particularmente importante en el desarrollo de la rutina conduciendo.

El auto referir la persona la dificultad viendo en la oscuridad o la sensibilidad al deslumbramiento incrementan también el cese en la conducción. Los sujetos con reducida sensibilidad al contraste, aumento de la sensibilidad al deslumbramiento, y una lenta capacidad de recuperación ante este, minimizaron la conducción en condiciones nocturnas y de reducida visibilidad (Ball et al., 1998). Aunque a veces hay sujetos con sensibilidad al deslumbramiento que no modifican la conducción, ello puede deberse a que estos adultos ancianos pueden compensar este tipo de afectación de la visión con el uso de gafa de sol, o conduciendo a otra hora en que el deslumbramiento no sea problema (Freeman, Muñoz, Turano, & West, 2006). Por tanto muchos de los conductores ancianos con peores funciones visuales realizan cambios en su conducción, presumiblemente atendiendo a permanecer seguro.

Varios estudios han examinado la influencia de la visión en el cese de la conducción o en la auto restricción. Por ejemplo, en el Blue Mountains Eye Study (Gilhotra et al., 2001) indicaron que los sujetos que tienen una agudeza peor de 0.5 en el mejor ojo abandonaron cuatro veces más su conducción que los individuos con mejor agudeza. Hennessy (1995), indicó que los impedimentos del campo visual se encuentran relacionados significativamente a áreas específicas de evitar la conducción.

b- Disminución de la Salud

Un número de condiciones médicas crónicas y discapacidades que son comunes en la población anciana han sido asociados con el incremento del riesgo de accidentes y el impedimento en la conducción. Estos incluyen cataratas (Owsley et al., 1999b), enfermedades

cardiovasculares (McGwin, Sims, Pulley, & Roseman, 2000), artritis (Tuokko, Beattie, Tallman, & Cooper, 1995; McGwin et al., 2000), demencia (Hunt, Morris, Edwards, & Wilson, 1993; Hunt et al., 1997; Rizzo, Reinach, McGehee, & Dawson, 1997), dolor de espalda (Foley, Wallace, & Eberhard, 1995), sueño por apnea (Barbé et al., 1998; Young et al., 2002), y anomalías caminando (Marottoli, Cooney, Wagner, Doucette, & Tinetti, 1994). Para el cese en la conducción en ancianos se han identificado derrames, enfermedad de Parkinson, impedimento visual, limitación de actividades, artritis, fractura de cadera, y pérdida de memoria (Campbell et al., 1993; Marottoli et al., 1993).

Como precaución particular hay que tener en cuenta los potenciales efectos de muchos medicamentos, así como el número de los mismos que toma el sujeto. Los pacientes ancianos generalmente están polimedicados y son más susceptibles de que sus efectos alteren su sistema nervioso central (Ray, 1992). La sedación de los antihistamínicos (NHTSA, 2000; Weiler et al., 2000), los antidepresivos cíclicos (Ray, 1992; Leveille et al., 1994; Ramaekers, 2003), benzodiazepinas (Ray, Fought, & Decker, 1992), analgésicos opioides (Leveille et al., 1994), y otras clases de fármacos han sido asociadas con el incremento del riesgo de accidentes y los impedimentos conduciendo.

Aunque se han visto varias razones potenciales que justifican el porque los adultos ancianos modifican sus hábitos de conducción en las últimas etapas de su vida, el problema con la visión fue el único problema de salud identificado como la principal razón para limitar, evitar o cesar la conducción (Dellinger, Sehgal, Sleet, & Barrett-Connor, 2001; Ragland, Satariano, & MacLeod, 2004).

c- Alteración del funcionamiento cognitivo

Ball et al. (1998) encontraron que los impedimentos en el procesamiento visual y atencional también se asociaron con conducir pocos días de la semana, sugiriendo que la auto regulación no

solamente se expresa con evitar ciertas situaciones viales, sino también reduciendo otros aspectos de la exposición al conducir. La disminución de la exposición y el incremento de evitar la conducción, es mayor ante restricciones para el funcionamiento cognitivo que para la salud.

Está claro que los ancianos son un grupo heterogéneo, y que a veces los conductores mayores compensan sus cambios en sus habilidades físicas y cognitivas conduciendo menos, ello reduce el riesgo de accidente. Aquellos individuos con peores habilidades funcionales refirieron una menor conducción y evitan situaciones del entorno vial cambiantes, observando que las mismas habilidades funcionales que son predictivas de reducir la exposición a conducir también se relacionan en el incremento de verse envuelto en accidentes.

Por tanto en situaciones donde surgen eventos rápidos y no esperados en un entorno visualmente desordenado, como tráfico intenso, y/o que le cuesta procesar la información, como en situaciones con disminución luminosa (amanecer, atardecer, lluvia, niebla o noche), es lo que lleva a estar en una situación límite. La visión juega un papel significativo en el cese de la conducción, o en la decisión de auto-restringirse a ciertas condiciones la conducción. Aquellos que restringen su conducción al día tienen peor visión en todas las medidas que aquellos que continúan conduciendo por la noche.

La detección temprana de dichos cambios, con un modelo de programas de intervención que retrasen o remedien las habilidades funcionales vitales alteradas, demostró que puede prolongar la capacidad del individuo de conducir seguro, la seguridad de la movilidad, o fomentar el cese en la conducción cuando tales habilidades no pueden ser mejoradas (Vance et al., 2006).

2.2.4. Enfermedades neurodegenerativas

Las enfermedades neurodegenerativas están cada vez más presentes en nuestra sociedad con el deterioro cognitivo y el trastorno conductual que

ocasionan. La afectación del control cognitivo disminuye la efectividad de la atención selectiva visual (de Fockert, Rees, Frith, & Lavie, 2001; Han, Ciuffreda, & Kapoor, 2004; Lavie, Hirst, de Fockert, & Viding, 2004). Implicando limitaciones para realizar actividades cotidianas, entre las que se encuentra la conducción, con alteraciones y graves deterioros de curso progresivo tanto físicos como cognitivos.

A continuación se comentará sobre dos de las más presentes. La primera es la esclerosis múltiple (EM), la cual es una enfermedad desmielinizante, neurodegenerativa y crónica del sistema nervioso central, con pérdida de la capacidad de transmisión de las neuronas, que afecta a la conductividad nerviosa sensorial y motora. Los primeros síntomas y signos suelen ser visuales, con afectación cognitiva en muchos casos. Los síntomas cognitivos comunes incluyen déficit en la atención compleja, la eficiencia de procesamiento de la información, la función ejecutiva, la velocidad de procesamiento y la memoria a largo plazo (Chiaravalloti & DeLuca, 2008).

La segunda es la enfermedad de Alzheimer (EA), la cual es la forma más común de demencia con deterioro progresivo de la memoria y la cognición. Las quejas relacionadas con la visión son comunes entre los pacientes con EA. Detectándose cambios anatómicos en el ojo antes que los signos de deterioro cognitivo y pérdida de memoria sean evidentes (Chang et al., 2014).

Estas discapacidades por causa neurológica implican cambios a nivel de la transmisión nerviosa. Siendo las alteraciones cognitivas uno de los principales síntomas, y los defectos en la motilidad ocular una de las posibles afectaciones en ambas enfermedades (Poser et al., 1983; Chang et al., 2014), puede resultar interesante analizar su comportamiento para valorar si se afecta, fuera de los cambios normales inherentes al envejecimiento.

2.3 Modelos analíticos y preguntas de investigación

2.3.1. Estrategias visuales de búsqueda de la información

En este apartado se desarrollarán las capacidades relacionadas con el funcionamiento de la búsqueda visual como habilidad visuocognitiva, centrándonos en la captación con la atención visual y la velocidad de procesamiento, y valorando como actúa la atención ante tareas simultáneas. Para finalizar se analizan las potenciales relaciones de las capacidades visuales con las habilidades atencionales.

Las tareas visuales requieren reconocimiento, análisis y procesamiento de la información para comprender y organizar el espacio visual externo. El procesamiento de la información visual tiene relación con las habilidades espacio-visuales y visuo-motoras. Al ser la percepción de las trayectorias una tarea visual muy compleja, que implica a la mayor parte de las habilidades visuales del individuo (Garzía, Richman, Nicholson, & Gaines, 1994), y vivir en un mundo visualmente abarrotado con objetos y eventos en marcha, hace que la búsqueda visual^{viii} sea esencial para poder extraer la información adecuada de la escena deseada.

En la revisión de Decker et al. (2015), indican que el comportamiento visual se refiere a la forma general en que el conductor mueve sus ojos para ver el medio ambiente, y la distracción visual se refiere a la situación que se produce cuando el comportamiento visual cambia en respuesta a un agente de distracción de una manera que provoca un retraso, o el fracaso en la percepción visual de información relevante para la conducción. Los ancianos refieren dificultades en las actividades diarias que se basan en habilidades de búsqueda visual, expresando problemas con eventos y objetos distractores, escenas visuales abarrotadas, e indican que disponen de insuficiente tiempo para localizar objetos relevantes para la tarea (Kosnik et al., 1988). La dificultad parece radicar en la exigencia visuocognitiva.

^{viii} La búsqueda visual se refiere a la habilidad de localizar o encontrar el objeto de interés entre otros objetos o “distractores”, la cual requiere el uso de la atención visual (Treisman & Gelade, 1980).

2.3.1.1. Atención visual y velocidad de procesamiento visual

Se vió en el apartado 2.2.1. que las pruebas de visión dinámicas miden la habilidad del paciente para reconocer objetos en movimiento en las distintas partes del campo visual, siendo estos tests una parte importante en la conducción, porque conducir requiere reconocer y analizar los objetos, tanto de la carretera como los que le rodean los cuales siempre aparecen en movimiento propio o del entorno. La valoración en dicho campo visual dinámico entraña un complejo rendimiento que incluye varias funciones específicas como son el movimiento ocular, la búsqueda visual, y el procesamiento mental.

Las pruebas cognitivas que parecen estar altamente relacionadas con el desarrollo en la conducción, son aquellas que incluyen razonamientos complejos (Nouri, Tinson, & Lincoln, 1987; Akinwuntan et al., 2002), siendo necesario para un buen desarrollo una atención sostenida (concentración). Sundet, Goffeng, y Hofft (1995), encontraron en una población de pacientes con derrame cerebral que los tests que medían las variables de velocidad de procesamiento mental y desatención eran significativos predictores de la habilidad conduciendo. En sujetos normales hay evidencia que la sensibilidad periférica a una simple luz se reduce cuando se combina con una tarea cognitiva foveal (Plainis, Murray, & Chauhan, 2001; Wall, Woodward, & Brito, 2004). Esto significa que algunas cosas de interés que se ubiquen en la retina periférica pueden no detectarse bajo condiciones de excesiva carga de trabajo o fatiga visual al conducir (Lansdown, Brook-Carter, & Kersloot, 2004). Esta pérdida de la atención (e información) en una zona concreta puede surgir por una supresión funcional no voluntaria ante la demanda requerida para captar estímulos simultáneos en diferentes zonas espaciales.

Los conductores a menudo buscan de un modo automático la información localizada con diferentes excentricidades con respecto a su camino, como las señales de tráfico, la información de navegación, los vehículos en los cruces, los peatones, pero también realizan actividades voluntarias de atención visual entre el coche y la tarea de la conducción, siendo necesario por un lado mantener un tiempo adecuado como condición

previa de seguridad vial, y por otro actualizar la información periódicamente del tráfico exterior durante la realización de tareas en el coche. Lo recomendable, y es en lo que coinciden diferentes autores (Zwahlen, Adams, C. C., & DeBals, 1988; Wierwille, 1993; Wikman & Summala, 2005), es que el conductor debe echar una ojeada a la carretera cada 1,5 segundos. Ya nos estamos dando cuenta en lo visto hasta ahora que conducir es una compleja tarea que requiere además de una óptima visión, habilidades cognitivas relacionadas como la atención visual. Por ello no se debe priorizar tanto las funciones visuales primarias, y si las funciones que emplean un desarrollo visual secundario cognitivo.

La atención visual es una parte esencial del desarrollo visual, pareciendo ser muy relevante en las revisiones visuales entre los conductores más mayores especialmente (Owsley & McGwin, 1999). La atención visual es un término comúnmente usado en psicología, cuya definición se basa en la noción de que los humanos tienen una capacidad limitada para el procesamiento de la información; en un tiempo dado sólo una cuantía pequeña de información visual captada en la retina puede ser procesada y usada para el desarrollo del control.

La atención visual se refiere a habilidades como:

- La selección de la región visual de interés (rechazando la información no deseada),
- El cambio del procesamiento de las fuentes de información de una zona visual a otra, y
- La habilidad para la atención dividida para más de una localización en el campo visual, y para sostener la atención en el tiempo.

Diferentes estudios analizaron la causa para tratar de buscar donde se producen los errores de mirada (Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990; Cairney & Catchpole, 1996; Summala, Pasanen, Rasanen, & Sievanen, 1996; Aberg & Rimmo, 1998; Herslund & Jorgensen, 2003) y todos

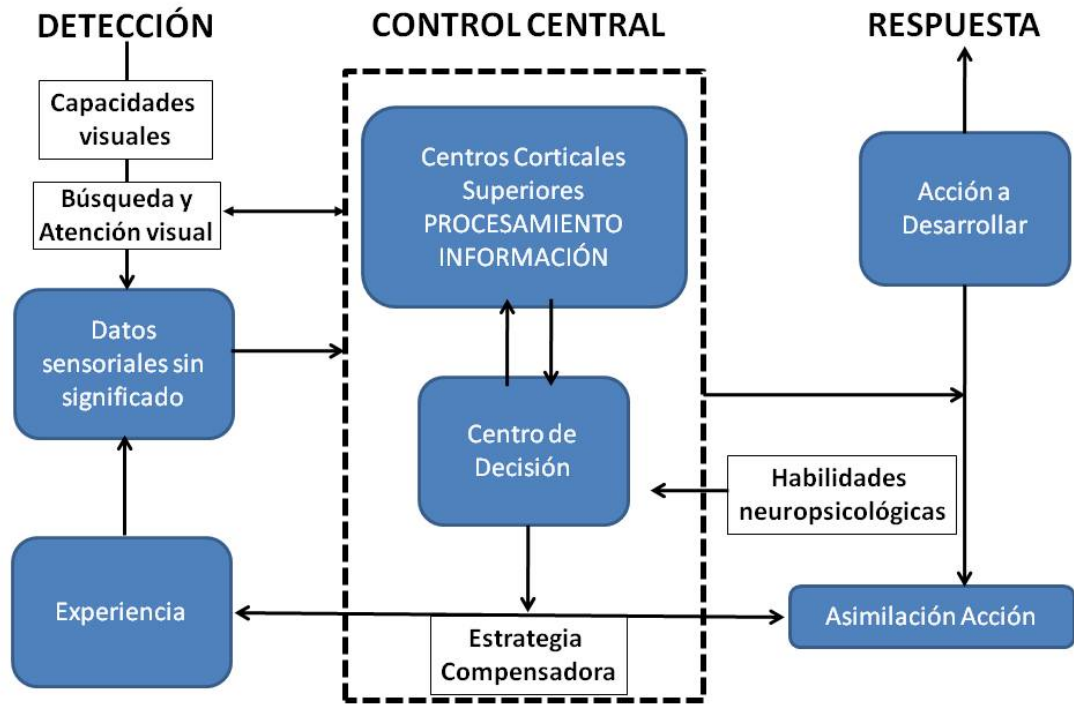
ellos propusieron explicaciones basadas en la falta de atención o inapropiadas estrategias de búsqueda visual.

Se ha sugerido que el fallo en diferentes mecanismos involucrados engañan la atención y la búsqueda visual en los ancianos, incluyendo dificultades inhibiendo detalles irrelevantes, (Hasher, Stoltzfus, Zacks, & Rypma, 1991) en la atención selectiva, (Rabbitt, 1965) en la atención dividida, (Sekuler & Ball, 1986) en la localización espacial de la información relevante de la tarea, (Owsley, Burton-Danner, & Jackson, 2000) y en una velocidad de procesamiento más lenta (Salthouse, 1993). De hecho el impedimento en la atención visual está relacionado con un incremento en la cuantía del tiempo que los ancianos requieren para completar las actividades visuales comunes diarias como leer el prospecto de las medicinas y encontrar objetos en un cajón o en un estante abarrotado (Owsley, Sloane, McGwin, & Ball, 2002b).

Hay estudios que han encontrado asociaciones entre conductores no seguros y déficits en habilidades de secuenciación y búsqueda visual (Goode et al., 1998), en tareas de atención selectiva (Duchek, Hunt, & Ball, 1998; Marottoli et al., 1998), en la memoria espacial (Odenheimer, Beaudet, & Jette, 1994; Rizzo et al., 1997) y en la percepción de la estructura tridimensional con movimiento (Rizzo et al., 1997).

Se ha comentado que la percepción visual durante la conducción no solo depende de la función visual sensorial y la óptica fisiológica, sino también de las habilidades de procesamiento central (Owsley et al., 1991; Ball & Owsley, 1993b; McCloskey, Koepsell, Wolf, & Buchner, 1994). El modelo propuesto (figura 2.4.) para el desarrollo de la acción se ha dividido en tres partes principales, la detección, el control central y la respuesta. Siendo en la primera de ellas donde, para ser captadas los estímulos que conforman la información, se requiere unas óptimas capacidades visuales, debiendo realizarse una búsqueda visual efectiva con una correcta atención para que dichos datos sensoriales sean transmitidos vía aferente a los centros cognitivos de control central para su procesamiento, decodificación e integración que permita efectuar una decisión. Tanto las habilidades neuropsicológicas como la experiencia, participarán en optimizar y mejorar la

información seleccionada para que dicha decisión asimilada produzca una acción deseada en la respuesta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.4. Modelo simplificado de la acción del conductor

Por tanto como se está viendo en la revisión bibliográfica de este capítulo la atención visual y la velocidad de procesamiento visual son importantes, surgiendo la pregunta de si deben ser consideradas en la evaluación de las habilidades seguras en la conducción, dado que son mejores las pruebas que valoran estas características para el cribado, que las que analizan pruebas sensoriales por si solas en los ancianos propensos a accidentes.

Llegado a este punto, surge la pregunta de cuál es el desencadenante de la pérdida de atención. El desencadenante principal de la pérdida de atención es la distracción siendo uno de los principales problemas en la seguridad vial, dado que puede apartar la atención a los conductores de su tarea primaria. Esto puede ser más pronunciado y destacable en condiciones

de visibilidad reducida, como cuando se conduce por la noche, por la degradación de la visión (Leibowitz, Owens, & Post, 1982; Wilkie & Wann, 2002). Algunos distractores se encuentran en el entorno externo del vehículo, como puede ser una compleja red de carreteras en una ciudad no familiar, otros en los elementos del interior del coche que obstruyen y amenazan la seguridad conduciendo (Vargas-Martin & Garcia-Perez, 2005), un aparato en el vehículo, como un teléfono móvil (Lamble, Kauranen, Laakso, & Summala, 1999), o un monitor de información avanzada (Lansdown & Fowkes, 1998), todo ello contribuye a la reducción del campo de visión funcional del conductor (Pauzie & Gabaude, 1998; Crundall, Underwood, & Chapman, 1999; Roge et al., 2004), añadiendo una carga a la atención del conductor a la vez que involucra movimientos oculomotores.

La buena conducción requiere estar más alerta, esto puede ocasionar al margen de circunstancias que provocan la distracción bajo diversos factores y circunstancias, una rápida fatiga psicológica, lo cual puede originar una fácil sobrecarga desde el punto de vista de la percepción, con lo que agudizará sus deficiencias atencionales y su incapacidad de respuesta óptima durante la conducción.

Por todo ello para tratar de evitar accidentes, el factor de mayor riesgo a controlar es la distracción del conductor la cual va relacionada directamente con el fracaso de atención (Yan, Harb, & Radwan, 2008). La detección del objeto importante es básica, porque sin la detección no se puede procesar la información, y entonces ningún proceso decisorio tiene lugar (Rumar, 1990), de hecho los conductores involucrados en un accidente indican a menudo que vieron al otro usuario de la carretera demasiado tarde para evitar la colisión (Moore et al., 1982; Chapman & Underwood, 1998).

2.3.1.2. Utilización de tareas simultáneas, atención dividida y selectiva

Durante la conducción, además de tener una visión clara, con una suficiente extensión de la carretera y de los lados, se hace necesario

disponer de la habilidad de localizar, reconocer y responder a la información adecuada en las distintas áreas del campo visual alrededor del objeto sobre el cual se fija la mirada. La selección de información del entorno depende de numerosos factores como la motivación, experiencias anteriores y el desarrollo.

La información que llega a la retina es muy extensa y no puede ser procesada toda, por lo tanto el sistema visual hace un filtraje eligiendo o seleccionando parte de la información y la otra parte la ignora. Como resultado el sistema visual debe ser selectivo mientras extrae información relevante, siendo requerida una atención selectiva^{ix} y la habilidad para dividir la atención entre las múltiples tareas que se le demandan o surgen (Plude & Doussard-Roosevelt, 1989).

Cuando aparecen varios estímulos simultáneamente en el campo de visión, se debe producir una elección, por lo que el tiempo de respuesta se alarga al tener que dividir su atención entre dos acciones distintas, disminuyendo la eficiencia en la tarea. Una de las funciones que interviene es el tiempo de reacción, siendo el tiempo mínimo que tarda un sujeto en reaccionar, en nuestro caso ante un estímulo visual. Es un parámetro directamente asociado desde hace años a la calidad y seguridad en la conducción. Un mayor tiempo de reacción significa un incremento de la distancia de parar el vehículo, (Plainis, Murray, & Pallikaris, 2006).

El tiempo de reacción puede verse afectado adicionalmente por:

- La intensidad del estímulo (Jones & Wilkinson, 1975). Si la cantidad de luz que llega a la retina está disminuida se estimulan un menor número de células sensoriales, requiriendo más tiempo para la detección de la señal con un retraso consecuente en diferenciar estímulos.
- El ruido. Todo tipo de sonidos en el ambiente (ruidos auditivos) (O'Malley & Gallas, 1977) e imágenes o destellos que se incluyan en el campo visual (Britton & Delay, 1989), especialmente en movimiento

^{ix} Atención Selectiva: “Dirección de la atención, consciente o inconsciente, hacia áreas particulares de un campo perceptivo (...). Aunque puede ser un proceso aleatorio, suele estar determinada por la experiencia previa del sujeto o la acción que se encuentra realizando el sujeto en ese momento” (Whiting, 1969).

(ruidos visuales), pueden hacer que el sujeto pierda la atención en ciertas tareas perceptivas y disminuir su eficiencia en las mismas (Smith, 1991).

- El envejecimiento, (Clarkson, 1978; Loveless, 1980; Gottsdanker, 1982). Con la edad la rapidez en la selección de la atención de una tarea a otra tiende a verse impedida (Korteling, 1991; Meiran & Gotler, 2001), surgiendo dificultades en el desarrollo de las tareas duales, lo que resulta en general en un enlentecimiento de la velocidad de procesamiento de la información, necesitando más tiempo para realizar la tarea, (Cerella, 1990; Van Zomeren & Brouwer, 1994). El tiempo de reacción ha sido uno de los marcadores más sensitivos del deterioro estructural y funcional del envejecimiento del sistema nervioso central (Birren, Woods, & Williams, 1980).

Generalmente esta lentitud con la edad nos avisa de que en un coche se necesite más tiempo y requerimientos adicionales para realizar las tareas en un tiempo adecuado (Wikman & Summala, 2005). Posiblemente sea un impedimento combinado con los procesos de control de la coordinación e integración de tareas múltiples (Brouwer, Waterink, Vanwolffelaar, & Rothengatter, 1991; Korteling, 1991; Withaar, Brouwer, & van Zomeren, 2000; Salthouse & Miles, 2002; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003).

Los datos en circuito abierto muestran un marcado efecto de la edad en el tiempo empleado en el desarrollo. Los conductores ancianos tienen que asignar más atención visual para completar la tarea en término de tiempo total que mantienen los ojos en la carretera. A menudo permanecen mirando al estímulo durante más de 2 segundos. Esto implica una interrupción larga del flujo de información del tráfico recibido el cual excede el límite de seguridad para la conducción generalmente aceptable (Zwahlen et al., 1988; Wierwille, 1993) que se comentó anteriormente de 1,5 segundos. Como consecuencia surge un mal control para mantener el trazado idóneo en la carretera, produciéndose un mayor desplazamiento lateral durante la realización de las tareas adicionales. En el estudio de Wikman y Summala (2005) aproximadamente la mitad de los conductores ancianos analizados

mostraron frecuentemente desplazamientos largos con vistazos fuera de la carretera, indicando claramente un gran riesgo en el manejo del vehículo.

Los conductores ancianos disminuyen un poco su velocidad mientras realizan tareas claves. Se comentó en el apartado 2.2.2. que el reducir la velocidad puede ser una estrategia adoptada por los conductores ancianos para “controlar” el riesgo y la demanda ante múltiples tareas, aunque Wikman et al. (2004) indican que pueden ser bien por estrategias compensadoras o por el hecho de que el control de velocidad tiende a deteriorarse dado que la demanda de una tarea adicional requiere mayor esfuerzo.

Como se ha comentado la atención dividida y selectiva disminuye con la edad y con la realización de dobles tareas que requieren la división de la atención. Los estudios realizados de atención selectiva y dividida muestran que los sujetos ancianos están más afectados que los jóvenes por la presencia de distractores (Rabbitt, 1965). Profundizando en estas líneas Ball et al. (1988) señalaron que los ancianos desarrollaban mal las tareas de atención selectiva y dividida que requerían identificar un estímulo central mientras indicaban la localización simultánea de estímulos periféricos.

Este fenómeno del efecto dominante de las tareas secundarias también ha sido observado en las medidas del desarrollo de la conducción en entorno real. Los conductores, bajo condiciones de tareas dobles comparadas con tareas sencillas, además de tardar más tiempo en completar un circuito propuesto, refieren ver menos señales de tráfico, no se dan cuenta de peligros, cometen más riesgos en la carretera, y juzgan mal el espacio (Chaparro, Wood, & Carberry, 2005).

También surge la pregunta de si todas las tareas dobles afectan por igual a la conducción, para ello hay que distinguir el tipo de tarea adicional a la base visual, valorando si la segunda tarea es visual o auditiva. Ante actividades que implican una tarea doble visual del conductor, la posición con respecto a las líneas que delimitan el carril cambia, desviándose más hacia su lado derecho y aproximadamente menos al límite izquierdo de la línea, que bajo una tarea sencilla o una tarea doble auditiva (Chaparro et al., 2005). Los sujetos ancianos conducen significativamente más lentamente bajo

condiciones de una tarea doble visual que bajo tareas dobles auditivas, quizás porque dicha tarea visual requiere que sus ojos estén fuera de la carretera más tiempo.

La valoración se puede realizar mediante el procesamiento de la velocidad de información y la atención selectiva, las cuales fueron encontradas como los mejores predictores del desarrollo conduciendo para ambas tareas visuales, la sencilla y la doble, y pese a que la condición auditiva produce una mayor interferencia de alto nivel cognitivo asociado con el desarrollo de múltiples tareas, influye más la visual (Chaparro et al., 2005). El forzar al sistema del sujeto a la búsqueda en la memoria de trabajo, especialmente en las funciones de control cognitivo (por ejemplo función ejecutiva), responsables para la coordinación del desarrollo, disminuye la efectividad de la atención selectiva visual (de Fockert et al., 2001; Han & Kim, 2004; Lavie et al., 2004).

Los efectos de la atención dividida muestran que el desorden visual y la tarea secundaria tienen efectos aditivos sobre la precisión de la búsqueda, la velocidad, y la intervención oculomotora. Los mayores eran menos precisos, en especial con escenas de gran desorden, siendo más lentos para decidir si la señal objetivo no estaba presente, y exhibieron ligeramente un mayor efecto de la atención dividida en los tiempos de reacción. Tuvieron fijaciones más largas bajo condiciones de atención dividida, mostrando también una reducción desproporcionada de la memoria de reconocimiento por el contenido de la tarea secundaria (McPhee, Scialfa, Dennis, Ho, & Caird, 2004).

La edad cognitiva, más que la edad cronológica, es el mejor predictor de cómo el desarrollo de la conducción se afecta por las demandas de desarrollar tareas duales. Este hallazgo puede ser uno de los factores que influyen en que los conductores ancianos están más involucrados en accidentes, como resultado de fallos para responder a las señales de tráfico y a las luces (Preusser et al., 1998; McGwin & Brown, 1999).

2.3.1.3. Relación de las habilidades atencionales con las capacidades visuales y el campo de visión atencional

El acto de la atención principalmente realiza la respuesta para atender a los estímulos y excluir a los distractores y al ruido (Verghese, 2001), por tanto si falla la atención se verá afectada la realización correcta de la tarea. Los ancianos cometen errores frecuentemente tanto en la tarea central, como en la tarea periférica, y los errores en todos los grupos de edad aumentan cuando se incrementa la complejidad de la tarea central. Con el aumento de la edad se produce una disminución en la habilidad para ignorar los detalles irrelevantes (Layton, 1975; Farkas & Hoyer, 1980; Madden, 1982; Plude et al., 1983) y para desarrollar tareas de atención dividida (Wickens, 1992).

Muchas de las funciones visuales están implicadas en la habilidad de mantener una atención visual sostenida y selectiva. Cuando dichas funciones no trabajan correctamente se producen trastornos de la atención que facilitan la distracción entorpeciendo la tarea a realizar, por ello puede resultar interesante su valoración. Un proceso de alto orden visual/cognitivo que ha sido denominado campo de visión útil (Ball et al., 1988), se ha mostrado válido para el estudio de estas habilidades.

El concepto fue originalmente descrito por Sanders (1970) quien usó el término de “campo visual funcional” para definir el área del campo visual sobre la cual la información útil puede ser adquirida en un breve vistazo sin movimientos de cabeza u ojos. Este campo de visión útil se distingue del campo sensorial visual típicamente evaluado por perimetría en la clínica, dado que el campo de visión útil mide la atención selectiva, la atención dividida, y la velocidad de procesamiento visual (Sekuler & Ball, 1986; Ball et al., 1998).

Sekuler y Ball (1986) diseñaron una tarea de localización radial que media la capacidad de localizar correctamente un único objetivo aleatoriamente posicionado, en presencia de distractores tanto con, como sin una tarea secundaria central. Ellos encontraron que las diferencias con la edad fueron mayores al aumentar la excentricidad retinal, indicando una contracción del campo útil para los ancianos. Sin embargo en general al igual

que sucede con otras pruebas, se produjo una gran variabilidad en el desarrollo entre los ancianos estudiados en esta tarea. Adicionalmente se encontró que el desarrollo en ancianos mejoraba con la práctica en la tarea, lo cual demuestra el potencial para revertir alguna de las disminuciones encontradas asociadas a la edad.

Actualmente estas habilidades atencionales pueden ser medidas usando un test de ordenador, (Visual Resources, Inc., Chicago, IL), conocido con el acrónimo UFOV, (Useful Field Of View) (ver anexo 4) el cual valora el campo de visión útil medido en el área del campo visual sobre el que uno puede rápidamente presentar información (Owsley & McGwin 1999). La prueba provee una medida de atención visual, mediante la detección, localización, o identificación de objetivos contra fondos visualmente más complejos, bajo condiciones de un tiempo limitado por breves estímulos. Owsley et al., (1995) demostraron que el desarrollo del test del UFOV requiere un alto orden de habilidades cognitivas además de una correcta función visual sensorial.

El UFOV requiere tanto la identificación como la localización de objetos supraumbrales, a través de unos subtests que valoran la velocidad de procesamiento de la información, la habilidad para la atención dividida, y la susceptibilidad para la distracción (Ball, Roenker, & Bruni, 1990b). Por tanto es un test que provee una medida de alto orden de procesamiento de la información visual bajo condiciones que requieren la atención selectiva y la dividida (Higgins & Wood, 2005).

Para el desarrollo de una variedad de tareas de búsqueda visual se encontró que la detección o localización de un estímulo periférico podía verse impedida creando una tarea adicional con una demanda creciente central (Ikeda & Takeuchi, 1975; Williams, 1982; Sekuler & Ball, 1986), y también que se deterioraba con la adición de estímulos distractores de fondo (Drury & Clement, 1978; Sekuler & Ball, 1986). Tanto el número de distractores (Scialfa, Kline, & Lyman, 1987) y la similaridad entre el objetivo y los estímulos distractores (Bloomfield, 1972; Engle, 1977; Treisman & Gelade,

1980; Bergen & Julesz, 1983; Plude & Doussard-Roosevelt, 1989) fueron encontrados que afectaban de tal manera que impedían el desarrollo correcto.

Bajo condiciones distractoras, aunque el objetivo aparece de repente en una manera preatencional, el diámetro del área que puede ser procesado es reducido. Bergen y Julesz (1983), indicaron que el diámetro del área que puede ser procesado en paralelo varía como una función de la similitud figural entre un objetivo y su fondo, como es el caso comentado.^x

El envejecimiento disminuye la extensión del campo tanto para la agudeza extrafoveal (Cerella, 1985), como para la identificación de las letras (Scialfa et al., 1987), y para localizaciones radiales (Sekuler & Ball, 1986), con objetivos incrustados en los distractores. Cuando los objetivos se presentaron aislados (sin distractores) durante breves duraciones, la adición de una tarea central secundaria mejoró el desarrollo periférico en los ancianos (Ball, Beard, Miller, & Roenker, 1987), luego se puede concluir que prevalecen más los distractores en afectar al desarrollo.

A nivel subjetivo la dificultad que con frecuencia refieren los ancianos en sus actividades diarias asociadas con la visión periférica, la búsqueda visual, y las escenas visuales abarrotadas es de alrededor de cinco veces mayor que la referida por los adultos jóvenes (Kosnik et al., 1988). Varios autores sugieren que un UFOV contraído puede ser responsable de esas circunstancias (Cerella, 1985; Sekuler & Ball, 1986; Scialfa et al., 1987). Cerella (1985) planteó que la edad reduce el tamaño de ventana perceptual, aunque limitando la cantidad de información extraída en cada fijación dada. Similarmente, Scialfa et al. (1987) propusieron un modelo en el cual los ancianos tomaban pequeñas muestras de una escena visual dada y escaneaban cada muestra más lentamente. Aunque en muchas situaciones diarias se dispone de un tiempo ilimitado viendo, un UFOV contraído puede

^x La similitud de la figura entre un objetivo y su incrustación en un contexto juega un gran papel determinando si el objetivo destaca, o requiere una búsqueda serial para determinar su presencia, localización, o identificación. En la condición no distractora, hay una extrema disimilitud entre el objetivo diana y su fondo, siendo el objetivo percibido fácilmente en todas las excentricidades.

afectar al desarrollo, forzando al observador a desarrollar más fijaciones en orden a escanear la misma área visual.

Los ancianos tienen una velocidad más lenta de procesamiento perceptual (Kline & Birren, 1975; Kline & Szofran 1975; Hertzog, Williams, & Walsh, 1976; Walsh, 1976; Walsh, Till, & Williams, 1978; Walsh, Williams, & Hertzog, 1979). Las diferencias con la edad en el tiempo del procesamiento de la información visual ha sido atribuido a diferentes factores como una pobre agudeza, problemas en la estabilidad de fijación, y en los movimientos oculares. Sin embargo la variación de la agudeza no afectaba significativamente a los errores de localización (Sekuler & Ball, 1986), por tanto la agudeza juega un papel menor en el desarrollo de esas tareas al igual que se comentó en apartados anteriores.

Relación con la conducción

Diversos estudios han llevado a cabo el examen de la relación entre el rendimiento de la prueba UFOV y la conducción. Estos estudios han utilizado una variedad de medidas de resultado, incluida la capacidad de conducción en carretera, los accidentes, el rendimiento bajo conducción simulada, y la capacidad para conducir autoreferida. Los informes de los organismos involucrados en la gestión y control de accidentes proporcionan una rica fuente de información para ayudar en la identificación de factores de riesgo para la conducción en los adultos mayores involucrados (Clay et al., 2005).

El efecto del tamaño cuando se midió el UFOV correlacionado con un desarrollo objetivo de la conducción, fue más grande que comparado con medidas estándar de la AV, otras funciones visuales sensoriales, y varios dominios cognitivos (Owsley et al., 1991; Goode et al., 1998). Luego se puede considerar una prueba válida para correlacionarla con la conducción, siendo un buen predictor de los resultados en circuito cerrado (Wood & Troutbeck, 1995; Wood, 2002) y en entorno abierto (Myers, Ball, Kalina, Roth, & Goode, 2000).

La reducción del tamaño del campo resultó en una disminución significativa del desarrollo, incluyendo alteraciones en la detección de obstáculos en la carretera y periféricos, en la habilidad para navegar a través de un circuito esquivando objetos, disminución en la habilidad para mantener una posición estable con las líneas de la carretera, y una velocidad disminuida (Wood & Troutbeck, 1992, 1994).

La literatura muestra que los déficits en la tarea del UFOV, al basarse en la velocidad de procesamientos rápidos visuales y habilidades de alto orden, han sido relacionados con problemas de movilidad y conducción, y muestran un desarrollo lento de las tareas visuales, estando asociado con una peor conducción en ancianos, (Wood & Troubeck, 1995; Owsley et al., 1998a, 2002b; Owsley, McGwin, Phillips, McNeal, & Stalvey, 2004b; Edwards et al., 2002; Wood, 2002; Coeckelbergh, Brouwer, Cornelissen, & Kooijman, 2004; Owsley & McGwin, 2004a).

También hay una relación significativa entre el UFOV y el tiempo de reacción para la detección y reconocimiento de las señales de tráfico, la detección y el evitar los peligros de bajo contraste, juzgar los espacios entre conos, el tiempo para completar el circuito, y mantener el trazado (Chaparro et al., 2005).

A nivel de los accidentes

La reducción en el desarrollo del UFOV en ancianos se asoció con verse envuelto en accidentes por fallos (Ball et al., 1993a; Owsley, 1994; Owsley et al., 1998b). Las cifras de riesgo en conductores ancianos, con un 40% o mayor de reducción en su UFOV, varían dependiendo de los estudios y el tipo de accidente, teniendo desde 16,3 veces más posibilidades de verse envuelto en un accidente perjudicial que aquellos conductores con mínima o ninguna reducción en el UFOV, (Chaparro et al., 2005), a un incremento de seis en el riesgo en un estudio retrospectivo (Ball et al., 1993a) y a 2,2 veces más factible de tener un accidente en un estudio prospectivo de tres años, teniendo mejor sensibilidad y especificidad que otros test sensoriales visuales o mentales (Owsley et al., 1998a, 1998b). Por tanto, esta prueba es un

excelente predictor de accidentes automovilísticos y de los resultados de la movilidad entre los adultos mayores (Ball et al., 1990b, 1993a, 1998). Siendo el subtest 2, atención dividida, el mayor predictor de verse envueltos en accidentes (Ball et al., 1998).

Sin embargo, este test al estar basado en una ventana perceptual, no tiene en cuenta los movimientos oculomotores que se producen habitualmente con la sincronía visión periférica con visión central. No realizándose bajo el contexto habitual del entorno de la conducción, donde los objetos que tiene que percibir el conductor raramente están estacionarios, sino que se mueven con diferentes velocidades y direcciones con respecto al sujeto. Luego el UFOV aunque resulta útil en ciertos aspecto relacionados con la conducción puede adolecer de este aspecto fundamental en el entorno dinámico que se debe desenvolver un sujeto. Por otra parte es caro y poco eficaz implementarlo en la rutina de los procedimientos de la valoración clínica.

2.3.2. Nuevas valoraciones y líneas a desarrollar

En este capítulo se ha comentado que muchos de los estudios han encontrado solamente una débil o insignificante correlación entre las medidas clínicas visuales directas y el desarrollo vial. Esto puede ser debido en parte a la complejidad de la tarea conduciendo, la cual incluye factores no visuales que pueden ocultar o compensar las variaciones en el desarrollo visual. Por tanto, se encuentra que las medidas pre-conducción contienen muchas pruebas, entre las que se encuentran la visión y algunas relacionadas con la reacción (tiempo, respuesta correcta, etc). Sin embargo la literatura ha mostrado que resultan insuficientes y son pruebas poco precisas y validas para lo que se quiere valorar, y algunas que son validas, pueden resultar complicadas de cuantificar, por ello resulta interesante tratar de implementar una nueva prueba que aglutine o complemente lo que se ha mostrado más eficaz en otras.

2.3.2.1. Importancia de las capacidades visuales oculomotoras

Se ha visto a lo largo de este capítulo que la conducción implica, además de una óptima función visual, la capacidad para actuar adecuadamente en el entorno dinámico con un procesamiento rápido de la información visual, siendo necesaria la ejecución de tareas simultáneas complejas, a veces duales, con el uso combinado de la visión central, y la visión periférica. Siendo las capacidades visuales oculomotoras una parte muy importante en todo este proceso.

Por un lado tenemos la visión central, como encargada de la fijación, la definición de la escena y la percepción de detalles, que proporciona la máxima AV y la mayor discriminación cromática. La visión foveal provee al conductor una información con alta resolución, la cual sustenta capacidades como el reconocimiento, los colores, etc. Estas características de la zona central hacen que cualquier inferencia en la misma pueda afectar al procesamiento de la información percibida, retrasando las reacciones y por tanto la respuesta al conducir.

Por otro lado, la visión periférica es especialmente sensible a los desplazamientos, permite la visión nocturna, la percepción de formas, y la localización y ubicación de los objetos, siendo su función más característica la detección del movimiento; el usuario no ve nítidamente los objetos sino que los sitúa en el espacio, percibiendo su contorno, siendo también importante para funcionar óptimamente en el entorno dinámico vial. La visión periférica sustenta capacidades como la orientación en la conducción, sin ser el conductor completamente consciente del proceso (Leibowitz, 1986).

Cuando se conduce, el conductor usa su visión foveal para detectar pistas direccionales, mientras que el sistema periférico es usado para mantener el control lateral del vehículo (Rockwell, 1972). La visión periférica también provee al conductor un amplio rango de información visual de la cual se toman muestras foveales (Lansdown, 1996). Registra rápidamente el movimiento para luego, en función del interés del mismo, desecharlo o generar la fijación central y los movimientos de compensación de la cabeza.

El desplazamiento angular de un objeto en la retina periférica atrae la atención y desencadena un movimiento del ojo o de la cabeza, que permite la captación de la imagen por la fovea. Este es el denominado reflejo de fijación. Si la excentricidad es superior a 20°, el movimiento de los ojos se acompaña de un movimiento de la cabeza para dirigir la mirada hacia el objeto en movimiento (Sillero, 2002). Se ha observado que en la zona parafoveal, los objetos que son lo suficientemente grandes son reconocidos sin movimientos oculares específicos, lo cual apunta a la existencia de un sistema de control de procesos dentro del sistema nervioso central. Este sistema de control del proceso podría considerarse como un reconocimiento cognitivo de la percepción visual (Kapitaniak et al., 2015).

Es el sistema oculomotor, el que una vez ubicado el conductor en el espacio, permite la orientación exacta de los ojos examinando la escena visual deseada a través de un preciso ajuste de los músculos extraoculares que desplazarán los globos oculares compensando y minimizando la disparidad de la imagen retiniana del objeto de interés visual. Los ojos se mueven más o menos tres veces por segundo para traer nuevas partes del entorno a la parte central de alta resolución de la retina. Los patrones de estos movimientos sacádicos pueden proporcionar información sobre los procesos visuales subyacentes (MacInnes et al., 2014).

Los movimientos oculares permiten, mediante complejas interacciones nerviosas, facilitar al sistema visual la localización del objeto de atención, centrando y manteniendo la fijación foveal sobre dicho objeto en el espacio, para integrar y decodificar adecuadamente en un tiempo correcto, la zona del espacio visual que se requiere. Por ello las estrategias de búsqueda visual interaccionan directamente y se ven complementadas con los movimientos oculares. Groffman (1993), verificó que la motilidad ocular está correlacionada con el proceso cognitivo.

Los movimientos oculares han demostrado ser de gran valor en el estudio de los procesos de percepción y procesamiento de la información. Desafortunadamente, los resultados no pueden generalizarse a todas las tareas cognitivas, pero las características de los movimientos oculares son

necesarias para comprender las estrategias cognitivas en una variedad de tareas (Kapitaniak et al., 2015).

Funcionalmente los movimientos oculomotores se separan en tres importantes áreas: el estímulo sensorial, la integración nerviosa y el rendimiento motor. Cada una tiene un peso específico en el procesamiento de la información visual. La información sensorial le da al cerebro los datos referentes a los objetos y la relación del cuerpo en el espacio. El mecanismo de integración nerviosa cortical analiza esta información sensorial, haciendo tomar las decisiones del comportamiento a seguir enviando las órdenes a los mecanismos motores para modificar la posición de los ojos y la adecuación en base a la posición del vehículo en el espacio.

Las características dinámicas de la conducción generalmente involucran constantes cambios en el entorno, con movimientos repentinos que hacen que el análisis de la funcionalidad del sistema visual en ningún caso, puede limitarse únicamente a la valoración estática que estudia la visión central, siendo necesario complementarla con el análisis de otras funciones visuales primarias que evalúan habilidades visuales más específicas como son la visión periférica, la percepción de las distancias, la AV dinámica, o los movimientos oculares, sin embargo todas estas pruebas son complicadas de realizar adecuadamente, principalmente por la limitación de tiempo, estando restringidas principalmente a un aspecto investigador.

El centro controlador oculomotor puede asistir al centro controlador neural de la dirección cuando se conduce. La pregunta es, ¿cuanto de crucial es la coordinación ocular y los movimientos de dirección para el rendimiento conduciendo?. En su investigación Marple-Horvat et al. (2005) demostraron que el patrón habitual de los movimientos del ojo relacionado con el manejo es crucial para el rendimiento de la conducción, dejando abierto si cualquier demanda atencional asociada con mantener los ojos contribuirá a la pérdida de rendimiento.

El papel de los movimientos oculares en la conducción es un área de investigación poco explorada, más si se tiene en cuenta que los cambios rápidos en el ángulo de vergencia se utilizan en muchas condiciones visuales

habituales diarias, como puede ser cuando cambia la mirada entre la carretera y el panel de instrumentos. Investigaciones previas en conductores visualmente normales indicaron que los conductores experimentados escaneaban continuamente la escena de la carretera para extraer información útil (Mourant & Rockwell, 1972).

Rackoff y Mourant (1979) investigaron los movimientos oculares de un grupo de conductores jóvenes (21-29 años) y un grupo de conductores de mayor edad (46-60 años). Comprobaron que los conductores más mayores efectuaban movimientos oculares más prolongados durante la tarea de seguir un automóvil. Una posible explicación de esto es que con la edad se tiene peor visión parafoveal y, por ello, se produce una fijación foveal para adquirir información, mientras que los conductores más jóvenes utilizan su visión periférica para obtener la información necesaria. Los conductores más ancianos presentan tiempos de abertura ocular más prolongados, lo que presumiblemente se debe a que necesitan más tiempo para adquirir la información pertinente. La capacidad para seleccionar los estímulos visuales importantes de un entorno lleno de otros estímulos que distraen se deteriora con la edad. Esto es un factor importante en tareas como conducir, cuando es necesaria una capacidad para seleccionar rápidamente la información pertinente para evitar situaciones peligrosas y accidentes (Kahneman, 1973; Mihal & Barret, 1976).

Un conductor mira sostenidamente al interior de cada curva antes de girar el volante, si se interrumpe esta coordinación instruyendo al conductor a no mover los ojos, el rendimiento se deteriora aumentando el plazo de ejecución de la tarea. Se produce una disminución del rendimiento bajo presión estando asociado con una reducción en los movimientos oculares, habiendo una correlación mínima de los movimientos oculares con la dirección. Los autores discuten la posibilidad de que el deterioro en el rendimiento es un costo de mantenimiento de la dirección cuando la aportación del movimiento ocular a la conducción para controlar la dirección se reduce (Wilson, Chattington, & Marple-Horvat, 2008). Por tanto la

restricción de los movimientos oculares disminuye la coordinación y afecta al desarrollo.

Según Gimse, Bjorgen, Tjell, Tyssedal, & Bo (1997), las alteraciones en los movimientos oculares pueden tender a:

- Problemas en la búsqueda de objetos que se mueven, costando mantenerlos centrados en la retina, (como avisos de tráfico y vehículos en movimiento);
- Problemas en estabilizar la imagen en la retina cuando el campo de visión se mueve (como cuando se aproxima un coche en movimiento). En entornos confusos los objetos que difieren en las distancias de fijación se detectan con mayor dificultad;
- Problemas con los movimientos de seguimiento cuando la cabeza se mueve en relación al entorno, (por ejemplo cuando desplaza la cabeza de lado cuando conduce).

Por todo ello, es necesario una sincronía adecuada de los movimientos de la cabeza y de los ojos que permita obtener una estabilidad del entorno. Aunque la coordinación de los movimientos simultáneos de los ojos y de la cabeza es una característica propia para cada individuo, con la finalidad de obtener un campo de visión óptimo, se han encontrado patrones similares entre los diversos individuos. Uno de ellos es la experiencia (ver figura 2.4.), a mayor experiencia en una actividad, como puede ser la conducción, menor es el número y el tiempo de las fijaciones utilizadas para explorar el entorno y las acciones relacionadas con esa actividad (Bard & Fleury, 1976). Los sujetos más hábiles suelen tener movimientos oculares más eficaces (Kluka, 1990). El entorno también influye siendo mayores los movimientos de la cabeza o de los ojos dependiendo del entorno, por ejemplo en carretera son menores los movimientos de cabeza que en la ciudad (MacDougall & Moore, 2005). Los conductores mayores con habilidades restringidas para girar sus cabezas están limitados a las distancias en las cuales el tráfico que se aproxima puede ser ubicado en el campo visual central para la inspección visual (Isler, Parsonson, & Hansson, 1997).

Las valoraciones realizadas de los movimientos oculomotores en la conducción son cuantificadoras del tipo de movimientos producido, sin tener en cuenta sus relaciones con los centros cognitivos superiores.

Adicionalmente con el envejecimiento se aumenta la latencia de los movimientos oculares, (Carter, Obler, Woodward, & Albert, 1983) esto debe ser una desventaja para los ancianos en aquellas situaciones de cada día que requieren la búsqueda visual.

Por todo lo anterior puede resultar interesante que una de las pruebas a implementar para la valoración visual, en la interacción visión central visión periférica, sean los movimientos oculares dadas sus características y todos los mecanismos y áreas corticales que involucran^{xi}. En el planteamiento de como evaluar estas habilidades, en general se pueden agrupar las pruebas oculomotoras en tres grandes áreas, con sus ventajas y desventajas en cuanto a valoración. Estas tres áreas generalmente se conocen según el tipo de pruebas, siendo de diagnóstico, psicométricas y tradicionales (ver tabla 2.3.).

En una revisión reciente de la literatura, realizada por Kapitaniak et al. (2015), indican que el método de seguimiento de los movimientos oculares es actualmente el método de elección para el estudio de las estrategias cognitivas, en particular, la estrategia visual. Sin embargo, si bien es cierto lo que afirman, su empleo entraña la dificultad de su implementación a nivel clínico.

Por tanto la primera cuestión básica es, ¿cuáles son los aspectos específicos de la función oculomotora que se pueden aislar para observar algo independientemente?, y si esos aspectos se pueden identificar, entonces, ¿cómo se pueden describir y cuantificar los movimientos oculares de una forma estándar?.

^{xi} Las áreas corticales que están involucradas con los movimientos oculares incluyen la corteza visual, la unión del lóbulo parietal-temporal-occipital, la corteza parietal posterior, los campos oculares frontales y la corteza frontal dorsal medio (Golstein, Scott, & Nelson, 1992). Cualquier afectación en alguna de esas áreas nos afectará consecuentemente a los movimientos oculares y posiblemente a la búsqueda visual.

Tabla 2.3.

Cuadro resumen de las principales características de las pruebas oculomotoras

COMPARACIÓN DE LOS DISTINTOS MÉTODOS DE LAS PRUEBAS OCULOMOTORAS

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ELECTRODIAGNÓSTICO	Objetivo Permanente Evaluación exacta	Caro Amenazador e Invasivo Instrumentos difíciles de manejar Son lentos
PSICOMÉTRICAS	Pruebas normalizadas Hay que cronometrar	Necesitan respuestas verbales Son algo lentas Es necesaria la cooperación del paciente
TRADICIONALES	Baratas Rápidas Cooperación por parte del paciente mínima	Subjetivas Difíciles de observar y anotar

Fuente: Prueba oculomotora NSUCO

2.3.2.2. Valoración del desarrollo de los movimientos oculares con tareas atencionales: modelo de lectura relacionado con la conducción

Una conducción satisfactoria es una sinfonía de habilidades visuales, motoras y cognitivas (Sivak, Olson, Kewman, Won, & Henson, 1981; Sivak, Soler, & Trankle, 1989; Sivak, 1996; Rumar, 1990; Stutts et al., 1998). La localización espacial es la demanda sobre el sistema visual para procesar la información acerca de la posición relativa y la orientación del estímulo. Los movimientos oculares sacádicos, como saltos rápidos que sirven para traer la imagen captada hacia la fóvea del ojo, permiten obtener el máximo detalle y claridad visual, y contribuyen al flujo eficiente del procesamiento de la información visual. Los sacádicos no son independientes en la búsqueda visual: los sacádicos son más propensos a moverse en una dirección hacia

delante que hacia la ubicación anterior. Esta tendencia hacia nuevos lugares puede ser anulada en el contexto de escenas complejas, donde las refijaciones son comunes y necesarias para descubrir detalles perdidos (MacInnes et al., 2014).

La atención es un factor claramente involucrado en la habilidad de las tareas oculomotoras. La conciencia espacial y la atención visual se han mostrado importantes para los movimientos sacádicos (Bullmore et al., 1996; Clark, 1999; Michael, Kleitz, Sellal, Hirsch, & Marescaux, 2001). Adicionalmente los movimientos sacádicos parecen jugar un papel importante en los procesos motores y cognitivos usados en el desarrollo de las actividades diarias, (Rayner & Pollatsek, 1992; Hayhoe & Ballard, 2005) como la preparación de comida (Land, Mennie, & Rusted, 1999; Land & Hayhoe, 2001) y la conducción (Maltz & Shinar, 1999; McPhee et al., 2004; Marple-Horvat et al., 2005).

Existen dos vías o sistemas separados de procesamiento paralelo de la información involucrados en el sistema visual, el sistema magnocelular, el cual envía la información más rápida, estando relacionado con el movimiento y el tiempo, y el sistema parvocelular, que es el encargado de la identificación y el reconocimiento, el cual se relaciona con los colores, los detalles y los grandes contrastes. El sistema magnocelular orienta y decide la sucesión de movimientos oculares a realizar. Una vez realizado el movimiento ocular los impulsos del parvocelular informan al cerebro de los detalles de lo que se está viendo. Una vez que la corteza visual ha recibido este impulso retiniano, lo conecta por medio de las fibras asociativas con las áreas corticales del tacto, las motoras, las auditivas, del habla y las olfativas, interactuando con ellas, y priorizando más las áreas a utilizar. Estas dos vías visuales operan desde la retina vía núcleo geniculado lateral hasta la corteza visual y áreas asociativas (Williams, Breitmeyer, Lovegrove, & Gutierrez, 1991; Williams & Lovegrove, 1992; Breitmeyer, 1993).

El ser humano es un ser prioritariamente visual, interrelacionándose con su entorno lejano y próximo. Tanto el sistema magnocelular como el

parvocelular están íntimamente relacionados con diversos procesos visuales, uno de ellos es el proceso de la lectura. Estos sistemas aunque actúan independientemente, lo hacen de una manera sincronizada para realizar una lectura eficiente (Breitmeyer, 1993).

La lectura es una tarea de procesamiento visual dinámico que comprende una sucesión de movimientos oculares sacádicos desde una fijación a la siguiente. Durante cada fijación el sistema parvo es quién extrae los detalles del texto a través de una respuesta de tipo sostenido y más lenta. El sistema parvo tiene una respuesta de persistencia más larga que el sistema magno y la duración de la respuesta puede durar más tiempo que la duración de los estímulos. El patrón rápido sacádico-fijación, que es repetido a lo largo de la lectura, activa el sistema magno que da una respuesta de tipo transitorio y es muy sensible al movimiento a través de la retina (Lovegrove, 1993).

Durante la lectura, los ojos se desplazan a lo largo de la línea que se está leyendo realizando una serie de movimientos rápidos, sacádicos, separados unos de otros por unas pausas llamadas fijaciones. En cada fijación se adquiere la información relevante para la lectura, mientras que cada vez que se realiza un movimiento sacádico se inhibe parte del procesamiento visual. Este mecanismo de inhibición de la información visual durante los movimientos sacádicos se denomina supresión sacádica (Pavlidis, 1981).

El acto de la lectura siendo una tarea aparentemente simple, envuelve procesos de alta complejidad dependientes, además de funciones fisiológicas del ojo y de procesos psicológicos. Leer es una compleja tarea resultado de una contribución multi-sensorial la cual es mediada por una compleja red cerebral. Los movimientos oculares, el procesamiento espacial, la atención y la velocidad de procesamiento han sido mostradas relevantes para una lectura eficiente.

Con la edad hay una disminución importante en el desarrollo de la lectura, particularmente entre los sujetos mayores de 75 años con buena agudeza, por ejemplo la velocidad de lectura disminuye una media de un

50% en mayores de 85 años, comparándolo con un grupo de 55 a 64 años. La función visual, los factores cognitivos, y los factores motores contribuyen al desarrollo en la lectura, teniendo en cuenta que existe bastante varianza entre sujetos, al igual que sucede en otros aspectos del rendimiento visual (Brabyn et al., 2001). Lott et al., (2001) encontraron que esa disminución del desarrollo de la lectura con la edad sucedía aun cuando la persona tuviese una AV buena, por tanto otras funciones visuales contribuyen a la habilidad para leer, como el tamaño del campo visual atencional, el cual tiene un componente cognitivo y muestra severas disminuciones con el aumento de la edad, habiéndose observado que aquellos que leen con dificultad tienen campos visuales atencionales significativamente reducidos (Brabyn et al., 2001).

Un eficiente método de medir directamente la actividad fijadora y sacádica durante la lectura es claramente la aproximación más deseable en la medición clínica de la función oculomotora (Richman, 2009).

En el modelo que propongo, busco relacionar capacidades y funciones visuales involucradas en la conducción, como fijaciones, seguimientos, sacádicos, y habilidades cognitivas de decodificación con otras similares que también se emplean en la lectura. Pero, ¿tiene que ver algo la lectura con la conducción?, ya Larter, Herse, Naduvilath, & Dain (2004), postularon que debería haber una correlación entre el desarrollo de la lectura y el grado de dificultad espacial para una determinada tarea. Leer es una actividad multitarea que requiere la habilidad para fijar en la frase que está siendo leída, permitiendo el procesamiento de la información, con el uso simultáneo de la visión central y periférica, la cual mantiene la conciencia espacial de la posición de la siguiente frase o línea para dirigir sus ojos a ella. El siguiente movimiento ocular sacádico tiene que ser rápido y preciso para asegurar la agilidad. El entorno de la conducción, al igual que la lectura, es también multitarea e incluye el uso simultáneo de la visión central y periférica, requiriendo controlar tareas primarias y secundarias visuales (Owsley & McGwin, 1999), junto con otras tareas distractoras que presenta el entorno, y la ejecución de tareas simultaneas (Puell & Barrio, 2008).

Localizar objetos que aparecen de repente en el campo de visión en la periferia, así como detectar las situaciones de peligro en la carretera, es muy importante para conducir, siendo el procesamiento visual de esta tarea mediada principalmente por la vía magnocelular (Sekuler & Blake 1994), lo que equivale al modo guía que indicamos en la figura 2.3., requiriéndose rapidez de procesamiento de la información visual y una buena capacidad para detectar los objetos. Esta vía también parece ser de vital importancia para una búsqueda seriada, en la cual una atención enfocada escanea el objeto en una escena (Cheng, Eysel, & Vidyasagar, 2004).

Analizando la tabla 2.4. se aprecian diversas funciones relacionadas en la lectura y en la conducción, por ello puede resultar útil el análisis de las capacidades en un entorno para conocer el otro. Pudiendo ser la estrategia de búsqueda visual, una de las áreas a profundizar junto con los movimientos oculomotores y la atención.

Tabla 2.4.-

Funciones relacionadas en un entorno próximo como la lectura, con un entorno lejano como la conducción

	Conducción	Lectura
Atención Visual	X	X
Procesamiento espacial	X	X
Velocidad procesamiento	X	X
Movimientos oculares	X	X
Periférica-Central	X	X
Habilidad cognitiva	X	X
Búsqueda serial	X	X
Búsqueda preatencional	X	X
Tarea dual	X	X
Parvocelular	X	X
Magnocelular	X	X

Fuente: Elaboración propia

Los conductores ancianos tienden a tener una menor eficiencia de los movimientos oculares (Maltz & Shinar, 1999) y decisiones más lentas (Walker, Fain, Fisk, & McGuire, 1997) en situaciones de conducción. Por tanto puede resultar útil valorar si los movimientos oculares involucrados en la lectura están relacionados con la conducción.

La lectura es una tarea compleja que requiere: resolución visual del texto, imagen retiniana estable, precisión de los movimientos sacádicos, decodificación de la palabra, acceso al léxico, y memoria a corto y largo plazo (McMahon, Hansen, & Viana, 1991). La velocidad lectora dependerá, además de las habilidades oculomotoras, de la dificultad del texto, de la comprensión y de las habilidades de procesamiento cognitivo. La velocidad lectora también depende del número de movimientos oculares que se realizan, de la longitud de cada fijación, del número de regresiones y de la amplitud perceptiva o de reconocimiento (Pavlidis, 1981; Vogel, 1995).

Un test de lectura permite evaluar el rastreo horizontal aunque suma las dificultades lingüísticas a la tarea de los movimientos oculares. Al inicio de los años noventa del siglo anterior, fue desarrollado el test denominado Developmental Eye Movement (DEM) (Garzia et al., 1990), un método sencillo de medida del desarrollo de la motilidad ocular en la lectura en niños, el cual valora la rapidez y precisión, con la cual una secuencia de dígitos simples (números) pueden ser vistos, reconocidos y verbalizados en voz alta, teniendo una aceptación clínica muy extendida y obviando la dificultad lingüística. Su principal ventaja es la facilidad de administración sin necesidad de instrumentación sofisticada.

Los resultados de esta correlación visuo-verbal se pueden comparar para cada tarea que requiere; la relación entre la tarea horizontal y vertical permite identificar un problema de rastreo (sacádico) y/o una dificultad en la automaticidad visuoverbal de nombrar. La fiabilidad del DEM ha sido mostrada razonablemente buena (Garzia et al., 1990; Tassinari & Delland, 2005), especialmente con aquellos que muestran síntomas indicativos de disfunción oculomotora (Tassinari & Delland, 2005).

En el estudio de Ayton, Abel, Fricke, & McBrien, (2009) sus resultados con el DEM sugieren que no se puede correlacionar directamente con parámetros específicos de movimientos oculares. Sin embargo encuentran que el test está relacionado con el desarrollo en la lectura y la velocidad de procesamiento visual, siendo una prueba diagnóstica en la práctica clínica. Otros autores han mostrado que está altamente correlacionada la velocidad de procesamiento temporal con la habilidad de leer (Lowther et al., 2001; Lack, 2005).

Los movimientos oculares no son aleatorios sino que son guiados por la información extraída de la periferia visual antes del movimiento ocular. La conciencia espacial y los procesos atencionales parecen ser el mecanismo que provee esta guía. Habiendo una apreciable relación entre la función oculomotora y la función atencional, adicionalmente existe evidencia que las mismas áreas del cerebro usan mecanismos neurológicos similares para el control de la atención y el oculomotor (Richman, 2009).

El diseño del test combina movimientos oculares sacádicos, búsqueda espacial y rapidez en la habilidad (Larter et al., 2004). Como problema con el enfoque del test de nombrar los números, están los impedimentos en los componentes motores y cognitivos del habla y del lenguaje, los cuales pueden impactar sobre el desarrollo de la tarea. Pese a ello, los clínicos han encontrado que este formato de test es un método fácil, práctico y económico de valorar y extrapolar los movimientos oculomotores involucrados en la lectura. La aproximación dada por el DEM también tiene el potencial de ser útil para adultos, especialmente en cribados para movimientos sacádicos impedidos seguido a un daño en el cerebro (por ejemplo tras un daño traumático del cerebro o un derrame), (Suchoff, Kapoor, Waxman, & Ference, 1999; Han et al., 2004).

En respuesta a la necesidad de normas en adultos para un test como el DEM, Gené-Sampedro et al., (2003), basándose en una variante del test desarrollaron una versión para adultos llamada el *Adult Developmental Eye Movement Test* (ADEM). Esta versión inicialmente fue realizada en hispano parlantes de edad entre 14 y 68 años en una población general, siendo

comprobada con posterioridad su validez en sujetos más mayores en lengua inglesa (Powell, Fan, Kiltz, Bergman, & Richman, 2006). El ADEM es similar al DEM con la excepción de que el ADEM usa números de doble dígito como test estímulo, en lugar de números sencillos como el DEM, con el objetivo de aumentar la dificultad para compensar el aumento de la edad.

Tanto leer como nombrar números requieren el acceso léxico y la recuperación en el contexto del escaneado rápido, con la secuenciación y el procesamiento en serie del material presentado. La velocidad de nombrar los números es un índice de automaticidad, que es un procesamiento rápido y esencial, el cual requiere solamente un limitado uso de recursos cognitivos. Con el nivel de procesamiento automático de bajo nivel intacto, la asignación atencional puede ser reservada para procesamiento de alto nivel (Richman, 2009).

Tabla 2.5.

Características del test Adult Development Eye Movement (ADEM)

Características ADEM:

Nivel cognitivo Operacional: siendo la acción básica de nombrar números. Es tiempo dependiente. Lámina V.

Nivel cognitivo Táctico: tomando decisiones sobre la velocidad y la calidad de la prueba. Es tiempo dependiente. Lámina H.

El ratio Haj/Vaj no es un factor dependiente del tiempo.

Ventajas:

Información útil visual que puede ser adquirida con movimientos de ojos.

Cuantifica la calidad de la detección, identificación y localización de estímulos centrales y periféricos.

Inconvenientes:

No se realiza bajo condiciones reales/similares de tráfico.

Es un test visuo-verbal (interrelacionando diferentes áreas corticales).

Fuente: Gené-Sampedro et al., 2003.

Ver diversas características del test en las tablas 2.5. y 2.6. donde se muestra las ventajas e inconvenientes, así como las funciones visuales relacionadas que valora.

Ya Powell et al. (2006) indicaron que sería motivo de interés realizar estudios con el ADEM en otras actividades diarias no ciñéndose exclusivamente a la lectura, pudiendo ser interesante valorarlo en actividades diarias como puede ser la conducción.

Tabla 2.6.-

Funciones visuales relacionadas con las láminas del ADEM. Siendo V la lámina vertical, y H la lámina horizontal

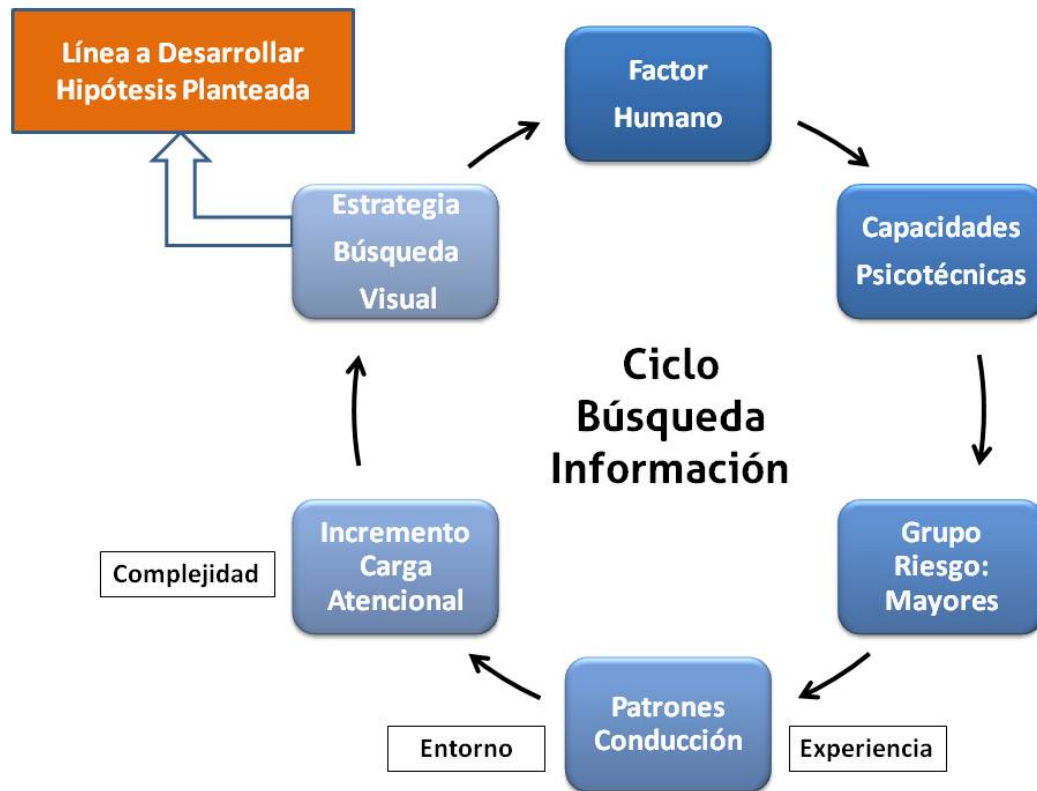
	V	H
Atención Visual (AV)	++	++
AV sostenida	++	++
AV selectiva	+	+
AV dividida	-	-
Periférica-Central	+	++
Habilidad cognitiva	+	++
Habilidad atencional	+	+
Búsqueda serial	-	-
Búsqueda preatencional	+	+
Tarea dual	+	++
Parvocelular	++	++
Magnocelular	+	++

Fuente: Elaboración propia

Siendo: - nula relación; + alguna relación; ++ mucha relación.

2.4 RECAPITULACIÓN

A medida que una sociedad es más desarrollada se vuelve más dinámica, siendo una parte importante de este desarrollo social la utilización de los vehículos, pero no siempre el factor humano lo hace de un modo eficiente y seguro. Por ello se hace necesaria la “búsqueda” de valoraciones más exactas de las capacidades que permitan relacionar diversos aspectos cognitivos y de la búsqueda visual involucrados en la conducción. La figura 2.5. muestra el ciclo de búsqueda de la información seguido.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.5.- Ciclo búsqueda de la información.

En este segundo capítulo se han revisado los campos relacionados e inmediatos del problema de investigación, con objeto de esquematizar el cuerpo de conocimientos con un modelo sumario, mostrando dónde encaja el

problema a analizar de las preguntas de investigación o hipótesis en ese bloque de conocimientos. En los capítulos siguientes se traza el camino requerido para contestar el problema de investigación, en concreto se dispone de secciones en los Capítulos 3 y 4 explícitamente relacionadas con las hipótesis o preguntas de la investigación lo cual facilita la característica "de una pieza" que nos permite avanzar en el encaje de las piezas del puzle y entender esta tesis como un todo.

*“Cuando puedes medir algo de aquello de lo que hablas,
y expresarlo en números, sabes algo acerca de ello.”*

William Thomson Kelvin (1824-1907)

Matemático y físico británico

Capítulo 3.-
METODOLOGÍA DE LA
INVESTIGACIÓN

Capítulo III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL PARADIGMA Y LA METODOLOGÍA

3.2.1. Diseño de la investigación

3.2.2. Lugar de medida

3.2.3. Descripción de la muestra y procedimiento de selección

3.3 INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN UTILIZADOS

3.3.1. Estructura de las técnicas a emplear

3.3.2. Pruebas preliminares utilizadas: cuestionarios y valoración cognitiva y funcional

3.3.3. ADEM y ADEMd

3.3.3.1. Antecedentes y caracterización

3.3.3.2. Instrucciones anotaciones ficha de medida

3.3.3.3. Manejo de los resultados

3.4 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

3.4.1. Diseño de la prueba del test ADEM y ADEMd

3.4.1.1. Estudio de la fiabilidad

3.4.1.2. Estudio de la validez

3.4.2. Preparación de los datos y estadística

3.4.3. Limitaciones de la metodología

3.5 CONCLUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

3.1 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA

En el capítulo primero se proporcionó una introducción a la metodología, la cual es ampliada y explicada en este tercer capítulo, describiendo el método utilizado, y los procedimientos apropiados en la recopilación y procesamiento de los datos oculomotores que van a ser investigados, para dar respuesta a la hipótesis con las formas estadísticas desarrolladas y justificadas explícitamente para dicha consecución.

Durante el diseño de una investigación, desde el nivel conceptual que se desea valorar, se deben establecer todas aquellas características posibles empíricas que se habrán de medir para responder a las preguntas planteadas. Por ello este estudio comenzó con una descripción en el capítulo anterior encaminada a aumentar el conocimiento sobre el avance y la naturaleza de los fenómenos a analizar. En general, los pasos que se siguen durante la medición son los siguientes:

- a) se delimita la parte del evento que se estudiará,
- b) se selecciona la escala con la que se cuantificará,
- c) se compara el atributo medido con la escala y, finalmente,
- d) se emite un juicio de valor acerca de los resultados de la comparación.

Por ello este capítulo está organizado alrededor de tres temas principales. El primero es la justificación del paradigma y la metodología que incluye el diseño del área de estudio, con el procedimiento seguido de muestreo. El segundo los procedimientos y las técnicas empleadas de investigación. Y finalmente en tercer lugar el procesamiento de los datos, desde el momento de la recogida, hasta su análisis posterior.

Esta investigación se pregunta por la naturaleza de un fenómeno social como es la conducción, se basa en un estudio prospectivo, que surge de una colaboración entre investigadores de la Universidad de Valencia y de la Universidade da Beira Interior (Portugal), coordinados por el autor de la

tesis y por el profesor Pedro M. L. Monteiro respectivamente, con el fin de desarrollar una prueba para el análisis de las habilidades visuales y oculomotoras con capacidad de atención en los adultos para aplicarlo en diferentes poblaciones^{xiii}, en nuestro caso en esta tesis con su aplicación principalmente a los conductores.

El planteamiento aplicado a una tarea como es la conducción, es ofrecer una definición de la realidad, mediante el conocimiento del comportamiento, al examinar el fenómeno oculomotor^{xiv}, con un instrumento que requiere capacidad atencional y que permite la interacción de la visión periférica con la visión central. Como se ha comentado en los capítulos previos, la búsqueda y la atención visual son importantes como tareas visuo-cognitivas en la conducción, siendo nula su valoración en las revisiones habituales las cuales se ciñen generalmente a usar pruebas tradicionales visuales aisladas.

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL PARADIGMA Y LA METODOLOGÍA

3.2.1. Diseño de la investigación

El propósito del presente estudio es partiendo de un test oculoverbal, basado fundamentalmente en una multitarea que integra un procesamiento visuo-verbal cognitivo, modificarlo e incorporar una nueva prueba que exija una doble tarea de atención visual. Ello permite, bajo la premisa de que en la circulación vial ocurren acciones similares de tareas simultaneas visuales, tratar de relacionarlo con situaciones que pueden acontecer en el entorno de la conducción que se desenvuelve el conductor. Por ello se analiza la validez

^{xiii} Fruto de esta colaboración entre las dos universidades han surgido hasta el momento diversas aportaciones a congresos y diferentes proyectos de investigación que se relacionan en los anexos 10 y 11 de esta tesis. Estando abierta la línea de investigación para empezar a publicar resultados en revistas científicas.

^{xiv} Conducir un coche es una compleja empresa visual que requiere la integración activa y refleja de los movimientos oculares y de la cabeza para proveer una visión estable del entorno (MacDougall & Moore, 2005).

del test, y si se puede utilizar como un sistema de detección visual sencillo y rápido de realizar. Valorando si además de relacionarse con algunos aspectos involucrados en la conducción, como son los movimientos oculares, el desarrollo cognitivo y la atención, se encuentran cambios con alguna variable socio-demográfica, como por ejemplo la edad, y puede resultar útil su aplicación en CRC.

El objetivo de esta tesis es caracterizar la prueba, e identificar si existen diferencias en los patrones relacionados con los movimientos oculomotores, con la atención, y con la conducción desarrollada en sujetos adultos sanos con respecto a una población no conductora sana y con una enferma con problemas neurodegenerativos. Para caracterizar mejor los sujetos y sus características se divide la muestra en diferentes grupos de edad.

Una parte importante del diseño es controlar las diversas variables que pueden influir, tratando de valorarlas con capacidades objetivas establecidas, por ello:

- En primer lugar, analizaré si se replican los hallazgos relatados en investigaciones previas con una prueba preliminar realizada en sujetos sanos.
- En segundo, valoraré las relaciones entre la visión, con los movimientos oculomotores y la atención mostrada.
- Finalmente, examinaré la interrelación entre la ejecución de la tarea y los posibles cambios producidos entre sujetos conductores sanos, y no conductores sanos y no sanos.

A todas las personas se les realizó un cribado de salud visual por un optometrista o un oftalmólogo que permitiese conocer el estado de la visión central, de la visión periférica y de los medios oculares. Para caracterizar la visión y obtener una mejor comprensión de sus capacidades en las actividades diarias, se usaron pruebas validadas que reflejasen los impedimentos en caso de estar presentes.

Dentro de la filosofía de aproximarse en lo posible a las condiciones del mundo real, y dado que se buscaba conocer el comportamiento en el entorno cotidiano en que se desenvuelve la persona, en las circunstancias del día a día, todas las pruebas de visión fueron desarrolladas binocularmente con la corrección habitual del sujeto, no siendo necesariamente la mejor corrección.

En el apartado 3.3.2. se muestran qué otras variables, además de la calidad visual, que pudieran influir en los resultados, se controlaron en el diseño de la investigación, o fueron propiamente medidas para su inclusión posterior en análisis estadísticos.

3.2.2. Lugar de medida

Para el estudio de casos, dada la población a analizar de conductores y no conductores, y para poder tener controladas otras variables, entre las que se encuentra el estado de salud y las capacidades visuales, la valoración se realizó en diferentes lugares en la ciudad de Valencia (España) para minimizar posibles sesgos en la población analizada, agrupándolos en tres bloques.

Por ello se obtuvo, para tener certeza de unas buenas capacidades visuales, el primer bloque de sujetos en dos lugares:

- El primero en un CRC, dada la obligatoriedad de la normativa de revisarse periódicamente las aptitudes psicofísicas, por la obtención o renovación de la licencia de conducir.
- Y el segundo en una óptica, dada la facilidad de acceso de las personas como establecimiento sanitario preferente de atención primaria visual.

El segundo bloque se valoró en diferentes lugares para analizar el comportamiento en una población general no clínica. Y en el tercer bloque, los sujetos con enfermedad neurodegenerativa, en una población clínica de enfermos de EM que asistían al Servicio de Neurología del Hospital La Fe,

afirmando los sujetos que tenían buenas capacidades visuales, y los de EA en dos hogares de jubilados.

Los sujetos del primer bloque se puede presuponer que son conscientes de la importancia de su vista, por ello en la medida en otros lugares, pese a la afirmación de los sujetos en referencia a sus capacidades visuales correctas, se valorará si los resultados obtenidos pueden verse influidos por este hecho entre una población general clínica con respecto a una población general no clínica.

La captación inicial de los sujetos para el estudio de conductores, recién pasada la revisión psicotécnica, se llevó a cabo mediante contacto con tres CRC donde se les presentó el proyecto por escrito, con los antecedentes y los objetivos que se marcaban en la investigación. Se les explicó la función que debía realizar el personal del centro y además el interés que dicha investigación tendría para los sujetos analizados. Una vez valorados pros y contras, y la disponibilidad de participación, se selecciono el CRC de la Cruz Roja sito en la ciudad de Valencia.

En todos los lugares se realizaba en un área o sala tranquila para minimizar distracciones auditivas y visuales. Evidentemente existen delimitaciones en cuanto al lugar de medida al realizar la prueba en un entorno tranquilo, con la condición lumínica controlada, dado que al desear valorar los movimientos oculares y la atención del individuo, se evitan que existan otras condiciones que pueden influir en los resultados, como pueden ser los factores ambientales que suceden en diferentes condiciones en los entornos de conducción, ante eventos inesperados, o tráfico denso, siendo estas variables difíciles de valorar en su justa medida con el test desarrollado.

En cuanto a las condiciones de la prueba de valoración, se debe indicar que no se realiza bajo el contexto habitual del entorno vial, donde los objetos que tiene que percibir el conductor raramente están estacionarios, sino que se mueven con diferentes velocidades y direcciones con respecto al sujeto. Pero dado que el conductor sí que está constantemente haciendo movimientos de ojos y de cabeza en dicho entorno, para captar y ubicar

adecuadamente las localizaciones de las imágenes en su retina; es la extrapolación de los diversos movimientos involucrados y la actividad atencional, los que se aplican en la realización de la prueba del ADEM que se describe en la segunda parte de este capítulo.

Para seguir un protocolo estandarizado en la realización de todas las pruebas se provee del mismo equipamiento portátil, con instrucciones escritas y los mismos procedimientos, para hacer las condiciones de examen tan uniformes como sea posible, independientemente de dónde y por quién el sujeto fuese examinado. En todos los lugares se midió la distancia de realización de la prueba y que las condiciones lumínicas fuesen similares.

3.2.3. Descripción de la muestra y procedimiento de selección

Sujetos investigación:

Se realizó el estudio en una muestra aleatoria de 377 sujetos voluntarios, en un rango de 20 a 93 años de edad con una edad media de $53,16 \pm 19,17$ años, siendo 211 (56,0%) del sexo femenino y 166 (44,0%) del sexo masculino. De estos sujetos 75 formaban parte del grupo con enfermedades neurodegenerativas, de los cuales con esclerosis múltiple eran 46 personas, y con Alzheimer eran 29 personas.

La muestra de sujetos sanos, se consideró para normalizar la prueba y como grupo control, cuando se requerían realizar comparaciones. La muestra sana estaba compuesta por 302 sujetos, distribuidos en siete grupos etarios, siendo el primero de 20 a 24 años, los cinco grupos siguientes en intervalos de 10 años, y el séptimo, y último grupo, el de mayor rango de edad dado que se disponía de menor número de sujetos, (desde 75 años en adelante). En la tabla 3.1. se puede ver desglosado por género cada grupo de edad de la muestra sana.

Tabla 3.1.

Distribución de la muestra sana por grupos etarios y género.

Edad (años)		Sexo		Total
		Hombre	Mujer	
≤ 24	Recuento	9	17	26
	% de Edad	34,6%	65,4%	100,0%
	% de Sexo	6,3%	10,7%	8,6%
25-34	Recuento	23	32	55
	% de Edad	41,8%	58,2%	100,0%
	% de Sexo	16,1%	20,1%	18,2%
35-44	Recuento	14	17	31
	% de Edad	45,2%	54,8%	100,0%
	% de Sexo	9,8%	10,7%	10,3%
45-54	Recuento	16	16	32
	% de Edad	50,0%	50,0%	100,0%
	% de Sexo	11,2%	10,1%	10,6%
55-64	Recuento	32	33	65
	% de Edad	49,2%	50,8%	100,0%
	% de Sexo	22,4%	20,8%	21,5%
65-74	Recuento	31	30	61
	% de Edad	50,8%	49,2%	100,0%
	% de Sexo	21,7%	18,9%	20,2%
≥ 75	Recuento	18	14	32
	% de Edad	56,2%	43,8%	100,0%
	% de Sexo	12,6%	8,8%	10,6%
Total	Recuento	143	159	302
	% de Edad	47,4%	52,6%	100,0%
	% de Sexo	100,0%	100,0%	100,0%

El dividirlo en estas categorías de edad permite extrapolar los hallazgos a un rango amplio de la población. En cada grupo se tienen en cuenta sus peculiaridades y variables específicas, pudiendo incluir adicionalmente el control, tal como se incrementa la edad, aparte de los

cambios inherentes al progresivo envejecimiento, de otras áreas deterioradas, como trastornos de movilidad, mentales, cardiovasculares y sensoriales, o incluso la medicación que toman (principalmente en los grupos más mayores), que pueden influir en el comportamiento del sujeto. Para ello se indagará sobre estas áreas mediante cuestionarios específicos.

Por otro lado, la población de este estudio sólo incluye caucasianos, estando los resultados que se verán en el capítulo siguiente, limitados y no generalizándose a otros grupos étnicos.

Los participantes conductores poseían la licencia de conducir al menos con una experiencia de 1,5 años (por dicho motivo se seleccionaron sujetos a partir de los 20 años), y todos indicaron que conducían habitualmente. En la tabla 3.2. se puede observar la distribución de sujetos conductores (70,9%) y los no conductores (29,1%) de la muestra sana.

Tabla 3.2.

Distribución de la muestra sana por grupos etarios y conductores.

Edad (años)		Conductor		Total
		No conduce	Conduce	
≤ 24	Recuento	5	21	26
	% de Edad	19,2%	80,8%	100,0%
	% de Conduce	5,7%	9,8%	8,6%
25-34	Recuento	12	43	55
	% de Edad	21,8%	78,2%	100,0%
	% de Conduce	13,6%	20,1%	18,2%
35-44	Recuento	3	28	31
	% de Edad	9,7%	90,3%	100,0%
	% de Conduce	3,4%	13,1%	10,3%
45-54	Recuento	5	27	32
	% de Edad	15,6%	84,4%	100,0%
	% de Conduce	5,7%	12,6%	10,6%
55-64	Recuento	18	47	65
	% de Edad	27,7%	72,3%	100,0%
	% de Conduce	20,5%	22,0%	21,5%
65-74	Recuento	27	34	61
	% de Edad	44,3%	55,7%	100,0%
	% de Conduce	30,7%	15,9%	20,2%
≥ 75	Recuento	18	14	32
	% de Edad	63,0%	37,0%	100,0%
	% de Conduce	20,5%	6,5%	10,6%
Total	Recuento	88	214	302
	% de Edad	29,1%	70,9%	100,0%
	% de Conduce	100,0%	100,0%	100,0%

Procedimiento de selección:

Se ofrecía a los sujetos que acudían a cada uno de los lugares de medida la colaboración en el estudio. Los participantes potenciales, una vez seleccionados, fueron informados sobre la finalidad del estudio, y después de explicarles la naturaleza y las posibles consecuencias, se les solicitaba si decidían participar. En caso afirmativo debían completar, previo a su valoración, un formulario de consentimiento informado escrito, en orden a cumplir los requisitos éticos requeridos para participar en el estudio (ver anexo 1). La investigación ha seguido, dentro de las consideraciones éticas, los términos de la Declaración de Helsinki. En todos los escritos, y durante la fase de investigación realizada, se ha solicitado respetuosamente la colaboración del sujeto agradeciéndole su participación. En primer lugar, se destacó la utilidad social del estudio, con la importancia de su participación, para que sintiese que estaba contribuyendo a incrementar el conocimiento en este tema; en segundo lugar se incluía el membrete de nuestra institución (Universidad de Valencia) respaldando la investigación con el nombre del responsable del estudio.

Los datos personales se trataron de forma anónima, mediante una codificación “*ad hoc*” ya que los objetivos del proyecto no implicaban relacionar los resultados con una persona en particular.

Después de que el voluntario completase su consentimiento de participación, y rellenase el cuestionario, se procedía a la realización de la prueba visual experimental específica.

Criterio inclusión:

Para la inclusión inicial en el estudio, y procurando evitar el efecto de aprendizaje, la afectación de la calidad de la imagen percibida y/o problemas de coordinación oculomotora, se siguió el siguiente criterio en cada persona:

- (1) el sujeto no debía haber efectuado test similares a los que iba a realizar;

- (2) tener una AV en visión lejana con su mejor corrección de 0,6 o mejor en cada ojo separadamente;
- (3) para minimizar el efecto mignificador / magnificador de las lentes oftálmicas, la corrección óptica, en caso de requerirse, estar entre - 6 dioptrías y +6 dioptrías inclusive;
- (4) no presentar ninguna alteración oculomotora;
- (5) no tener ninguna opacificación cristaliniiana significativa clínicamente en algún ojo;
- (6) disponer de una función retiniana/neural normal;
- (7) no presentar ningún problema serio de salud o medicación que pueda interferir con la habilidad para conducir (*);
- (8) no tener conocido o presentar ningún problema cognitivo, neurológico (*) o patología ocular manifiesta;
- (9) ningún abuso de sustancias o problemas psiquiátricos.

Siendo descartados para el estudio aquellos participantes que incumpliesen alguno de los criterios anteriormente citados.

(*) Se exceptuaron de estos criterios de inclusión los enfermos valorados con esclerosis múltiple, y los sujetos con Alzheimer dado los objetivos de esta investigación.

3.3 INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN UTILIZADOS

3.3.1. Estructura de las técnicas a emplear

La presente investigación se ha realizado mediante un trabajo de campo eminentemente práctico, si el sujeto cumplía los criterios de inclusión establecidos en el apartado anterior, se asignaba a su grupo de edad, firmaba el consentimiento informado y en la misma sesión, se continuaba con

el resto de las pruebas a estudiar. La duración media de la sesión fue de 40 minutos aproximadamente con cada sujeto.

Material utilizado:

Se expone una relación del material empleado en el procedimiento.

- A. Carta informativa al participante
- B. Consentimiento libre e informado
- C. Cuestionarios
- D. Pruebas cognitivas
- E. Hoja de ejemplo a mostrar al participante
- F. Manual de *“Instrucciones para realizar el Test ADEMd”*
- G. Hoja resumen informativa de las *“Instrucciones para realizar el Test ADEMd”*
- H. Test ADEMd
- I. Grabadora
- J. Relación de letras a mostrar al sujeto
- K. Cuadro de respuestas
- L. Test UFOV

A continuación se describen las medidas clínicas y las diversas pruebas empleadas, habiéndose agrupado por bloques según la función a analizar. En la figura 3.1. se muestra el procedimiento de las etapas seguidas en el ámbito del estudio.

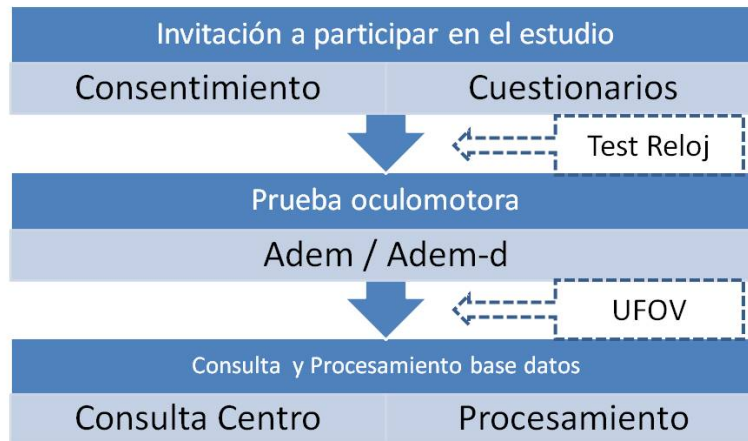


Figura 3.1. Modelo del procedimiento seguido en la fase experimental de la investigación. En trazo discontinuo se muestran las pruebas opcionales realizadas a criterio del evaluador, siendo el test del reloj una prueba cognitiva a realizar en el grupo sano, y el test UFOV una prueba atencional del campo perceptivo.

La herramienta utilizada para recoger, y posteriormente analizar la información de la historia clínica de los sujetos, ha sido mediante la estructura de cuestionario, que se desglosaba en uno general, y en uno más específico visual, (valorando diversos aspectos de la salud y de las capacidades visuales). También se emplearon unos cognitivos y funcionales que se realizaban opcionalmente dependiendo de las características del sujeto.

A continuación se muestran los pasos previos seguidos para la caracterización del ADEM y para el desarrollo del test, con la incorporación de la nueva lámina oculomotora atencional al test que se ha denominado ADEMd. Las fichas utilizadas para recoger los datos de cada participante se incluyen en el anexo 2 (cuestionario historia clínica), anexo 3 (cuestionario de capacidad visual percibida), y anexo 6 (registro de los movimientos oculares ADEMd).

3.3.2. Pruebas preliminares empleadas: cuestionarios, y valoración cognitiva y funcional

A través de unas pruebas preliminares, que incluyen una entrevista con cuestiones, nos permite ir analizando al sujeto y valorar posibles factores que puedan influir^{xv}. La importancia de incorporar la perspectiva de los pacientes a los resultados mediante una encuesta es generalmente reconocida. El objetivo principal ha sido analizar aspectos relacionados con la salud de los participantes, tanto a nivel físico como psicológico.

Cuestionario

El cuestionario base empleado (ver anexo 2) está estructurado en varios bloques temáticos recogiendo cuestiones específicas sobre información socio-demográfica, educación, historia médica (estatus de salud, cuidado de salud y medicación en uso), historia visual, funcionamiento psicosocial, e historial relacionado con la conducción (a rellenar en caso de ser conductor). Este cuestionario permitirá un posterior análisis de correlación con los datos obtenidos en las pruebas empíricas.

En un principio este instrumento se planteó para que lo rellenase el sujeto, por ello en la fase inicial de la toma de datos se les dio en forma de auto cuestionario para que lo completasen, mientras esperaban a pasar a la sala, en una habitación contigua. Para asegurar una mayor tasa de respuesta, se les orientaba mediante unas recomendaciones e instrucciones al efecto, para que lo respondiesen sin la presencia del examinador. Posteriormente, dadas las dudas que surgían en algunos sujetos sobre como completarlo, se decidió rellenarlo en la sala de las pruebas realizándole las cuestiones el examinador con un doble objetivo, por un lado ayudar al sujeto y por otro buscar el trato personalizado, ya que de este modo se da un mayor énfasis a la importancia de responderlo adecuadamente; además nuestra presencia puede ayudar a generar algún grado de compromiso con la tarea.

^{xv} Existen variables específicas, y otras características más prevalentes en los ancianos como por ejemplo los cambios degenerativos del sistema visual, que pueden reducir la eficiencia del procesamiento de la información visual, (Mainster & Timberlake, 2003) afectando a la habilidad de conducir. Es indudable que estos factores deben tenerse en cuenta.

Cabe destacar que para la preparación del cuestionario se han seguido una serie de pautas de construcción que no sólo garanticen su validez y confiabilidad, sino también su aplicabilidad y adecuación formal. El trabajo más relevante en su desarrollo tiene relación con la delimitación del campo de indagación, la selección de las variables a estudiar, la identificación de las propiedades de las variables y la deducción de indicadores que den fiel cuenta de lo que se pretende consultar. Aunque existen diferentes cuestionarios para valorar el estado, las capacidades, el estatus funcional, los síntomas y la calidad de vida del sujeto, se ha preparado uno específico para esta investigación (ver anexo 2), en base a preguntas eficaces basadas en otros cuestionarios que han resultado útiles (Mangione et al., 1994; Owsley et al., 1999, 2001).

La lista de control empleada para cotejar la construcción del cuestionario implicó los ítems que a continuación se desarrollan, con las siguientes especificaciones:

- a) Redactar el escrito que debe acompañar al cuestionario solicitando respetuosamente la colaboración del encuestado, agradeciendo su participación, y con las instrucciones para cumplimentarlo. En ello se puso extremo cuidado con el objetivo de guiar del modo más preciso posible, evitando equívocos que posteriormente pudiesen invalidar el instrumento.
- b) Consultar elementos de identificación como variables socio-demográficas, educacionales, laborales, y toda aquella información que permita, en caso de considerarlo, clasificar los resultados mediante características propias de la condición de los encuestados.
- c) Seleccionar el tipo de pregunta más adecuado. Al plantear inicialmente la posibilidad de ser auto-administrado se pensó que era mejor utilizar la mayoría de los ítems a indagar tipo preguntas cerradas, porque facilitan la respuesta y su posterior interpretación. Además al no ser común que los sujetos tiendan a dar respuestas ricas y fructíferas (experiencia propia del autor de la tesis), es habitual que

estén a la defensiva y respondan lo mínimo necesario. En aquellos ítems, los menos, con una respuesta abierta se buscó que esta fuese breve por las razones anteriormente mencionadas.

- d) Texto de la pregunta lo más simple posible para ser comprensible a la persona a la que va dirigida. Cuanto más clara y concisa sea la pregunta, sin que esto vaya en detrimento de su contenido, mejor. Se trató de comenzar con las preguntas más simples y menos conflictivas, para no poner al encuestado a la defensiva desde el inicio, tratando de evitar preguntas ambiguas.
- e) Determinar los aspectos formales de la presentación como: color y tipo de impresión, tamaño y tipo de letra, márgenes y tamaño de la hoja, espacios suficientes destinados a dar las respuestas, y tipo de codificación a asignar.

El tiempo medio de aplicación del cuestionario realizado es de unos 10 minutos aproximadamente, dependiendo de la edad y el estado de quien lo realice. Para los propósitos del análisis, los 33 ítems del cuestionario fueron agrupados en cuatro bloques distintos que fueron preguntados a los sujetos, profundizando más en la información visual y en el de las preguntas relacionadas con la conducción. Cada una de las escalas cubría un aspecto específico.

Los cuatro bloques en que se estructura el cuestionario son los siguientes:

1) Variables socio-demográficas:

Como elementos de identificación para clasificar los resultados se ha empleado la edad, sexo, nivel educativo y profesión.

A nivel educativo, careciendo de referencias previas y considerando que ello facilitaba la clasificación de los sujetos, se ha caracterizado la

escolaridad con una numeración, correspondiendo el número 3 al nivel superior de educación, abarca los estudios universitarios, la formación profesional de grado superior, y las distintas enseñanzas artísticas, plásticas y deportivas superiores. El número 2 a la enseñanza media, abarcando el bachillerato y la formación profesional de grado medio. Y el número 1 a la enseñanza básica, constituida actualmente por la Educación Primaria y la Educación Secundaria Obligatoria.

2) Salud general:

La salud general fue valorada preguntando a los participantes acerca de la presencia/ausencia de problemas de salud en diversas áreas, (por ejemplo, diabetes mellitus, hipertensión), las cuales han sido usadas en numerosos estudios oftalmológicos clínicos con gente mayor (Brody et al., 2001). Los estudios previos indican que la creencia sobre la propia salud auto-referida por el sujeto son un buen predictor del resultado de discapacidad y están conectados con ajustes psicosociales y problemas crónicos de salud, incluyendo condiciones reumáticas, cardiovasculares y oftalmológicas (Affleck, Tennen, Pfeiffer, & Fifield, 1987; Dahlin-Ivanoff, Klepp, & Sjöstrand, 1998; Dahlin-Ivanoff, Sonn, & Svensson, 2001).

A los participantes se les preguntaba, aparte de por la situaciones seleccionadas, por cualquier otra condición que le hubiese sido diagnosticada o tratada.

Se valoró los fármacos que tomaban y si podían afectar a su capacidad para realizar las pruebas, teniéndolo especialmente en cuenta en comienzos de tratamiento y en los cambios de medicación.

3) Información visual:

Además de algunas preguntas específicas de información sobre su estado visual, se le realizaron preguntas sobre la capacidad visual percibida (ver anexo 3), la mayoría de ellas basadas en las cuestiones del índice de Función Visual VF14 (Steinberg et al., 1994); el cual es un test de medida de la capacidad visual percibida por el sujeto, a través de la realización de

catorce actividades instrumentales de la vida diaria que pueden verse afectadas por la visión; se incluye entre otras leer un periódico, leer señales de tráfico, cocinar, y conducir. Este test se encuentra fuertemente correlacionado con la satisfacción y las dificultades auto-referidas en la visión, más que las medidas de AV y el estatus de salud general (Steinberg et al., 1994; Cassard et al., 1995; Linder et al., 1999; Friedman et al., 2002; Riusala, Sarna, & Immonen, 2003).

El VF14 inicialmente se desarrolló para pacientes con cataratas (Steinberg et al., 1994) siendo posteriormente utilizado con otras patologías oculares, como la degeneración macular senil (Hart, Chakravarthy, Stevenson, & Jamison, 1999; Linder et al., 1999), el glaucoma (Lee, Fos, Zuniga, Kastl, & Sung, 2000), y en candidatos a trasplante corneal (Boisjoly et al., 1999); también se ha demostrado válido en conductores (Lotfipour et al., 2010). Aunque el original de esta prueba está hecho en inglés la adaptación española ha demostrado ser un instrumento fiable, válido y sensible a cambios (Alonso et al., 1997).

El sujeto debe describir el grado de dificultad que tiene para realizar cada actividad, por causa de la visión. Se considera que un ítem no es aplicable si la actividad descrita no se realiza “por otras razones distintas de la vista”. Para obtener una puntuación en su formato estándar, se asigna un valor numérico a cada respuesta del sujeto en una escala de cinco puntos, siendo las posibles contestaciones Ninguna (4), Poca (3), Bastante (2), Mucha (1), e Incapaz de hacerla (0); y la puntuación total se calcula como promedio de las respuestas aplicables multiplicadas por 25. Se obtiene así unos valores entre 100, mejor función visual, y 0, peor función visual.

4) Preguntas relacionadas con la conducción:

Los hábitos del conductor, en aquellos casos que lo eran, fueron valorados mediante diversos indicadores para obtener una composición de su patrón de conducción. Se agrupan en:

Experiencia. Se ha definido a partir del tiempo que el entrevistado lleva conduciendo. Para ello se le preguntó los años que tenía el carnet de

conducir. En base a estos años se tomaba como indicador de la experiencia. Careciendo de referencias previas, las opciones de respuesta fueron clasificadas en un rango de 1 a 3, siendo respectivamente poca (<5 años), media (entre 5 y 15 años), y mucha (>15 años), considerando que ello facilitaba la caracterización de los sujetos.

Frecuencia. Se le preguntó cual era la media de kilómetros estimados conducidos por semana en el último año. Con este dato se hacía el cálculo de kilómetros conducidos al año, aproximándolo al más cercano a la fracción de 2.500 kilómetros. Las opciones de respuesta de frecuencia fueron catalogadas en tres categorías en un rango de 1 a 3, considerando el 1 baja (< 2.500 km/año), el 2 media (entre 2.500 y 10.000 km/año), y el 3 mucha frecuencia (> 10.000 km/año). La elección de 2.500 kilómetros anuales es porque refleja una media de menos de 7 kilómetros por día, considerándolo un desplazamiento breve.

Exposición al riesgo. Con la combinación de varias variables (experiencia, frecuencia y edad), se ha establecido una clasificación ordinal del indicador “Exposición al Riesgo” en cuatro items, considerando Ninguna (1), Poca (2), Bastante (3), y Mucha (4). La metodología para la determinación del nivel de exposición ha tenido en cuenta en primer lugar el promedio de kilómetros conducidos al año (frecuencia), y los años de carnet de conducir (experiencia). Para esta clasificación se ha seguido el siguiente criterio:

En segundo lugar, siendo conocido el incremento del riesgo con la edad, se ha introducido un factor de corrección en la puntuación inherente a la edad en los sujetos más mayores. Sobre el valor obtenido de la tabla 3.3., se incrementa en la escala la exposición al riesgo en 2 puntos a partir de los 75 años, y de 1 punto entre los 65 y 74 años.

Tabla 3.3.

Clasificación de la exposición al riesgo en base a la experiencia y a la frecuencia.

Exposición al Riesgo	Mucha frecuencia	Media frecuencia	Poca frecuencia
Mucha experiencia	Bastante	Poca	Ninguna
Media experiencia	Mucha	Bastante	Ninguna
Poca experiencia	Mucha	Bastante	Poca

Con todo ello, se obtiene una exposición al riesgo muy baja principalmente en los conductores esporádicos, incrementándose cuanto más kilómetros, menor experiencia, y más edad tiene el conductor.

Dificultad. En estudios se han indicado que la exposición referida por los adultos es válida y bastante real (Murakami & Wagner, 1997; Owsley et al., 1999b). En base a las respuestas referidas por los sujetos en las preguntas 13 y 14 del test VF14, se clasificó la dificultad que presentaba para conducir por causa de su visión por la noche, y por el día. Se ha establecido para cada una de las dos preguntas, una nueva escala ordinal del indicador “Dificultad diurna” y “Dificultad nocturna” en cinco items, considerando Ninguna (1), Poca (2), Bastante (3), Mucha (4), e Incapaz de hacerla (5).

Accidentes. Se le preguntaba si había tenido algún accidente de conducir, llevando el coche en los últimos 3 años, en caso afirmativo si fue grave o leve. Para la clasificación se empleo el criterio dicotómico de si hubo accidente o no lo hubo. Aunque se les preguntaba por accidentes con el coche, esta cuestión no es fiable, ya que como algún autor ha mostrado (Clay et al., 2005), los conductores mayores tienden a subestimar su involucración en accidentes en auto cuestionarios, habiendo una baja correlación entre los accidentes

auto referidos, y los datos oficiales. Pero dado que no fue posible acceder a datos oficiales fue la aproximación más cercana que se puede realizar.

Valoración cognitiva y funcional del deterioro:

La valoración del estado cognitivo (ver anexo 8), se realizó en la población normal, en aquellos casos que se presentaba sospecha de potenciales problemas, durante la realización del cuestionario. El método empleado para evaluarlo fue con el test del reloj (Agrell & Dehlin, 1998). Aunque el número de impedidos cognitivamente es relativamente bajo en la población general sana, los que presentan mayor incidencia son los mayores de 75 años. Se debe tener en cuenta, dado que en los pacientes con demencia se encuentra una variedad de desordenes visuales, como son impedimentos visuo-espaciales, problemas de reconocimiento visual, problemas de discriminación de la forma, y problemas de discriminación de la figura-fondo, que hacen que la realización de las pruebas posteriores puedan verse impedidas; por ello, en caso de encontrar algún sujeto con estas características era excluido del grupo normal del estudio.

Como escala cognitiva-conductual, para confirmar y cuantificar el estado mental en la muestra de sujetos con EA, se les realizó con el test Mini-examen cognoscitivo (MEC), el cual es más específico (Lobo et al., 2002).

Para la caracterización del estado funcional (ver anexo 8) de los sujetos con EM, se nos facilitó la puntuación que figuraba en la ficha de los pacientes del servicio de neurología, de la escala ampliada del estado de discapacidad o Expanded Disability Status Scale (EDSS) (Kurtzke, 1983).

3.3.3. ADEM y ADEMd

3.3.3.1. Antecedentes y caracterización

La capacidad de juzgar con precisión las distancias, y percibir las relaciones espaciales, es importante para muchas actividades de la vida diaria, siendo necesaria una buena visión en ambos ojos para estas tareas, y debiendo tener en cuenta que los movimientos oculomotores son una parte fundamental para mantener un funcionamiento y un alineamiento óptimo.

En condiciones habituales, se suele tener una combinación e interrelación de diversos componentes en el sistema oculomotor entre los que destacan, el de fijación, los seguimientos y los sacádicos (ver cuadro).

El mecanismo de fijación son los movimientos que tienen por finalidad mantener la imagen objeto de atención sobre la fóvea con el objetivo de facilitar una buena percepción de los detalles.

Los movimientos de seguimiento tienen la finalidad de aumentar al máximo la cantidad de detalles que uno puede obtener desde un ambiente móvil.

Los movimientos sacádicos son los movimientos oculares más rápidos de todos, cuyo fin es retomar la fijación sobre un estímulo que aparece en el campo periférico para verlo nítido. Permiten al individuo detectar un objeto en un lugar determinado del campo visual y llevarlo rápidamente sobre la fóvea, para su análisis y mejor discriminación visual. Se relacionan con la interacción entre la visión central y la visión periférica. La mayor parte de desplazamientos que debe analizar un observador involucran y requieren movimientos sacádicos eficaces que permitan percibir las partes de la acción.

El ADEM es un test oculo-verbal que se realiza binocularmente con la compensación que requiere el sujeto. El estímulo utilizado, formado por números, tiene las mismas características que el test DEM descrito en el

capítulo 2, la principal diferencia como se ha indicado, es el incremento en la dificultad en los números mostrados, en lugar de un dígito está compuesto por dos dígitos. El sujeto debe leer en voz alta una serie de números aleatorios impresos, tan rápido y acertado como sea posible; sin utilizar el dedo o un puntero como guía, y sin mover la cabeza para que actúen únicamente los movimientos oculomotores. Lo positivo de este test es que no existen otros factores, ni el beneficio del contexto sintáctico y semántico que ocurre en otras pruebas de habilidades lectoras que se realizan mediante palabras.

Tanto los números como las letras son preferidos a los símbolos dado que además de la detección, se requiere un proceso de identificación (Rayner, 1998), lo cual es más próximo a tareas de la vida cotidiana, como conducir. La ventaja del formato que emplea es que su realización requiere una tarea simultánea visuo-verbal, siendo fácil de realizar y proporcionando una valoración cuantitativa de la función oculomotora, en base al tiempo con la que se ven, reconocen y vocalizan con precisión una serie de números, combinando una doble tarea de automaticidad, (nombrando los números), y de procesamiento oculomotor, pudiendo ser diferenciadas y analizadas ambas, conjuntas o por separado, así como los posibles errores cometidos en su realización.

El desarrollo del ADEM, presenta facilidad y simplicidad en la valoración clínica de los movimientos oculares involucrados con la tarea de nombrar números, y aunque no mide directamente los componentes básicos de los movimientos oculares, por ejemplo, velocidad, latencia, si que indirectamente valora la función de la vía global sacádica, como una vía integrada con la tarea cognitiva de identificación visuo-verbal, y quizás se describa mejor como una medida de eficiencia sacádica. (Powell et al., 2006)

Puede ser interesante aplicar este test, con el formato que simula la lectura, a los conductores para detectar la presencia de disfunciones oculomotoras y problemas de atención, porque la lectura requiere un procesamiento motor, visual y cognitivo ejecutando unos apropiados

movimientos oculares. En los últimos años, se ha ido confirmando la hipótesis de que la rapidez en la lectura está en gran medida controlada por procesos superiores ligados a la comprensión (Palomo Álvarez, 2010).

La principal crítica de la prueba del ADEM es que no reproduce con precisión el mundo real de las tareas conduciendo, de una manera que sea verdaderamente interactivo y estandarizado con un criterio de desarrollo específico. Sin embargo, si que lo es en cuanto a la búsqueda espacial, dado que en su realización con el formato numérico empleado, y los objetivos propuestos de leer lo más rápido posible cometiendo los menores errores, se exige al sujeto el uso de procesos de búsqueda, atención y de funciones cognitivas que permiten guiar los procesos mentales para lograr la tarea a realizar. Esta situación se puede extrapolar a actividades parecidas en la conducción dados los niveles cognitivos operacional y táctico desarrollados, que exigen la búsqueda espacial, mantener los niveles de motivación para iniciar una tarea, y continuar persistiendo la atención en el tiempo hasta conseguir el objetivo propuesto.

Para evitar el posible efecto de confusión de utilizar diferentes 80 números entre las láminas verticales y horizontal, tal como sucedía en el test original del ADEM utilizado en el estudio piloto (Gené-Sampedro et al., 2003), el test actual fue modificado parcialmente usando en la nueva lámina H, los mismos números que los empleados en las láminas verticales, tal como sugirieron Powell et al. (2006). En esta tesis se usaron las láminas V1 y V2 originales, y la nueva horizontal creada. Esto permite la comparación de las puntuaciones del ratio teniendo los mismos números en los paneles verticales y horizontales, Basándose en su formato H, y en esta nueva composición de números, se ha realizado una modificación incorporando una nueva lámina horizontal con el objetivo de que implique incrementar la dificultad de procesamiento cognitivo, al tener un factor de búsqueda espacial mayor con la presencia de distractores (letras) entre los números, denominando a la nueva lámina, horizontal distractor (Hd). Esta fue construida con la finalidad de evaluar las alteraciones oculomotoras, al mismo tiempo que la capacidad

de atención del sujeto. En esta lámina adicional se representan cinco tipos de letras diferentes intercaladas entre los números, H, M, T, V y X. Los números de esta lámina Hd son iguales a los de la lámina H. Por tanto un total de cuatro láminas conforman la base de este nuevo test denominándolo con la inclusión de esta cuarta lámina ADEMd.

Uso grabadora

A los sujetos se les indicó que leyesen la tarjeta tan rápida y precisamente como les fuese posible. Hay que tener en cuenta que como evaluador se requiere una gran atención para discernir, bajo el formato de doble dígito, si el participante está diciendo los números correctamente, a la vez que se controla la realización de la prueba. En la versión del ADEM y en la del ADEMd, para ayudar en la identificación de un número incorrecto, y llevar la cuenta cuando el participante comete errores, resulta interesante usar una grabadora de voz que permita posteriormente volver a escuchar la realización del test. Ello permite controlar los posibles fallos realizados, especialmente en poblaciones donde el incremento de errores en nombrar números es probable, como son en ancianos, en individuos con dificultades en hablar y/o en el lenguaje (Powell et al., 2006), o en sujetos que nombran los números muy rápidamente.

En una fase posterior a la realización de la prueba, y ya sin la presencia del sujeto evaluado, se procede al tratamiento y revisión de los datos, con el cómputo y anotación de los tiempos realizados y los posibles errores cometidos, a través de la audición de las grabaciones. El desarrollo es puntuado en términos de calidad de realización de la prueba (porcentaje correcto) y velocidad (tiempo en segundos empleado en leer el test) de acuerdo a las instrucciones.

Normas para ADEM

En el estudio de Gené-Sampedro et al. (2003), en el que se evaluó la oculomotricidad de adultos a través de la primera versión del ADEM, se

calcularon las medias y la desviación estándar para el tiempo horizontal ajustado, tiempo vertical y errores cometidos en las láminas vertical y horizontal, en sujetos de 14 a 68 años de lengua española. Fueron establecidos once grupos, en intervalos de edad de 5 años, valorando los ratios para cada uno de los grupos etarios (ver tabla 3.4.).

Tabla 3.4.

Normas del ADEM para los intervalos de edad de 14 a 68 años.

GRUPO	Rango edad	Tiempo Vertical		Tiempo Horizontal		Ratio H/V	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE
1	14-18	50,50	8,64	51,21	12,85	1,01	0,10
2	19-23	45,23	6,60	49,93	8,23	1,08	0,12
3	24-28	44,93	7,22	47,63	7,32	1,06	0,13
4	29-33	47,43	7,46	48,61	7,73	1,03	0,11
5	34-38	47,18	7,88	50,09	10,47	1,06	0,11
6	39-43	51,24	7,64	51,34	6,92	1,01	0,09
7	44-48	54,58	10,01	56,80	10,78	1,05	0,11
8	49-53	57,64	11,18	57,82	9,45	1,01	0,11
9	54-58	57,04	12,46	58,01	10,95	1,03	0,10
10	59-63	64,37	8,43	65,18	10,87	1,01	0,08
11	64-68	66,00	10,44	69,46	10,14	1,06	0,10

Fuente: Gené-Sampedro et al., 2003

Características Láminas

La investigación actual se basa en la realización de una actividad organizada en cuatro tareas (V1, V2, H y Hd); cada una de las cuales requiere una lámina independiente en papel impreso de tamaño DIN-A4. El objetivo es valorar el impacto que tiene a nivel visual al variar el grado de exigencia de la búsqueda espacial, siendo desde más sencillo, con la realización de las tareas de lectura verticales (V1 y V2), a más complicado en las dos últimas láminas horizontales, (el test H y el Hd), las cuales simulan los movimientos oculares que se desarrollan en la lectura cuando al sujeto se le

indica que lea una página de números ubicados con una estructura similar a las palabras en un párrafo, siendo más difícil el procesamiento espacial en el Hd que en el resto, al incluir diversas letras distribuidas entre los números.

En cada prueba vertical (V1 y V2) se realiza una tarea organizada de baja demanda espacial. Los números están distribuidos en dos columnas ampliamente separadas, (20 números en cada una de ellas), y el sujeto tiene que mover sus ojos en vertical nombrando los números de arriba hacia abajo en cada columna, empleando para dicho movimiento mínimos sacádicos fijadores, y considerándolo una tarea cognitiva operacional. Las láminas verticales requieren una búsqueda selectiva con movimientos oculares verticales, siendo las que menos recursos oculares demandan; dado que la tarea de identificar y nombrar números es un acto más automático, e implica un menor esfuerzo consciente (se puede considerar el estado de alerta previo).

La lámina horizontal requiere una mayor demanda espacial al presentar 80 números en la hoja distribuidos en 16 líneas horizontales. El espacio entre los cinco números de cada línea es aleatorio. Esta tarea tiene una mayor demanda espacial de búsqueda que los sacádicos a distancias fijas, porque aunque el sujeto tiene alguna idea de la ubicación del siguiente número, la posición exacta del número entre los números a lo largo de cada línea es variable. La lámina horizontal H requiere una búsqueda selectiva con movimientos oculares principalmente horizontales con un sistema de planificación, que exige al sujeto fijaciones, seguimientos y sacádicos utilizando una atención selectiva en la que debe concentrarse en una sola fuente de información y en la realización de la única tarea, de identificar y nombrar números.

En la lámina Hd se le demanda al sujeto movimientos oculares horizontales con una atención dividida en la tarea, debiendo atender simultáneamente, identificar y nombrar números, e identificar y no nombrar letras. En esta última lámina la persona tendrá que distribuir recursos de atención hacia cada tarea, entendiéndola como un proceso mental en el cual

la persona debe atender selectivamente unos estímulos e ignorar otros. Se valorará también la atención sostenida, valorándola por la calidad de la concentración de la persona en la realización en cada lámina y los posibles errores cometidos.

Este sutil test, que relaciona la conciencia espacial, la velocidad y el movimiento ocular, puede plantear una relación con los movimientos oculares libres que se pueden realizar en el espacio abierto, considerándola una tarea cognitiva táctica.

Angulo subtendido

Para ser percibido con la visión central, la importancia de la dimensión del estímulo, al igual que el tamaño visual de los objetos involucrados en el tráfico vial, (vehículos moviéndose en la misma o en una dirección opuesta, ciclistas, señales de tráfico, señales luminosas, etc.), varía con la distancia; siendo conocido que la distancia de visibilidad se incrementa cuando aumenta el tamaño angular de un objeto (Hills, 1980).

Sin embargo, cuando un peatón o una señal de tráfico están relativamente próximos al conductor, y ubicados al lado derecho o izquierdo de la carretera, son frecuentemente detectadas por la visión periférica del conductor. Entonces, aunque su tamaño visual aumente, llega un momento que la sensibilidad de la retina puede no mejorar, porque la sensibilidad es más baja en la periferia (Plainis et al., 2005), (equivalente a una AV de 20/50).

Como se ha comentado anteriormente, en la vida real el ángulo visual de los objetos varía dependiendo de la distancia, y de si es percibido central o periféricamente. En nuestro estudio el ADEM utiliza el mismo tamaño de estímulo en todas sus láminas, dado que así se minimizan estos factores evitando que tal vez pudiese influir en los resultados de la motilidad extraocular.

El tamaño de los objetivos (números a leer) en las cuatro tareas del test de desarrollo oculomotor y atencional (V1, V2, H y Hd) es igual siendo el tipo de letra empleado Times New Román de tamaño 11 (ver ángulos subtendidos calculados en la tabla 3.5.). Este tamaño del número equivale aproximadamente a 1,8 M en la escala de “unidades-M”^{xvi}. A 40 cm de distancia, este estímulo requiere una resolución equivalente de Snellen de 20/80, siendo con este estímulo mostrado suficiente para ser detectado de sobra en todas las edades por la retina periférica, lo cual permitirá iniciar el movimiento oculomotor que lo lleva a retina central.

Tabla 3.5.

Ángulo subtendido en grados para el tamaño medio del número, y según las distintas distancias ejemplo en centímetros que se puede realizar la prueba.

	Tamaño mm	V			H			Hd		
		35 cm	45 cm	55 cm	35 cm	45 cm	55 cm	35 cm	45 cm	55 cm
Campo horizontal test V	140,0	21,8	17,3	14,3						
Campo vertical test V	172,0	20,9	17,4	26,2						
Campo horizontal test H	141,4				22,0	17,4	14,4	22,0	17,4	14,4
Campo vertical test H	138,0				21,5	17,1	14,1	21,5	17,1	14,1
Tamaño medio numero alto	2,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
Tamaño medio numero ancho	1,6	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Tamaño medio decena ancho	3,5	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
Interlineado	9,0	1,5	1,2	0,9	1,5	1,2	0,9	1,5	1,2	0,9

^{xvi} **Unidades M:** El tamaño de la letra viene dado por la notación "xM" donde x indica la distancia en metros a la que la letra más pequeña subtiende un ángulo de 5°. Letras de tamaño 1M subtienden un ángulo de 5° de arco a una distancia de un metro. Se corresponde con un tamaño de letra de 1,4 mm. Puede ser escrita en notación Snellen de forma que el numerador corresponda a la distancia del test (en metros) y el denominador al tamaño de la letra en unidades M. Por ejemplo, 0,30/1 M indica que el paciente es capaz de ver una letra de tamaño 1M a una distancia de 30 cm. En nuestro caso para realizar su cálculo se divide la altura del carácter entre 1,45.

Notación Snellen reducida: El tamaño de las letras es identificado con las mismas fracciones de Snellen que se utilizan para evaluar la AV de lejos. En este caso, la letra 20/20 en notación reducida Snellen requiere la misma AV que la línea 20/20 en el test de AV para lejos pero teniendo en cuenta que ahora la distancia a la que se realiza el test es a 40cm.

Cada lámina V, a 45 centímetros subtende en los extremos de los números de las columnas verticales un campo de $17,4^\circ$ (vertical), siendo la separación horizontal entre las dos columnas de $17,3^\circ$ (horizontal). La separación vertical entre el paso de un número a otro es de $1,2^\circ$. En la figura 3.2. se observa que dicho ángulo se ubica dentro de la retina central en la zona macular.

Cada lámina H, a 45 centímetros subtende en los extremos de los números de las columnas y filas un campo de $17,4^\circ$ (horizontal) x $17,1^\circ$ (vertical). El espacio en la distribución horizontal de los números de cada línea, se ha comentado que varía, siendo el espacio medio entre los números de $4,39^\circ \pm 1,93$ (rango $1,91^\circ$ - $9,78^\circ$).

A nivel de las relaciones angulares, el tamaño angular subtendido de la decena (0,5) equivale por ejemplo a una señal de tráfico de 60 centímetros vista a 70 metros con la retina central, o a un peatón de una anchura de 0,50m y una altura de 1,80m visto a 108 metros. Si bien, como se ha indicado en capítulos previos, aparte de la discriminación central también es importante los ángulos subtendidos periféricamente entre los números. En la tabla 3.6. se muestran los valores del ángulo subtendido de todos los estímulos presentes en la prueba para una distancia de realización del examen de 45 centímetros.

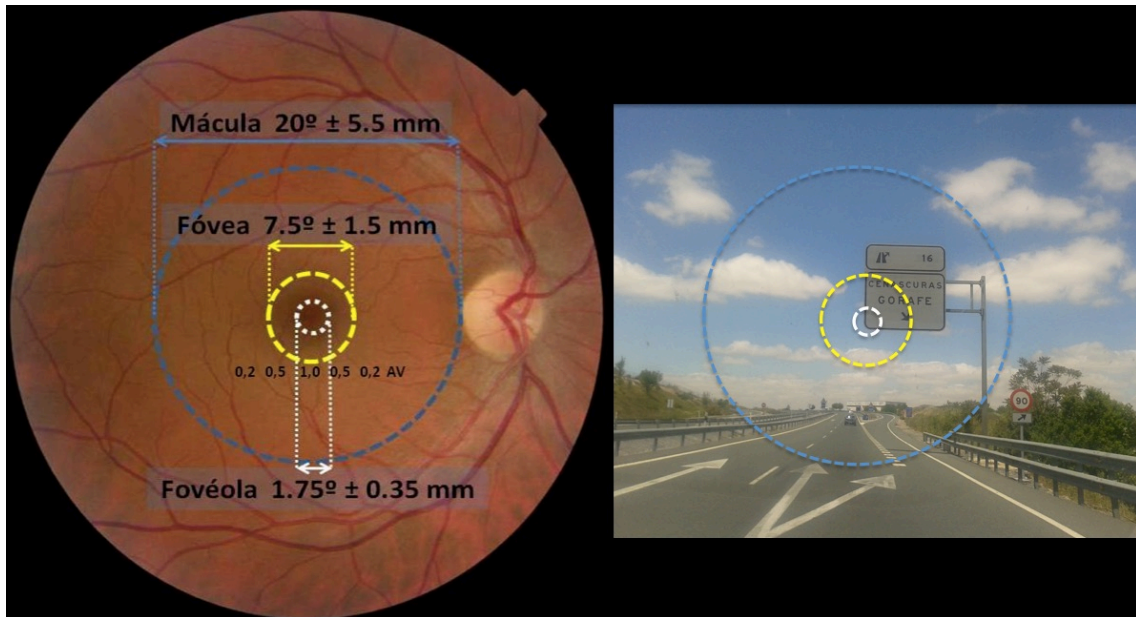


Figura 3.2. Retinografía del ojo con ángulos subtendidos en las distintas zonas retinianas oculares, y la simulación de los mismos ángulos en una imagen de un entorno vial.

Tabla 3.6.

Ángulo subtendido en grados, a 45 centímetros, de la distribución entre los números en cada una de las dieciséis filas de los test H y Hd.

Fila	1 al 2 número	2 al 3 número	3 al 4 número	4 al 5 número
1	3,89	1,91	5,89	5,89
2	1,91	5,89	3,89	5,89
3	5,89	3,89	3,89	3,89
4	3,89	3,89	3,89	5,89
5	1,91	7,82	5,89	1,91
6	5,89	3,89	3,89	3,89
7	1,91	3,89	1,91	9,78
8	3,89	5,89	3,89	3,89
9	1,91	1,91	3,89	9,78
10	7,84	3,89	1,91	3,89
11	3,89	1,91	5,89	5,89
12	5,89	3,89	5,89	1,91
13	1,91	1,91	5,89	7,82
14	5,89	5,89	3,89	1,91
15	3,89	3,89	5,89	3,89
16	1,91	3,89	5,89	5,89

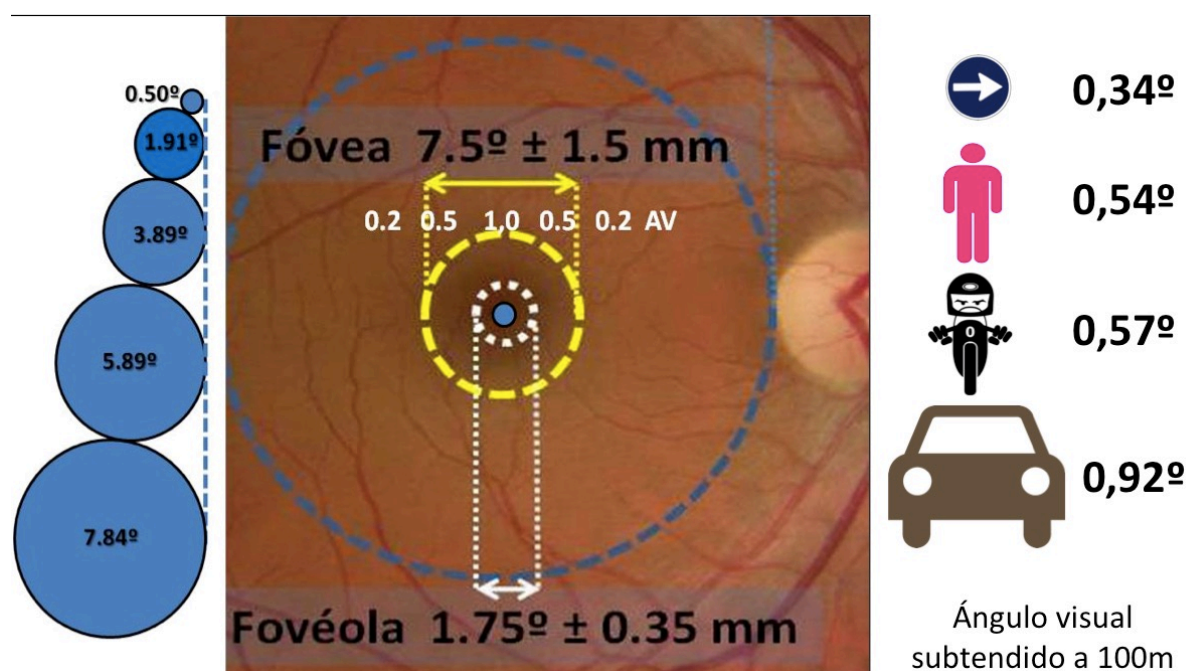


Figura 3.3. Retinografía del ojo con simulación de ángulos visuales subtendidos en grados en la retina central. A la derecha, distintos estímulos que aparecen en la carretera a una distancia de 100 metros del observador. A la izquierda, círculos azules, al superponerlos en la retina central muestran, en base al espacio medio subtendido entre números del ADEM, la distribución en cada línea horizontal.

En las simulaciones mostradas en las figuras 3.2. y 3.3. se muestran las equivalencias de los ángulos subtendidos en las zonas retinianas oculares, y cual sería el recorrido a realizar para retomar la fijación.

3.3.3.2.- Instrucciones anotaciones ficha de medida

En general una de las variables que más afectan al método es la consistencia del método, esto es el grado con que el clínico sigue el protocolo de realización de la prueba. Para uniformar los conceptos y métodos se ha realizado un manuscrito denominado “*Manual de Instrucciones para realizar el Test ADEMa*”. El tener las instrucciones por escrito, que debe seguir el evaluador al pie de la letra, con indicaciones específicas en cursiva marcadas

en negrita y entrecomilladas que debe leer al paciente, permite incrementar notablemente la consistencia del método.

La prueba visual específica a realizar valora el desarrollo de los movimientos oculares bajo condiciones normales y de atención, consta de cuatro láminas, la V1 y la V2, en las que los números deben ser leídos en vertical, y la H y la Hd, en las que los números deben ser leídos en horizontal.

El test de cada lámina va presentando un grado de dificultad creciente oculomotora, desde una habilidad básica hasta una más difícil atencional, debiendo realizarse en el siguiente orden V1, V2, H, y Hd.

La realización de las pruebas se efectúa de acuerdo a los procedimientos estandarizados del DEM (Garzia et al., 1990) con unas pocas excepciones. En primer lugar dando instrucciones más específicas para leer los números tan rápido como fuese posible, tal como se indicó en la versión preliminar del ADEM (Gené-Sampedro et al., 2003). Este cambio fue hecho teniendo en cuenta la tendencia de los ancianos a focalizar más en la calidad que en la velocidad (Brebion, 2001). En segundo, el examinador tendrá cuidado de no dar instrucciones acerca del movimiento de la cabeza del sujeto, para poder valorarlo durante la realización de la prueba en caso de su presencia espontánea. Por ello se modifica la realización del examen sobre las normas iniciales permitiendo que la información sea obtenida con movimientos libres de cabeza y de ojos.

Anotaciones en la ficha de medida

Para asegurarnos que no se introduce ningún tipo de contaminación en el comportamiento que pueda afectar a la finalidad de la prueba, y dado que puede influir en los movimientos oculares a realizar, controlaremos y apuntaremos como observación en la ficha de medida, la distancia de realización de la prueba.

La distancia de realización presenta una relación geométrica directa entre el camino que han de recorrer los ojos, y la distancia a la que se realiza la prueba de los ojos. Cuanto más alejada se realice, menor movimiento

ocular se requiere por subtender menor ángulo. Esto es, si la distancia a la que realizamos la prueba es muy próxima, para realizar el mismo barrido entre los estímulos a fijar, se necesita un movimiento ocular mucho mayor que si la distancia de realización de la prueba fuese más alejada. Los sujetos realizaron la prueba a su distancia habitual de lectura, la cual suele oscilar entre una distancia de 35 y 45 centímetros de la lámina, fluctuando un poco el ángulo subtendido del estímulo en base a dicha distancia (tabla 3.4.).

Cuadro resumen de las condiciones de realización de la prueba:
1.- El sujeto a evaluar debe situarse a una distancia de lectura cómoda, disponiendo de una buena iluminación que facilite el visionado de los números.
2.- La prueba se realiza con los dos ojos abiertos, y si utiliza gafas para leer, con las gafas puestas.
3.- El sujeto puede sostener el texto a leer entre sus manos, o dejarlo apoyado sobre la mesa, debiendo ser informado que no podrá hacer el seguimiento de los números con los dedos, o con cualquier otro marcador.
4.- Se debe controlar previamente que no existan reflejos molestos sobre cada lámina en cualquiera de sus fases.
5.- Antes de valorar como lee en voz alta cada lámina, se parte de una posición de reposo (con la hoja vuelta quedando los números boca abajo).
6.- Se empieza a contar el tiempo que tarda en leer todos los números de la lámina cuando al dar la vuelta nombra el primer número.
7.- Si se equivoca al leer alguno de los números no pasa nada, que continúe realizando la prueba como se le ha explicado.
8.- Se deben anotar los posibles errores que pueda cometer al nombrar los números en cada hoja.
9.- Las letras del test Hd no deberán ser nombradas, en caso de ser nombradas deben ser anotadas como error.

Al voluntario a evaluar se le indican, mostrándole y señalándole la parte superior de la hoja de ejemplos “V y H” (ver figura an-5.3 del anexo 5), dándole las siguientes instrucciones específicas:

...“debe leer en voz alta y tan rápidamente como pueda una serie de números en vertical, empezando por la columna izquierda y de arriba abajo, al finalizar esa columna, (señalárselo con el dedo), continuar sin parar con la columna derecha de arriba abajo, aunque se equivoque en algún número no pasa nada, debe continuar realizando la prueba”.

Una vez esté preparado el sujeto se coge la lámina denominada “V1” (figura 3.4.a.), y se pone con los números boca abajo, se le indica al sujeto:

...“cuando le diga, le da la vuelta a la hoja y empieza a leer los números como le he indicado, de arriba a abajo tan rápido como pueda, el tiempo empezará a contar cuando diga el primer número”.

Se cronometra el tiempo que tarda en leer en voz alta los 40 números de la lámina, se empieza a medir desde que empieza a leer el primer número hasta el último de las dos columnas. Se anota en la hoja de respuestas, (anexo 6) el tiempo en segundos, (con un margen de 0,5 segundos), y los posibles errores que pueda cometer al nombrarlos.

Se procede de la misma manera con la segunda hoja denominada V2 (figura 3.4.b.), y se anota el tiempo en segundos y los errores.

Para la prueba siguiente se le explica que los números que debe leer ahora en voz alta y rápido son en horizontal, para ello se le muestra y señala la parte inferior de la hoja ejemplo “V y H” (ver figura an-5.3 del anexo 5), y se le dan las siguientes instrucciones:

... “ahora debe leer en voz alta y tan rápidamente como pueda una serie de números en horizontal, empezando por arriba de izquierda a derecha, continuando con la siguiente línea, hasta el final, (señalárselo con el dedo sobre la hoja ejemplo), aunque se equivoque en algún número no pasa nada, debe continuar realizando la prueba”.

32	43	61	76
71	56	34	92
54	21	26	33
96	14	93	95
81	75	12	24
25	54	71	19
53	39	46	44
74	72	65	72
43	43	58	61
67	81	29	36
14	76	57	25
49	47	35	58
76	62	76	74
62	59	44	47
37	93	84	66
73	23	43	31
67	34	41	76
35	67	56	56
78	41	29	97
91	18	18	85
a)		b)	

Figura 3.4. Láminas de los test verticales del ADEM, a) V1 y b) V2.

Cuando el sujeto esté preparado se le muestra la tercera lámina denominada H (figura 3.5.a.). Se cronometra cuando empiece a leer el primer número y se anota el tiempo en segundos y los errores.

Una vez finalizado el subtest H se procederá con el siguiente, denominado Hd (figura 3.5.b.), indicándole que ahora hay números y letras siendo normal que tenga mayor dificultad en la realización, (sólo debe nombrar los números, las letras no). Se anota el tiempo que tarda y además, la cuantía y clase de errores cometidos, se considera también error si nombra alguna de las letras, debiéndolo anotar en la plantilla de respuestas en la parte inferior derecha (anexo 6). Se le indican al sujeto evaluado, mostrándole y señalándole la parte inferior derecha de la hoja ejemplo “V y H” (ver figura an-5.3 del Anexo 5), las siguientes instrucciones:

...“Ahora vamos a hacer la prueba con números y letras, seguramente le cueste más realizarla, no se preocupe, vamos a proceder igual que antes. Debe leer en voz alta y tan rápidamente como

izquierda a derecha tan rápido como pueda, el tiempo empezará a contar cuando diga el primer número”.

Se cronometra el tiempo que tarda en realizar la prueba, se empieza a contar desde que empieza a leer el primer número hasta el último, se anota el tiempo en segundos (con un margen de 0,5 segundos) y los posibles errores que pueda cometer al nombrarlos en la hoja de respuestas, tanto en los números, como si dice alguna de la letras.

Una vez finalizada esta prueba, se retira la lámina, y se le pregunta a continuación que indique cuales eran las letras presentes en el test anterior. Se marcan con un círculo en la hoja de respuestas tal como vaya recordándolas, (ver Anexo 6). Hay dos partes para controlar la acción sobre la tarea de las letras, en la primera a través de la pregunta “1.- Recuerda Memoria” de “*Preguntas sobre Letras Distractoras*” (parte inferior izquierda), tiene el objetivo de valorar la capacidad de memoria a corto plazo. Si dice alguna letra adicional, a la que figuran en la lámina, apuntarla en el espacio “Otras Letras Nombradas”. Como máximo dejar 10 segundos para que piense las posibles respuestas, si falla o no recuerda alguna no pasa nada.

La segunda parte, una vez contestada la primera pregunta, se le realizará la segunda cuestión, para ello se le mostrará un conjunto de doce letras, (ver Anexo 7), debiendo decir las que considere que aparecían en el test Hd. Tienen el objetivo de valorar la capacidad de memoria apoyándose en el feedback a corto plazo. Como máximo dejar 10 segundos para que piense las posibles respuestas, si falla o no recuerda alguna no pasa nada.

3.3.3.3. Manejo de los resultados

La capacidad de poder atender el tiempo suficiente es importante para completar la secuencia de la prueba. La ventaja de este test con formato de realización que requiere una tarea simultanea visuo-verbal, es su facilidad de realizar y que proporciona una valoración cuantitativa de la función ocular, en base a la velocidad de procesamiento y ejecución con la que se ven, reconocen y vocalizan con precisión una serie de números, combinando una

doble tarea de automaticidad, nombrando los números, y de procesamiento oculomotor, pudiendo ser diferenciadas y analizadas ambas conjuntas o por separado.

En las puntuaciones del ADEMd se valorará, además del tiempo empleado en la ejecución de la tarea de leer cada lámina:

- La Habilidad en el desarrollo de la tarea asignada, diferenciando la automaticidad de nombrar números de los movimientos oculares involucrados.
- La Exactitud en la calidad en la ejecución de la tarea, teniendo en cuenta los posibles errores cometidos.

Una vez obtenidos los resultados se analizan el tiempo y los errores por separado y conjuntamente en cada una de las láminas. Con los valores temporales obtenidos en cada una de las láminas se va a proceder de la siguiente manera:

Tiempo empleado en las láminas verticales V1 y V2

Se obtendrán cuatro valores involucrados en la realización de las tareas verticales V1, V1aj, V2 y V2aj.

- Siendo el V1 y V2, el tiempo empleado en segundos en leer cada una de las hojas respectivamente sin tener en cuenta los errores cometidos.
- En el V1aj y en el V2aj se tendrán en cuenta, aparte del tiempo utilizado (valores V1 y V2), los tipos de errores cometidos que puedan influir en el tiempo empleado en realizar la prueba. Los errores que afectan son omisiones (o) y adiciones (a) de números. Se obvian los otros tipos de errores, como transposiciones y sustituciones en el cómputo temporal, porque no influyen disminuyendo o aumentando el tiempo en el resultado total de nombrar los números. Aunque si que se tendrán en cuenta cuando se valoren posteriormente los errores en la variable que indica la calidad de realización de la prueba.

- Se emplearán las siguientes fórmulas para el cálculo de los tiempos verticales ajustados:

$$\mathbf{V1aj = tiempo V1 \times 40 / (40 - o + a)}$$

$$\mathbf{V2aj = tiempo V2 \times 40 / (40 - o + a)}$$

Siendo o= omisiones; a= adiciones de números.

La valoración de la puntuación del tiempo vertical determina la velocidad de nombrar (automaticidad), ya que el leer en vertical no implica unos movimientos oculares complejos, por ello se considera el nombrar los números como un acto de simple automaticidad, la cual representa el nivel base de partida del desarrollo, considerándolo un nivel cognitivo sencillo de operatividad.

Tiempo empleado en las láminas horizontales H y Hd

Se obtendrán cuatro valores involucrados en la realización de las tareas horizontales H, Haj, Hd y Hdaj.

- Siendo el H y Hd, el tiempo empleado en cada una de las hojas respectivamente sin tener en cuenta los errores cometidos.
- En el Haj se tendrán en cuenta, aparte del tiempo empleado (valor H), los tipos de errores cometidos de omisiones (o) y adiciones (a) de números. Como se ha indicado anteriormente se obvian los otros tipos de errores en este cálculo porque no influyen en el resultado total de nombrar los números.
- En el Hdaj se tendrán en cuenta, aparte del tiempo empleado (valor Hd), y los tipos de errores cometidos de omisiones (o), adiciones (a) de números, las veces que haya podido nombrar las letras (l), Se obvian los otros tipos de errores porque al igual que en los tiempos verticales, no influyen en el resultado total de nombrar los números.
- Se emplearán las siguientes fórmulas para el cálculo de los tiempos horizontales ajustados:

$$\mathbf{Haj = tiempo H \times 80 / (80 - o + a)}$$

$$\mathbf{Hdaj = tiempo Hd \times 80 / (80 - o + a + l)}$$

Siendo o= omisiones; a= adiciones; l= letras.

Con la lámina horizontal se evalúa realmente la motilidad ocular de los seguimientos, y principalmente de los sacádicos, además de la automaticidad de nombrar números. Corresponde a un nivel cognitivo más elevado, considerándolo táctico y operacional.

Con la lámina horizontal distractora (Hd) además de lo evaluado en la lámina H, se requiere una atención dividida. Corresponde al nivel cognitivo superior del test, considerándola una actividad selectiva.

Manejo de las distintas relaciones entre las láminas

Una vez obtenidos los resultados temporales se analizan por separado y conjuntamente. Por una parte el cociente entre las diversas pruebas representa un método para comparar directamente diversas relaciones en los tiempos empleados.

Se realizan tres cocientes:

1) Haj/Vaj

En este cociente se tiene en cuenta los errores de la lámina H, por ello se calcula el tiempo horizontal ajustado (Haj) según la fórmula vista anteriormente. El tiempo Vaj corresponde a la suma del tiempo del test V1aj más el del test V2aj, es decir, el tiempo ajustado que ha tardado en leer verticalmente 80 números. Aunque en la prueba de desarrollo inicial (DEM) no se tiene en cuenta los errores verticales cometidos, dados los diversos sujetos a analizar, y el incremento en la dificultad al tener que nombrar números compuestos por decenas, en vez de unidades, si que se tienen en cuenta los errores cometidos en las pruebas verticales por si influyen en los resultados, siendo el tiempo a emplear el vertical ajustado (Vaj).

Este cociente permite comparar los niveles vertical (automaticidad) y horizontal (control oculomotor con automaticidad). A mejor tiempo y cociente del ratio más bajo nos indica una óptima “simultaneidad centro-periferia”, que permite abarcar la información visual del objeto en el que fija la mirada y en lo que sucede alrededor.

2) Hdaj/Vaj

En este ratio se tiene en cuenta el cociente del tiempo ajustado de la lámina Hd, con el Vaj, siendo el tiempo vertical ajustado $V1aj+V2aj$, según las fórmulas indicadas anteriormente.

Permite comparar los niveles vertical (automaticidad) y horizontal atencional, control oculomotor con automaticidad, incorporando la tarea distractora.

3) Atención Hdaj/Haj

Con esta relación se tiene en cuenta el cociente del tiempo ajustado del test Hdaj, con el cociente del tiempo horizontal Haj sin distractores. Ello permite comparar los niveles horizontal (control oculomotor), y horizontal atencional (control oculomotor más exigente dada la presencia de elementos distractores).

Cuanto más alto sea el cociente en este ratio implicará una mayor dificultad en actuar con la carga atencional distractora.

Por otra parte, también es necesaria una comprensión de los niveles de rendimiento por las operaciones cognitivas requeridas. Para poder valorar estos niveles se empleará como elementos básicos de estudio dos valoraciones que permitan entender el análisis de la calidad y la exactitud, y de la capacidad, y la velocidad de realización de la prueba en cada sujeto.

Por ello se van a valorar:

4) Calidad de realización de la prueba (CRP)

Para conocer la calidad y exactitud de la tarea realizada, y facilitar la comprensión de los tipos de errores en cada una de las láminas, se cuantificará en tanto por cien, siendo a más alto este valor menor la cuantía de fallos cometidos, y por tanto mejor la realización de la prueba.

$$CRP_{V1} = 100 - ((e_{V1} / 40) \times 100)$$

$$CRP_{V2} = 100 - ((e_{V2} / 40) \times 100)$$

$$CRP_H = 100 - ((e_H / 80) \times 100)$$

$$CRP_{Hd} = 100 - ((e_{Hd} / 80) \times 100)$$

Siendo e_{V1} , e_{V2} , e_H y e_{Hd} , el número total de errores cometidos en cada una de las láminas V1, V2, H y Hd respectivamente. En las tres primeras es el total de errores al nombrar números (o+a+s+t); en la cuarta es el total de errores al nombrar números (o+a+s+t) más el total de errores si nombra letras (l). Siendo o= omisiones; a= adiciones; s= sustituciones; t= transposiciones; l= letras.

Para facilitar el análisis estadístico se agruparán el CRP_{V1} y el CRP_{V2} , en una variable nueva denominada CRP_V , que engloba a las dos V1 y V2, siendo la ecuación empleada

$$CRP_V = 100 - ((e_V / 80) \times 100)$$


Siendo e_V , el número total de errores cometidos en las dos láminas verticales V1 y V2.

Esta valoración permite comparar el comportamiento, que se analizará en el siguiente capítulo, sobre cuando se cometen más fallos, y donde se producen más; por ejemplo si es a nivel del control oculomotor cuando se requiere más atención, cuanto menor es la presencia de distractores o cuando el proceso es más automático.

Tabla 3.7.

Transformación del número de errores a tanto por cien para conocer la Calidad de Realización de la Prueba (CRP).

CRP %	Nº errores
98,75	1
97,5	2
96,25	3
95	4
93,75	5
92,5	6
91,25	7
90	8
88,75	9
87,5	10



5) Niveles de competencia

El objetivo del test ADEMd como herramienta es medir aptitudes y habilidades del sujeto que permitan tomar decisiones de clasificación y evaluación de su competencia. Como las habilidades perceptuales cambian con el tiempo, es posible obtener unas puntuaciones derivadas para distinto rango de edad, que representan la puntuación media obtenida por el sujeto con una edad cronológica particular (o en el punto medio de un intervalo de edad). Sin embargo, este tipo de puntuación es el menos robusto estadísticamente, (debido al hecho de que es derivado de la puntuación del punto medio en edades medias), debiendo ser interpretado con mucho cuidado.

En el ADEMd hay diferentes niveles de competencia para localizar la información directa, pudiendo variar según la dificultad del ejercicio de realización de las láminas. Para conocer la capacidad y velocidad, y facilitar su interpretación las puntuaciones a obtener se han organizado en cinco niveles, que se gradan del 1 al 5.

Al presentar una distribución no normal la muestra se calculan estos cinco niveles en base al diagrama de caja (Figura 3.6.). Se calcula la tendencia central (mediana) que es el cuartil Q2 (corresponde al 50% de los valores encontrados), y la dispersión con los cuartiles Q1 y Q3 (que corresponden respectivamente al 25% y 75% de los valores), para cada variable temporal empleada en los movimientos oculares en cada lámina; siendo el punto medio de todos los niveles el valor del nivel 3, el cual queda dentro del rango intercuartil ($IQR = Q3 - Q1$) y abarca el 50% de los casos centrales; en el nivel 2 se incluyen aquellos sujetos cuyo tiempo de realización de la prueba se encuentra entre Q3 y $Q3 + 1 IQR$; en el nivel 1 se incluían aquellos sujetos con un valor mayor de $Q3 + 1 IQR$. Por la otra parte, los de mayor nivel competencial se gradan con el nivel 4 aquellos sujetos que emplean un tiempo de entre Q1 y $Q1 - 1 IQR$, y el nivel 5 aquellos sujetos con un valor menor de $Q1 - 1 IQR$.

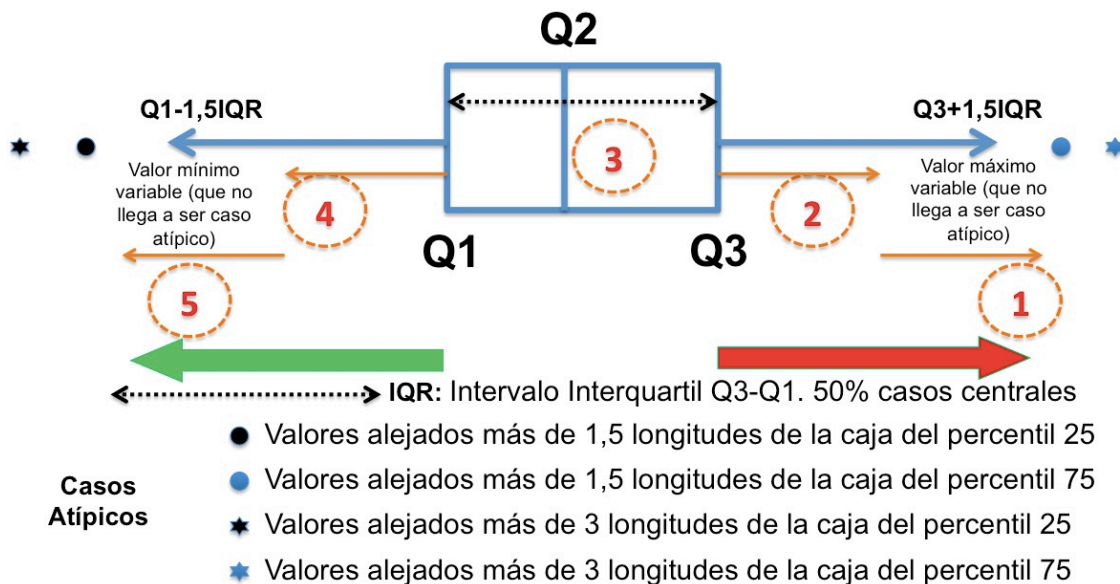


Figura 3.6. Niveles de competencia en base al diagrama de caja. Los valores marcados con la flecha roja indican menor competencia, a mayor valor temporal peor competencia. Los valores señalados por la flecha verde indican mayor competencia para realizar la tarea, a menor valor temporal mejor competencia en el ADEMd.

Para facilitar el análisis y descripción en la evaluación de los sujetos, se realizará la valoración independiente de los tiempos empleados en las láminas V, H y Hd. Se consideran los niveles 1 y 2 como bajos competenciales, el 3 como el nivel medio, y el 4 y 5 como niveles altos de competencia al realizar la tarea. Los que están en el nivel 1 pueden no tener destrezas esenciales careciendo de la base necesaria para seguir adecuadamente los grafismos del test en vertical y/o en horizontal.

Siendo clasificados en esta escala del 1 al 5, de peor a mejor, como Malo (1), Regular (2), Normal (3), Bueno (4), y Excelente (5). En la tabla 3.8. se muestra la gradación en los cinco niveles de competencia.

Tabla 3.8.

Gradación de los niveles de competencia.

Grado 5	Grado 4	Grado 3	Grado 2	Grado 1
<Q1-1IQR	Entre < Q1 y Q1 - 1 IQR	Entre Q3-Q1	Entre > Q3 y Q3 + 1 IQR	>Q3 + 1 IQR

Por tanto se puede considerar como valor normal / óptimo 3, regular 2, malo 1, bueno 4 y excelente 5.

3.4 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

3.4.1. Diseño de la prueba del test ADEM y ADEMd

Hay dos requisitos muy importantes que deben tenerse en cuenta cuando se diseña una prueba si se quiere que esta sea útil, estos son la fiabilidad y la validez.

3.4.1.1. Estudio de la fiabilidad

La fiabilidad es sinónimo de precisión y consistencia de medida, y se refiere al grado en que pueden reproducirse los resultados obtenidos por un procedimiento de medición en las mismas condiciones, es decir, cuando no existen razones teóricas ni empíricas para suponer que la variable a medir haya sido modificada diferencialmente para los sujetos, por lo que se asume su estabilidad, mientras no se demuestre lo contrario (Muñíz, 2010). Por tanto una prueba fiable es la que puede repetirse obteniéndose resultados similares, y es estable internamente a la hora de medir aquello para lo que ha sido diseñada.

Las dos variables más importantes que afectan a la fiabilidad son el método con el que se realiza la prueba y la habilidad de observación del clínico. Fallando si no se realiza la prueba coherentemente cada vez, (método), o si el examinador no sigue el conjunto de instrucciones de la prueba, (habilidad observacional).

Método consistencia Interna

La fiabilidad de la consistencia interna, que hace referencia a la estabilidad de las medidas entre las diferentes partes del instrumento de medición. Una forma de evaluar la consistencia interna de un instrumento es mediante el procedimiento de dos mitades; en este caso todos los participantes responden una sola vez a la prueba. Sin embargo, se le asignan dos puntuaciones a cada participante. Para lograr esto, la prueba se divide en dos mitades. Las dos puntuaciones se pueden calcular dividiendo la prueba a la mitad dependiendo del número de ítems. Se obtiene la correlación entre las dos puntuaciones resultantes y se utiliza la fórmula de Spearman-Brown para estimar la confiabilidad del instrumento completo. Una alta correlación en este análisis nos indica homogeneidad, y provee un índice de la cuantía de error asociado con los resultados del test. Para conocer la consistencia interna de la prueba se valorará la correlación de 40 números:

- 1) entre las dos láminas verticales

2) entre horizontales de la primera mitad, con los horizontales de la segunda parte, en cada lámina H y Hd independientemente.

Habilidad observacional

La segunda variable se puede ver afectada en primer lugar por como el sujeto presenta el mismo comportamiento, y en segundo por la capacidad del examinador de gradar exactamente el mismo proceder. Esta fiabilidad observacional y consistencia del test puede demostrarse por lo menos de tres maneras diferentes:

- Primero, debe tener una fiabilidad aceptable de valoración inter-observador. Al fin de demostrar la consistencia y los resultados de una prueba realizada a un mismo individuo por dos clínicos distintos debe presentar concordancia y puntuaciones razonablemente uniformes. Esta fiabilidad se alcanza cuando dos examinadores entrenados independientemente califican por igual un comportamiento idéntico.
- Segundo, una fiabilidad aceptable de valoración intra-observador se refiere al grado de concordancia de un observador consigo mismo en diferentes momentos. La prueba será consistente si puede ser realizada por el mismo clínico, como mínimo en dos ocasiones diferentes, obteniendo resultados uniformes al gradar un comportamiento idéntico.
- Tercero, una fiabilidad aceptable al repetir la prueba. La prueba también requiere repetibilidad a través del tiempo. ¿Si el ADEM fuese repetido a la misma persona, serían las puntuaciones de la segunda administración similar a las de la primera? ¿se observa el mismo comportamiento?. Si puede demostrarse que la prueba se puede realizar sobre el mismo individuo en dos ocasiones diferentes con resultados similares (suponiendo que no ha intervenido nada que cambie el comportamiento del sujeto), entonces la prueba presenta una aceptable fiabilidad de repetición. El periodo de tiempo entre las dos pruebas lo elegirá

el clínico, asegurándose que el sujeto no recuerda como realizar la prueba, y sin darle tiempo suficiente para poder mejorar la realización normal (generalmente está separada por un intervalo de entre dos semanas a un mes).

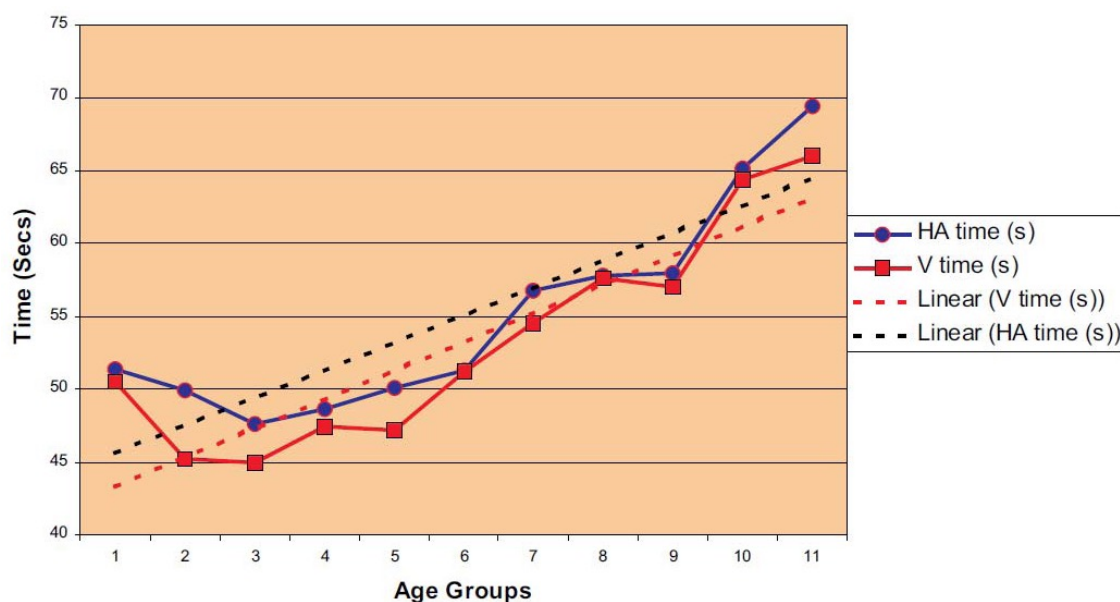
3.4.1.2. Estudio de la validez

Cuando una prueba ha demostrado ser fiable, debe demostrar su validez. La validez se refiere a la previsibilidad de la prueba, y si mide, y con qué exactitud el propósito para lo que ha sido diseñada. En otras palabras, si el sujeto pasa o no la prueba, ¿qué implica sobre alguna otra variable?. El evaluador ha de tener suficiente confianza en los resultados de sus pruebas para ser capaz de indicar con un grado razonable de garantía que existe una condición diagnóstica. Si uno puede demostrar una relación entre la prueba diseñada y alguna otra norma o variable, como por ejemplo la edad, esto lo demostrará más fácilmente. Por ello se valorará entre otras, si varía con la edad del sujeto, con el sexo, y con otra prueba normalizada como es el UFOV para ver si se puede validar y con que precisión la nueva prueba del ADEMd.

Validez de contenido

Dado que no está comercializado, y mientras la prueba no se distribuya, al no estar estandarizado a nivel de su uso, requiere en un principio términos de comparación para orientar a quienes las usan sobre su interpretación y significado clínico. Ello se puede realizar comparando con otras medidas o tests relacionados clínicamente, sería la interpretación basada en el constructo (Ware & Keller, 1996) o bien comparando con los resultados obtenidos en poblaciones o grupos concretos normales, sería la interpretación basada en normas (Ferrer et al., 1997). Una cosa a favor es que si que está muy extendido su uso en el formato del test para niños (DEM) habiendo mostrado su validez en diversos estudios.

Los resultados del primer modelo del ADEM (Gené-Sampedro et al., 2003), mostraron que la prueba seguía el curso del desarrollo/envejecimiento ordenadamente hasta los 68 años, (ver figura 3.7.), produciéndose una mejoría en las primeras etapas, (grupos 1 a 3, edades de 14 a 29 años) y un incremento del tiempo de realización de las pruebas conforme avanzaba la edad, siendo peor con el comienzo del envejecimiento (grupos 10 a 11, edades de 58 a 68 años), habiendo por tanto una correlación entre la prueba y la edad del sujeto. Habrá que demostrar si esta correlación con la edad se cumple en la variante del ADEM realizada y en la nueva lámina Hd desarrollada.



Fuente: Gené-Sampedro et al., 2003

Figura 3.7. Resultados del ADEM en base a la edad por grupos. Siendo HA el tiempo ajustado empleado en realizar la lámina horizontal, y V el tiempo empleado en realizar la lámina vertical.

Validez del criterio

¿Pueden unos valores bajos en el ADEMd determinar un problema atencional visual, y ser relacionado con algunas de las tareas requeridas en diversas actividades, como podría ser en la conducción? Si se puede demostrar que el test oculomotor del ADEMd detecta sujetos con problemas

visuo-cognitivos, y se puede relacionar con cambios que pueden ocurrir en diversas poblaciones, entonces tendríamos la evidencia de que esta prueba es válida en dicho aspecto. Para los propósitos de esta explicación, la validez del criterio es el concepto que una prueba determinada pronostica algún otro suceso.

Examina en qué grado la puntuación del test se correlaciona con aquellas otras pruebas conocidas que miden la misma habilidad. Para poder obtener la validez de criterio en un grupo específico como son los conductores, como diseñador del test la he establecido comparando la medición obtenida con la de un criterio externo, es decir con otro instrumento debidamente validado, en nuestro caso aunque ambos test no miden lo mismo (figura 3.8.), hay algunas funciones que parecen estar relacionadas por ello se comparará con una prueba de campo atencional que se ha mostrado válida en la conducción, esta es el test UFOV, (anexo 4). Esta prueba, la cual se comentó en el apartado 2.3.1.3., se considera válida ya que en general, la gente que presenta alteraciones en este test presenta correlación con alteraciones en la conducción y su desarrollo, estando relacionado con los accidentes como se ha comentado anteriormente.

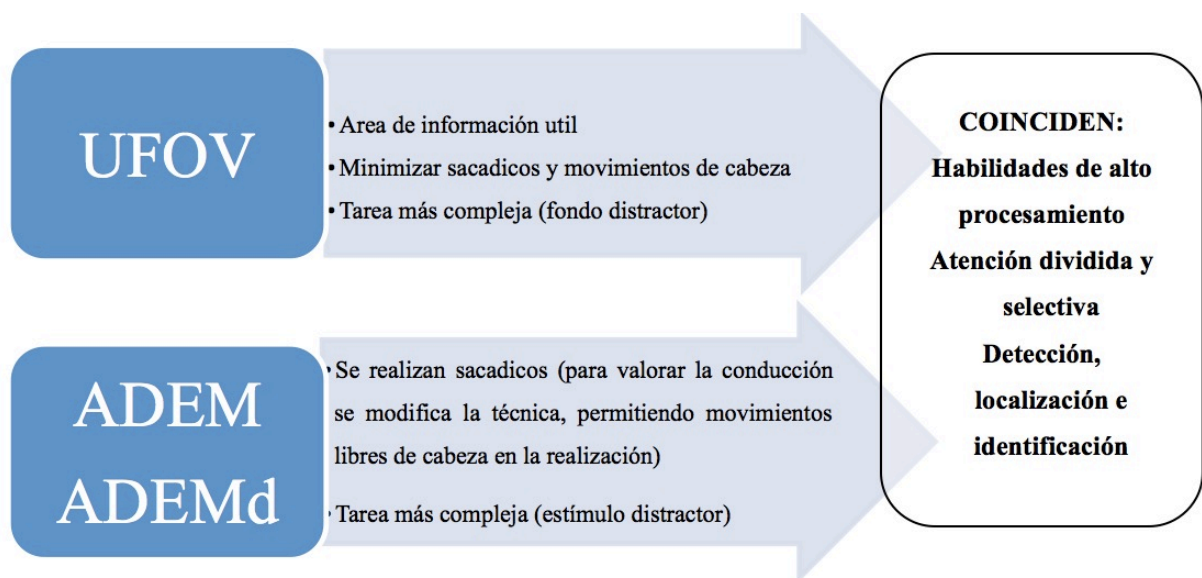


Figura 3.8. Coincidencias y diferencias del test UFOV con el ADEM y el ADEMd.

Para poder validar la idoneidad del test ADEMD, en su capacidad atencional visual, se valorará en una fase previa en una sub-muestra de sujetos jóvenes y mayores si existe alguna correlación con los resultados obtenidos en alguna de las tres pruebas que conforman el test UFOV. Cuanto mayor sea la relación de los resultados de la investigación con los del criterio, mayor será la validez del instrumento para esa misma valoración.

3.4.2. Preparación de los datos y estadística

Una vez finalizada la fase de toma de datos se procedió a la preparación del archivo de datos para posteriores análisis, para lo cual se empleó una tabla de entrada de los datos obtenidos mediante la utilización del programa informático de Microsoft “Excel 2010” (Windows). Este programa se utiliza inicialmente como hoja de cálculo y base de datos por su versatilidad y condiciones que presenta para realizar cualquier tipo de trabajo con los datos. Su estructura en filas, columnas y celdas conforman un esquema interesante para la formación de cualquier base de datos, añadiendo la posibilidad de variar tanto los modos de presentación como las finalidades de texto, valores, fórmulas, etc.

Con la finalidad de depurar los datos y reducir al mínimo el impacto de potenciales errores durante el proceso de recogida, se realizaron una serie de análisis previos para eliminar los datos ausentes y descartar las posibles incongruencias.

En este archivo excel se escribían los resultados de los cuestionarios, los tiempos parciales y totales de lectura vertical y horizontal en cada lámina, las respuestas de memoria visual y los errores cometidos en cada lámina. Los tiempos ajustados, ratios, y calidad de realización de la prueba eran calculados automáticamente con las formulas pertinentes ubicadas en el programa. Aunque el software excel tiene un módulo de estadística y permite realizar las representaciones gráficas, el cálculo y el análisis estadístico. Para

analizar los datos, y crear las gráficas, se realizó mediante un programa estadístico de ordenador más potente como es el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, versión 22.0) para Windows (SPSS Inc, Chicago, IL, USA), siendo transferidos los datos tratados en excel para su manejo. Los cálculos realizados y los análisis estadísticos aplicados se han realizado para todos los datos obtenidos y para cada uno de los grupos formados. Los métodos estadísticos se han elegido en función de los objetivos planteados, de las unidades de análisis, del tamaño de la muestra y del tipo de variables.

En el capítulo 4 se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico para poder comunicar de forma correcta e inequívoca los resultados de la investigación. Mediante la estadística descriptiva se reúne, organiza, presenta, analiza e interpretan los datos. Mediante la estadística analítica se estudia el comportamiento de los datos para obtener conclusiones y predicciones sobre la población. Entre otras se hacen inferencias, pruebas de hipótesis y se determina la relación entre las distintas variables.

Para el significado de los resultados de las pruebas se reporta en las formas sugeridas por Coolican (1990), basado en el nivel de probabilidad p , siendo "significativo" $p < 0,05$; "muy significativo" $p < 0.01$; y "altamente significativo" $p < 0.001$. Dependiendo de lo que se valore, las probabilidades reportadas se basan en pruebas de dos colas o en una cola, en la medida en que cada comparación tuvo dos direcciones posibles.

Para orientar en la toma de la decisión más apropiada para el análisis de los datos, se muestran los pasos a seguir.

1) Distribución

En primer lugar, debemos elegir entre pruebas paramétricas y no paramétricas. Las primeras asumen algún tipo de distribución (generalmente la normal o gaussiana) sobre nuestra población analizada, mientras que las segundas no lo aceptan.

Para la valoración del comportamiento que siguen los datos se ha realizado el estudio de la distribución. Para ello se aplica el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) el cual es uno de los más extendidos en la práctica para este propósito. Mediante dicho análisis se considera la hipótesis nula (H_0) por la que la distribución de la variable es normal, y por tanto la p debería ser mayor de 0,05 (por norma general el nivel es 0,05 o 0,01, (en la tesis se ha determinado 0,05). Si $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula (H_0), aceptando la hipótesis alternativa (H_1), y considerando que la distribución no se ajusta a la normalidad.

Una parte de los parámetros evaluados en esta tesis siguieron una distribución no normal, por lo que se aplicaron pruebas no paramétricas para la descriptiva de los datos, como medida de la frecuencia, la tendencia central (mediante la mediana) y la dispersión (mediante los cuartiles 25% y 75%). Los cuartiles nos permiten la comprobación de puntuaciones dividiendo los grupos en cuatro partes iguales que representan el 25% o un cuarto de la muestra.

2) Observaciones dependientes o independientes

Una vez determinada la distribución la siguiente pregunta es si los datos son independientes o no. Dos muestras son independientes si no hay nada en común, por ejemplo si ambas se obtienen de distintos individuos. Si las dos muestras son de los mismos individuos, al haber algo en común se consideran muestras dependientes (Armstrong & Eperjesi, 2001).

Cuando se comparan dos grupos los datos dependientes están apareados; si tenemos tres o más grupos de datos hablamos de medidas repetidas. Se considera que dos o más observaciones son dependientes si los valores de un grupo están más próximos a su “pareja” en el otro grupo que a cualquier otro valor del segundo grupo elegido al azar. En general son datos apareados o repetidos los medidos dos o más veces sobre la misma unidad de estudio, y los medidos en sujetos apareados.

3) Tipo de datos

Al fijarse en el tipo de datos con que se trabaja se debe identificar cuál es la variable resultado o dependiente, (evento que estamos investigando que surge como respuesta del estudio y que se va a analizar), representando en base a los resultados de esta variable la intervención que se desea proponer. En el siguiente capítulo se analizarán los tiempos de ejecución de las láminas, cocientes, calidad de realización de la prueba y niveles de competencia. Y aquellos atributos no modificables, que serán las variables independientes, factores predictivos o explicativos que predeterminan la respuesta (son aquellas variables que se conocen al inicio de la experiencia). Estas variables independientes son la edad, el sexo, escolaridad, si conducen.

4) Representación gráfica

Se ha empleado la representación gráfica para explorar y resumir los datos. Por ejemplo se muestran gráficamente las correlaciones de las variables más representativas, y también se utilizan los diagramas de caja, permitiendo analizar el comportamiento de los valores, e identificar valores atípicos u *outliers*. Fueron efectuados los cálculos con y sin valores atípicos para analizar su influencia en los resultados.

5) Diferencias significativas entre las poblaciones

Para valorar la posible existencia de diferencias significativas entre dos muestras, y al emplear pruebas no paramétricas se ha utilizado la prueba de U de Mann-Whitney para muestras independientes, y la prueba W de Wilcoxon para muestras dependientes (Armstrong, Davies, Dunne, & Gilmartin, 2011). Estas permiten, similar a la T de Student en pruebas paramétricas, una estimación en este caso de distribución de proporciones, medianas y rangos en variables cuantitativas, y la comparación de medianas y proporciones en distintas poblaciones

Para contrastar la hipótesis de si varias distribuciones son iguales o presentan diferencias, en caso de tener más de dos muestras, al igual que el

ANOVA como homóloga en pruebas paramétricas, en el caso nuestro de no paramétricas se ha empleado la prueba de Kruskal-Wallis para variables independientes, y la de Friedman para variables dependientes. Además de determinar que existen diferencias entre las medianas, es posible que se desee saber cuánto difieren. Por ello se sigue de un procedimiento de comparación múltiple para determinar las parejas entre las que existe diferencia mediante el test de Mann-Whitney (Armstrong et al., 2011).

La diferencia se considera, como valor estadísticamente significativo, cuando el *p-valor* asociado al estadístico es inferior a 0,05.

6) Correlación entre parámetros

Con el análisis de correlación se calcula la relación existente entre dos variables, en lo que se refiere a la intensidad y sentido (positivo y negativo). Dos variables pueden estar perfectamente relacionadas, pero si la relación no es lineal, el coeficiente de correlación no es un estadístico adecuado para medir su asociación (Armstrong & Eperjesi, 2005).

Dado el criterio de utilizar pruebas no paramétricas, para el análisis de la relación existente entre los diferentes parámetros medidos, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman. Este es un índice que mide el grado de covariación o asociación entre distintas variables relacionadas linealmente. Se ha considerado este valor estadísticamente significativo para un valor de *p* inferior a 0,05.

La *r* de Spearman puede variar entre -1 y 1. Considerando que si *r* es menor que 0,2 indica una asociación muy baja; entre 0,2 y 0,39 baja; entre 0,4 y 0,69 moderada entre 0,7 y 0,89 alta; y entre 0,9 y 1 una asociación muy alta.

Este método de análisis es comúnmente utilizado en las investigaciones de visión para validar nuevos test, para los propósitos de repetitividad, y para predecir una medida con respecto a otra.

7) Análisis de regresión lineal

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables cuantitativas. Tanto en el caso de dos variables (regresión simple), como en el de más de dos variables (regresión múltiple), el análisis de regresión lineal puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre una variable llamada dependiente o criterio (Y) y una o más variables llamadas independientes o predictoras (X_1, X_2, \dots, X_n), así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos.

3.4.3. Limitaciones de la metodología

Entre las limitaciones importantes la principal, en cuanto a las pruebas realizadas es que está centrada fundamentalmente en las capacidades visuales relacionadas con el desarrollo cognitivo, profundizando en los movimientos oculares involucrados, y valorando la presencia de posibles alteraciones que influyan en la conducción. Sin embargo, una disfunción oculomotora primaria puede ser debida a una parálisis de un músculo ocular, a una disfunción cerebelar o del mesencéfalo, o por problemas del sistema nervioso central. Si estas fuesen las causas entonces el problema podría ser fácilmente diagnosticado con un simple test oculomotor.

Sin embargo las disfunciones oculomotoras no son generalmente la causa de los problemas, sino que parecen un factor exacerbado y una indicación de otras asociaciones, o por posibles problemas cognitivos subyacentes asociados. Si bien en esta tesis, al ser la muestra de estudio de sujetos libres de patología ocular manifiesta, no se dispondrá por tanto de personas con disfunciones oculomotoras primarias tan manifiestas que puedan afectar a los resultados. En los grupos con enfermedad neurodegenerativa se tendrá en cuenta para, en caso de haberlos, no incluir sujetos afectados con estas deficiencias.

Por otro lado, la *población* de este estudio sólo incluye caucasianos, entonces los resultados están limitados no generalizándose a otros grupos

étnicos. También hay que tener en cuenta que dentro de la muestra del grupo normal acerca de la cual se va a hacer los hallazgos, al haber sujetos mayores se perfila con peculiaridades y variables específicas, pudiendo incluir adicionalmente otras áreas deterioradas, como trastornos de movilidad, mentales, cardiovasculares y sensoriales, o incluso la medicación que toman, que influyan en el comportamiento del sujeto. Para ello hay que tener en cuenta que todo puede afectar a la habilidad de conducir, y dado que también estos son prevalentes en los ancianos, es indudable que son un factor a tener en cuenta y que aquellas áreas que puedan ser mejoradas, van a favorecer positivamente el comportamiento del individuo al mejorar sus capacidades. A través del cuestionario y de la entrevista se valoran estas posibles influencias en los sujetos. También hay que tener en cuenta que la toma de datos se realiza fundamentalmente en un CRC y en un establecimiento sanitario de atención primaria visual de óptica, y en una menor medida en otros lugares. Esto puede implicar un sesgo en la población analizada, pudiendo verse los resultados obtenidos influidos por este hecho.

Evidentemente existen delimitaciones en cuanto al lugar de medida al realizar la prueba en un entorno tranquilo, con la condición lumínica controlada, dado que al desear valorar los movimientos oculares y la atención, se evitan que existan otras condiciones que pueden influir en los resultados, como serían los factores ambientales que pueden suceder en diferentes condiciones en los entornos de conducción, eventos inesperados, o tráfico denso, siendo estas variables difíciles de controlar.

En cuanto a las condiciones del test de valoración desarrollado, se debe indicar que no se realiza bajo el contexto habitual del entorno de la conducción, donde los objetos que tiene que percibir el conductor raramente están estacionarios, sino que se mueven con diferentes velocidades y direcciones con respecto al sujeto. Por tanto la prueba utilizada puede medir características que no se relacionen exactamente con las exigencias visuales dinámicas de la conducción. Pero el conductor si que está constantemente haciendo movimientos de ojos y de cabeza, para captar y desplazar las

localizaciones de las imágenes a una ubicación correcta en su retina, siendo la extrapolación de los diversos movimientos involucrados, los que se aplican en la realización de la prueba, con una multitarea de procesamiento visuo-verbal cognitivo, y la incorporación de una nueva prueba que exige una doble tarea de atención, lo que permite, bajo la premisa de que son movimientos oculares similares, tratar de relacionarlo con movimientos oculares y acciones que se producen en el entorno real de la conducción.

3.5 CONCLUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

La detección visual de estímulos centrales y periféricos, y en general la identificación de peatones, vehículos, señales de tráfico y de las marcas de la carretera requiere el mantenimiento de la atención y de la habilidad para adquirir, procesar, identificar y responder adecuadamente en los diversos entornos y condiciones viales.

El funcionamiento visual óptimo depende de la integración de un número de habilidades, los extremos de los cuales no están bien definidos, sin embargo una parte fundamental son las capacidades involucradas en los movimientos oculomotores y su integración con las capacidades cognitivas.

En este capítulo se ha mostrado la aplicación de un método para tratar de responder a las preguntas planteadas. Se han contemplado y controlado las posibles fuentes de sesgo, indicando todos los factores medibles del diseño, detalles sobre su ejecución, la población y el procedimiento de extracción de la muestra.

Con el test propuesto se analizan, en base a las demandas exigidas o involucradas, diversos factores de búsqueda espacial visual en las distintas fases de la prueba, siendo esta tarea baja (láminas verticales V), alta (lámina horizontal H), y muy alta (lámina horizontal distractora Hd); en la lámina final, además de la memoria y la atención visual que se requiere emplear, se

incorporan distractores visuales que implican una mayor demanda atencional central. Esta última se puede considerar dentro de la categoría de las habilidades de análisis visual que evalúa la capacidad para reconocer y recordar la información presentada visualmente.

Dada la importancia de los movimientos oculomotores para extraer información útil del entorno, y que se encuentran implicados en muchas actividades y ámbitos, resulta interesante su estudio en diversos escenarios, uno de los cuales es la conducción. Si conocemos las funciones visuales relacionadas con la lectura, y las habilidades visuales necesarias, se puede trazar analogías para conocer el nivel de funcionamiento y capacidad visual de un sujeto. Dado que percibimos y decodificamos cognitivamente la información, puede ser interesante relacionar los movimientos oculomotores involucrados con los procesos atencionales.

La necesidad de un instrumento de detección visual sencillo, económico, eficaz y rápido de realizar, está justificado en base a los requerimientos desarrollados en la tesis, analizando mediante los resultados obtenidos en el siguiente capítulo, si puede relacionarse con algunos patrones oculomotores y atencionales que se emplean en la conducción.

“Lo que hoy es probado, ayer apenas era un sueño.”

William Blake (1757-1827)

Capítulo 4.-
ANÁLISIS DE LOS DATOS

Capítulo IV. ANÁLISIS DE LOS DATOS

4.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUJETOS

4.2.1. Distribución de la muestra sana y patológica

4.2.2. Descriptivos del grupo sano

4.2.3. Descriptivos de los grupos neurodegenerativos

4.3 CARACTERIZACIÓN DEL ADEMd EN EL GRUPO SANO

4.3.1. Resultados de los parámetros temporales de las láminas

4.3.2. Estudio de la fiabilidad y de la validez

4.3.3. Relación entre los cocientes de las láminas

4.3.4. Calidad de la realización de la prueba

4.3.5. Niveles de competencia

4.4 MODELOS DE DATOS EN CADA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

4.4.1. Influencia de variables socio-demográficas en el ADEMd

4.4.1.1. Efecto de la edad

4.4.1.2. Efecto del género

4.4.1.3. Efecto del nivel de estudios

4.4.1.4. Influencia del ser conductores

4.4.2. Comportamiento del ADEMd en enfermedades neurodegenerativas

4.4.2.1. Influencia de la esclerosis múltiple en el ADEMd

4.4.2.2. Influencia del Alzheimer en el ADEMd

4.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A lo largo de los apartados de este capítulo se proporciona la información organizada y sintetizada, generada a partir de la extracción de los datos estadísticos descriptivos y analíticos, sobre los asuntos investigados.

Como esquema general se presenta en primer lugar toda la información relevante sobre la muestra analizada, así como las características y los factores pronósticos y socio-demográficos de los sujetos, que permitan posteriormente la comparación de los grupos y la extrapolación de los resultados.

En segundo lugar, en el apartado 4.3, denominado “*Caracterización del ADEMd el grupo sano*”, se analizan los diversos parámetros de las láminas, sus relaciones, y en los niveles de competencia de los sujetos, que permita conocer la respuesta a la pregunta inicial de investigación planteada en el capítulo 2, la cual cuestionaba ¿puede ser factible implementar un test oculomotor que interaccionase diversas áreas cognitivas, y que a la vez fuese sencillo, fácil y rápido de realizar, permitiendo valorar desde los procesos desde más automáticos hasta los procesos que requiriesen mayor atención?.

En el siguiente apartado, 4.4, se muestran los resultados obtenidos para cada pregunta de investigación, realizando el análisis de los datos recopilados en base a los procedimientos descritos en el capítulo 3. Tal como se indicaba en el segundo capítulo, y con la finalidad de responder en un sentido u otro a la cuestión de si influye el ser conductor en los valores encontrados en la prueba ADEMd, se analiza si puede relacionarse la habilidad empleada de búsqueda atencional, mediante la cuantificación temporal y los errores cometidos, en actividades cognitivas extrapolables a las requeridas en las estrategias en ciertos entornos de la conducción. Valorando por ejemplo si la pérdida de la habilidad ocular, se ve relacionada con cambios a nivel de hábitos en la conducción, por ejemplo en la frecuencia, de una más dinámica con un mayor número de kilómetros conducidos, a una situación más estática con una

reducción en los kilómetros conducidos. En este mismo apartado de modelos de datos, en el subapartado segundo, se valora el comportamiento del ADEMD en sujetos con patología neurodegenerativa diagnosticada; para ello se analiza en dos tipos de enfermedades muy extendidas como son la Esclerosis Múltiple (EM) y la Enfermedad de Alzheimer (EA). El objetivo es indagar si existe relación entre la ejecución de la tarea y los posibles cambios producidos entre los sujetos conductores sanos, y los no conductores sanos y no sanos con enfermedades neurodegenerativas.

Para asegurar el análisis adecuado, en cada subapartado se sigue una secuencia lógica que muestra primero los resultados y los hallazgos generales, seguidos de los análisis secundarios por orden de relevancia, incluidos aquellos resultados negativos que no satisfagan las hipótesis previas.

Con respecto a los valores atípicos^{xviii} (*outliers*) pueden ser interpretados de dos formas, o representan errores en la introducción de datos, en cuyo caso deben ser eliminados, o forman parte del fenómeno de estudio, en cuyo caso deben estar incluidos indicando su existencia. En este estudio los valores atípicos fueron analizados e interpretados, concluyendo que no se trataban de errores en la introducción de los datos, y sí que formaban parte del fenómeno de estudio. Se trataba de sujetos que, aunque cumplían los requisitos para la participación en la prueba, tomaban algún tipo de medicación, tenían problemas respiratorios, o fueron extremadamente rápidos o lentos. Se efectuó el análisis sin los datos atípicos, no obteniendo diferencias significativas en los resultados. Estos valores no están aquí representados para no hacer este texto demasiado largo. Hay que señalar por ello que los resultados que se muestran en este capítulo, así como todos los cálculos estadísticos posteriores, se han obtenido sobre las poblaciones resultantes sin eliminar dichos valores atípicos.

En el capítulo 5, se analizará, valorará, discutirá e interpretará crítica y objetivamente las implicaciones de los hallazgos de los resultados mostrados en este. Analizando dentro del contexto de la literatura, su pertinencia con las

^{xviii} Observaciones demasiado grandes o pequeñas con respecto al resto de valores de la variable.

preguntas de investigación o las hipótesis planteadas que han justificado el desarrollo de esta tesis.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUJETOS

4.2.1. Distribución de la muestra sana y patológica

Para describir la población estudiada se divide en tres bloques que muestran las características globales de la población sana, y de los dos grupos con enfermedad neurodegenerativa, el de EM y la EA.

Tabla 4.1.-

Resultados obtenidos para caracterizar las muestras.

Grupos	Sana n=302	EM n=46	EA n=29
Edad	52,2±18,7	42,9±11,1	79,8±7,2
Género femenino	52,6%	65,2%	75,9%
Nivel estudios	2,0±0,9	1,9±0,8	1,4±0,8
Conductores	70,9%	65,2%	0,0%
Calidad Vida	2,8±0,7	2,2±1,0	3,2±0,4
Calidad Visual	2,7±0,8	2,6±0,9	2,0±0,9
Calidad Lectura	2,7±0,8	2,6±0,8	1,9±0,8

Los valores se expresan como media ± desviación estándar, o en tanto por cien; siendo EM: esclerosis múltiple; y EA: enfermedad de Alzheimer.

En la tabla 4.1. se presentan los valores de la distribución central de la población, mostrando parte de las variables socio-demográficas indagadas, y las variables funcionales que se han considerado más importantes de los sujetos que participaron en el estudio. El nivel educativo alcanzado se gradó en

una escala ordinal de tres posibles niveles, siendo el 1 el valor más bajo y el 3 el valor más alto. Con respecto a las variables funcionales de calidad (vida, visual y de lectura) se clasificaron en una escala ordinal likert de 0 a 4, siendo el 0 pésima y el 4 un valor excelente.

Dadas las características intrínsecas de aparición de las enfermedades neurodegenerativas valoradas, la edad media en el grupo de la EM es mucho menor que en el de EA, apreciándose una mayor prevalencia del género femenino en este último grupo.

4.2.2. Descriptivos del grupo sano

La población del grupo estudio sano consistió en 302 personas con una edad media de $52,2 \pm 18,7$ años (rango 20-86), siendo 143 hombres (47,4%) y 159 mujeres (52,6%). En este grupo conducían 214 sujetos (70,9%), siendo la mayoría hombres, 127 sujetos (59,3%).

En la variable escolaridad, el 36,1% tenían un nivel de estudios superior, el 26,8% medio y el 37,1% lo tenían básico.

Ante las tres preguntas específicas en el cuestionario (anexo 2) de qué calidad consideraban que tenía su vida, su visión y cuando leían, se obtuvieron unos valores medios de $2,8 \pm 0,7$, $2,7 \pm 0,8$, y $2,7 \pm 0,8$ respectivamente. Siendo con una calificación de buena y excelente, un 68,1%, 59,3% y 64,9% de las respuestas a nivel de calidad vida, visión y cuando leían respectivamente. Se observa que la media ante dichas preguntas está por encima del valor considerado normal, el cual se gradaba con 2 puntos. A nivel de la capacidad visual percibida, valorada mediante las cuestiones del test VF14 (anexo 3), presentaban una puntuación media de $96,0 \pm 7,1$ sobre un valor máximo de 100 puntos.

Para facilitar el análisis de la muestra, en la tabla 4.2. se presentan los resultados de las variables socio-demográficas y las características funcionales desglosados en diferentes grupos de edad. Se divide en siete grupos etarios, siendo el primero en un rango de 20 a 24 años, los cinco grupos siguientes en

intervalos de 10 años, y el último grupo, el de mayor edad, abarcando un rango de 75 años en adelante.

Tabla 4.2.-

Variables socio-demográficas y características funcionales en los grupos de edad que se ha dividido la muestra sana.

Grupos Edad	≤ 24 n=26	25 a 34 n=55	35 a 44 n=31	45 a 54 n=32	55 a 64 n=65	65 a 74 n=61	≥75 n=32
Edad	22,2±1,0	29,5±2,9	40,5±2,9	50,3±2,6	59,9±3,0	69,5±3,2	80,0±3,3
Género femenino	65,4%	58,2%	54,8%	50,0%	50,8%	49,2%	43,8%
Conductores	80,8%	78,2%	90,3%	84,4%	72,3%	55,7%	43,8%
Nivel estudios	2,6±0,8	2,4±0,8	1,9±0,8	2,1±0,8	1,7±0,7	1,8±0,9	1,7±0,9
Calidad Vida	3,2±0,7	2,9±0,6	2,8±0,7	2,7±0,6	2,7±0,8	2,7±0,7	2,6±0,7
Calidad Visual	3,2±0,6	2,9±0,8	2,7±0,7	2,6±0,8	2,7±0,7	2,5±0,7	2,2±0,7
Calidad Lectura	3,4±0,6	3,1±0,8	2,6±0,9	2,6±0,6	2,6±0,7	2,5±0,8	2,4±0,7

Los valores se expresan como media ± desviación estándar, o en tanto por cien.

En la mayor parte de los grupos se observa una disminución cuantitativa en los resultados de las variables analizadas con la edad. Siendo el grupo donde menos conductores hay en el de los más mayores.

4.2.3. Descriptivos de los grupos neurodegenerativos

La muestra de los dos grupos con enfermedad neurodegenerativa, EM y EA, estaba formada por 75 personas con una edad media de 57,1±20,5 años (rango 23-93), siendo 23 hombres (30,7%) y 52 mujeres (69,3%). En ella conducían 30 sujetos (40,0%), siendo todos pertenecientes al grupo con EM.

A continuación se presentan desglosados los descriptivos seleccionados en cada uno de los dos grupos que conforman este subapartado.

Esclerosis Múltiple:

La muestra del grupo con EM consistió en 46 personas con una edad media de $42,9 \pm 11,1$ años (rango 23-75), siendo 16 hombres (34,8%) y 30 mujeres (65,2%). En este grupo había 30 conductores (65,2%), siendo más mujeres, 17 sujetos (55,7%) que hombres.

En la variable escolaridad, el 34,8% tenían un nivel de estudios superior, el 39,1% medio y el 26,1% lo tenían básico.

Ante las preguntas a los sujetos de con qué calidad percibían su vida, su visión y cuando leían, se obtuvieron con una calificación de buena y excelente, un 41,3%, 54,3% y 56,5% respectivamente. Siendo, sobre una escala de 1 a 3, los valores medios de su vida de $2,2 \pm 1,0$, de su visión de $2,6 \pm 0,9$, y de su lectura de $2,6 \pm 0,8$. Se observa que la media está por encima del valor considerado normal. Específicamente en este grupo se disponía de la escala ampliada del estado funcional de discapacidad o Expanded Disability Status Scale (EDSS), obteniendo una puntuación media EDSS de $2,7 \pm 1,6$ (rango 0-7) aumentando con la edad.

En la tabla 4.3 se presentan los resultados de las variables socio-demográficas, y las variables funcionales del grupo neurodegenerativo con EM. Para facilitar su comparativa la muestra se ha dividido en los mismos grupos etarios que la muestra normal, sin embargo no hay sujetos en el grupo de ≥ 75 años, estando la mayoría de los sujetos con EM en el rango de 25 a 54 años.

Tabla 4.3.-

Variables socio-demográficas y características funcionales en los grupos de edad que se ha dividido la muestra con esclerosis múltiple.

Grupos Edad EM	≤ 24 n=1	25 a 34 n=12	35 a 44 n=12	45 a 54 n=16	55 a 64 n=4	65 a 74 n=1	≥75 n=0
Edad	23,6±	31,0±2,2	39,5±3,3	48,9±2,6	61,2±2,2	75,8±	-
Género femenino	100,0%	66,7%	66,7%	68,8%	50,0%	0,0%	-
Conductores	0,0%	75,0%	75,0%	62,5%	50,0%	0,0%	-
Nivel estudios	1,0±	2,2±0,7	1,6±0,8	2,1±0,8	1,5±0,6	2,0±	-
Calidad Vida	3,0±	2,9±0,8	2,3±0,8	1,8±0,8	1,3±1,0	3,0±	-
Calidad Visual	4,0±	2,8±0,9	2,6±0,8	2,5±1,0	2,3±0,5	3,0±	-
Calidad Lectura	3,0±	2,8±0,8	2,7±0,8	2,2±0,8	2,5±0,6	3,0±	-
EDSS	1,5±	1,9±1,3	2,6±1,6	3,0±1,7	3,9±1,7	6,0±	-

Los valores se expresan como media ± desviación estándar, o en tanto por cien; siendo EM: esclerosis múltiple; y EDSS: Expanded Disability Status Scale.

Alzheimer:

La población del grupo con EA consistió en 29 personas con una edad media de 79,8±7,2 años (rango 61-93), siendo 7 hombres (24,1%) y 22 mujeres (75,9%). En este grupo no conducía ningún sujeto.

En la variable escolaridad, el 16,0% tenían un nivel de estudios superior, el 12,0% medio y el 72,0% lo tenían básico.

Ante las preguntas de qué calidad consideraban que tenía su vida, su visión y cuando leían, se obtuvieron con una calificación de buena y excelente, un 100,0%, 34,5% y 31,0% respectivamente.

A nivel de la calidad global percibida por los pacientes de cómo consideraban su vida fue de 3,2±0,4, siendo la de visión de 2,0±0,9, y la de lectura de 1,9±0,8. Aunque se observa que la media está por encima del valor considerado normal, los valores hay que tomarlos con precaución dado el

estado cognitivo de la población que se analiza. Por dicho motivo, específicamente en este grupo se valoró a todos los sujetos su estado cognitivo con el MEC (Mini Examen Cognoscitivo) (Lobo et al., 2002), obteniendo un valor medio de $17,4 \pm 4,4$ (rango 9-25), que indicaría una demencia moderada. El grado de demencia medio valorado mediante este test se observa que aumenta con la edad, habiendo algún sujeto con demencia severa <10 puntos.

Para facilitar la comparativa de la muestra se ha dividido en los mismos grupos etarios que el grupo normal, sin embargo hay cuatro de los grupos que no tienen ningún sujeto con EA, estando los sujetos de este grupo en el rango de 55 años en adelante. En la tabla 4.4 se presentan los resultados de las variables socio-demográficas, y las funcionales de calidad en el grupo neurodegenerativo con EA.

Tabla 4.4.-

Variables socio-demográficas y características funcionales en los grupos de edad que se ha dividido la muestra con Alzheimer.

Grupos Edad EA	≤ 24 n=0	25 a 34 n=0	35 a 44 n=0	45 a 54 n=0	55 a 64 n=2	65 a 74 n=3	≥ 75 n=24
Edad	-	-	-	-	$62,0 \pm 1,4$	$72,5 \pm 1,9$	$82,1 \pm 4,7$
Género femenino	-	-	-	-	0,0%	66,7%	83,3%
Conductores	-	-	-	-	0,0%	0,0%	0,0%
Nivel estudios	-	-	-	-	$1,5 \pm 0,7$	$2,0 \pm 1,0$	$1,5 \pm 0,7$
Calidad Vida	-	-	-	-	$3,0 \pm 0,0$	$3,3 \pm 0,6$	$3,2 \pm 0,4$
Calidad Visual	-	-	-	-	$2,5 \pm 0,7$	$2,0 \pm 1,0$	$1,9 \pm 0,9$
Calidad Lectura	-	-	-	-	$2,5 \pm 0,7$	$2,0 \pm 1,0$	$1,9 \pm 0,9$
MEC	-	-	-	-	$24,0 \pm 1,4$	$19,3 \pm 3,1$	$16,2 \pm 5,2$

Los valores se expresan como media \pm desviación estándar, o en tanto por cien; siendo EA: enfermedad de Alzheimer; y MEC (Mini- Examen Cognoscitivo).

4.3 CARACTERIZACIÓN DEL ADEM_d EN EL GRUPO SANO

4.3.1. Resultados de los parámetros temporales de las láminas

Los datos obtenidos de las variables temporales se resumen a continuación. La distancia media de realización de la prueba para leer los números de las láminas fue de $42,7 \pm 3,1$ cm. Dado que algunos de los resultados de estos parámetros, al desglosarlos en los grupos de edad, salían con una distribución no normal, se va a aplicar la estadística no paramétrica a todos los datos, para el manejo e inferencias de datos de esta tesis. Previo al manejo de los datos se comprobó si había alguna influencia en cuanto al lugar de medida de la prueba, para ello se dividió la muestra normal en dos subgrupos, diferenciando entre población clínica (pruebas realizadas en CRC y en establecimiento de óptica), de una población no clínica (el resto de lugares donde se realizó el ADEM_d), no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ambas poblaciones, por tanto se considera para los cálculos estadísticos que se realizaran a continuación como un único grupo la muestra sana, el cual está formado por 302 sujetos.

Los resultados temporales globales analizados en cada una de las cuatro láminas verticales (V1 y V1), y horizontales (H y Hd), se muestran en la tabla 4.5. También se pone el tiempo ajustado de las cuatro láminas (V1aj, V2aj, Haj y Hdaj). Para facilitar la comparativa de las dos láminas verticales con cada una de las horizontales, se han agrupado los dos tiempos verticales, en uno único (Vaj), denominándolo tiempo vertical ajustado total (corresponde a $V1aj + V2aj$, siendo la lectura total de 80 números de las dos láminas teniendo en cuenta los errores cometidos).

Todas las variables analizadas presentan una distribución con una asimetría positiva, lo que implica que la mayoría de los datos están en la parte izquierda de la media aritmética, presentando un alargamiento mayor de la cola hacia la derecha.

Tabla 4.5.-

Resultados globales en las láminas del test ADEMD en la muestra sana.

	Rango (seg.)	Asimetría	P25 (seg.)	P50 (seg.)	P75 (seg.)
V1	13,0-89,0	1,7	26,0	30,0	37,5
V1aj	17,0-89,0	1,8	26,0	30,0	37,2
V2	17,0-82,0	1,6	25,0	28,0	36,1
V2aj	17,0-84,1	1,7	25,0	28,0	36,1
Vaj	34,4-173,0	1,7	51,0	57,8	73,7
H	30,0-165,0	1,7	54,0	61,0	75,3
Haj	30,0-165,0	1,7	54,0	61,0	75,3
Hd	38,5-232,0	2,2	57,9	67,0	83,0
Hdaj	38,5-232,0	2,3	57,7	67,0	82,3

Siendo V tiempos láminas verticales, y H tiempo láminas horizontales. P25, P50 y P75: percentil 25, 50 y 75 respectivamente.

Si se tienen en cuenta las diferencias a nivel global de las medianas en el tiempo ajustado de realización de la tarea vertical y horizontal, sin y con distractor, se obtienen los siguientes resultados Haj – Vaj: 3,2 seg. (1,58%), Hdaj – Vaj: 9,2 seg. (4,16%) y Hdaj – Haj: 6,0 seg. (2,58%). Se observa que a nivel general se requiere más tiempo en realizar las láminas oculomotoras horizontales que las verticales, incrementándose la diferencia cuanto mayor atención se requiere en la tarea.

En el diagramas de cajas, que se muestra a continuación (figura 4.1.), se aprecia en cada una de las tres cajas un resumen de cinco valores que clarifican el comportamiento de la variable seleccionada. Estos son el valor mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil, y el valor máximo. Este permite ver rápidamente si los datos son simétricos o si incluyen observaciones anómalas. Su composición se basa en una caja cuyos extremos son el primer y tercer cuartil (aproximadamente), con una marca interior para la mediana, y dos bigotes (mínimo y máximo), cuya misión es delimitar hasta donde podemos considerar los datos de las colas como no anómalos. Cualquier valor que quede fuera de los bigotes es marcado como anómalo o atípico.

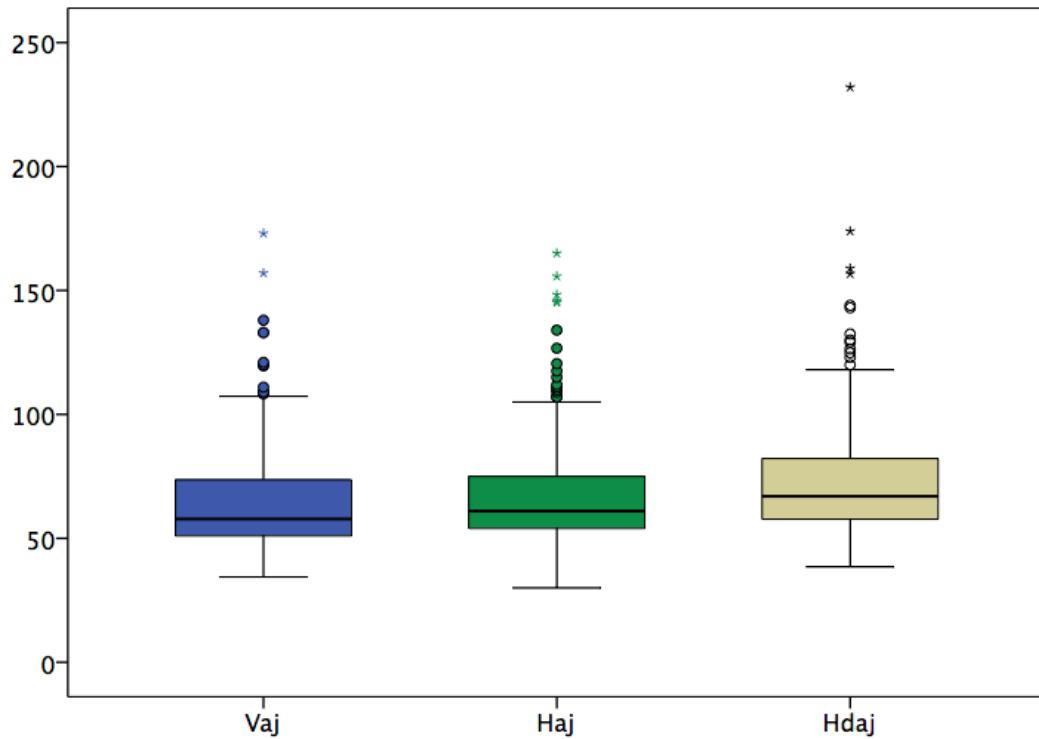


Figura 4.1. Diagrama de cajas con los valores globales del tiempo ajustado vertical total (Vaj=V1+V2), horizontal (Haj) y horizontal distractor (Hdaj).

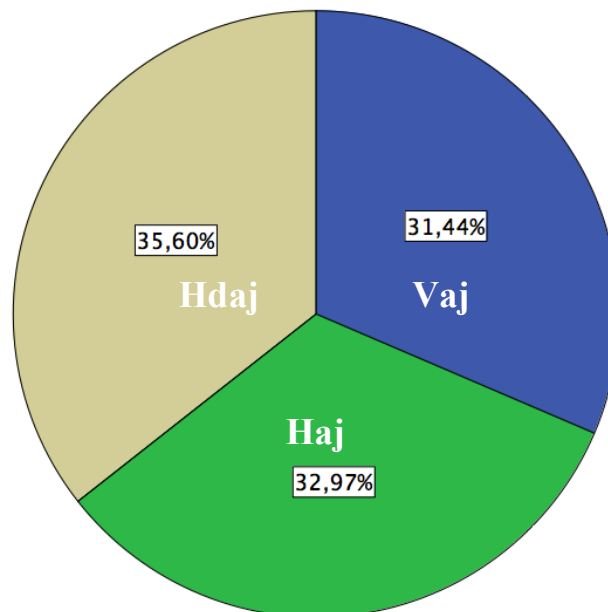


Figura 4.2. Gráfico de sectores con los valores globales en tanto por cien del tiempo ajustado empleado en cada lámina. Siendo Vaj: tiempo vertical total; Haj: tiempo horizontal; y Hdaj: tiempo horizontal con distractor.

En la tabla 4.6. se presentan los parámetros temporales de las láminas de la muestra sana, desglosados en los siete grupos de edad. Se presenta la mediana, y como medida de dispersión, el rango intercuartílico (IQR), que es la diferencia entre el tercer cuartil (P75) y el primero (P25). En esa zona central (P75-P25) se encuentra el 50% central de los resultados obtenidos para la variable descrita. La columna de la derecha muestra el valor de p realizado mediante la prueba de Kruskal-Wallis, siendo la comparación entre los grupos de edad.

Tabla 4.6.-

Parámetros temporales en segundos obtenidos en la láminas del test ADEMD en la muestra sana.

Grupos Edad	≤ 24 n=26	25 a 34 n=55	35 a 44 n=31	45 a 54 n=32	55 a 64 n=65	65 a 74 n=61	≥75 n=32	<i>p</i>-valor
V1	26,5 (6,0)	27,5 (8,5)	25,0 (9,0)	28,5 (7,8)	30,0 (13,0)	36,3 (17,1)	42,0 (19,8)	<0,001
V1aj	26,5 (6,0)	27,5 (8,5)	25,0 (9,0)	28,5 (7,1)	30,0 (13,0)	36,3 (17,1)	42,0 (19,1)	<0,001
V2	25,5 (3,5)	26,2 (8,0)	25,0 (6,0)	27,5 (8,9)	28,0 (11,0)	35,0 (17,3)	40,0 (18,2)	<0,001
V2aj	25,5 (3,5)	26,2 (8,0)	25,0 (6,0)	27,2 (8,9)	28,0 (11,0)	35,0 (17,3)	40,0 (17,4)	<0,001
Vaj	52,0 (7,0)	54,3 (14,6)	49,0 (14,1)	55,5 (17,8)	57,7 (23,6)	73,0 (30,4)	82,0 (38,2)	<0,001
H	55,1 (7,5)	57,0 (13,5)	53,0 (14,0)	61,5 (18,5)	66,0 (22,0)	75,0 (32,5)	91,0 (38,3)	<0,001
Haj	55,5 (7,5)	57,0 (13,5)	54,0 (14,0)	61,5 (18,5)	65,0 (21,5)	69,1 (36,5)	92,1 (35,3)	<0,001
Hd	57,0 (9,3)	59,0 (10,5)	60,0 (16,0)	67,5 (20,8)	67,0 (21,5)	78,0 (29,5)	90,0 (27,3)	<0,001
Hdaj	56,9 (8,0)	59,0 (10,4)	60,0 (16,3)	67,5 (20,9)	67,9 (20,1)	80,0 (28,8)	90,5 (26,9)	<0,001

Los valores se expresan como mediana en segundos y el rango intercuartílico (IQR) entre paréntesis; siendo p el nivel de significación.

Al comparar cada variable de tiempo entre los grupos establecidos de edad, se aprecia significancia estadística según la prueba de Kruskal-Wallis

($p < 0,001$ para cada uno de los valores). Sin embargo, esta diferencia significativa no se produce ($p > 0,50$) al comparar los tres primeros grupos de edad entre sí, (de 20 a 44 años).

Dado que el desarrollo normativo del test se hace con tiempos ajustados, se realizan comparaciones por pares de grupo independientes en los tiempos ajustados, mediante la U de Mann-Whitney con corrección de Bonferroni. Al realizar esta corrección, si consideramos las veintiuna comparaciones que salen al analizar los siete grupos etarios por pares entre sí, se obtendría como valor de significancia un $p < 0,002$. Dado que este es un valor exageradamente bajo, y nos podría inducir errores aplicar tal rigurosidad, se realizarán sólo los contrastes imprescindibles, con un nivel crítico para la significatividad más razonable. Por dicho motivo, y dado que entre los tres primeros grupos no hay diferencias, se muestran en la tabla 4.7. las diez comparaciones por pares en cada variable del tercer grupo en adelante, siendo en este caso considerado el nivel de significancia $p < 0,005$.

En base a este criterio comentando el comportamiento del grupo de más mayores con el resto de pares se aprecia que:

- Para el tiempo ajustado de la lámina vertical primera (V1aj), surgen diferencias altamente significativas entre el grupo de 75 años y mayores, y el resto de los grupos evaluados ($p < 0,001$ para todas las comparaciones), excepto en el grupo de 65 a 74 años, que al aplicar Bonferroni no hay significancia ($p = 0,013$).
- Para el tiempo ajustado de la lámina vertical segunda (V2aj), se producen diferencias altamente significativas entre el grupo de 75 años y mayores, y el resto de los grupos evaluados ($p < 0,001$ para todas las comparaciones), con la excepción del grupo de 65 a 74 años que no hay diferencia significativa ($p = 0,011$).
- Para la suma de los tiempos ajustados de las dos láminas verticales (Vaj), se observan diferencias altamente significativas entre el grupo de 75 años y mayores, y para todas las comparaciones de los grupos evaluados ($p < 0,001$). No se encontraron diferencias significativas con el grupo de 65 a 74 años ($p = 0,008$).

Tabla 4.7.-

Comparaciones por pares de grupo en los tiempos ajustados del test ADEMD en la muestra sana, mediante la U de Mann-Whitney.

Grupos edad		45 a 54	55 a 64	65 a 74	≥75
35 a 44	V1aj	0,005	0,001*	<0,001**	<0,001**
	V2aj	0,012	0,002*	<0,001**	<0,001**
	Vaj	0,003*	0,001*	<0,001**	<0,001**
	Haj	0,002*	<0,001**	<0,001**	<0,001**
	Hdaj	0,003*	<0,001**	<0,001**	<0,001**
45 a 54	V1aj		0,684	0,001*	<0,001**
	V2aj		0,470	0,001*	<0,001**
	Vaj		0,607	0,001*	<0,001**
	Haj		0,599	0,013*	<0,001**
	Hdaj		0,860	0,004*	<0,001**
55 a 64	V1aj			0,001*	<0,001**
	V2aj			0,003*	<0,001**
	Vaj			0,002*	<0,001**
	Haj			0,018	<0,001**
	Hdaj			0,002*	<0,001**
65 a 74	V1aj				0,013
	V2aj				0,011
	Vaj				0,008
	Haj				0,002*
	Hdaj				0,007

* La correlación es significativa en el nivel $p < 0,005$.

**La correlación es altamente significativa en el nivel $p < 0,001$.

- Para el tiempo ajustado de la lámina horizontal (Haj), hay diferencias altamente significativas entre el grupo de 75 años y mayores, y el resto de los grupos evaluados ($p < 0,001$), siendo en el grupo de 65 a 74 años de menor significancia ($p = 0,002$).
- Para el tiempo ajustado de la lámina horizontal distractora (Hdaj), se encuentran diferencias altamente significativas entre el grupo de 75 años y mayores, y el resto de los grupos evaluados ($p < 0,001$) en

todas las comparaciones), no habiendo en el grupo de 65 a 74 años ($p=0,007$).

El grupo de 45 a 54 años no presentaba diferencias significativas con el grupo de 55 a 64 años en ninguna de las láminas V1aj ($p= 0,68$), V2aj ($p= 0,47$), Vaj ($p= 0,61$), Haj ($p= 0,60$) y Hdaj ($p= 0,86$).

Para realizar comparaciones de los resultados de las láminas entre sí de manera global y por grupos de edad en los tiempos ajustados, se analizan como variables de contraste los datos provenientes de las medidas repetidas de los 80 números, cambiando los requerimientos de la motilidad ocular según la lámina empleada (Vaj, Haj y Hdaj). Al ser muestras dependientes se utiliza la prueba de Friedman contrastando la hipótesis de que los J promedios comparados son iguales en la población; y el coeficiente de concordancia W de Kendall contrasta la hipótesis de concordancia nula, es decir la hipótesis de que los J conjuntos de puntuaciones comparados son independientes entre sí.

Tabla 4.8.-

Comparaciones en la muestra sana, de los tiempos ajustados de las láminas V, H y Hd, por rangos de edad y globalmente.

Grupos Edad	N	gl	Chi-cuadrado	W Kendall	p-valor
≤ 24	26	2	12,26	0,24	0,002
25 a 34	55	2	34,09	0,31	<0,001
35 a 44	31	2	21,22	0,34	<0,001
45 a 54	32	2	35,54	0,56	<0,001
55 a 64	65	2	71,18	0,55	<0,001
65 a 74	61	2	31,34	0,26	<0,001
≥ 75	32	2	14,66	0,23	0,001
Global	302	2	209,61	0,35	<0,001

Se utilizan las estadísticas de contraste de la prueba de Friedman y la W de Kendall.

En la tabla 4.8. se muestran estos resultados de las láminas (V, H y Hd) entre sí de manera global y por grupos de edad dependientes en los tiempos ajustados; se ha obtenido tanto en la prueba Chi-cuadrado de Friedman como en la W de Kendall el valor del nivel crítico p menor de 0,05. Por tanto en la de Friedman se puede rechazar la hipótesis de igualdad de promedios poblacionales y concluir que, los tiempos empleados en leer los números de las láminas no son iguales, variando según el desarrollo de los movimientos oculares involucrados verticales, horizontales y horizontales con distractor. Y en la del coeficiente de concordancia W de Kendall, se puede rechazar la hipótesis de concordancia nula y concluir que en las puntuaciones de las tres variables estudiadas existe una asociación significativa entre las variables temporales obtenidas de las láminas. Todo ello sucede tanto a nivel global como en cada grupo de edad.

4.3.2. Estudio de la fiabilidad y de la validez

Para su análisis se pueden distinguir dos tipos de situaciones diferentes: a) aquellas en las que se determina el grado de estabilidad o consistencia conseguido en los resultados cuando se repite la medición con el mismo instrumento en condiciones idénticas; y b) aquellas en las que se determina hasta qué punto los resultados obtenidos con diferentes instrumentos de medida o con diferentes observadores concuerdan, o son equivalentes.

Estudio de la fiabilidad

Para valorar la fiabilidad del ADEMd como precisión con que el test mide, independientemente del hecho de si es capaz o no de medirlo (validez), se ha realizado de dos maneras, la primera mediante el estudio del método de realización de la prueba, y la segunda mediante la habilidad observacional.

1) Método de realización de la prueba, se ha empleado el método de consistencia interna de las dos mitades en la muestra normal:

- A nivel del tiempo destinado en realizar la prueba de nombrar los números en vertical se ha utilizado, al tener la misma estructura y valorar lo mismo, el tiempo ajustado empleado en nombrar los 40 números de la lámina V1 con respecto a los 40 números de la lámina V2. El coeficiente de igual longitud de correlación de Spearman-Brown ha dado 0,98.

- Con respecto a la lámina Horizontal convencional (H) se ha realizado con el tiempo ajustado empleado en nombrar los 40 números de la primera parte de la lámina H con los 40 números de la segunda parte de la lámina H. El coeficiente de igual longitud de correlación de Spearman-Brown ha dado 0,95.

- En tercer lugar, se ha realizado en la lámina horizontal distractora (Hd) el tiempo ajustado empleado en nombrar los 40 números de la primera parte de la lámina Hd con los 40 números de la segunda parte de la lámina Hd. El coeficiente de igual longitud de correlación de Spearman-Brown ha dado 0,96.

Se ha valorado también la fiabilidad de la prueba en la muestra de sujetos con EM, obteniéndose un coeficiente de similar longitud de correlación de Spearman-Brown de 0,99, 0,98 y 0,99 para las láminas verticales, horizontal, y horizontal distractora respectivamente.

En base a los resultados obtenidos, tanto en la población normal como en la que presenta enfermedad neurodegenerativa, se observa que el ADEMd es un test fiable que presenta una alta constancia de la medida en todas las láminas que conforman el test, no viéndose deformado el resultado de una medición debido a cambios, fluctuaciones o variaciones del instrumento en sí mismo.

Un análisis del coeficiente de correlación de Spearman-Brown entre los pares de láminas que componen el ADEMd provee algunas indicaciones de la consistencia interna y de la validez entre las láminas y su orden de presentación. A nivel de la muestra normal: Vaj con Haj 0,96, Vaj con Hdaj 0,93 y Haj con Hdaj 0,95. Y a nivel de la muestra de EM: Vaj con Haj 0,98, Vaj con

Hdaj 0,97 y Haj con Hdaj 0,98. Se aprecia que los resultados de la medición no cambian tampoco por fluctuaciones o variaciones con el orden empleado.

2) Tal como se comentó en la metodología en el capítulo anterior, la habilidad observacional, para analizar si el sujeto presenta el mismo comportamiento, y la capacidad del examinador de gradar exactamente la misma conducta se puede valorar de tres maneras.

Las dos primeras que deberían ser suficientemente altas para que una prueba sea significativa y fiable, son la intervaloración, (dos clínicos, inter-observador, gradando el mismo comportamiento del mismo individuo); y la intravaloración, (mismo clínico, intra-observador, gradando en dos veces diferentes el comportamiento del mismo sujeto). Si la información de la prueba deber ser interpretada por otro profesional la intervaloración es esencial, mientras es esencial la intravaloración si uno tiene que valorar los cambios de comportamiento de un paciente en un lapso temporal, o por una intervención clínica. A grandes rasgos, la objetividad aportada por el ADEMd con una medición mediante soporte grabado y cronometrado, y el hecho de leer y dar las instrucciones de realización del test siempre por escrito, hace innecesario el estudio de estos dos primeros tipos de fiabilidad.

En cuanto al tercer tipo, la fiabilidad del test, mediante la repetibilidad de la prueba a través del tiempo, se refiere a cuanto de confiable es el test en la valoración de lo que intenta medir. El estudio de la fiabilidad del test se centra en estimar el grado de error asociado con su puntuación. Cuando la varianza del error es analizada, se utiliza por lo general en términos de coeficiente de fiabilidad, que es un uso específico del coeficiente de correlación. Una de las técnicas que permite valorarlo es el método del test-retest, se realiza la prueba a unos sujetos, y unos días más tarde se vuelve a repetir la misma prueba a los mismos sujetos.

La repetibilidad test-retest fue medida en 40 sujetos de la muestra sana, dividiéndolos en dos grupos, según la edad: 1) con una muestra de 20 sujetos con una edad a partir de los 50 años (edad media $70,7 \pm 8,3$ años); y 2) en un

grupo de jóvenes de 20 sujetos menores de 50 años (edad media $32,8 \pm 8,5$ años). El procedimiento de la administración del retest se repitió al cabo de 12 (± 3) días.

El test-retest o estabilidad para las diversas láminas del ADEMD fue examinado utilizando el Coeficiente de Correlación Interclase (ICC) ya que permite evaluar el acuerdo entre muestras pareadas. El criterio seguido para la interpretación de la repetibilidad con esta prueba ha sido, pobre si es $<0,5$; moderado entre $0,5$ y $0,75$; bueno entre $0,75$ y $0,99$; y excelente si es $>0,99$.

Resulta curioso que pese a estar formado los dos grupos en que se ha dividido esta prueba, por el mismo número de sujetos, en el de menores de 50 años el intervalo de confianza (ICC) es más ancho sobre todo en la lámina Hd. En la tabla 4.9. se puede observar el ICC, las puntuaciones de la mediana y el IQR de la primera medida y de la segunda. El estudio test-retest da puntuaciones buenas para todas las láminas y en los dos grupos de edad, lo que demuestra la estabilidad del ADEMD y la reproducibilidad. Se obtiene que la puntuación de la segunda prueba, es similar a la de la primera. Por tanto al observar el mismo comportamiento de la prueba se demuestra una aceptable fiabilidad de repetición.

Tabla 4.9.-

Repetibilidad de la prueba de los tiempos ajustados V, H y Hd, dividiendo los sujetos analizados en dos grupos, menores de 50 años y de 50 años en adelante.

	Grupo Edad	Test Mediana (IQR)	Retest Mediana (IQR)	ICC (IC 95%)
Vaj	< 50	55,0 (16,5)	54,8 (11,5)	0,87 (0,67-0,95)
	≥ 50	77,5 (29,3)	73,0 (24,3)	0,97 (0,92-0,99)
Haj	< 50	58,5 (13,0)	56,5 (14,5)	0,88 (0,70-0,95)
	≥ 50	82,1 (30,1)	75,0 (24,5)	0,93 (0,83-0,97)
Hdaj	< 50	59,5 (15,5)	58,7 (17,0)	0,81 (0,54-0,93)
	≥ 50	84,6 (33,9)	79,0 (28,5)	0,93 (0,82-0,97)

Siendo ICC: Coeficiente de Correlación Interclase; IQR: rango intercuartílico.

En cuanto a la mediana la primera medida del ADEMd presenta valores superiores a la segunda sobre todo en los ≥ 50 años, siendo esa diferencia valores pequeños sin relevancia clínica. Y pese a estar los dos grupos formados por el mismo número de sujetos, el intervalo de confianza es mayor en el grupo de más mayores en las láminas horizontales, siendo sobre todo en la lámina Hd.

Aunque las series de datos originales no se distribuyen normalmente, la diferencia entre los tres pares de láminas comparados cada uno entre sí, siguen una distribución normal, tanto en el grupo de menores de 50 años, (verticales $p=0,70$; horizontales $p=0,64$; y horizontales con distractor $p=0,23$), como en el grupo de 50 años en adelante (verticales $p=0,95$; horizontales $p=0,32$; y horizontales con distractor $p=0,22$). Por ello en las siguientes páginas (figuras 4.3.a. a 4.3.f) se muestran unos gráficos de Bland-Altman que permiten valorar visualmente la concordancia entre la segunda medida y la primera en los dos grupos de edad.

El método de Bland y Altman representa gráficamente en un diagrama de dispersión, la media de las dos mediciones entre cada pareja (eje abscisas) frente a la diferencia absoluta entre los dos valores, de la segunda medida frente a los valores de la primera medida (eje ordenadas). El gráfico incluye además los límites de concordancia que engloban al 95% de las diferencias.

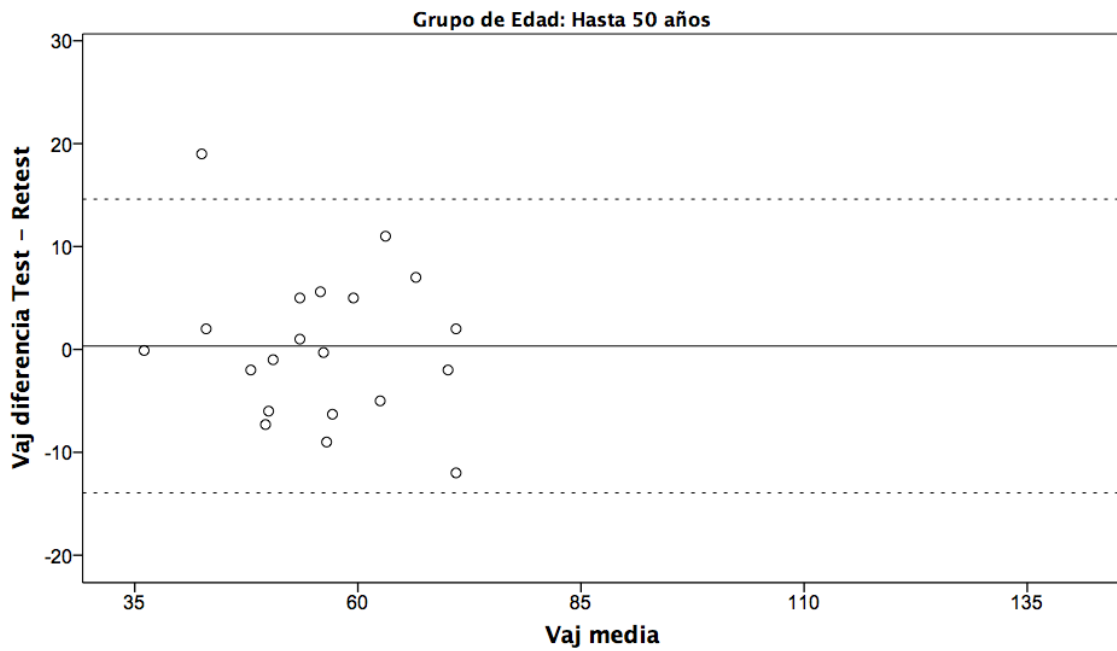


Figura 4.3.a.- Grafico de Bland Altman de las láminas verticales en menores de 50 años. La línea horizontal continua es la diferencia media y las dos líneas discontinuas, engloban al 95% de las diferencias.

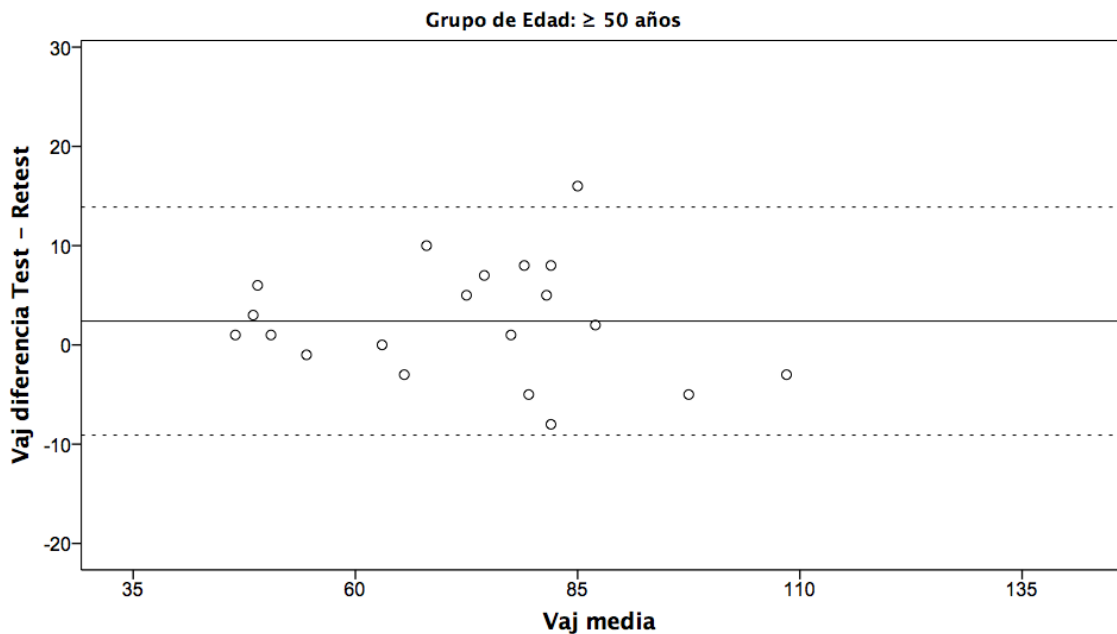


Figura 4.3.b.- Grafico de Bland Altman de las láminas verticales en sujetos de 50 años en adelante. La línea horizontal continua es la diferencia media y las dos líneas discontinuas, engloban al 95% de las diferencias.

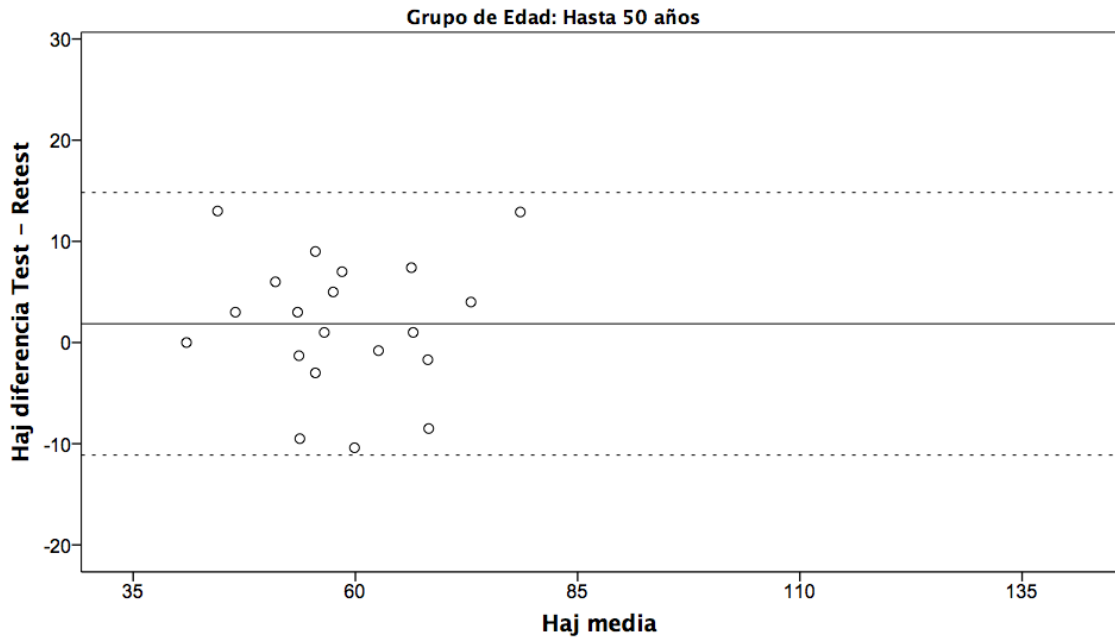


Figura 4.3.c.- Grafico de Bland Altman de las láminas horizontales en menores de 50 años. La línea horizontal continua es la diferencia media y las dos líneas discontinuas, engloban al 95% de las diferencias.

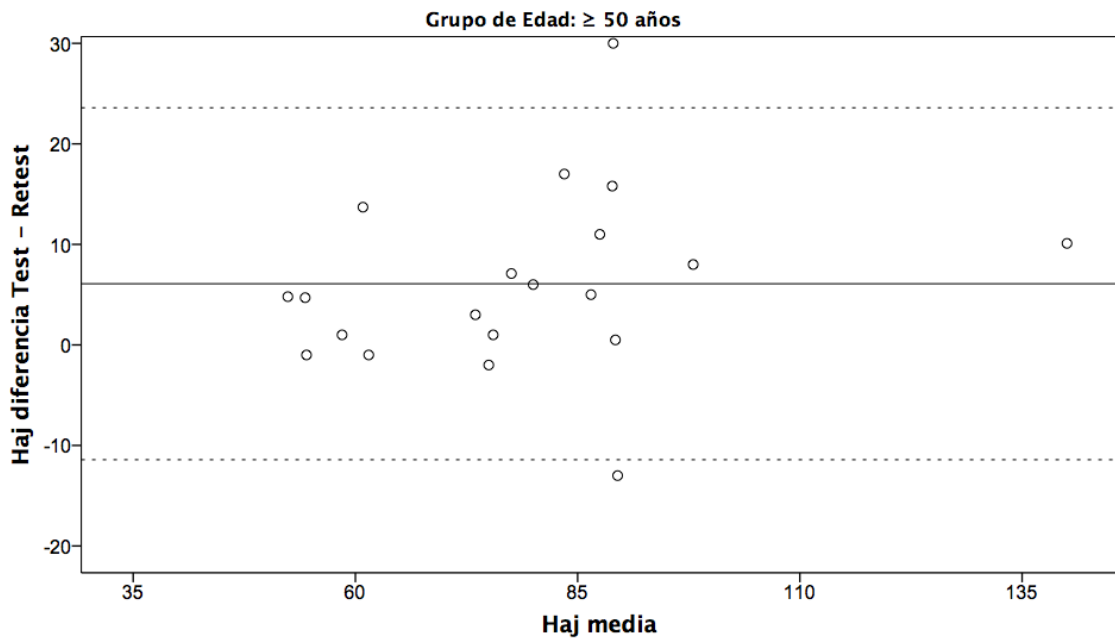


Figura 4.3.d.- Grafico de Bland Altman de las láminas horizontales en sujetos de 50 años en adelante. La línea horizontal continua es la diferencia media y las dos líneas discontinuas, engloban al 95% de las diferencias.

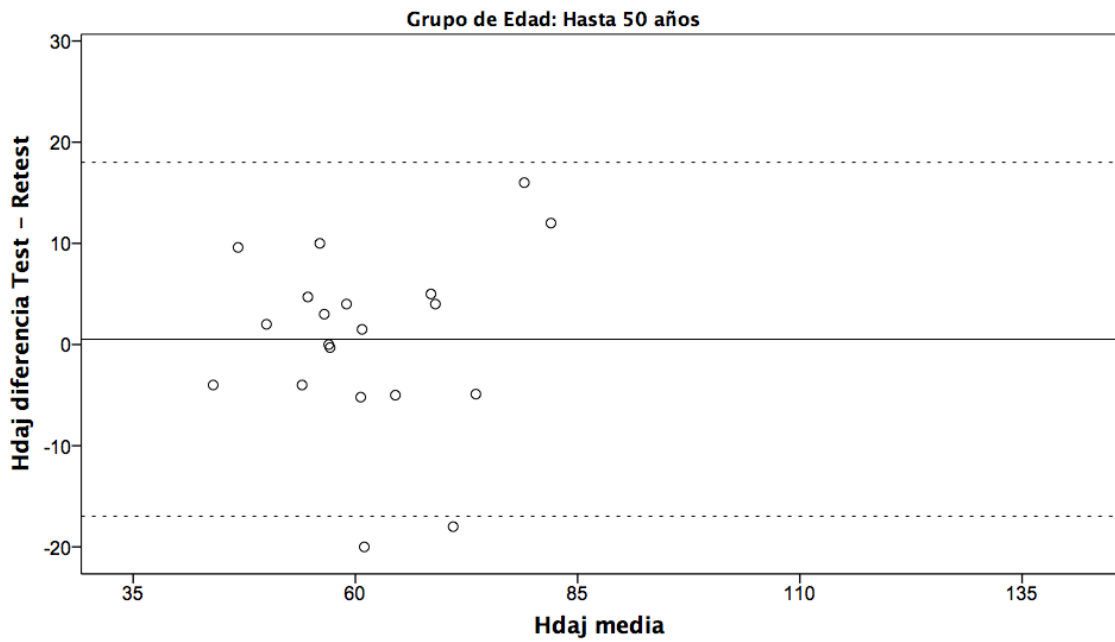


Figura 4.3.e.- Grafico Bland-Altman de las láminas horizontales con distractores en menores de 50 años. La línea horizontal continua es la diferencia media y las dos líneas discontinuas, engloban al 95% de las diferencias.

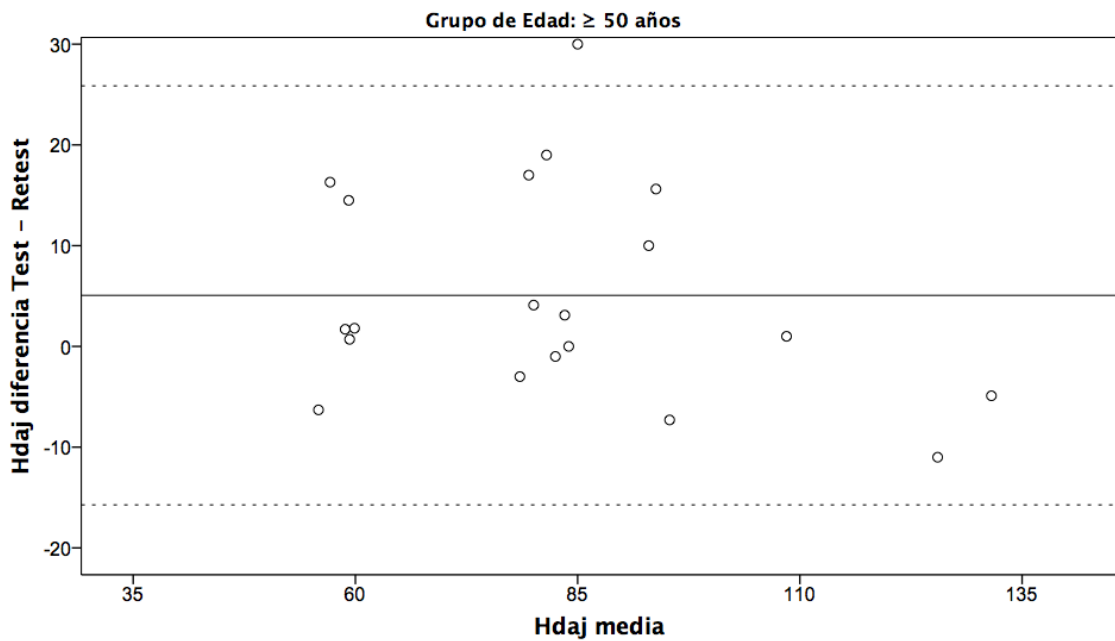


Figura 4.3.f.- Grafico Bland-Altman de las láminas horizontales con distractores en sujetos de 50 años en adelante. La línea horizontal continua es la diferencia media y las dos líneas discontinuas, engloban al 95% de las diferencias.

En las figuras anteriores se observa que la mayoría de los puntos de los gráficos están alrededor de la recta que representa concordancia absoluta entre las mediciones. Analizando el valor medio de la diferencia entre la primera medida y la segunda, sale más elevada la primera que la segunda, cosa lógica si se tiene en cuenta que ya conocen la prueba, también se puede ver que esta diferencia es mucho mayor a partir de los 50 años.

Todas las comparaciones realizadas en el grupo de <50 años se ajustan a los límites de tolerancia, salvo un sujeto en la lámina vertical. En el grupo de ≥ 50 años todas las comparaciones realizadas se ajustan a los límites de tolerancia, salvo un sujeto en las láminas V y Hd, y dos en la lámina H.

Estudio de la validez

Con esta valoración se trata de demostrar si existe una relación entre la prueba diseñada y alguna otra norma o variable, tal como la edad

Validez de contenido

Para orientar sobre la validez del test y dado que no está comercializado, y por tanto no está extendido su uso, se realizará esta comparación con la comparación de los resultados en el grupo normal valorando su relación con la edad.

El análisis muestra que hay una correlación de Spearman positiva entre la edad y todos los tiempos ajustados obtenidos de las láminas del ADEMd; siendo la correlación altamente significativa ($p < 0,001$) en las tres pruebas temporales, con unos valores obtenidos del coeficiente de Spearman de 0,55 (Vaj), 0,55 (Haj) y 0,65 (Hdaj). Esto indica que a medida que aumenta la edad, se incrementa también el tiempo en la realización de la prueba por los sujetos.

Al representar gráficamente los resultados de cada uno de los parámetros temporal de la lámina del ADEMd con la edad (figuras 4.4. a, b y c.), se observa que la prueba sigue el curso del envejecimiento ordenadamente, similar a como seguía la primera prueba del ADEM, (ver figura 3.7.). Produciéndose un incremento del tiempo de realización de las pruebas

conforme avanzaba la edad, y siendo peor en los más mayores, confirmándose la correlación entre la prueba y la edad del sujeto.

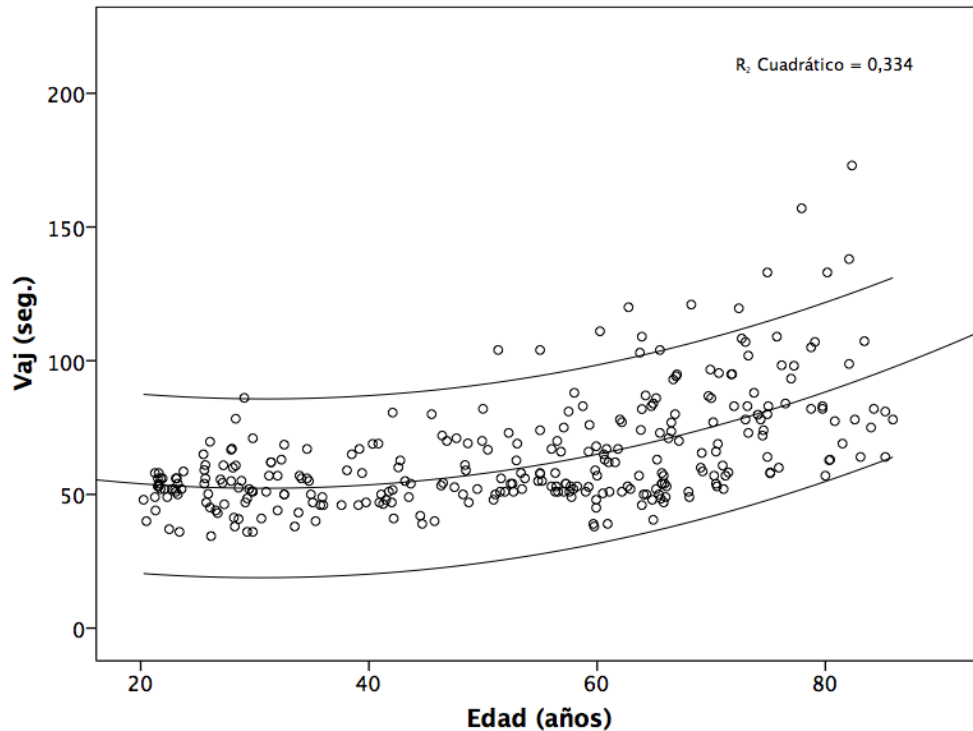


Figura 4.4.a.- Comportamiento del tiempo vertical ajustado en base a la edad. Con la línea de ajuste y el IC del 95% de los individuos.

El eje vertical muestra el tiempo ajustado empleado en realizar la lámina, y el horizontal la edad. A simple vista se aprecia la correlación positiva entre ambas variables en todas las láminas; conforme aumenta la edad, también aumenta el tiempo.

Se produce una relación curvilínea de la variable dependiente, tiempo lámina ajustado, con respecto a la variable independiente edad. Justificándose esta relación con la edad en un 33,4% en el tiempo vertical, un 35,9% en la horizontal y 34,9% en la horizontal distractora.

En el apartado 4.4.1.1. se analizará en mayor profundidad la influencia de la edad incluyendo el análisis de las otras variables que se pueden extraer del test.

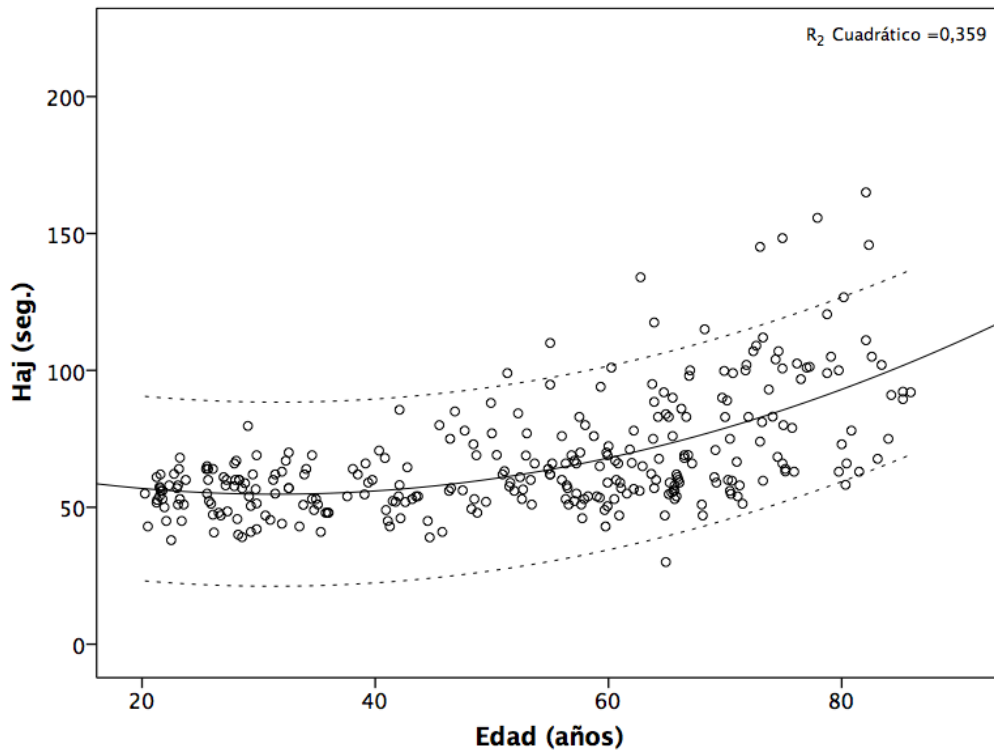


Figura 4.4.b.- Comportamiento del tiempo horizontal ajustado en base a la edad. Con la línea de ajuste y el IC del 95% de los individuos.

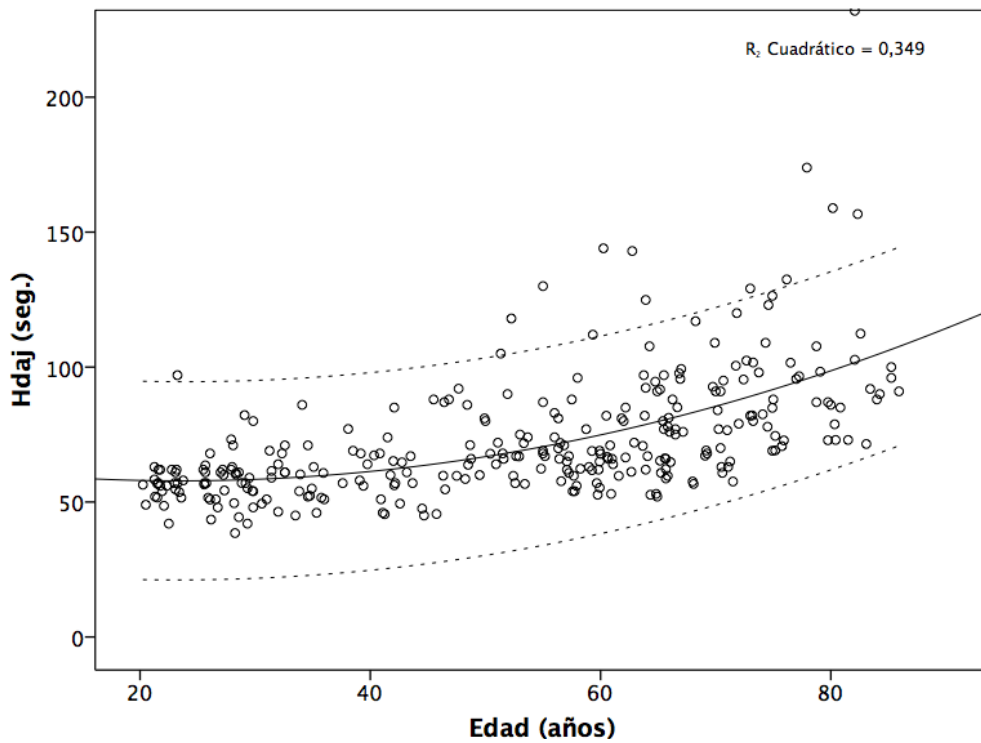


Figura 4.4.c.- Comportamiento del tiempo horizontal ajustado en base a la edad. Con la línea de ajuste y el IC del 95% de los individuos.

Validez del criterio

Aunque la validez de constructo^{xix}, ha sido evaluada por múltiples expertos en diversos estudios y a nivel clínico en la prueba de niños del DEM, demostrando que este formato de prueba es interesante para medir los constructos sobre los que el ADEM se sustenta. Por ello la validez teórica del ADEM está garantizada dado que el test está de acuerdo en sus tres primeras láminas con la teoría en que se fundamenta su construcción. Debiendo ser valorada la validez de la lámina Hd al ser diferente a lo establecido previamente, y al no existir dicha lámina como tal tarea en el DEM de niños.

Dado que no hay una prueba considerada patrón de referencia o *gold standard* que tenga garantía de medir lo que deseamos valorar, se analizó el comportamiento de la prueba del ADEMd comparándolo con la prueba de campo atencional útil del UFOV. Se realizó a 75 sujetos del grupo normal con una edad media de $50,3 \pm 15,8$ y a 13 sujetos del grupo de EM.

Los resultados obtenidos en los tres subtest que conforman la prueba del UFOV del grupo sano fueron de media $24,71 \pm 23,69$ milisegundos (1m), $73,15 \pm 83,88$ ms (2m), y $129,18 \pm 123,26$ ms (3m). Se representa la mediana en la tabla 4.10. dado que la distribución de esta prueba es no normal. Analizando otras variables que se extraen a partir de los resultados obtenidos en el UFOV la media del riesgo es de $1,45 \pm 0,73$, la de procesamiento es de $1,15 \pm 0,46$, la atención dividida es de $1,29 \pm 0,49$ y la atención selectiva es de $1,04 \pm 0,20$. La variable riesgo permite clasificar teniendo en cuenta el conjunto de los resultados de las tres pruebas.

Tabla 4.10.-

Resumen de los resultados obtenidos en la población sana del UFOV.

A	1	2	3	Riesgo	VP	AD	AS
Mediana	17,00 (6)	30,00 (91)	93,00 (195)	1 (1)	1 (0)	1 (1)	1 (0)

Siendo VP: velocidad de procesamiento; AD: atención dividida; AS: atención sostenida.

^{xix} Se entienden constructo como conceptualización teórica sobre un aspecto del comportamiento humano que no es medible u observable por medios directos

La correlación bivariada de Spearman de las láminas Hd del ADEMD con los valores obtenidos del UFOV se muestran en la tabla 4.11.

Tabla 4.11.-

Coefficiente de correlación de Spearman de los valores temporal obtenidos en las distintas láminas con los resultados del test UFOV.

	UFOV							ADEM		
	1	2	3	Riesgo	VP	AD	AS	Vaj	Haj	Hdaj
Vaj	0,10	0,17	0,17	0,23	0,20	0,19	0,13	1,00	0,90**	0,82**
Haj	0,06	0,15	0,27*	0,22	0,14	0,19	0,14	0,90**	1,00	0,88**
Hdaj	0,32**	0,32**	0,42**	0,31**	0,24*	0,25*	0,06	0,82**	0,88**	1,00

*correlación significativa $p < 0,05$; ** correlación muy significativa $p < 0,01$.

Siendo VP: velocidad de procesamiento; AD: atención dividida; AS: atención sostenida.

Se observa que hay una correlación marcada y alta de las distintas láminas entre si. Sin embargo, la correlación de los valores temporales obtenidos de las láminas con los respectivos valores del test UFOV resulta mucho más baja, siendo leve y no significativa, en los valores temporales de las láminas V; significativa, aunque con una correlación baja (0,29), la lámina horizontal sólo con el sub-test 3; y en la lámina Hd muestra una correlación muy significativa ($p < 0,01$), aunque baja, en dos primero sub-test, siendo moderada (0,42) en el sub-test 3, y significativa ($p < 0,01$), aunque baja, en la velocidad de procesamiento y en la atención dividida, e insignificante en la atención selectiva.

En base a estos resultados obtenidos, existe una correlación mínima en las láminas V y H con las variables que mide el test UFOV, lo que justifica que sean pruebas independientes. Que no exista dicha asociación, dada la validez del constructo, implica que ambas pruebas siendo válidas están midiendo cosas diferentes. En cuanto a la lámina Hd, se incrementa un poco la asociación en casi todas las variables del UFOV, aunque esta es baja y moderada implica que hay una parte de relación entre lo que valoran dichas variables del UFOV, con lo que mide la lámina Hd, y dado que el movimiento

oculomotor horizontal no es, al haber poca correlación con la lámina H, debe ser el factor distractor introducido.

Por tanto no se puede asumir, desde el punto de vista clínico, que ambos métodos se puedan utilizar indistintamente para la toma de decisiones para el manejo de los pacientes, dado que tal como se ha visto, valoran cosas diferentes.

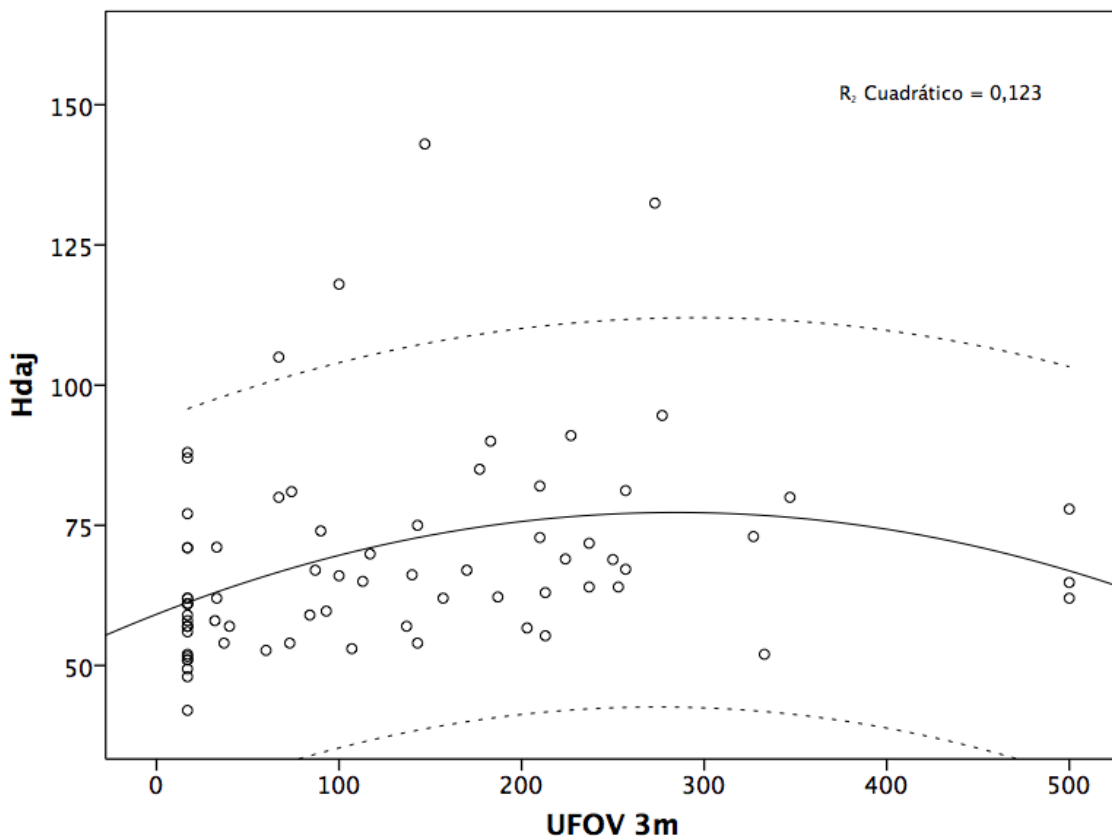


Figura 4.5.- Correlación entre el tiempo ajustado obtenido en la lámina Hd con el subtest 3 del UFOV. La línea continua muestra el ajuste, y las discontinuas el intervalo de confianza del 95% de los individuos.

De la figura 4.5. se puede observar que el porcentaje de variabilidad de una variable con respecto a la otra se puede explicar con el valor de R^2 , el 0,123 significa que el 12,3 % de la relación entre ambas variables se explica por esta relación. Este coeficiente reducido significa que sólo con la información de la asociación se puede explicar muy poca variabilidad entre las dos variables.

4.3.3. Relación entre los cocientes de las láminas

El análisis de los ratios o cocientes permite conocer el desarrollo oculomotor, diferenciado de la automaticidad, y analizar la concordancia entre los diversos comportamientos y sus relaciones, que pueden surgir con los movimientos oculares involucrados y desarrollados entre las diferentes láminas.

En primer lugar se valora el cociente oculomotor H_{aj}/V_{aj} , este ratio permite comparar los niveles vertical (automaticidad) y horizontal (control oculomotor con automaticidad) teniendo en cuenta los posibles errores de omisión y adición cometidos. Los valores obtenidos estaban comprendidos entre 0,72 y 1,45, con una asimetría positiva (0,29). Los cuartiles tomaron los valores de 0,99 (P25), 1,05 (P50) y 1,12 (P75).

En segundo lugar el ratio distractor H_{daj}/V_{aj} , el cual permite comparar los niveles vertical (automaticidad) y horizontal (control oculomotor con automaticidad) incorporando la tarea distractora de este último. Los valores obtenidos estaban comprendidos entre 0,65 y 1,69, con una asimetría positiva (0,94). Los cuartiles tomaron los valores de 1,05 (P25), 1,13 (P50) y 1,22 (P75).

Y en tercer lugar se valorará, mediante el cociente atencional H_{daj}/H_{aj} , la comparación del nivel horizontal H_{aj} (control oculomotor) y horizontal atencional H_{daj} (control oculomotor más exigente dada la presencia de varios distractores). Los valores obtenidos estaban comprendidos entre 0,77 y 1,73, con una asimetría positiva (1,15). Los cuartiles tomaron los valores de 1,01 (P25), 1,07 (P50) y 1,15 (P75).

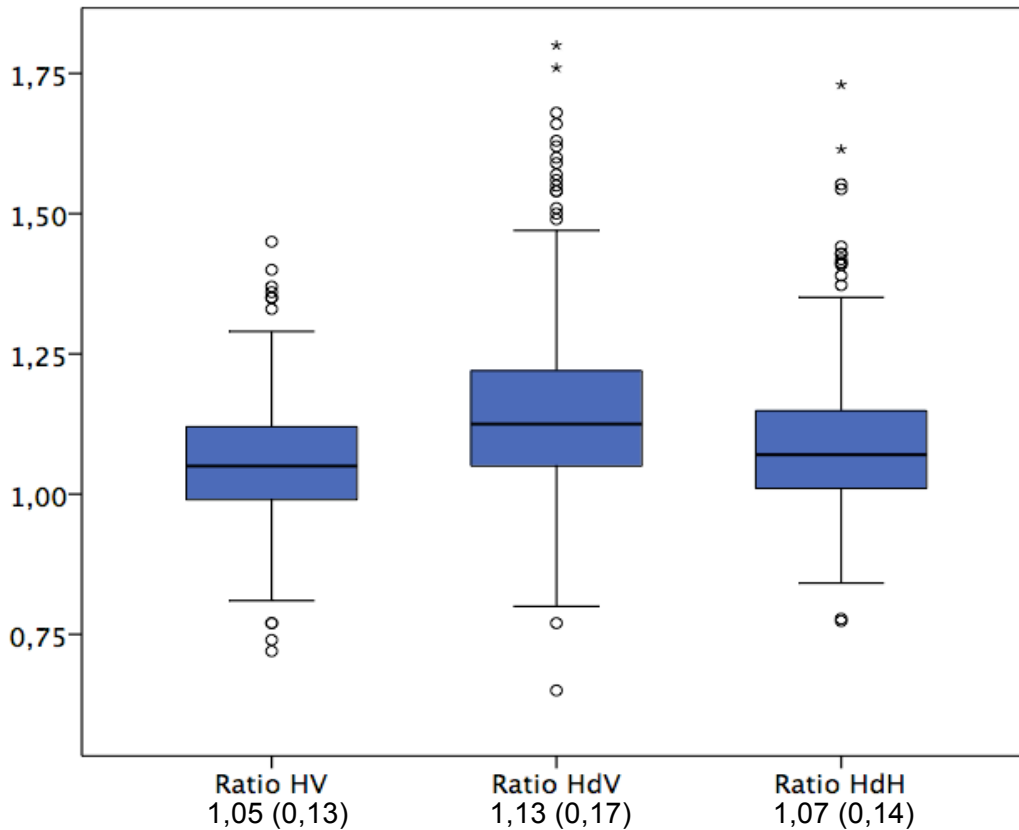


Figura 4.6.- Diagrama de cajas que muestra la relación entre los valores de cada ratios. Siendo los círculos y los asteriscos los valores atípicos encontrados en la muestra.

En base a los resultados de los diferentes ratios se aprecia que es necesario un 5% más de tiempo para la lectura de la lámina horizontal (Haj) en relación a la lámina vertical (Vaj), cuando son introducidos los caracteres de distracción este valor se incrementa a un 13%. Si comparamos el cociente de los tiempos horizontales (Hdaj/Haj) se observa que la inserción de distractores aumenta el tiempo de realización de la tarea un 7%.

Al realizar las comparaciones de los resultados de los tres ratios globales dependientes entre si, se ha obtenido tanto en la prueba Chi-cuadrado de Friedman como en la W de Kendall valores altamente significativos ($p < 0,0001$). Por tanto en la de Friedman se puede rechazar la hipótesis de igualdad de promedios poblacionales y concluir que, los cocientes obtenidos no son iguales, siendo diferente por tanto lo que cuantifica cada uno. Y en la del

coeficiente de concordancia W de Kendall, se puede rechazar la hipótesis de concordancia nula y concluir que entre las puntuaciones de las tres variables estudiadas existe una asociación significativa, no siendo independientes entre sí.

Analizando la distribución de frecuencia de todos los cocientes obtenidos en los 302 sujetos, se observa, que en el ratio Haj/Vaj el 26,5% de los sujetos tienen el valor temporal vertical mayor que el horizontal, el 4,3% lo tiene igual, y el 69,2% lo tienen superior el tiempo horizontal que el vertical. En el ratio Hdaj/Vaj el 15,2% de los sujetos tienen el valor temporal vertical mayor que el horizontal distractor, el 1,7% lo tiene igual, y el 83,1% lo tienen superior el tiempo horizontal distractor que el vertical. En el ratio Hdaj/Haj el 19,9% de los sujetos tienen el valor temporal vertical mayor que el horizontal, el 3,6% lo tiene igual, y el 76,5% lo tienen superior el tiempo horizontal que el vertical.

Tabla 4.12.-

Cuantificación en tanto por cien de la prevalencia de los tiempos de los cocientes de las láminas.

	Haj/Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
Denominador > Numerador	26,5%	15,2%	20,2%
Denominador = Numerador	4,3%	1,7%	3,6%
Denominador < Numerador	69,2%	83,1%	76,5%

Observando los resultados en la tabla 4.12. se aprecia que la mayoría de los sujetos analizados presenta mayor valor en el numerador, que corresponde a los tiempos horizontales, siendo mayor este incremento en la lámina horizontal distractora.

Cuanto menor es el cociente del ratio implica que predomina más el denominador, entrañando en los casos que tienen el valor temporal ajustado vertical una mayor afectación en la relación de la automaticidad (capacidad de nombrar los números) frente a la motilidad extraocular horizontal sin distractores (lámina H), o con ellos (lámina Hd).

La correlación bivariada de Spearman de los tres ratios obtenidos del ADEMd se muestran en la tabla 4.13. Se observa que hay una correlación moderada y muy significativa entre el ratio Hdaj/Vaj con los otros dos ratios.

Tabla 4.13.-

Coefficiente de correlación de Spearman entre los valores globales obtenidos en los cocientes de las láminas.

Correlación	Haj/Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
Haj/Vaj	1,00	0,63 (*)	-0,11
Hdaj/Vaj	0,63 (*)	1,00	0,65 (*)
Hdaj/Haj	-0,11	0,65 (*)	1,00

(*) correlación muy significativa $p < 0,05$.

4.3.4. Calidad de la realización de la prueba

Permite conocer si durante la realización de la prueba el sujeto ha podido estar cometiendo algún tipo de error en la lectura de los números. Por el criterio que se sigue en la metodología del test, sólo influyen en el tiempo de realización de la prueba los errores cometidos de omisión y adición, que son los que se tienen en cuenta para ajustar los tiempos empleados en las láminas. Sin embargo, para conocer la calidad de realización de la prueba (CRP) resulta interesante tener en cuenta todos los posibles errores cometidos. La cuantificación de los errores será en tanto por cien, siendo a más alto el % menor la cuantía de fallos cometidos en la realización de la prueba.

Los valores obtenidos en la CRP-V estaban comprendidos entre el 75% y el 100%, con una asimetría negativa (-6,84), una mediana del 100% y un IQR de 1,25. Los valores obtenidos en la CRP-H estaban comprendidos entre el 50% y el 100%, con una asimetría negativa (-6,30), una mediana del 100% y un IQR de 1,25. En cuanto al valor de la CRP-Hd estaban comprendidos entre el 60% y el 100%, con una asimetría negativa (-4,25), una mediana del 98,75% y un IQR de 1,25.

En base a los resultados y con una tabla de frecuencias de la CRP en

cada conjunto de 80 números (V, H y Hd), se han agrupado en tres categorías de errores cometidos, considerando como óptimo hasta un 5%, (considera un máximo de 4 errores), regular entre 5 y 10%, (hasta 8 errores), y malo por encima del 10% de errores cometidos en la realización de la lámina, (considerando 9 o más errores). En la categoría de malo hubieron tres sujetos en las láminas verticales, diez sujetos en la lámina horizontal, y trece en la lámina horizontal distractora (tabla 4.14.).

No cometieron ningún tipo de error el 66,9% de los sujetos en las láminas verticales, el 57,6% en la lámina horizontal, y el 43,7% en la lámina horizontal distractora. En la tabla 4.14. se muestra la resultados en base a las tres categorías de errores cometidos. Se aprecia que la gran mayoría están en la franja de óptima, también se aprecia una tendencia al incremento del número de errores con el incremento de la dificultad de la prueba.

Tabla 4.14.-

Porcentaje de sujetos en cada una de las categorías de calidad que se han clasificado las variables de CRP.

%	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd
Óptimo	98,8	91,8	89,8
Regular	0,3	4,9	6,9
Malo	0,9	3,3	4,3

Tabla 4.15.-

Clasificación de la Calidad de Realización de la Prueba según los errores cometidos.

%	CRP-V	P.A.	CRP-H	P.A.	CRP-Hd	P.A.
50,0			1	0,3		
60,0					1	0,3
75,0	1	0,3	1	0,7	2	1
76,3			1	1		
78,8			1	1,3		
80,0					1	1,3
81,3	1	0,7			1	1,7
82,5	1	1			1	2
85,0					2	2,6
86,3			2	2		
87,5			2	2,6	2	3,3
88,8			2	3,3	3	4,3
90,0			3	4,3	4	5,6
91,3	1	1,3	4	5,6	4	7
92,5			1	6	7	9,3
93,8			7	8,3	6	11,3
95,0	4	2,6	5	9,9	9	14,2
96,3	13	7	14	14,6	16	19,5
97,5	15	11,9	22	21,9	31	29,8
98,8	62	32,5	62	42,4	80	56,3
99,4	2	33,1				
100,0	202	100,0	174	100,0	132	100,0

Se considera óptimo (color verde), regular (color marrón), y malo (color rojo).
Siendo P.A.: porcentaje acumulado. CRP-V / CRP-H / CRP-Hd: Calidad Realización Prueba Vertical, Horizontal; y Horizontal distractora respectivamente.

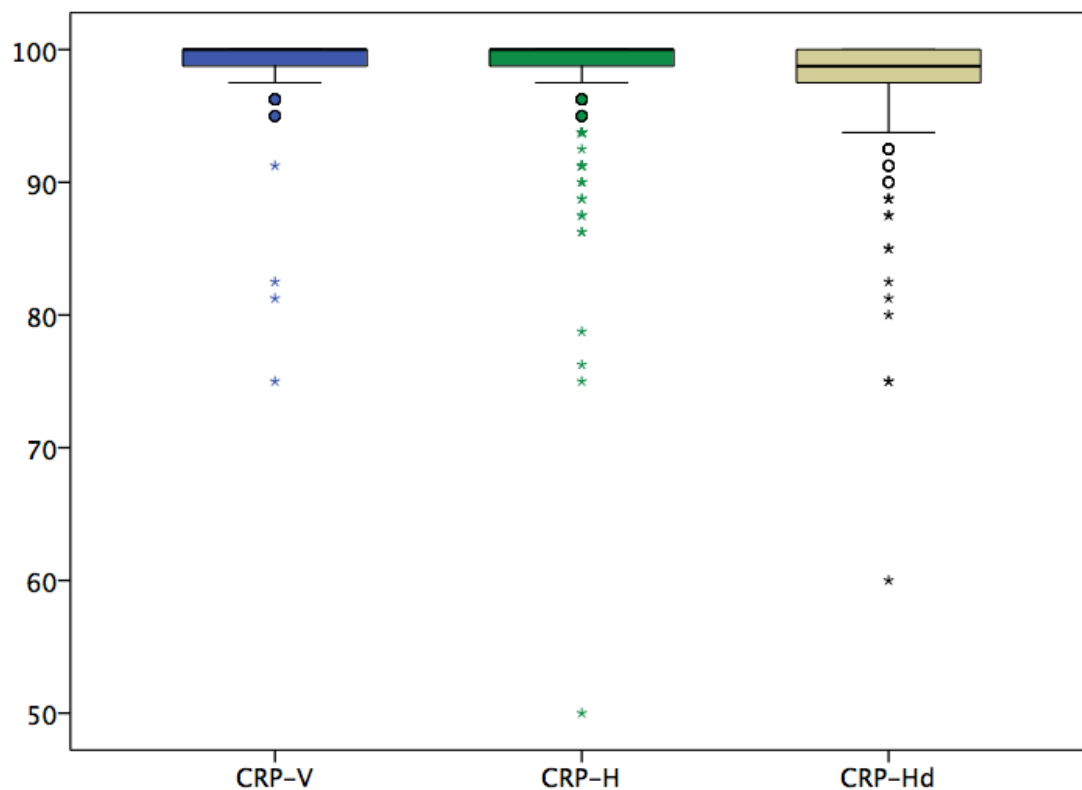


Figura 4.7.- Diagrama de cajas que muestra los valores, en tanto por cien, de la Calidad de Realización de la Prueba (CRP) en las distintas láminas. Siendo los círculos y los asteriscos los valores atípicos encontrados en la muestra.

4.3.5. Niveles de competencia

Permite conocer el nivel de rendimiento competencial de un sujeto cuando realiza la prueba en cualquiera de las variables temporales obtenidas de las láminas. Para obtener este valor se clasifica en una nueva variable cualitativa ordinal escalar del 1 al 5, la cual gradúa de peor a mejor cada uno de los tres bloques de actividades de motilidad valoradas (vertical, horizontal y horizontal con distractores).

Al analizar los resultados de una manera global en toda la muestra normal, se observa que con el criterio seguido, presentan unos valores considerados en el rango entre normal y excelente, 3 de cada 4 sujetos evaluados.

El nivel de rendimiento bajo competencial, (considerado grados 1 y 2), lo tienen un 23,6%, 24,5% y del 20,5% de los sujetos en la variable Vaj, Haj y Hdaj respectivamente. El nivel de rendimiento alto competencial, (considerado grados 4 y 5), lo presentan el 24,2%, 23,9% y del 39,7% en la variable Vaj, Haj y Hdaj respectivamente (tabla 4.16.).

Evidentemente cuanto mayor sea el valor, estando en la parte alta de los valores atípicos, peor nivel competencial tendrá.

Tabla 4.16.-

Porcentaje de sujetos en cada una de las categorías de calidad que se ha clasificado las variables de nivel de competencia.

Grado	Categoría	Vaj	Haj	Hdaj
5	Excelente	2,3	5,0	10,9
4	Bueno	21,9	18,9	28,8
3	Normal	52,3	51,7	39,7
2	Regular	12,3	14,6	11,6
1	Malo	11,3	9,9	8,9

Siendo óptimo (color verde), regular (color marrón), y malo (color rojo).

4.4 MODELOS DE DATOS EN CADA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

4.4.1. Influencia de variables socio-demográficas en el ADEMd

4.4.1.1. Influencia de la edad

En el apartado 4.3.1. de este capítulo se expusieron los datos temporales globales de las láminas, y también los resultados en los siete grupos de edad en que se dividió la muestra sana (tabla 4.5.). Se mostró que había diferencias significativas en cada lámina en función de la edad, aunque no se producía dicha diferencia entre los tres primeros grupos de edad más

joven. Adicionalmente, en el apartado 4.3.2., al realizar el estudio de la validez del test en el epígrafe validez del contenido, se valoró viendo si se producía cambios con la edad. En las figuras 4.4. (a, b y c) se observaba gráficamente, mediante los diagramas de dispersión, cual era la tendencia de las variables temporales con la edad, produciéndose un incremento, y estando relacionadas en las tres variables. De hecho se llegaba a justificar una dependencia de hasta casi un 36% la relación de la edad en los valores temporales en alguna lámina.

Por ello se puede responder afirmativamente a la pregunta de investigación que se planteaba inicialmente de si existe relación entre la edad y el desarrollo de los movimientos oculomotores valorados mediante el ADEMd.

A continuación para completar el objetivo de este apartado, describiremos los distintos parámetros desglosados en los grupos etarios que se ha dividido la muestra normal. Los cuatro bloques a analizar con la edad son los resultados de los parámetros temporales, los cocientes de las láminas, la CRP y el nivel de competencia.

- Resultados parámetros temporales.

La varianza de la variables V_{aj} , H_{aj} y Hd_{aj} no son la misma en los siete grupos definidos por la variable grupos de edad, se ha descartado que haya homogeneidad de varianzas con el estadístico de Levene dado su nivel crítico ($p < 0,001$).

Para visualizar la tendencia y las posibles relaciones, se representa con un diagrama de cajas las tres variables dependientes (V , H_{aj} y Hd_{aj}) juntas por cada grupo de edad.

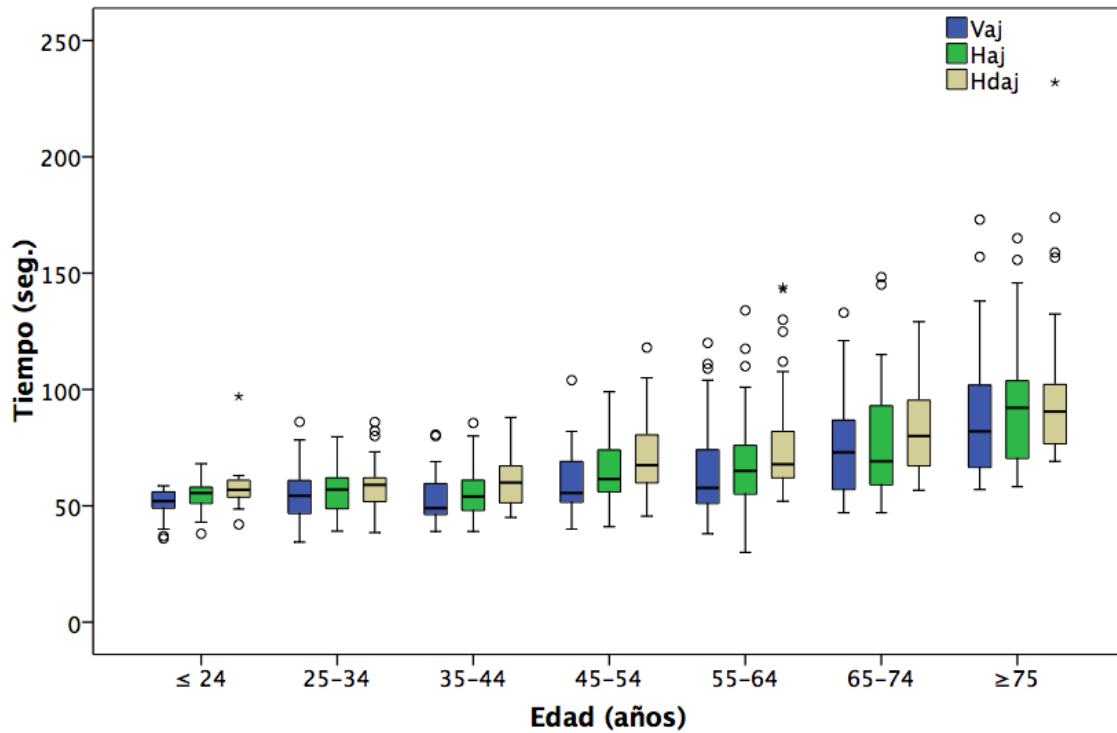


Figura 4.8. Diagrama de cajas para los valores de Vaj, Haj y Hdaj, desglosados independientemente por grupo etarios.

Se aprecia un ligero aumento de los valores atípicos y alguno extremo, destacando sobre todo en la parte superior de los bigotes, lo que implica que emplean mayor tiempo al realizar la prueba dichas personas. Estos valores atípicos^{xx} suceden principalmente en los tres grupos de más mayores, ocurriendo en casi todas las láminas. Las cajas (cuya altura representa la amplitud intercuartílica) muestran el grado de dispersión del 50% de los casos centrales, se observa que se produce un incremento en el rango intercuartílico en las tres variables a partir de los 45 años, siendo más notable este incremento en los dos grupos más mayores (de 65 años en adelante).

Una mediana, línea negra desplazada del centro de la caja, delata la presencia de asimetría. La mediana a lo largo de los grupos está desplazada hacia abajo en unas variables, lo que indica asimetría positiva, y en otros hacia arriba asimetría negativa.

^{xx} Los representados con círculo son valores atípicos alejados más de 1,5 longitudes de caja del percentil 75. Los marcados con asterisco son valores extremos alejados más de 3 longitudes de caja del P75.

Tabla 4.17.-

Correlaciones entre los tiempos de las láminas verticales y horizontales dentro de cada grupo de edad.

	≤ 24 años			25-34 años			35-44 años			45-54 años		
	Vaj	Haj	Hdaj	Vaj	Haj	Hdaj	Vaj	Haj	Hdaj	Vaj	Haj	Hdaj
Vaj	1,00	0,61**	0,40*	1,00	0,90**	0,84**	1,00	0,80**	0,67**	1,00	0,84**	0,65**
Haj	0,61**	1,00	0,75**	0,90**	1,00	0,93**	0,80**	1,00	0,82**	0,84**	1,00	0,79**
Hdaj	0,40*	0,75**	1,00	0,84**	0,93**	1,00	0,67**	0,82**	1,00	0,65**	0,79**	1,00

	55-64 años			65-74 años			≥ 75 años		
	Vaj	Haj	Hdaj	Vaj	Haj	Hdaj	Vaj	Haj	Hdaj
Vaj	1,00	0,83**	0,82**	1,00	0,92**	0,85**	1,00	0,84**	0,69**
Haj	0,83**	1,00	0,78**	0,92**	1,00	0,93**	0,84**	1,00	0,90**
Hdaj	0,82**	0,78**	1,00	0,85**	0,93**	1,00	0,69**	0,90**	1,00

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

**La correlación es significativa en el nivel 0,01.

Se aprecia en cada uno de los grupos de edad que existe una relación lineal positiva significativa ($p < 0,05$) entre cada una de las dos variables analizadas por pares, ello indica que los valores de las dos variables varían de forma parecida. Por ejemplo, los sujetos que tardan más en realizar la lámina V tienden a tardar más en H y los que tardan menos en V tienden a tardar menos en H. Curiosamente donde se dan los valores más bajos de correlación es en el grupo de más jóvenes, sobre todo en la correlación temporal de automaticidad (Vaj) con respecto a la oculomotricidad horizontal con distractores (Hdaj), lo cual se podría justificar por las características de estos sujetos de ser más impulsivos en la realización de las tareas.

- Cocientes láminas.

Se ha analizado la homogeneidad de varianzas con el estadístico de Levene observando los resultados de la varianza de la Haj/Vaj ($p=0,04$), Hdaj/Vaj ($p=0,31$) y Hdaj/Haj ($p=0,01$) con la variable grupos de edad, sólo es igual, aceptando al no ser significativa la hipótesis nula de homogeneidad, el cociente Hdaj/Vaj.

Para analizar la distribución, y valorar la posible relación de los ratios

con la edad, se realizan diferentes gráficos donde intervienen las variable edad con cada una de las variables dependientes simultáneamente. Ello facilitará el análisis numérico posterior.

A través del diagrama de cajas, en los diferentes grupos etarios en que se ha dividido la muestra normal (figura 4.9.), se ve rápidamente si los datos son simétricos en los diferentes grupos de edad, o si incluyen observaciones anómalas.

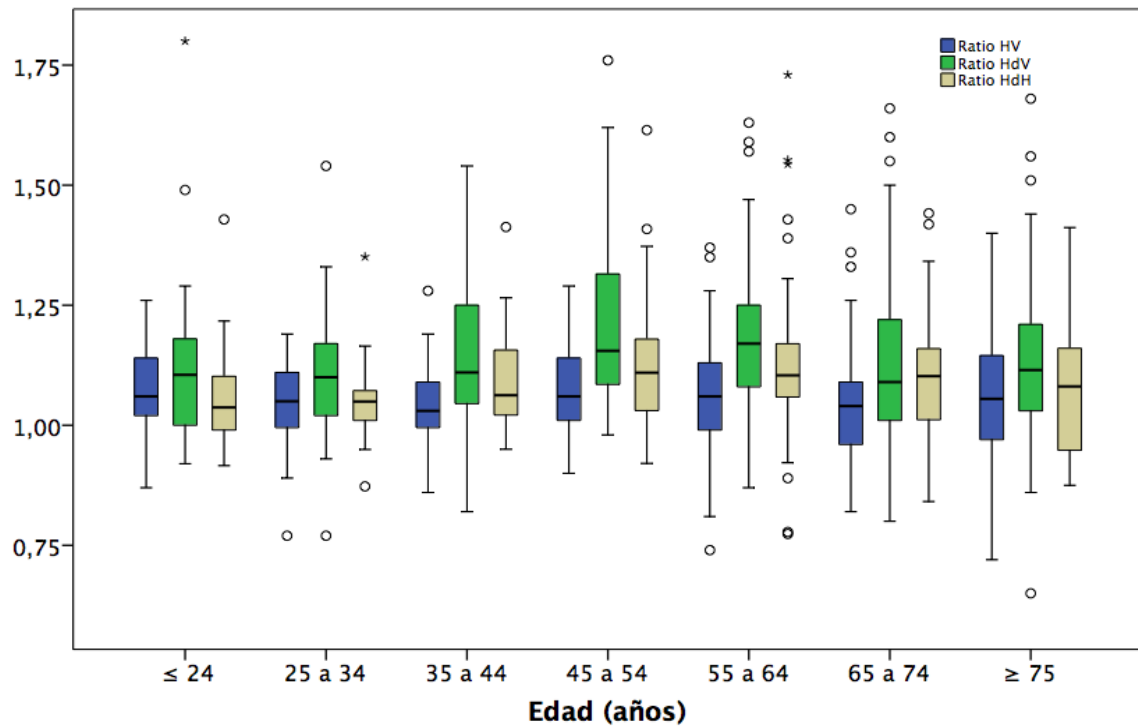


Figura 4.9.- Diagrama de cajas que muestra los cocientes desglosados por grupo etarios. Siendo Ratio HV: cociente del tiempo ajustado horizontal con respecto al vertical; Ratio HdV: cociente del tiempo ajustado horizontal distractor con respecto al vertical; y Ratio HdH: cociente del tiempo ajustado horizontal distractor con respecto al horizontal.

En el análisis de la figura anterior se puede observar que el rango intercuartil del ratio Hd/V es más amplio en todas las edades, salvo en el último

grupo de edad que es mayor el ratio Hd/H.

Tabla 4.18.-

Mediana y rango intercuartílico de los cocientes entre las láminas del ADEMd.

Grupo Edad	≤ 24 n=26	25 a 34 n=55	35 a 44 n=31	45 a 54 n=32	55 a 64 n=65	65 a 74 n=61	≥ 75 n=32	<i>p-valor</i>
Haj/Vaj	1,06 (0,13)	1,05 (0,12)	1,03 (0,10)	1,06 (0,14)	1,06 (0,15)	1,04 (0,14)	1,06 (0,18)	0,48
Hdaj/Vaj	1,11 (0,18)	1,10 (0,16)	1,11 (0,23)	1,16 (0,24)	1,17 (0,17)	1,09 (0,22)	1,12 (0,19)	0,03
Hdaj/Haj	1,04 (0,12)	1,05 (0,06)	1,06 (0,14)	1,11 (0,15)	1,10 (0,13)	1,10 (0,16)	1,08 (0,22)	0,04

El rango intercuartílico (IQR) entre paréntesis; siendo *p* el nivel de significación.

Al comparar cada variable del ratio según los grupos establecidos de edad, se aprecia significancia estadística según la prueba de Kruskal-Wallis solamente en los ratios que tienen incluida la lámina horizontal atencional, siendo para el Hdaj/Vaj $p=0,03$ y para el Hdaj/Haj $p=0,04$. Sin embargo, esta diferencia significativa no se produce ($p>0,10$) al comparar en los tres primeros grupos de edad entre sí, (de 20 a 44 años), y al comparar los cuatro últimos grupos entre sí, (de 45 a > 75 años).

Mediante la U de Mann-Whitney, con corrección de Bonferroni, se realizan comparaciones por pares entre grupos realizando sólo los contrastes imprescindibles. Dados los resultados del diagrama de cajas de la figura 4.9. se muestra los resultados de la comparación por pares de los tres primeros grupos (20 a 44 años) con los tres siguientes (45-a 74 años) en los ratios que llevan la lámina Hd (tabla 4.19.). Las nueve comparaciones por pares en cada variable, hace que tras aplicar Bonferroni, se considere el nivel de significancia de $p<0,006$.

Tabla 4.19.-

Comparaciones por pares entre grupos de los ratios Hd/V y Hd/H en los tiempos ajustados del test ADEMd en la muestra sana.

		45 a 54	55 a 64	65 a 74
≤ 24	Hdaj/Vaj	0,06	0,05	0,82
	Hdaj/Haj	0,04	0,005*	0,08
25 a 34	Hdaj/Vaj	0,005*	0,002*	0,36
	Hdaj/Haj	0,007	<0,001**	0,02
35 a 44	Hdaj/Vaj	0,18	0,30	0,62
	Hdaj/Haj	0,68	0,31	0,97

* La correlación es significativa en el nivel $p < 0,006$.

** La correlación es altamente significativa en el nivel $p < 0,001$.

En base al criterio comentado en el párrafo anterior, en el cociente Hdaj/Vaj se producen diferencias significativas en el grupo de menores de 25 a 34 años con dos grupos de edad, siendo los correspondientes al rango de 45 a 64 años. Con respecto al cociente Hdaj/Haj se produce diferencias significativas entre los sujetos de 20 a 34 años con los del grupo de 55 a 64 años.

Las comparaciones de los resultados de los cocientes Haj/Vaj, Hdaj/Vaj y Hdaj/Haj en cada grupo de edad (ver tabla 4.20.) se ha realizado con la prueba del Chi-cuadrado de Friedman y con la W de Kendall, considerando el valor del nivel crítico un p menor de 0,05.

Tabla 4.20.-

Comparaciones por pares de los cocientes Haj/Vaj, Hdaj/Vaj y Hdaj/Haj por grupos de edad en la muestra sana.

Grupos Edad	N	gl	Chi-cuadrado	W Kendall	p-valor
≤ 24	26	2	6,95	0,13	0,03
25 a 34	55	2	23,19	0,21	<0,0001
35 a 44	31	2	17,92	0,29	<0,0001
45 a 54	32	2	16,00	0,25	<0,0001
55 a 64	65	2	41,09	0,32	<0,0001
65 a 74	61	2	25,10	0,21	<0,0001
≥ 75	32	2	5,31	0,83	0,07

Del análisis general de estos resultados se observa que, existen diferencias en todos los grupos de edad estudiados en el cociente que requiere realizar la tarea horizontal distractora, con un incremento de los valores respecto a aquel que no requiere la tarea distractora. Por ello, se puede concluir que el realizar una actividad oculomotora con más exigencia, requiere una mayor atención, la cual afecta al tiempo que se dedica a realizar la tarea.

Por otra parte la utilización de los diagramas de dispersión permite representar y analizar la relación de dependencia entre dos variables referidas a los resultados de los ratios con la edad, (figuras 4.10. a, b y c), sirviendo como medio gráfico para introducir su estudio, y tener una visión completa de la relación existente entre las variables.

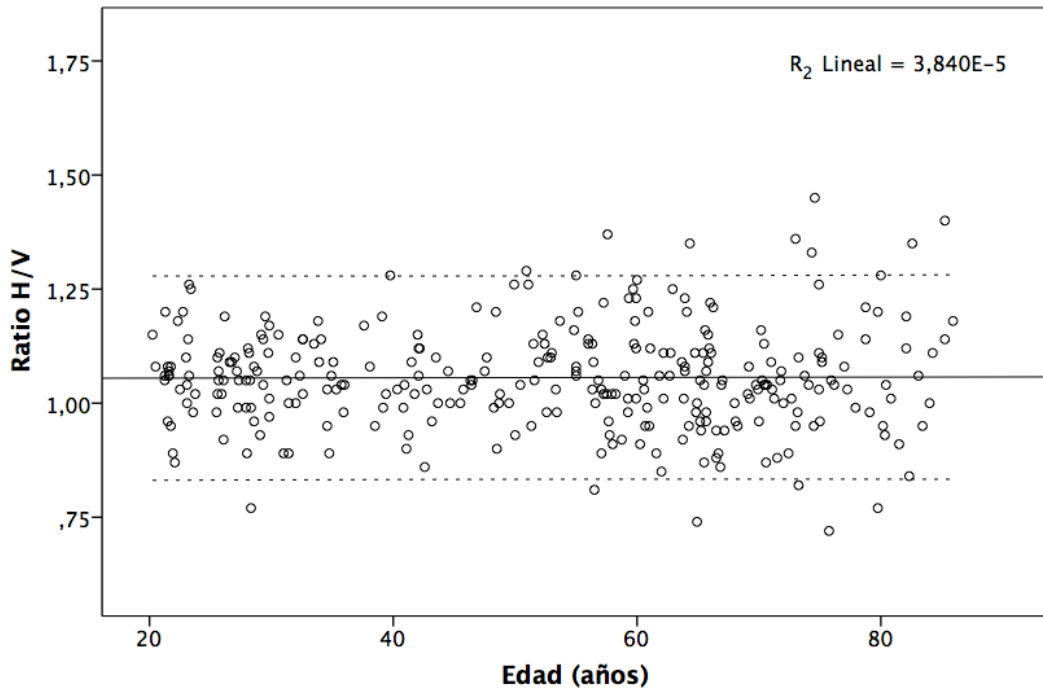


Figura 4.10.a.- Comportamiento del cociente H/V (tiempo ajustado horizontal con respecto al vertical), en base a la edad de los sujetos. La línea continua muestra el ajuste, y las discontinuas el IC del 95% de los individuos.

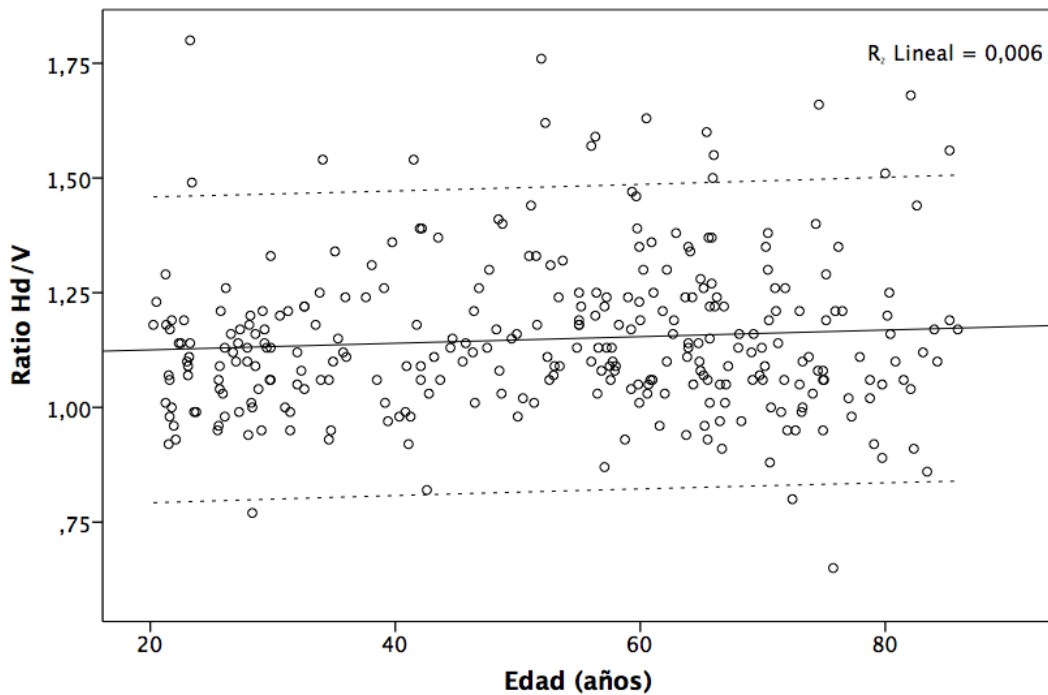


Figura 4.10.b.- Comportamiento del cociente Hd/V (tiempo ajustado horizontal distractor con respecto al vertical), en base a la edad de los sujetos. La línea continua muestra el ajuste, y las discontinuas el IC del 95% de los individuos.

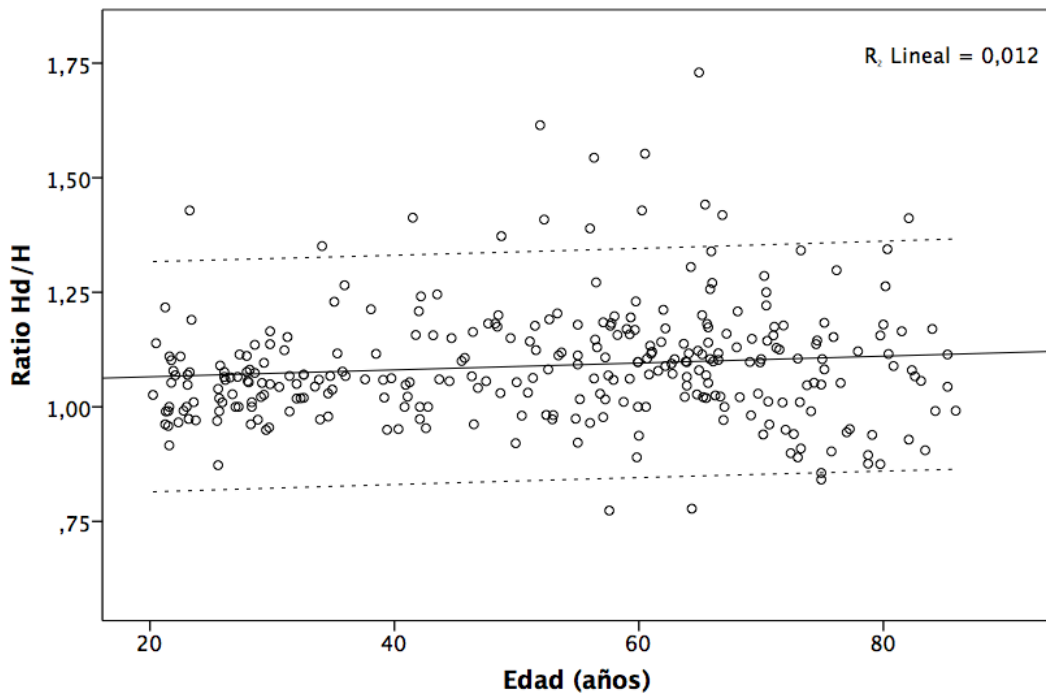


Figura 4.10.c.- Comportamiento del cociente Hd/H (tiempo ajustado horizontal distractor con respecto al horizontal), en base a la edad de los sujetos. La línea continua muestra el ajuste, y las discontinuas el IC del 95% de los individuos.

Dentro de la independencia lineal que se observa en los tres gráficos de dispersión anteriores, se aprecia una muy ligera relación lineal positiva en el último cociente Hd/H, siendo esta tan sólo del 1,2%. Aunque teniendo en cuenta que correlación no implica causalidad, la relación puede ser debida a otras circunstancias.

En la tabla 4.21. se aprecia en cada uno de los grupos de edad que existe una relación lineal positiva significativa ($p < 0,05$), con una correlación en la mayoría alta entre las variables Haj/Vaj y Hdaj/Vaj analizadas por pares. Siendo no significativa esa correlación entre las variables Haj/Vaj y Hdaj/Haj en los cuatro primeros grupos de edad ($p > 0,05$), y con una relación lineal negativa significativa ($p < 0,01$), con una correlación baja en los tres grupos más mayores (de 55 años en adelante). Implicando que cuando un cociente sube el otro baja en los sujetos más mayores.

Tabla 4.21.-

Correlaciones entre los diferentes cocientes de las variables Haj/Vaj, Hdaj/Vaj y Hdaj/Haj, dentro de cada grupo de edad.

	≤ 24 años			25-34 años			35-44 años			45-54 años		
	Haj/ Vaj	Hdaj/ Vaj	Hdaj/ Haj	Haj/ Vaj	Hdaj/ Vaj	Hdaj/ Haj	Haj/ Vaj	Hdaj/ Vaj	Hdaj/ Haj	Haj/ Vaj	Hdaj/ Vaj	Hdaj/ Haj
Haj/ Vaj	1,00	0,77**	0,03	1,00	0,80**	0,00	1,00	0,72**	0,24	1,00	0,58**	-0,19
Hdaj/ Vaj	0,77**	1,00	0,57**	0,80**	1,00	0,54**	0,72**	1,00	0,83**	0,58**	1,00	0,64**
Hdaj/ Haj	0,03	0,57**	1,00	0,00	0,54**	1,00	0,24	0,83**	1,00	-0,19	0,64**	1,00

	55-64 años			65-74 años			≥ 75 años		
	Haj/ Vaj	Hdaj/ Vaj	Hdaj/ Haj	Haj/ Vaj	Hdaj/ Vaj	Hdaj/ Haj	Haj/ Vaj	Hdaj/ Vaj	Hdaj/ Haj
Haj/ Vaj	1,00	0,53**	-0,34**	1,00	0,61**	-0,04**	1,00	0,53**	- 0,20**
Hdaj/ Vaj	0,53**	1,00	0,51**	0,61**	1,00	0,72**	0,53**	1,00	0,66**
Hdaj/ Haj	-0,34**	0,51**	1,00	-0,04**	0,72**	1,00	-0,20**	0,66**	1,00

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

**La correlación es significativa en el nivel 0,01.

- Calidad Realización de la Prueba.

Se ha analizado la homogeneidad de varianzas con el estadístico de Levene observando los resultados de la varianza de la CRP-V ($p=0,04$), CRP-H ($p=0,73$) y CRP-Hd ($p<0,001$) con la variable grupos de edad, sólo es igual, aceptando al no ser significativa la hipótesis nula de homogeneidad, la CRP-H.

A través del diagrama de cajas, en los diferentes grupos etarios en que se ha dividido la muestra normal (figura 4.11.), se ve el comportamiento de los datos con respecto a los diferentes grupos de edad, así como las observaciones anómalas.

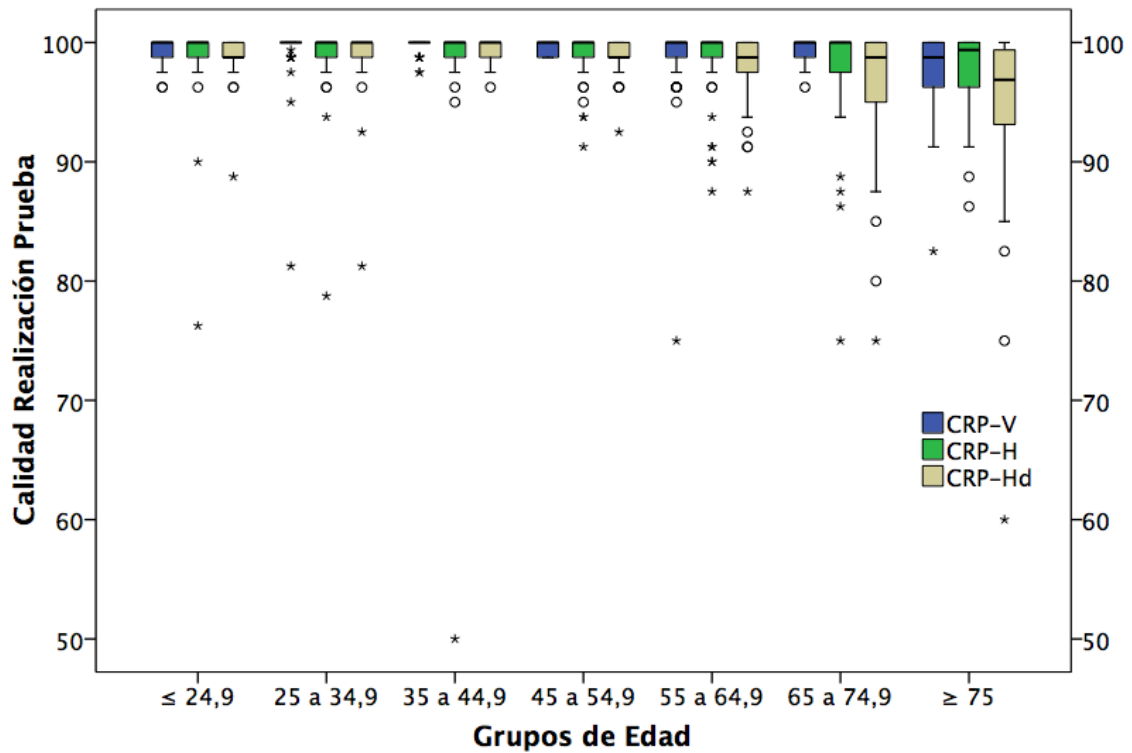


Figura 4.11.- Diagrama de cajas que muestra la calidad de realización de la prueba en las diferentes variables temporales analizadas.

El análisis de la figura anterior muestra que, al margen de los valores atípicos o extremos que aparecen en todos de los grupos etarios, se produce una disminución de la calidad de la realización de la prueba con el incremento de la edad, en las láminas H y Hd, siendo sobre todo en esta última más acusado el rango intercuartílico en los dos últimos grupos.

Tabla 4.22.a.-

Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y la CRP-V

		CRP-V			Total
		Malo	Regular	Óptimo	
≤ 24	Recuento	0	0	26	26
	% dentro de Edad	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	% dentro de CRP-V	0,00%	0,00%	8,70%	8,60%
25 a 34	Recuento	1	0	54	55
	% dentro de Edad	1,80%	0,00%	98,20%	100,00%
	% dentro de CRP-V	33,30%	0,00%	18,10%	18,20%
35 a 44	Recuento	0	0	31	31
	% dentro de Edad	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	% dentro de CRP-V	0,00%	0,00%	10,40%	10,30%
45 a 54	Recuento	0	0	32	32
	% dentro de Edad	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	% dentro de CRP-V	0,00%	0,00%	10,70%	10,60%
55 a 64	Recuento	1	0	64	65
	% dentro de Edad	1,50%	0,00%	98,50%	100,00%
	% dentro de CRP-V	33,30%	0,00%	21,50%	21,50%
65 a 74	Recuento	0	0	61	61
	% dentro de Edad	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	% dentro de CRP-V	0,00%	0,00%	20,50%	20,20%
≥ 75	Recuento	1	1	30	32
	% dentro de Edad	3,10%	3,10%	93,80%	100,00%
	% dentro de CRP-V	33,30%	100,00%	10,10%	10,60%
Total	Recuento	3	1	298	302
	% dentro de Edad	1,00%	0,30%	98,70%	100,00%
	% dentro de CRP-V	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

En cuanto a la CRP de las dos láminas verticales, considerando la suma de las dos como una sola, solo el grupo más mayor, (a partir de los 75 años), presentan un tanto por cien por debajo del 95% del nivel óptimo, aunque sin pasar del 10% de errores. Pudiéndose afirmar que la CRP de la prueba vertical es óptima para la inmensa mayoría de los sujetos que han realizado la misma.

Tabla 4.22.b.-

Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y la CRP-H.

		CRP-H			Total
		Malo	Regular	Óptimo	
≤ 24	Recuento	1	1	24	26
	% dentro de Edad	3,80%	3,80%	92,30%	100,00%
	% dentro de CRP-H	10,00%	6,70%	8,70%	8,60%
25 a 34	Recuento	1	1	53	55
	% dentro de Edad	1,80%	1,80%	96,40%	100,00%
	% dentro de CRP-H	10,00%	6,70%	19,10%	18,20%
35 a 44	Recuento	1	0	30	31
	% dentro de Edad	3,20%	0,00%	96,80%	100,00%
	% dentro de CRP-H	10,00%	0,00%	10,80%	10,30%
45 a 54	Recuento	0	3	29	32
	% dentro de Edad	0,00%	9,40%	90,60%	100,00%
	% dentro de CRP-H	0,00%	20,00%	10,50%	10,60%
55 a 64	Recuento	1	5	59	65
	% dentro de Edad	1,50%	7,70%	90,80%	100,00%
	% dentro de CRP-H	10,00%	33,30%	21,30%	21,50%
65 a 74	Recuento	4	3	54	61
	% dentro de Edad	6,60%	4,90%	88,50%	100,00%
	% dentro de CRP-H	40,00%	20,00%	19,50%	20,20%
≥ 75	Recuento	2	2	28	32
	% dentro de Edad	6,30%	6,30%	87,50%	100,00%
	% dentro de CRP-H	20,00%	13,30%	10,10%	10,60%
Total	Recuento	10	15	277	302
	% dentro de Edad	3,30%	5,00%	91,70%	100,00%
	% dentro de CRP-H	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

La valoración de la tabla 4.22.b. muestra que en la CRP de la lámina horizontal convencional, en todos los grupos de edad se produce alguna caracterización de regular y/o mala. Estando por debajo del 95% en cinco de los grupos etarios el nivel óptimo. Y de estos cinco, los dos de mayor edad están por debajo del 90%. Luego a partir de los 65 años se empiezan a producir un incremento de fallos realizando la prueba horizontal sin distractor.

Tabla 4.22.c.-

Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y la CRP-Hd.

		CRP-Hd			Total
		Malo	Regular	Óptimo	
≤ 24	Recuento	1	0	25	26
	% dentro de Edad	3,80%	0,00%	96,20%	100,00%
	% dentro de CRP-Hd	7,70%	0,00%	9,30%	8,60%
25 a 34	Recuento	1	1	53	55
	% dentro de Edad	1,80%	1,80%	96,40%	100,00%
	% dentro de CRP-Hd	7,70%	4,80%	19,80%	18,20%
35 a 44	Recuento	0	0	31	31
	% dentro de Edad	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%
	% dentro de CRP-Hd	0,00%	0,00%	11,60%	10,30%
45 a 54	Recuento	0	1	31	32
	% dentro de Edad	0,00%	3,10%	96,90%	100,00%
	% dentro de CRP-Hd	0,00%	4,80%	11,60%	10,60%
55 a 64	Recuento	1	5	59	65
	% dentro de Edad	1,50%	7,70%	90,80%	100,00%
	% dentro de CRP-Hd	7,70%	23,80%	22,00%	21,50%
65 a 74	Recuento	4	10	47	61
	% dentro de Edad	6,60%	16,40%	77,00%	100,00%
	% dentro de CRP-Hd	30,80%	47,60%	17,50%	20,20%
≥ 75	Recuento	6	4	22	32
	% dentro de Edad	18,80%	12,50%	68,80%	100,00%
	% dentro de CRP-Hd	46,20%	19,00%	8,20%	10,60%
Total	Recuento	13	21	268	302
	% dentro de Edad	4,30%	7,00%	88,70%	100,00%
	% dentro de CRP-Hd	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

La valoración de la tabla 4.22.c. muestra que en la CRP de la lámina horizontal con distractores, en todos los grupos de edad, excepto en el de 35 a 44 años, se produce alguna caracterización de regular y/o mala. Estando por debajo del 95% del nivel óptimo en tres de los grupos etarios. Y de estos tres, los dos más mayores están por debajo del 90%, aunque hay una tendencia en

el grupo de 55 a 64 con un 90,8%. Luego a partir de los 65 años se empiezan a producir un incremento de fallos realizando la prueba horizontal con distractor. Siendo mayor el número de fallo en la lámina Hd que en la H.

Tabla 4.23.-

Puntuación calidad de realización de la prueba en tanto por cien según los grupos etarios.

Grupo Edad	≤ 24 (n=26)	25 a 34 (n=55)	35 a 44 (n=31)	45 a 54 (n=32)	55 a 64 (n=65)	65 a 74 (n=61)	≥ 75 (n=32)	p-valor
CRP-V	99,4±1,2	99,3±2,6	99,6±0,8	99,7±0,6	98,9±3,3	99,5±0,8	97,7±3,5	<0,001
CRP-H	98,8±2,2	99,0±3,0	97,5±9,4	98,7±2,3	98,5±2,8	97,9±4,2	97,7±3,5	<0,001
CRP-Hd	98,3±2,4	99,0±2,8	99,1±1,2	98,8±1,7	98,1±2,5	96,5±5,1	94,1±8,5	<0,001

En la tabla 4.23. no se ha realizado la mediana dado que la mayoría de los grupos la tenían del 100%. Por ello, para hacerse una idea del comportamiento, se ha realizado la media con su correspondiente desviación estándar.

Tabla 4.24.-

Correlaciones entre las diferentes calidades de realización de la prueba en las láminas, dentro de cada grupo de edad.

	≤ 24 años			25-34 años			35-44 años			45-54 años		
	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd
CRP-V	1,00	0,67**	0,25	1,00	0,39**	0,08	1,00	0,35	0,10	1,00	-0,36	0,40*
CRP-H	0,67**	1,00	0,28	0,39**	1,00	0,09	0,35	1,00	0,47**	-0,36	1,00	0,53
CRP-Hd	0,25	0,28	1,00	0,08	0,09	1,00	0,10	0,47**	1,00	0,40*	0,53	1,00

	55-64 años			65-74 años			≥ 75 años		
	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd
CRP-V	1,00	0,28*	0,23	1,00	0,01	0,34**	1,00	0,55**	0,51**
CRP-H	0,28*	1,00	0,25*	0,01	1,00	0,30*	0,55**	1,00	0,49**
CRP-Hd	0,23	0,25*	1,00	0,34**	0,30*	1,00	0,51**	0,49**	1,00

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

**La correlación es significativa en el nivel 0,01.

Se aprecia en cada uno de los grupos de edad que existe una relación lineal positiva significativa ($p < 0,05$), con una correlación en medio-alta entre las variables de CRP analizadas por pares. Siendo no significativa esa correlación de la variable CRP-Hd con las otras dos en los dos primeros grupos de edad ($p > 0,05$), produciéndose correlación significativa ($p < 0,05$) en estas mismas variables en los dos grupos más mayores (de 65 años en adelante).

- Nivel competencia

Se ha analizado la homogeneidad de varianzas con el estadístico de Levene observando los resultados de la varianza con la variable grupos de edad, al ser significativa ($p > 0,5$) se acepta la hipótesis nula de homogeneidad para los niveles de competencia en cada variable V, H y Hd.

A través del diagrama de cajas, en los diferentes grupos etarios en que se han dividido los grupos de edad no se observa ningún cambio notable entre los grupos, salvo el rango intercuartil del nivel de competencia Hd en el último grupo, así como la anchura de los bigotes de las cajas, cosa lógica, si se tiene en cuenta la variabilidad de sujetos que conforman este grupo, y que se ha visto en resultados previos.

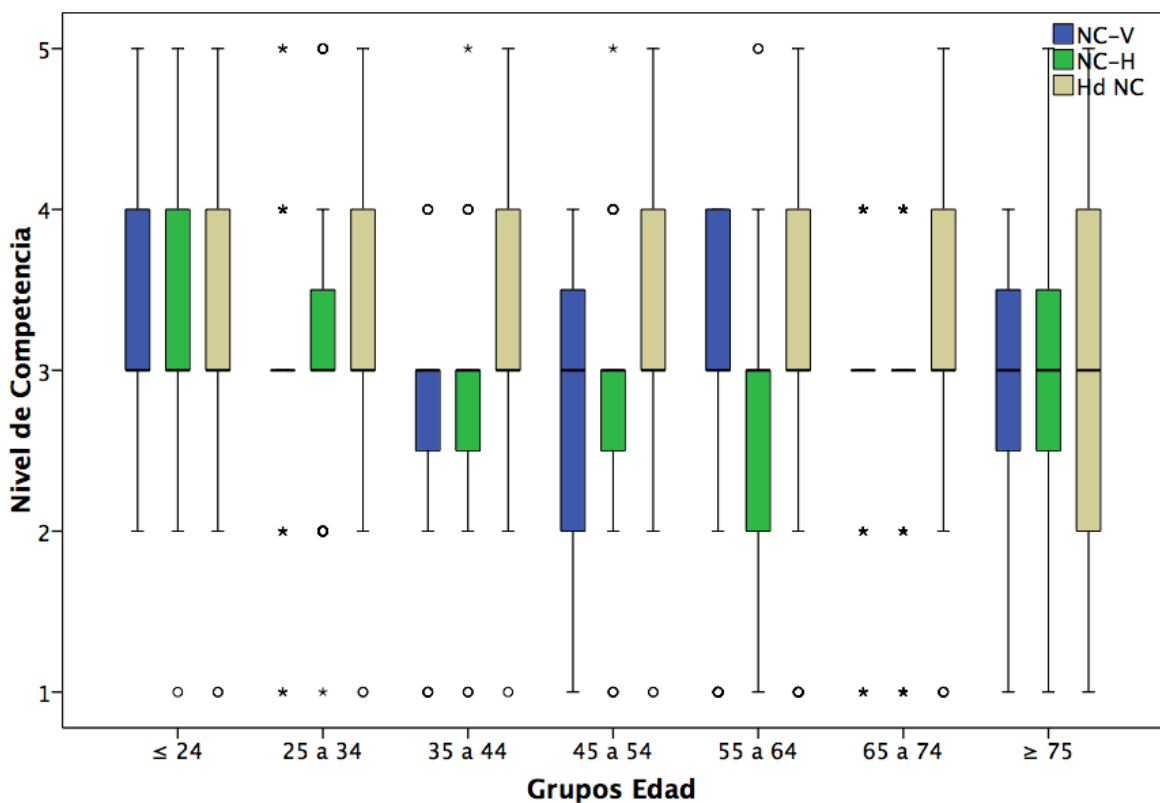


Figura 4.12.- Diagrama de cajas que muestra el nivel de competencia de la prueba en las diferentes variables temporales analizadas.

En cuanto al NC, se han fusionado las dos láminas verticales en una sola. Observando los datos de la tabla 4.25.a. los valores de los NC presentan una distribución bastante homogénea en los dos grupos más jóvenes, con algunos sujetos excelentes y ninguno malo en el primer grupo. A partir de los 35 años se muestran unos niveles equivalentes, en el resto de grupos, no habiendo ninguno excelente. Pudiéndose afirmar que el NC vertical es óptimo en la mayoría que han realizado la prueba con un nivel normal o mejor en más del 75% de los sujetos en cada grupo de edad.

La valoración de la tabla 4.25.b. muestra que el NC de la lámina horizontal convencional, en todos los grupos de edad se produce alguna caracterización de regular y/o mala, siendo menor esta incidencia en los dos primeros grupos. Al igual que sucedía con el NC-V, a partir de los 35 años, muestran unos niveles equivalentes, con unos tantos por cien de nivel de competencia malo que oscila entre el 10,7% y el 15,4%, con un rango en el NC regular entre el 10,8% y el 14,3%.

El análisis de la tabla 4.25.c. muestra que el NC de la lámina horizontal con distractores en todos los grupos de edad, se producen unos niveles de competencia similares no destacando ningún grupo en particular.

Tabla 4.25.a.-

Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y el nivel de competencia vertical.

Edad años		Malo	Regular	NC-V			Total
				Normal	Bueno	Excelente	
≤ 24	Recuento	0	3	16	3	4	26
	% dentro de Edad	0,00%	11,50%	61,50%	11,50%	15,40%	100,00%
	% dentro de NC-V	0,00%	8,10%	10,10%	4,50%	57,10%	8,60%
25 a 34	Recuento	3	9	30	10	3	55
	% dentro de Edad	5,50%	16,40%	54,50%	18,20%	5,50%	100,00%
	% dentro de NC-V	9,10%	24,30%	19,00%	14,90%	42,90%	18,20%
35 a 44	Recuento	5	3	18	5	0	31
	% dentro de Edad	16,10%	9,70%	58,10%	16,10%	0,00%	100,00%
	% dentro de NC-V	15,20%	8,10%	11,40%	7,50%	0,00%	10,30%
45 a 54	Recuento	4	5	15	8	0	32
	% dentro de Edad	12,50%	15,60%	46,90%	25,00%	0,00%	100,00%
	% dentro de NC-V	12,10%	13,50%	9,50%	11,90%	0,00%	10,60%
55 a 64	Recuento	12	4	30	19	0	65
	% dentro de Edad	18,50%	6,20%	46,20%	29,20%	0,00%	100,00%
	% dentro de NC-V	36,40%	10,80%	19,00%	28,40%	0,00%	21,50%
65 a 74	Recuento	5	9	33	14	0	61
	% dentro de Edad	8,20%	14,80%	54,10%	23,00%	0,00%	100,00%
	% dentro de NC-V	15,20%	24,30%	20,90%	20,90%	0,00%	20,20%
≥ 75	Recuento	4	4	16	8	0	32
	% dentro de Edad	12,50%	12,50%	50,00%	25,00%	0,00%	100,00%
	% dentro de NC-V	12,10%	10,80%	10,10%	11,90%	0,00%	10,60%
Total	Recuento	33	37	158	67	7	302
	% dentro de Edad	10,90%	12,30%	52,30%	22,20%	2,30%	100,00%
	% dentro de NC-V	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 4.25.b.-

Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y el nivel de competencia horizontal.

Edad años		Malo	Regular	NC-H			Total
				Normal	Bueno	Excelente	
≤ 24	Recuento	1	4	14	3	4	26
	% dentro de Edad	3,80%	15,40%	53,80%	11,50%	15,40%	100,00%
	% dentro de NC-H	3,30%	9,10%	9,00%	5,30%	26,70%	8,60%
25 a 34	Recuento	1	12	28	8	6	55
	% dentro de Edad	1,80%	21,80%	50,90%	14,50%	10,90%	100,00%
	% dentro de NC-H	3,30%	27,30%	17,90%	14,00%	40,00%	18,20%
35 a 44	Recuento	3	5	17	5	1	31
	% dentro de Edad	9,70%	16,10%	54,80%	16,10%	3,20%	100,00%
	% dentro de NC-H	10,00%	11,40%	10,90%	8,80%	6,70%	10,30%
45 a 54	Recuento	4	4	17	6	1	32
	% dentro de Edad	12,50%	12,50%	53,10%	18,80%	3,10%	100,00%
	% dentro de NC-H	13,30%	9,10%	10,90%	10,50%	6,70%	10,60%
55 a 64	Recuento	10	7	32	14	2	65
	% dentro de Edad	15,40%	10,80%	49,20%	21,50%	3,10%	100,00%
	% dentro de NC-H	33,30%	15,90%	20,50%	24,60%	13,30%	21,50%
65 a 74	Recuento	7	8	32	14	0	61
	% dentro de Edad	11,50%	13,10%	52,50%	23,00%	0,00%	100,00%
	% dentro de NC-H	23,30%	18,20%	20,50%	24,60%	0,00%	20,20%
≥ 75	Recuento	4	4	16	7	1	32
	% dentro de Edad	12,50%	12,50%	50,00%	21,90%	3,10%	100,00%
	% dentro de NC-H	13,30%	9,10%	10,30%	12,30%	6,70%	10,60%
Total	Recuento	30	44	156	57	15	302
	% dentro de Edad	9,90%	14,60%	51,70%	18,90%	5,00%	100,00%
	% dentro de NC-H	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 4.25.c.-

Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y el nivel de competencia horizontal distractor.

Edad años		NC-Hd					Total
		Malo	Regular	Normal	Bueno	Excelente	
≤ 24	Recuento	2	2	10	8	4	26
	% dentro de Edad	7,70%	7,70%	38,50%	30,80%	15,40%	100,00%
	% dentro de NC-Hd	7,40%	5,70%	8,30%	9,20%	12,10%	8,60%
25 a 34	Recuento	2	11	23	7	12	55
	% dentro de Edad	3,60%	20,00%	41,80%	12,70%	21,80%	100,00%
	% dentro de NC-Hd	7,40%	31,40%	19,20%	8,00%	36,40%	18,20%
35 a 44	Recuento	1	3	17	7	3	31
	% dentro de Edad	3,20%	9,70%	54,80%	22,60%	9,70%	100,00%
	% dentro de NC-Hd	3,70%	8,60%	14,20%	8,00%	9,10%	10,30%
45 a 54	Recuento	2	2	14	13	1	32
	% dentro de Edad	6,30%	6,30%	43,80%	40,60%	3,10%	100,00%
	% dentro de NC-Hd	7,40%	5,70%	11,70%	14,90%	3,00%	10,60%
55 a 64	Recuento	10	3	24	23	5	65
	% dentro de Edad	15,40%	4,60%	36,90%	35,40%	7,70%	100,00%
	% dentro de NC-Hd	37,00%	8,60%	20,00%	26,40%	15,20%	21,50%
65 a 74	Recuento	5	10	19	25	2	61
	% dentro de Edad	8,20%	16,40%	31,10%	41,00%	3,30%	100,00%
	% dentro de NC-Hd	18,50%	28,60%	15,80%	28,70%	6,10%	20,20%
≥ 75	Recuento	5	4	13	4	6	32
	% dentro de Edad	15,60%	12,50%	40,60%	12,50%	18,80%	100,00%
	% dentro de NC-Hd	18,50%	11,40%	10,80%	4,60%	18,20%	10,60%
Total	Recuento	27	35	120	87	33	302
	% dentro de Edad	8,90%	11,60%	39,70%	28,80%	10,90%	100,00%
	% dentro de NC-Hd	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

4.4.1.2. Influencia del género

En la muestra normal hay 159 mujeres (52,6%) y 143 hombres (47,4%). Se realizan los estadísticos de prueba con la U de Mann-Whitney para comprobar si hay diferencias entre las distintas variables en función del sexo. En la tabla 4.26. se resumen los resultados globales desglosados por sexo, analizando las variables temporales, los cocientes, la calidad de realización y los niveles de competencia del ADEMD. Se indica la mediana, el intervalo intercuartil y el valor de significancia para responder a la pregunta de si hay diferencias.

Tabla 4.26.-

Variables analizadas del ADEMD para valorar si existen diferencias por género.

	Vaj	Haj	Hdaj	Haj/Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
Femenino	60,0 (27,0)	64,0 (25,0)	67,3 (29,0)	1,05 (0,14)	1,11 (0,18)	1,06 (0,14)
Masculino	56,0 (17,9)	59,7 (16,0)	66,0 (19,5)	1,05 (0,13)	1,13 (0,19)	1,10 (0,13)
<i>p</i> -valor	0,07	0,03*	0,24	0,70	0,11	0,01*

	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	NC-V	NC-H	NC-Hd
Femenino	100 (1,3)	100 (2,5)	98,8 (2,5)	3 (1)	3 (1)	3 (1)
Masculino	100 (1,3)	100 (1,3)	98,8 (2,5)	3 (1)	3 (1)	4 (1)
<i>p</i> -valor	0,70	0,06	0,66	0,002**	0,012*	0,001**

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel <0,01.

A nivel global analizando los resultados de la tabla al clasificar a los sujetos por el sexo se observa que hay diferencias significativas por género ($p < 0,05$) en el tiempo ajustado empleado al realizar la lámina horizontal convencional (H), no mostrando diferencias en la lámina horizontal distractora Hdaj ($p = 0,24$). A nivel de los cocientes entre las láminas sólo se presenta en el ratio Hdaj/Haj. También se producen diferencias significativas por género en los niveles competenciales ($p < 0,05$), no habiéndolas en la calidad de realización de la prueba.

Las dos próximas tablas muestran el resultado al clasificar a los sujetos por el sexo en cada grupo de edad, analizando las variables que podemos extraer del ADEMD.

Tabla 4.27.-

Variables temporales y de relación para valorar si existen diferencias por género en los diferentes grupos etarios.

Edad (años)		Vaj	Haj	Hdaj	Haj/Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
≤ 24	Femenino	52,0 (9,0)	56,0 (11,0)	56,4 (8,4)	1,08 (0,14)	1,14 (0,2)	1,01 (0,14)
	Masculino	53,0 (5,5)	53,0 (12,2)	57,0 (6,2)	1,05 (0,1)	1,07 (0,16)	1,05 (0,09)
	<i>p</i> -valor	0,36	0,89	0,26	0,16	0,63	0,73
25 a 34	Femenino	55,1 (14,0)	57,5 (14,0)	60,1 (10,2)	1,05 (0,16)	1,08 (0,19)	1,05 (0,06)
	Masculino	52,0 (13,0)	55,0 (15,0)	57,0 (14,4)	1,06 (0,09)	1,10 (0,11)	1,04 (0,08)
	<i>p</i> -valor	0,32	0,61	0,55	0,35	0,43	0,63
35 a 44	Femenino	50,0 (17,4)	52,3 (16,8)	60,0 (18,4)	1,03 (0,09)	1,09 (0,15)	1,06 (0,12)
	Masculino	49,0 (13,3)	54,0 (12,3)	59,4 (14,8)	1,05 (0,15)	1,18 (0,29)	1,08 (0,18)
	<i>p</i> -valor	0,97	0,74	0,62	0,63	0,42	0,39
45 a 54	Femenino	63,5 (19,3)	66,5 (20,0)	71,5 (25,1)	1,05 (0,15)	1,15 (0,24)	1,06 (0,20)
	Masculino	53,7 (9,5)	57,1 (14,4)	67,0 (13,7)	1,08 (0,14)	1,17 (0,24)	1,12 (0,12)
	<i>p</i> -valor	0,10	0,10	0,47	0,57	0,35	0,39
55 a 64	Femenino	59,0 (26,6)	66,0 (20,2)	69,0 (18,5)	1,06 (0,17)	1,18 (0,19)	1,09 (0,15)
	Masculino	53,0 (21,3)	59,5 (21,3)	66,0 (23,3)	1,06 (0,14)	1,14 (0,17)	1,11 (0,10)
	<i>p</i> -valor	0,11	0,09	0,10	0,96	0,66	0,21
65 a 74	Femenino	80,0 (29,4)	84,6 (31,9)	89,5 (18,7)	1,04 (0,14)	1,08 (0,20)	1,04 (0,14)
	Masculino	60,0 (23,9)	60,0 (14,9)	75,0 (16,0)	1,02 (0,14)	1,12 (0,25)	1,13 (0,13)
	<i>p</i> -valor	0,002**	0,001**	<0,001**	0,25	0,52	0,05*
≥ 75	Femenino	83,5 (38,2)	98,4 (40,2)	96,0 (32,2)	1,12 (0,20)	1,10 (0,14)	1,07 (0,21)
	Masculino	81,5 (36,1)	79,75 (37,8)	86,5 (24,1)	1,05 (0,15)	1,18 (0,25)	1,09 (0,23)
	<i>p</i> -valor	0,11	0,07	0,04*	0,45	0,57	0,38

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel <0,01.

Analizando los resultados de la tabla al clasificar a los sujetos por el sexo y por grupos etarios se observa que el único grupo que presenta altas diferencias significativas por género es el de 65 a 74 años ($p < 0,001$), y es en las tres variables temporales Vaj, Haj, y Hdaj; y en el grupo de más mayores sólo en la lámina Hd ($p < 0,05$). En los ratios no se produce diferencias por género.

Tabla 4.28.-

VARIABLES DE CALIDAD Y NIVEL PARA VALORAR SI EXISTEN DIFERENCIAS POR GÉNERO EN LOS DIFERENTES GRUPOS ETARIOS.

Edad (años)		CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	NC-V	NC-H	NC-Hd
≤ 24	Femenino	100 (0,3)	100 (1,3)	98,8 (1,3)	3 (2)	3 (2)	3 (1)
	Masculino	100 (2,5)	100 (3,1)	98,8 (0,6)	3 (0)	3 (1)	4 (1)
	<i>p</i> -valor	0,21	0,12	0,15	0,27	0,56	0,61
25 a 34	Femenino	100 (0,9)	100 (1,3)	100 (1,3)	3 (1)	3 (1)	3 (2)
	Masculino	100 (0,0)	100 (1,3)	100 (1,3)	3 (1)	3 (1)	3 (2)
	<i>p</i> -valor	0,61	0,22	0,39	0,49	0,60	0,77
35 a 44	Femenino	100 (0,0)	100 (1,3)	100 (1,9)	3 (2)	3 (2)	3 (1)
	Masculino	100 (1,3)	100 (1,6)	100 (1,6)	3 (0)	3 (0)	3 (1)
	<i>p</i> -valor	0,62	0,71	0,73	0,71	0,97	0,63
45 a 54	Femenino	100 (1,3)	100 (2,2)	98,8 (2,5)	2,5 (2)	3 (1)	3 (1)
	Masculino	100 (0,9)	100 (1,3)	100 (1,3)	3 (1)	3 (1)	4 (1)
	<i>p</i> -valor	0,70	0,74	0,07	0,03*	0,08	0,03*
55 a 64	Femenino	100 (1,3)	98,8 (2,5)	98,8 (3,1)	3 (2)	3 (1)	3 (1)
	Masculino	100 (1,3)	100 (1,3)	98,8 (1,3)	3 (1)	3 (2)	4 (1)
	<i>p</i> -valor	0,59	0,10	0,20	0,12	0,37	0,12
65 a 74	Femenino	100 (1,3)	98,8 (2,8)	98,8 (5,3)	3 (1)	3 (1)	3 (1)
	Masculino	100 (1,3)	100 (1,3)	98,8 (5,0)	3 (1)	3 (1)	4 (1)
	<i>p</i> -valor	0,60	0,16	0,74	0,02*	0,04*	0,003**
≥ 75	Femenino	98,8 (3,8)	98,8 (4,7)	98,1 (5,6)	3 (1)	3 (1)	3 (2)
	Masculino	98,8 (2,8)	100 (2,8)	95,6 (8,1)	3 (1)	3 (1)	3 (2)
	<i>p</i> -valor	0,72	0,23	0,23	0,04*	0,04*	0,07

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel $p < 0,01$.

Observando los datos de la tabla al clasificar a los sujetos por el sexo y por grupos etarios se observa que la calidad de realización de la prueba no se ve afectada por el género. El nivel de competencia si que se ve afectado por el género en algunos grupos de edad, siendo el vertical en el grupo de 45 a 54 años ($p < 0,03$), y luego los dos grupos más mayores.

Si nos fijamos en las tres gráficas siguientes, al comparar el comportamiento de la variable temporal en base al género, se nota que no existe una gran diferencia en el tiempo ajustado promedio de realización de la prueba V, H y Hd, aunque las mujeres presentan una mediana más alta, y a su vez cuentan con varios valores atípicos y alguno extremo.

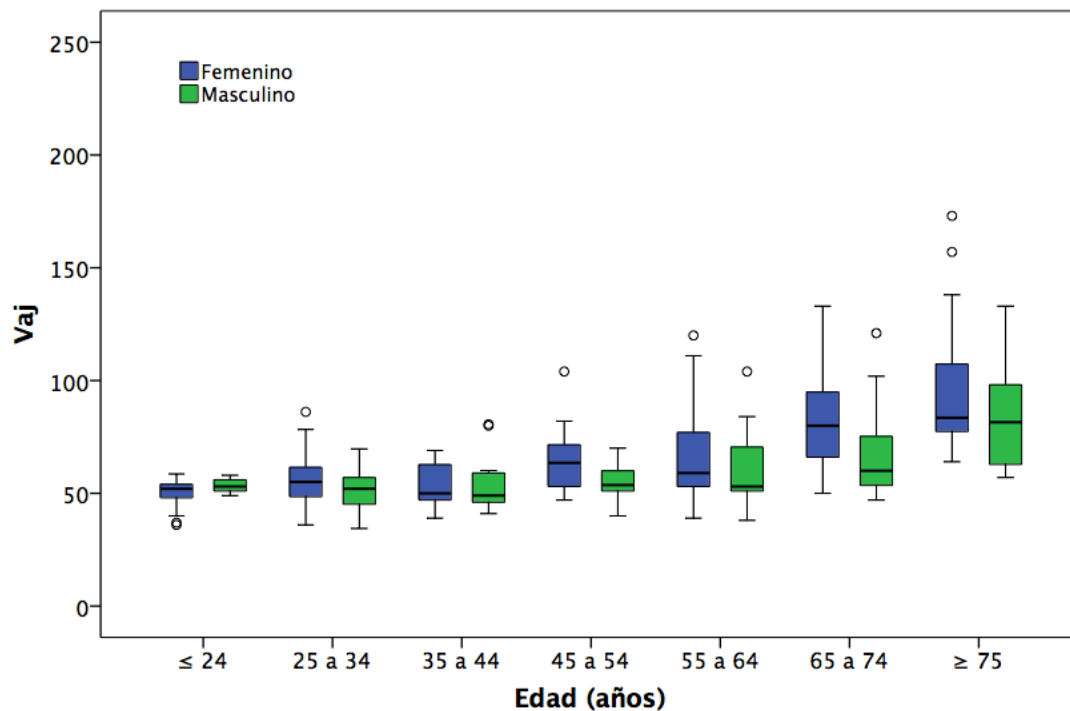


Figura 4.13.a.- Diagrama de caja que muestra el comportamiento de la variable dependiente vertical en base a la edad y al género de los sujetos.

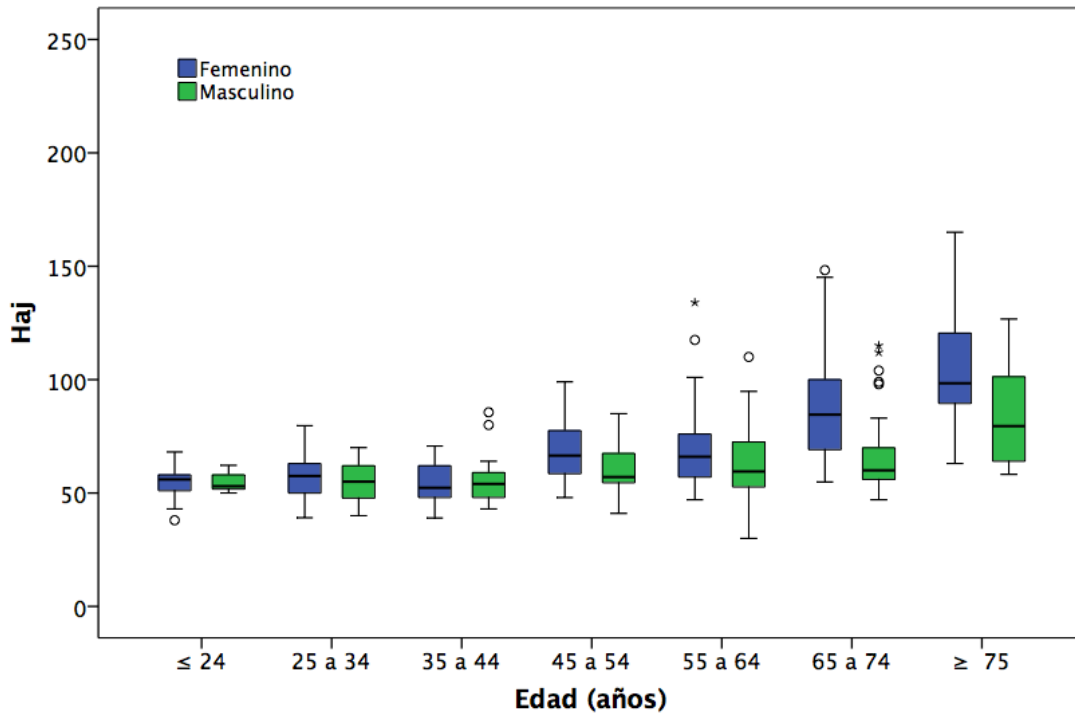


Figura 4.13.b.- Diagrama de caja que muestra el comportamiento de la variable dependiente horizontal en base a la edad y al género de los sujetos.

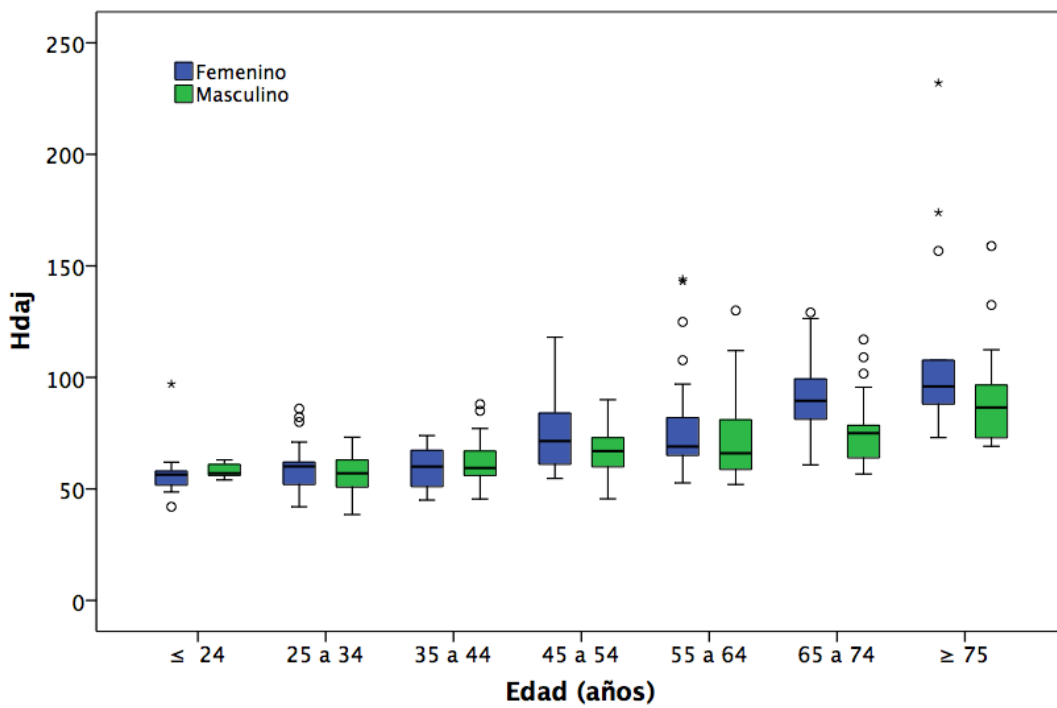


Figura 4.13.c.- Diagrama de caja que muestra el comportamiento de la variable dependiente horizontal distractora en base a la edad y al género de los sujetos.

4.4.1.3. Efecto del nivel de estudios

En la muestra normal hay 112 sujetos con un nivel de escolaridad básico, 81 con un nivel medio y 109 con un nivel educativo superior. En la tabla 4.29. se describen las medianas con sus rangos intercuartílicos, y para valorar si hay diferencias significativas entre los grupos según la escolaridad se realizan los estadísticos con la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 4.29.-

VARIABLES ANALIZADAS TEMPORALES Y DE RELACIÓN PARA VALORAR SI EXISTEN DIFERENCIAS EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE ESTUDIOS.

Nivel estudios	Vaj	Haj	Hdaj	Haj/Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
Básico	64,0 (27,5)	65,5 (27,1)	70,8 (27,8)	1,06 (0,14)	1,14 (0,21)	1,09 (0,14)
Medio	57,0 (18,6)	61,0 (17,7)	66,7 (21,3)	1,05 (0,13)	1,13 (0,17)	1,08 (0,15)
Alto	54,3 (18,7)	58,0 (16,5)	61,0 (21,6)	1,05 (0,11)	1,11 (0,15)	1,06 (0,11)
p-valor	0,001*	<0,001*	<0,001*	0,78	0,47	0,25

** La correlación es significativa en el nivel $p < 0,01$.

Se aprecia que hay diferencias altamente significativas entre las tres variables temporales ajustadas V, H y Hd según el nivel de escolaridad del sujeto. Para comprobar entre que pares de niveles de escolaridad suceden esas diferencias se realizan los estadísticos con la U de Mann-Whitney. Aplicando Bonferroni al tener tres variables (3 comparaciones $0,05/3=0,0167$) p se considera significativo a partir 0,017. Se observa que hay diferencias significativas entre los niveles de escolaridad básico y medio en las tres láminas, siendo Vaj ($p=0,016$), Haj ($p=0,011$), y Hdaj ($p=0,015$); y también se producen entre los niveles básico y alto siendo altamente significativas en las tres variables ($p < 0,001$). Cuando se comparan los niveles medio y alto no hay diferencias significativas ($p > 0,05$).

Tabla 4.30.-

VARIABLES ANALIZADAS DE CALIDAD Y NIVEL PARA VALORAR SI EXISTEN DIFERENCIAS EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE ESTUDIOS.

Nivel estudios	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	NC-V	NC-H	NC-Hd
Básico	100 (1,3)	98,8 (2,5)	98,8 (3,8)	3 (1)	3 (1)	3 (1)
Medio	100 (1,3)	100 (1,9)	98,8 (2,5)	3 (1)	3 (1)	3 (1)
Alto	100 (0)	100 (1,3)	100 (1,3)	3 (1)	3 (1)	3 (1)
<i>p</i> -valor	0,008**	<0,001**	0,001**	0,64	0,12	0,17

** La correlación es significativa en el nivel $p < 0,01$.

En base a los resultados obtenidos en la tabla 4.30. se aprecia que hay diferencias significativas por escolaridad a nivel global en la calidad de la realización de la prueba y no en los niveles competenciales.

Realizando la prueba de la mediana en las variables que presenta diferencias significativas se puede apreciar el comportamiento de los datos con respecto a aquellos que están por encima y cuales están por debajo de la mediana, y su relación con los niveles de escolaridad. La tabla 4,31., contiene la información relacionada con la prueba de la mediana, mostrando el resultado de la dicotomización al clasificar a los sujetos en base al tiempo empleado en la láminas por debajo y por encima de la mediana. Como dato curioso se observa que hay más sujetos con escolaridad básica por encima de la mediana.

Tabla 4.31.-

Prueba de la mediana en la variables analizadas en base al nivel de estudios.

		Escolaridad		
		Básica	Medio	Superior
V1+V2	> Mediana	71	39	41
	<= Mediana	41	42	68
Haj	> Mediana	64	39	46
	<= Mediana	48	42	63
Hdaj	> Mediana	71	40	40
	<= Mediana	41	41	69
CRP-V	> Mediana	0	0	0
	<= Mediana	112	81	109
CRP-H	> Mediana	0	0	0
	<= Mediana	112	81	109
CRP-Hd	> Mediana	43	28	61
	<= Mediana	69	53	48

Se observa en la tabla 4.31. como se invierten los tiempos con respecto a las medianas de la láminas dependiendo si los sujetos tienen un nivel escolar básico o es superior. Aunque en la calidad de realización de la prueba V y H, están todos en la mediana o por debajo, resulta curioso que con la CRP-Hd se obtengan más valores por debajo o igual que la mediana en el nivel escolar bajo, y sean mayores en el nivel escolar alto, quizás la demanda de atención que se le pide al sujeto para realizar la tarea sea mejor entendida y realizada por el del nivel escolar superior, y por ello lo de tener mayor números de sujetos con la diana por encima.

A nivel de escolaridad al comparar los valores temporales ajustados de las láminas del ADEMd, con la prueba de Kruskal-Wallis en cada grupo de edad, se observa que no hay diferencias significativas en ningún grupo y con ninguna lámina. Por tanto se puede concluir, que aunque al principio por el grupo global si que había diferencias, cuando se caracterizan los valores por grupos de edad, la escolaridad no influye en el desarrollo de los movimientos

oculomotores. Sólo se produce una pequeña diferencia significativa en la CRP vertical en los grupos de 35 a 44 años y a partir de los 75 años ($p=0,03$).

Tabla 4.32.-

Significancia de las variables temporales y de calidad de realización para valorar si existen diferencias por el nivel de estudios dentro de cada grupo de edad.

Edad (años)		Vaj	Haj	Hdaj	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd
≤ 24	<i>p</i> -valor	0,10	0,29	0,70	0,07	0,05	0,21
25 a 34	<i>p</i> -valor	0,09	0,45	0,55	0,36	0,30	0,14
35 a 44	<i>p</i> -valor	0,13	0,17	0,29	0,03*	0,50	0,60
45 a 54	<i>p</i> -valor	0,60	0,48	0,45	0,09	0,32	0,24
55 a 64	<i>p</i> -valor	0,22	0,18	0,14	0,35	0,70	0,19
65 a 74	<i>p</i> -valor	0,46	0,59	0,59	0,73	0,06	0,84
≥ 75	<i>p</i> -valor	0,29	0,17	0,52	0,03*	0,07	0,08

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel $p<0,01$.

4.4.1.4. Influencia del ser conductores

La muestra normal está formada por 214 conductores (40,7% mujeres) y 88 no conductores (81,8% mujeres). La mediana de la edad, con el intervalo intercuartílico entre paréntesis, en el grupo de conductores era de 51,3 (32,7) y en el de no conductores era de 65,2 (24,8). En la tabla 4.33. se han distribuido los sujetos por rango de edad y por genero. En ella se aprecia que hay una asimetría en el número de conductores y no conductores, siendo diferente la prevalencia del genero y de edad. Hasta los 44 años prevalecen en la muestra más mujeres conductoras que hombres, y luego ya se invierte la proporción, siendo más notable esta diferencia en los grupos más mayores. Aunque parezca a priori incoherente, se realizará la valoración dado que esta tabla lo

que refleja es parte de la realidad social española, en la cual hay más hombres conductores que mujeres, sobre todo en los grupos de más mayores.

Tabla 4.33.-

Número de conductores y no conductores por género en la muestra sana.

	No conduce		Conduce	
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino
≤ 24	4	1	13	8
25 a 34	7	5	25	18
35 a 44	2	1	15	13
45 a 54	5	0	11	16
55 a 64	15	3	18	29
65 a 74	25	2	5	29
≥ 75	14	4	0	14
Total	72	16	87	127

Mediante el test de Mann-Whitney (tabla 4.34.), se ha valorado si habían diferencias significativas a nivel global entre ser conductor o no serlo con el ADEMd; analizando el comportamiento de la variables temporales, sus relaciones, la calidad de realización de las distintas láminas y los niveles de competencia dependiendo de la tarea a realizar.

Tabla 4.34.-

Indicadores analizados para valorar si existen diferencias al ser conductor.

	Vaj (seg.)	Haj (seg.)	Hdaj (seg.)	Haj/Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
Conductor	54,7 (15,6)	58,1 (14,1)	63,0 (17,6)	1,05 (0,13)	1,14 (0,19)	1,10 (0,13)
No conductor	75,0 (35,1)	75,5 (35,1)	83,3 (32,8)	1,05 (0,14)	1,08 (0,18)	1,04 (0,13)
p-valor	<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,64	0,002**	<0,001**

	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	NC-V	NC-H	NC-Hd
Conductor	100 (1,3)	100 (1,3)	98,8 (2,5)	3 (1)	3 (1)	3 (1)
No conductor	100 (1,3)	99,4 (2,5)	98,8 (3,8)	3 (1)	3 (1)	3 (1)
p-valor	0,08	0,12	0,009**	<0,001**	<0,001**	<0,001**

** La correlación es significativa en el nivel $p < 0,01$.

A nivel global se producen diferencias altamente significativas entre conductores y no conductores en todas las pruebas temporales, y en los niveles de competencia. Con respecto a las relaciones entre las laminas (ratios) y a la calidad de realización de la prueba sólo se producen diferencias entre aquellas variables que llevan la lámina horizontal distractora.

Para apreciar si esta tendencia de diferencias significativas se confirma, y no es un problema del sesgo de la población o el género, se va a ver el comportamiento específico de las variables anteriores en cada uno de los siete grupos etarios. En la tabla 4.35. se representa sólo la significancia encontrada tras aplicar el test de Mann-Whitney en cada uno de los grupos de edad.

Tabla 4.35.-

Significancia en las variables analizadas para valorar si existen diferencias en los grupos etarios entre ser conductor y no serlo.

	Vaj	Haj	Hdaj	Haj/ Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
≤ 24	0,11	0,09	0,20	0,87	0,56	0,10
25 a 34	0,98	0,59	0,99	0,28	0,88	0,28
35 a 44	0,33	0,50	0,79	0,97	0,57	0,42
45 a 54	0,06	0,03*	0,05*	0,90	0,90	0,98
55 a 64	0,001**	0,01**	0,02*	0,03*	0,007**	0,12
65 a 74	<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,73	0,06	0,007**
≥ 75	0,07	0,14	0,23	0,61	0,20	0,05

	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	NC-V	NC-H	NC-Hd
≤ 24	0,94	0,83	0,05*	0,03*	0,11	0,08
25 a 34	0,03	0,33	0,42	0,64	0,62	0,42
35 a 44	0,49	0,75	0,65	0,45	0,38	0,61
45 a 54	0,53	0,69	0,33	0,03*	0,04*	0,02*
55 a 64	0,16	0,32	0,35	0,003**	0,02*	0,04*
65 a 74	0,56	0,56	0,74	0,003**	0,007**	0,001**
≥ 75	0,65	0,08	0,73	0,05*	0,11	0,12

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel $p < 0,01$.

Al comparar los resultados obtenidos en la tabla anterior con los globales se observa que:

- Hay diferencias significativas entre conductores y no conductores en todas las pruebas temporales (Vaj, Haj y Hdaj) de los 55 años a los 74 años. El grupo de 45 a 54 años presenta diferencias significativas en las láminas horizontales (Haj y Hdaj). Los demás grupos no muestran cambios entre ellos por el hecho de ser conductor ($p > 0,05$).
- Con respecto a los cocientes entre las laminas, aunque a nivel global aparecía diferencias en aquellas relaciones que tenían la lámina horizontal distractora. Al desglosarlo por los grupos esto cambia, apareciendo diferencias en el grupo de 55 a 64 años en los ratios Haj/Vaj y Hdaj/Vaj, y de 65 a 74 años en el Hdaj/Haj.
- A nivel de la calidad de realización de la prueba sólo se produce en la lámina Hd en los menores de 24 años.
- Y en los niveles de competencia aparecen diferencias significativas en los tres NC (V, H y Hd) en el rango de 54 a 74 años. Apareciendo diferencias en el NC-V en el grupos de menores de 24 años y en el de mayores de 75 años.

Tabla 4.36.-

Indicadores analizados para valorar si existen diferencias al ser conductor en dos grupos de edad.

Edad (años)		Vaj (seg.)	Haj (seg.)	Hdaj (seg.)	NC-V	NC-H	NC-Hd
45	Conductor	54,3 (11,7)	59,0 (16,1)	66,9 (15,3)	3 (1)	3 (1)	4 (1)
a	No conductor	72,0 (30,0)	75,0 (26,2)	87,0 (44,0)	1 (2)	2 (2)	3 (2)
54	<i>p</i> -valor	0,06	0,03*	0,05*	0,03*	0,04*	0,02*
55	Conductor	53,0 (16,0)	60,0 (16,9)	66,5 (19,7)	3 (1)	3 (1)	3,5 (1)
a	No conductor	70,0 (28,5)	67,0 (23,3)	69,0 (29,9)	3 (2)	3 (2)	3 (2)
64	<i>p</i> -valor	0,001**	0,01**	0,02*	0,003**	0,02*	0,04*

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel $p < 0,01$.

A continuación se van a mostrar los resultados de los diversos indicadores analizados, (experiencia, frecuencia, exposición al riesgo, dificultad por causa de su visión, y accidentabilidad), para caracterizar los hábitos y actuaciones de los conductores.

La experiencia media del conductor fue de $2,6 \pm 0,7$ (sobre una escala máxima de 3 puntos), significando que gran parte de los sujetos conducían más de 15 años. En cuanto a la frecuencia, en base al número de kilómetros que conducían al año se obtuvo una media de $2,2 \pm 0,8$. El 19,6% conducían menos de 2.500 km/año, el 39,3% entre 2.500 y 10.000 km/año, y el 41,1% más de 10.000 km/año.

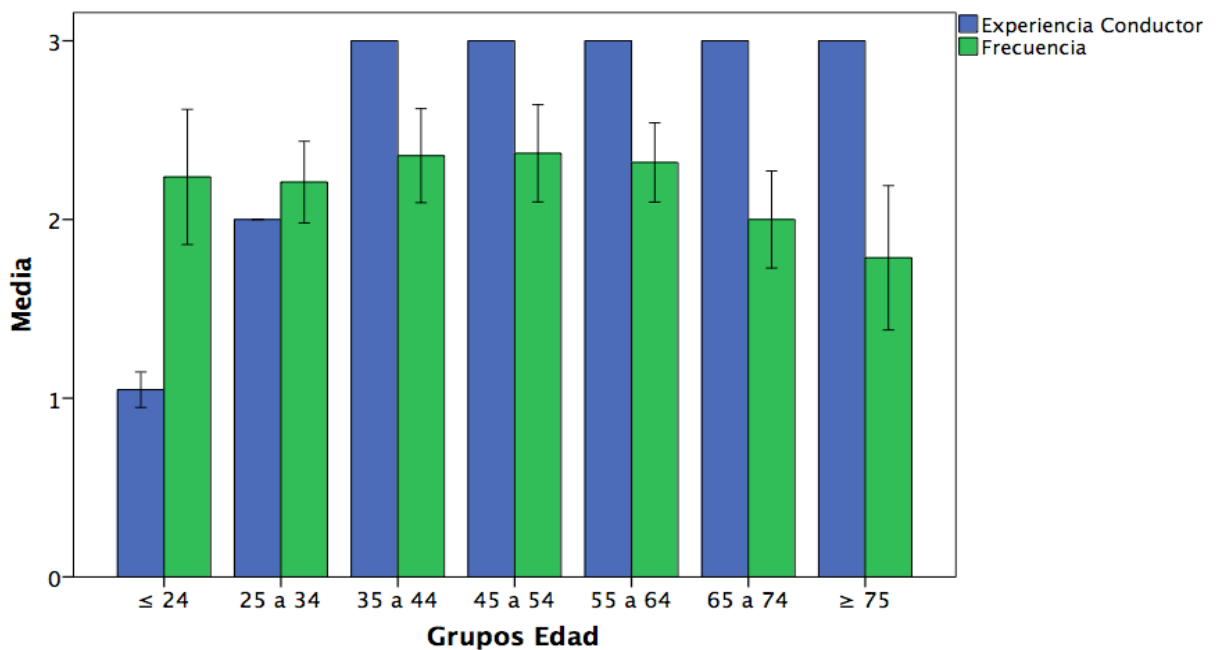


Figura 4.14.- Gráfico que muestra la experiencia y frecuencia de los conductores. Las barras de error representa los intervalos de confianza al 95%.

Observando la figura 4.14., se aprecia que la experiencia aumenta con la edad de los conductores, cosa que es evidente, llegando al máximo en la escala de experiencia (más de 15 años conduciendo), a partir de los 35 años. A nivel de la frecuencia, el máximo número de kilómetros conducidos se produce

en los grupos que se encuentran en el rango de 35 a 64 años, produciéndose en los dos grupos más mayores una disminución en la frecuencia de la conducción.

Al analizar el índice de exposición al riesgo de los conductores, el cual fue calculado en base a la interacción de tres variables (experiencia, frecuencia y edad), se obtuvo que el 11,2% no tenían ningún riesgo, el 24,8% poco, el 42,5% bastante, y el 21,5% presentaba mucha exposición al riesgo.

En la figura 4.15. se puede apreciar que hay dos bloques claramente diferenciados en los grupos de edad con mayor incidencia de exposición, uno es el de los jóvenes de 20 a 34 años, y el otro el de los mayores de 65 años en adelante.

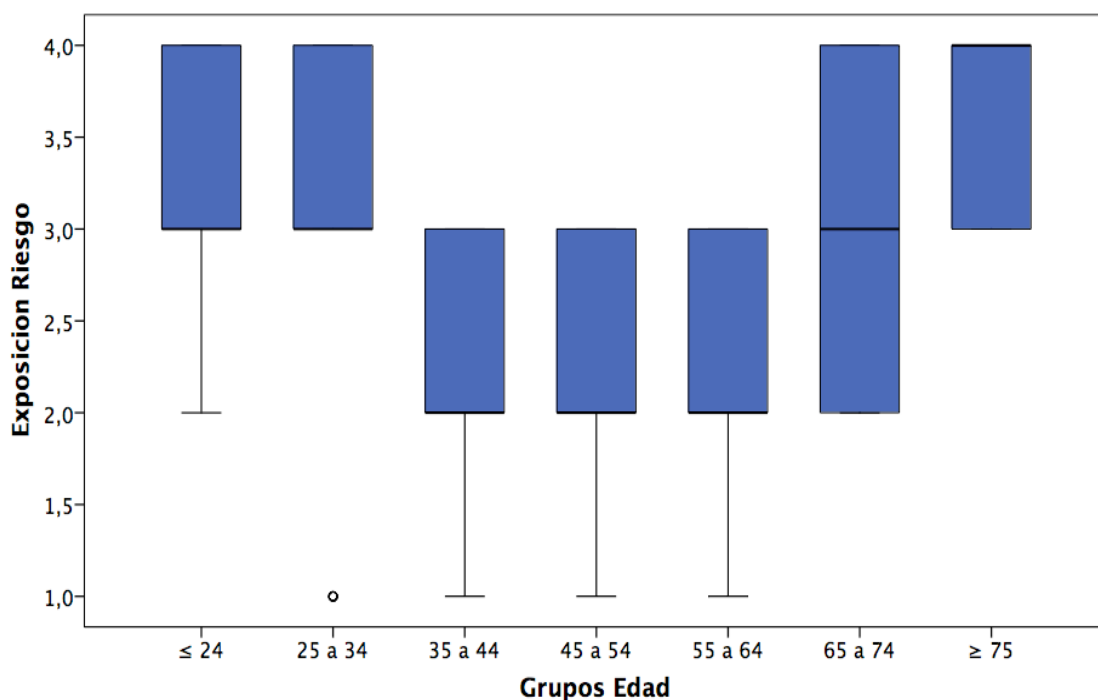


Figura 4.15.- Gráfico que muestra por grupos de edades la clasificación por exposición al riesgo en los conductores.

En cuanto a la dificultad referida por los sujetos al conducir por causa de su visión diurna / nocturna (d/n), fue de ninguna 91,1% / 67,8% (d/n), poca 6,1% / 18,7% (d/n), bastante 2,3% / 5,6% (d/n), mucha 0,5% / 4,7% (d/n), e incapaz de hacerlo 0,0% / 3,3% (d/n) habiendo una correlación altamente

significativa entre ambas ($p < 0,001$) de 0,43. Se justifica con ello que la visión fuera de las ambientes habituales como es con poca iluminación (condiciones nocturnas) afecta antes a la conducción de los sujetos, que la visión en circunstancias con buena iluminación (condiciones diurnas).

Se aprecia en la figura 4.16. que la dificultad es mayor por la noche que por el día, incrementándose esa diferencia en el grupo de más mayores. En el análisis porcentual de los ítems se encuentra que el 92,8% de los conductores mayores de 75 años refieren poca o ninguna dificultad en la conducción diurna por causa de su visión, mientras que en visión nocturna sólo presentan poca o ninguna dificultad el 57,1%.

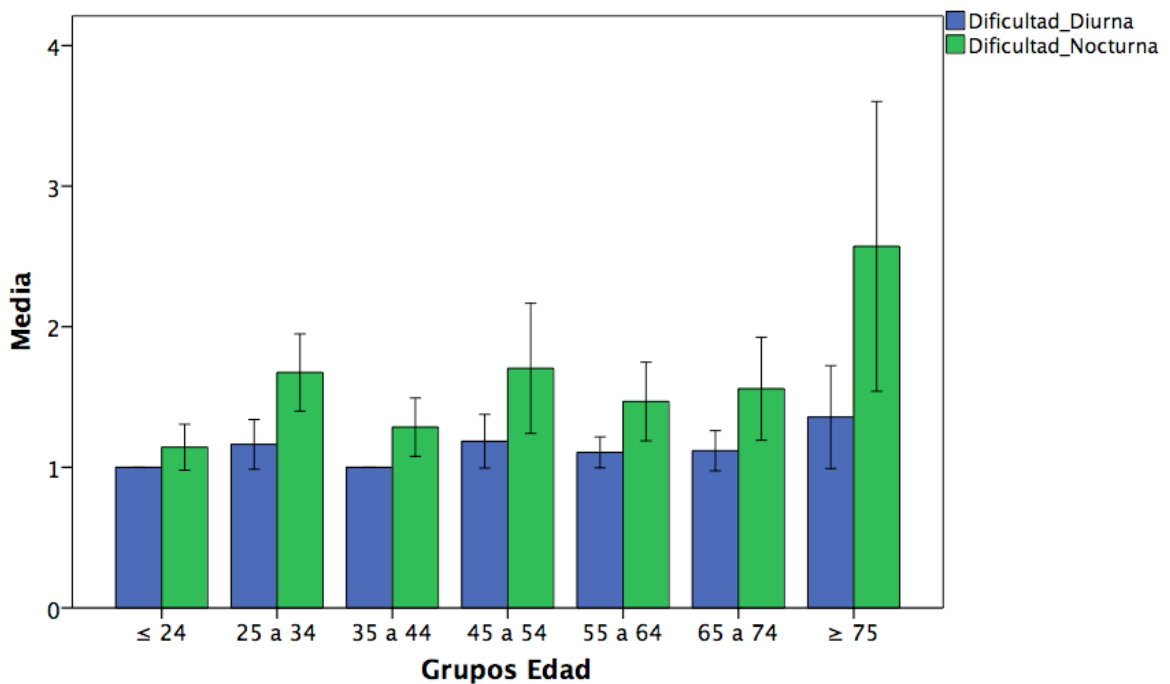


Figura 4.16.- Gráfico que muestra por grupos de edades la dificultad diurna y nocturna referida por los conductores. Las barras representa los intervalos de confianza al 95%.

Analizando las variables que relacionan los hábitos de la conducción se encuentra que con la edad se producen cambios en aquellos indicadores que

relacionan habilidades, como por ejemplo la frecuencia y la dificultad nocturna, siendo más importante esta afectación en el grupo de más mayores.

En la tabla 4.37. se muestran los resultados de las correlaciones de Spearman al valorar las relaciones que existen entre las características y habilidades de los conductores con los datos obtenidos en el ADEMD.

Se aprecia una correlación con la experiencia de la conducción, cosa lógica porque va muy relacionado este aspecto con al edad del sujeto, y el ADEMD también tiene una relación positiva con la edad.

Tabla 4.37.-

Significancia en las variables analizadas para valorar si existen correlación entre las características de los conductores.

	Vaj	Haj	Hdaj	Haj/ Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
Experiencia	0,23**	0,27**	0,42**	0,01	0,22**	0,29**
Frecuencia	-0,29**	-0,16*	-0,14**	0,13	0,14*	0,10
Exposición	-0,06	-0,04	-0,03	0,06	0,07	0,05
Diurna	0,07	0,10	0,15*	-0,05	0,07	0,11
Nocturna	0,09	0,10	0,15*	-0,03	0,03	0,07
Accidentes	0,03	0,03	0,04	0,05	0,10	0,07

	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	NC-V	NC-H	NC-Hd
Experiencia	-0,003	0,001	-0,19**	-0,007	-0,03	-0,004
Frecuencia	-0,04	-0,01	0,19**	0,20**	0,08	0,15*
Exposición	-0,14*	-0,009	0,07	0,23**	0,11	0,16*
Diurna	0,06	0,05	-0,01	-0,04	-0,08	-0,08
Nocturna	-0,09	0,11	-0,05	-0,10	-0,06	-0,15*
Accidentes	0,01	0,03	0,08	0,04	-0,05	-0,03

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel $p < 0,01$.

En cuanto a la cuestión de si habían tenido algún accidente en los tres últimos años, se realiza la prueba de pares de Mann-Whitney no se aprecian ninguna diferencia significativa ($p > 0,05$) en ninguna de las variables relacionadas con el ADEMD analizadas.

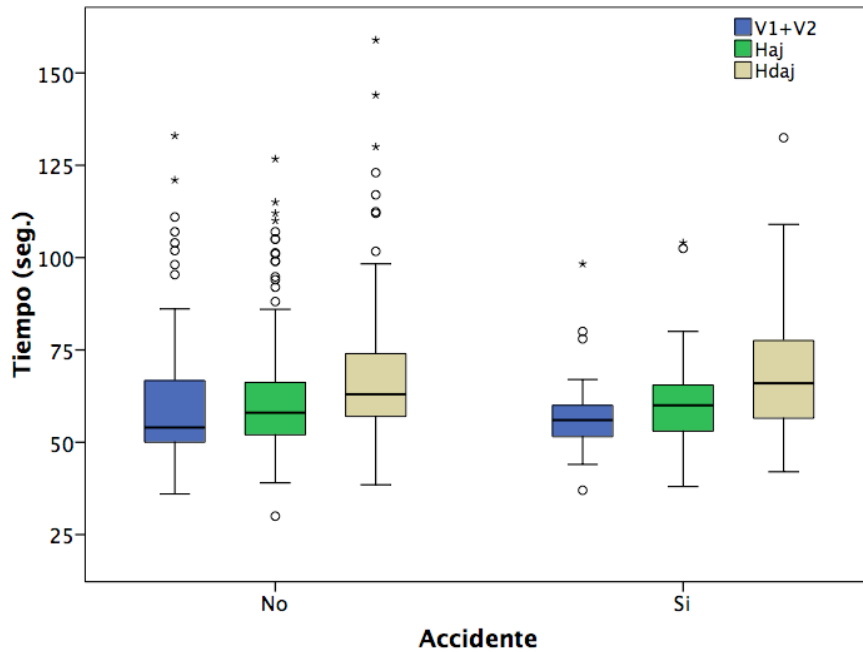


Figura 4.17.- Gráfico que muestra desglosado los valores temporales de las láminas en conductores que han tenido algún accidente en los tres últimos años y los que no.

En la figura 4.17. se representan los valores temporales de las láminas percibiendo, como dato a destacar, que hay más valores atípicos y extremos en la muestra que no han referido accidentes.

A partir de los datos de la tabla 4.38. se observa que, todos los grupos de la muestra de conductores refieren una incidencia de accidente entre el 10% y el 15%, salvo en el grupo de 55 a 64 años donde la incidencia es del 4,30%.

Tabla 4.38.-

Distribución de la frecuencia de accidentes referidos en los tres últimos años en los conductores en función de los grupos etarios.

Edad (años)		Accidente		Total
		No	Si	
	Recuento	18	3	21
≤ 24	% dentro de Edad	85,70%	14,30%	100,00%
	% dentro de Accidente	9,50%	12,50%	9,80%
	Recuento	37	6	43
25 a 34	% dentro de Edad	86,00%	14,00%	100,00%
	% dentro de Accidente	19,50%	25,00%	20,10%
	Recuento	24	4	28
35 a 44	% dentro de Edad	85,70%	14,30%	100,00%
	% dentro de Accidente	12,60%	16,70%	13,10%
	Recuento	24	3	27
45 a 54	% dentro de Edad	88,90%	11,10%	100,00%
	% dentro de Accidente	12,60%	12,50%	12,60%
	Recuento	45	2	47
55 a 64	% dentro de Edad	95,70%	4,30%	100,00%
	% dentro de Accidente	23,70%	8,30%	22,00%
	Recuento	30	4	34
65 a 74	% dentro de Edad	88,20%	11,80%	100,00%
	% dentro de Accidente	15,80%	16,70%	15,90%
	Recuento	12	2	14
≥ 75	% dentro de Edad	85,70%	14,30%	100,00%
	% dentro de Accidente	6,30%	8,30%	6,50%
	Recuento	190	24	214
Total	% dentro de Edad	88,80%	11,20%	100,00%
	% dentro de Accidente	100,00%	100,00%	100,00%

Si se tiene en cuenta el número de kilómetros conducidos al año, relacionándolo con la incidencia de accidentes referidos se encuentra con el coeficiente de Spearman una baja correlación de 0,16, siendo significativa ($p=0,02$), no habiendo correlación de los accidentes con la edad.

Se observa en la figura 4.18. que el grupo que más kilómetros conduce al año es el de 35 a 44 años, y el que menos el de mayores de 75 años, habiendo una ligera correlación negativa -0,14 de los kilómetros conducidos con la edad, la cual es significativa ($p=0,04$).

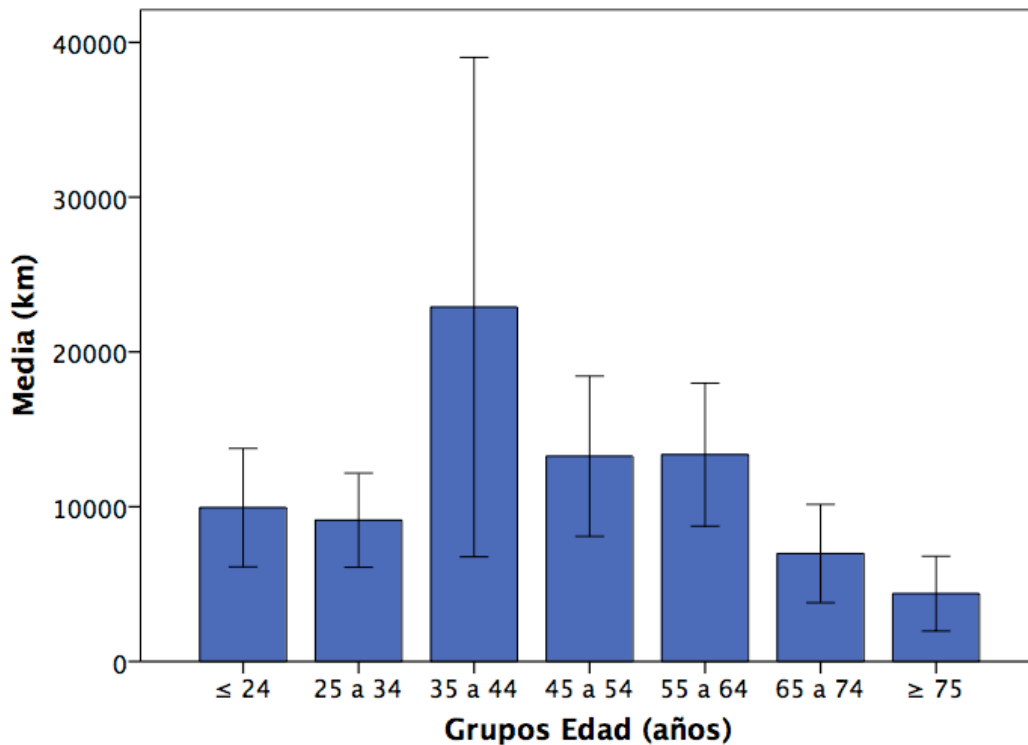


Figura 4.18.- Gráfico que muestra por grupos de edades los kilómetros conducidos. Las barras representa los intervalos de confianza al 95%.

4.4.2. Comportamiento del ADEMd en enfermedades neurodegenerativas

Otro modo de mostrar la validez del test ADEMd es valorar si la puntuación distingue entre grupos específicos de pacientes, pudiendo diferenciar sujetos con habilidades de aquellos que presentan dificultades. En las dos poblaciones analizadas con enfermedades neurodegenerativas para la valoración de los datos se ha comparado en grupos de edad similar.

4.4.2.1. Influencia de la esclerosis múltiple en el ADEMd

Al estudiar el comportamiento global del grupo de esclerosis múltiple con el sano para conseguir unas muestras con una edad homogénea, y minimizar el sesgo de la edad, se ha tomado los datos de los sujetos entre 25 y 64 años, correspondiendo a 44 sujetos del grupo de esclerosis múltiple y a 183 del grupo sano.

Al realizar la prueba de Kruskal Wallis (tabla 4.39.), se aprecian diferencias significativas entre ambos grupos en todas aquellas tareas que se requieren movimientos oculomotores horizontales, no habiendo en las que requieren los movimientos verticales, que sólo requieren automaticidad ($p > 0,10$).

Tabla 4.39.-

VARIABLES GLOBALES DEL ADEMd EN LA ESCLEROSIS MÚLTIPLE Y EN EL GRUPO SANO EN EL RANGO DE 25 A 64 AÑOS.

	Vaj	Haj	Hdaj	Haj/Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
EM	59,1 (21,1)	65,6 (20,5)	73,3 (25,3)	1,08 (0,13)	1,22 (0,22)	1,11 (0,09)
Sanos	54,3 (16,7)	59,0 (15,0)	63,0 (14,4)	1,05 (0,12)	1,13 (0,18)	1,07 (0,13)
p-valor	0,10	0,02*	0,001**	0,08	0,001**	0,03*

	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	NC-V	NC-H	NC-Hd
EM	100 (1,3)	98,8 (2,5)	98,8 (3,8)	3 (1)	3 (2)	3 (1)
Sanos	100 (1,3)	100 (1,3)	100,0 (1,3)	3 (0)	3 (1)	3 (1)
p-valor	0,12	0,04*	0,01**	0,24	0,002**	0,02*

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel $< 0,01$.

Los enfermos de EM, además de una mayor dispersión en los resultados presenta una mayor frecuencia de errores cometidos, siendo mayores en los movimientos horizontales que en las láminas verticales.

4.4.2.2. Influencia del Alzheimer en el ADEMd

Al estudiar el comportamiento global del grupo de enfermos de Alzheimer con el sano, para conseguir unas muestras con una edad homogénea, y minimizar el sesgo de la edad, se ha tomado los datos de los sujetos de 75 años en adelante, correspondiendo a 24 sujetos del grupo de Alzheimer y a 32 del grupo sano. Del grupo de EA se descartaron para la comparación 4 sujetos que no habían conseguido finalizar alguna de las láminas.

Al realizar la prueba de Kruskal Wallis (tabla 4.40.), se aprecian diferencias altamente significativas entre ambos grupos en todas las variables estudiadas, con excepción del cociente entre las láminas horizontales ($p=0,90$), y en la calidad de realización de la prueba horizontal distractora ($p=0,09$). Los valores puestos son la mediana y el rango intercuartil entre paréntesis.

Tabla 4.40.-

Variables globales temporales y de relación de la enfermedad de Alzheimer y el grupo sano en el rango de mayores de 65 años.

	Vaj	Haj	Hdaj	Haj/Vaj	Hdaj/Vaj	Hdaj/Haj
EA	110,5 (61,3)	130,0 (44,5)	131,3 (83,2)	1,25 (0,39)	1,32 (0,38)	1,11 (0,22)
Sanos	82,0 (38,2)	92,1 (35,3)	90,5 (26,7)	1,06 (0,18)	1,12 (0,19)	1,08 (0,13)
<i>p</i> - valor	<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,002**	0,002**	0,90

	CRP-V	CRP-H	CRP-Hd	NC-V	NC-H	NC-Hd
EA	95,0 (8,8)	87,5 (23,8)	93,8 (22,2)	1,5 (2)	1,0 (1)	1 (1)
Sanos	98,8 (3,8)	99,4 (3,8)	96,9 (6,9)	3 (2)	3 (2)	3 (2)
<i>p</i> - valor	0,001**	<0,001**	0,09	0,001**	<0,001**	<0,001**

* La correlación es significativa en el nivel 0,05.

** La correlación es significativa en el nivel <0,01.

En el grupo de más mayores, en condiciones normales, suele haber un incremento en la dispersión de los resultados la cual es normal por las

características diversas de este grupo. Sin embargo, en el grupo de EA es mucho más elevada esta dispersión lo que muestra las diferencias de procesamiento que ocurren en esta población

A nivel de los tiempos empleados los EA presenta mucho más elevados los valores de la mediana, tanto en vertical como en horizontal, indicando tanto fallos en la automaticidad como en los movimientos oculomotores. Los EA emplean a nivel oculomotor un 19% más de tiempo que los sujetos normales en realizar la tarea, siendo un 20% mayor cuando con estos movimientos oculomotores se les introduce factores distractores. También presentan una mayor frecuencia de errores cometidos en todas las láminas, siendo mayores en los movimientos horizontales.

*“Hay dos maneras de difundir la luz...
ser la lámpara que la emite, o el espejo que la refleja.”*

(Lin Yutang 1895-1976. Escritor y filólogo chino)

***Capítulo 5.-
DISCUSIÓN E
IMPLICACIONES***

Capítulo V. DISCUSIÓN E IMPLICACIONES

5.1 INTRODUCCIÓN

5.2 DISCUSIÓN SOBRE CADA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN O HIPÓTESIS

5.2.1. Desarrollo del test oculomotor ADEMd con interacción cognitiva

5.2.2. Predominio de las variables socio-demográficas en el ADEMd

5.2.2.1. Influencia de la edad

5.2.2.2. Influencia del género

5.2.2.3. Influencia del nivel de estudios

5.2.2.4. Influencia del ser conductores

5.2.3. Comportamiento del ADEMd en enfermedades neurodegenerativas

5.3 IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS

5.4 LIMITACIONES

5.5 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

La legislación aplicable en España en materia de evaluación de conductores^{xxi} describe que para acceder o prorrogar al permiso de conducir, es imprescindible reunir unas condiciones psicofísicas que deben ser valoradas e informadas en un Centro de Reconocimiento de Conductores (CRC). Siendo necesario una correcta evaluación en los CRC de la capacidad funcional y del comportamiento, tanto en conductores con características normales, como en aquellos vulnerables (de mayor edad, con alteraciones leves de la visión, problemas neurodegenerativos, etc.).

Si se tiene en cuenta que la mayoría de la información que se recibe al conducir llega a través de la visión, las condiciones visuales son determinantes para un buen rendimiento del conductor, con asociaciones entre la función visual, el desarrollo y los hábitos de conducción.

El trabajo desarrollado en esta tesis proporciona valores temporales de la velocidad de procesamiento visual en la ejecución del test Adult Developmental Eye Movement distractor (ADEMd), obtenidos en una población de adultos conductores y de no conductores. Con esos valores se ha caracterizado el comportamiento atencional visual, las relaciones y el desarrollo cognitivo en las tareas involucradas de los sujetos analizados.

Se ha encontrado que el ADEMd es un test útil para evaluar la capacidad visual, permitiendo discriminar sujetos con alteraciones, con la ventaja de no tener que emplear un sofisticado instrumental. El poder analizar el comportamiento ocular, en base a diferentes búsquedas estratégicas, con un orden creciente de exigencia y atención selectiva en las tareas, implica la necesidad de un estado de alerta al individuo.

^{xxi} Reglamento General de Conductores, (RD 818/2009, BOE nº 138 de 8/08/09).

Por ello en este capítulo de la tesis serán abordados el interés de la normas en el test ADEMd, la discusión sobre los resultados plasmados en el capítulo anterior, y las implicaciones de esta investigación.

5.2 DISCUSIÓN SOBRE CADA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN O HIPÓTESIS

A continuación se comentan los hallazgos mostrados en el capítulo anterior con respecto a los valores obtenidos para el test ADEMd, valorándolos con la investigación previa aportada por otros autores.

5.2.1. Desarrollo del test oculomotor ADEMd con interacción cognitiva.

En la población de sujetos normales se verificó que la mediana se demora 3,2 segundos más al realizar la búsqueda selectiva en la lámina horizontal en relación a la vertical (Haj-Vaj). Cuando se introducen los caracteres de distracción en la lámina Hd, que implica una tarea atencional dividida, el incremento temporal es de 9,2 segundos al compararlo con la lámina vertical (Hdaj-Vaj). Para separar lo que sería la influencia de la mayor demanda atencional sobre el desarrollo oculomotor horizontal propiamente, se realiza la diferencia de las medianas Hdaj-Haj, resultando de 6,0 segundos.

Los tiempos verticales más bajos obtenidos en nuestra investigación, confirman que la lectura de los 80 números en el formato vertical con baja demanda espacial, son una tarea con menos exigencias visuales con respecto a la lámina horizontal, lo cual coincide con Garzia et al. (1990), los cuales ya consideraban la respuesta vertical como la valoración de las habilidades de automaticidad, y la respuesta horizontal como una medida de automaticidad y de habilidades de fijaciones y sacádicos oculares. Los tiempos mayores alcanzados en la lámina

horizontal sugieren una mayor exigencia en el rastreo oculomotor cuando se utilizan los movimientos oculares horizontales. Estos resultados obtenidos en nuestro estudio en adultos van en sintonía con lo observado en los incrementos de los tiempos obtenidos por Garzia et al. (1990) en la realización de su test DEM en la lámina horizontal con respecto a los verticales en niños. Y replican los estudios previos en adultos con el ADEM (Gené-Sampedro et al., 2003; Powell et al., 2006).

Estos mismos autores (Gené-Sampedro et al., 2003; Powell et al., 2006), ya comentan que los números de dos dígitos del ADEM implican aumentar la demanda cognitiva visual-verbal al nombrar el número de manera rápida. Este mayor requerimiento Larter et al. (2004), lo denominan factor de búsqueda espacial; al ser tareas con alta carga espacial señalaron que los factores espaciales pueden ser de mayor valor predictivo en la identificación de la función sacádica reducida.

Los valores temporales encontrados en la lámina Hd, implican que al aparecer varios estímulos simultáneamente en el campo de visión, se debe producir una elección con una atención dividida. Por lo tanto es lógico que el tiempo de respuesta se alargue al tener que dividir su atención entre dos acciones distintas, debiendo incrementarse la atención para ser eficiente en la tarea.

A nivel de los cocientes con respecto al nivel base (tiempo vertical), es necesario un 5% más de tiempo para la lectura de la lámina horizontal (H) y del 13% para la lectura de la lámina horizontal con caracteres de distracción (Hd).

Encontrando a nivel práctico que es mayor la exigencia oculomotora cognitiva horizontal que la vertical. Y dentro de la horizontal la realización de actividades simultáneas implica, por la demanda del factor atencional, más tiempo en la realización de la tarea.

Análisis de errores

En cuanto al análisis de los errores en la población normal, basado en la calidad de realización de la prueba (CRP) en cada lámina, muestra que el porcentaje de sujetos con una calidad óptima son a nivel vertical el 98,8%, a nivel horizontal el 91,8%, y a nivel horizontal con distractor el 89,8%. Lo cual justifica que, pese a que los sujetos deben prestar más atención para realizar correctamente la tarea dividida de leer los números e ignorar las letras en la lámina Hd, al ser una tarea más exigente, se cometen más fallos que en las láminas previas que no requieren tanta atención, siendo menores los errores cometidos en las tareas más automáticas (láminas V).

En los adultos más mayores aumenta el número de errores, tanto en las pruebas verticales como en las horizontales en comparación con los más jóvenes, siendo los principales errores de omisión y adición en las láminas horizontales. Con el incremento de la edad se empeora a nivel de la CRP-H y la CRP-Hd, siendo en esta última variable más acentuado el rango de varianza en los dos últimos grupos de edad.

A nivel vial diferentes estudios han analizado la causa para tratar de buscar donde se producen los errores de mirada (Reason et al., 1990; Cairney & Catchpole, 1996; Summala, 1996; Aberg & Rimmo, 1998; Herslund & Jorgensen, 2003), y todos ellos han propuesto explicaciones basadas en la falta de atención o en inapropiadas estrategias de búsqueda visual. Siendo generalmente reconocido que los errores de atención visual son responsables de una gran proporción de accidentes de tráfico (Chapman & Underwood, 1998).

Kulp, Edwards, & Mitchell, (2002), muestran que las habilidades de memoria visual bajas predicen de forma significativa un nivel de decodificación en la ejecución lectora por debajo de la media. Por ese motivo se comparó la correlación entre la CRP-Hd y con la edad, encontrando que esta era muy significativa ($p < 0,001$), y que la relación

era de 0,29 entre el número de errores en la tarea más atencional en los mayores.

La variabilidad interindividual del rango intercuartílico, se puede justificar porque la orden que se daba en la realización del test ADEMd a todas las personas, es que leyesen todo lo rápido que pudiesen los números; estando quizás la elección inconsciente por parte de los sujetos más mayores de leer rápido con menor precisión, o más lento con mejor precisión. Un estudio ha mostrado que la discriminación del movimiento durante los seguimientos depende de la edad, siendo en este tipo de movimientos los sujetos ancianos menos precisos cuando los movimientos son más rápidos. (O'Connor, Margrain, & Freeman, 2010).

5.2.2. Predominio de variables socio-demográficas en el ADEMd

A continuación se comenta el comportamiento del ADEMd con la influencia de la edad, el género, el nivel de estudios y el ser conductor, con la muestra normal dividida por grupos etarios.

5.2.2.1. Influencia de la edad

Los valores de las láminas temporales del ADEMd muestran una correlación positiva con diferencias en tres etapas, de 20 a 44 años, de 45 a 64 años, y de 65 años en adelante. Este incremento temporal se puede relacionar con la disminución en la eficiencia del procesamiento central visual de imágenes con la edad (Walsh, 1976).

A nivel específico, comparando el grupo más mayor con el de más jóvenes se demoran más los primeros, con una diferencia entre las medianas de los tiempos ajustados vertical, horizontal y horizontal con distractores, de 30,0, 36,6 y 33,6 segundos respectivamente. Estos resultados coinciden con otros autores que indican que los movimientos oculares de búsqueda son significativamente peor en los mayores que en los jóvenes (Spooner, Sakala, & Baloh, 1980, Moschner & Baloh, 1994;

Munoz, Broughton, Goldring, & Armstrong, 1998; Powell, Birk, Cummings, & Ciol, 2005). Lo que se podría justificar porque los ancianos tienen una velocidad más lenta de procesamiento perceptual (Kline & Birren, 1975; Kline & Szofran 1975; Hertzog et al., 1976; Walsh, 1976; Walsh et al., 1978, 1979).

Hay investigadores que han referido los tiempos de reacción como justificación de los sacádicos más lentos en las personas mayores, y de presentar un mayor grado de variabilidad interindividual que los más jóvenes (Munoz et al., 1998), dado que cada persona envejece de manera diferente.

En nuestro estudio, aunque no se valoró directamente el tiempo de reacción, se puede considerar indirectamente la automaticidad (nombrar números). Por la metodología de realización del ADEMd, el período de latencia de comienzo de la tarea no influye en la prueba, debido a que el tiempo de lectura en cualquier lámina empieza a contabilizarse cuando el sujeto nombra el primer número. El tiempo de reacción del procesamiento si que puede influir, desde que es visto cada número hasta que es nombrado; en caso de llevar un retraso en nombrar los números sería igual en todas las láminas temporales. El análisis de cada cociente de las láminas horizontales con las verticales nos permite separar la automaticidad de los otros procesos involucrados. Los resultados de los cocientes temporales ajustados (tabla 4.17.) muestran que:

- Cuando se valora la tarea horizontal sin distractores y la vertical (Haj/Vaj) no se producen diferencias significativas con la edad ($p=0,48$), siendo casi insignificante la variabilidad interindividual. Este cociente minimiza lo que sería la influencia de la automaticidad (equivalente al tiempo de reacción), quedando el incremento porcentual que se produce (por encima del valor 1), debido al desarrollo oculomotor involucrado en la tarea, y viendo que este movimiento oculomotor aislado, no se ve influido por la edad.

- Cuando se analiza la tarea horizontal atencional y la vertical (Hdaj/Vaj) se producen diferencias significativas entre los grupos etarios ($p=0,03$), sin embargo es insignificante el incremento lineal con la edad (0,6%). Al realizar las comparaciones por pares de grupo se aprecia que las diferencias significativas y la mayor variabilidad sucede de los 35 a los 54 años.

Por tanto, en nuestro estudio no se observa una disminución del desarrollo oculomotor con los años, siendo la disminución temporal que se aprecia en las láminas, justificada por el tiempo de procesamiento perceptual de la tarea lo que origina los cambios. Lo cual difiere de Carter et al. (1983), que indicaban que con el envejecimiento aumenta la latencia de los movimientos oculares.

A nivel de la tarea atencional, aislada mediante el cociente Hdaj/Haj, se aprecia una muy ligera relación lineal positiva con la edad (1,2%). Aparecen dos bloques claramente diferenciados de los que menos atención presentan con la tarea, los menores de 34 años y los mayores de 55 años. Por tanto, puede concluirse de ello que los que más atención ponen al realizar la actividad son los sujetos de 35 a 54 años.

La detección, identificación o localización de un objeto en el campo visual y la percepción de trayectorias ya se comentó que es un proceso complejo que involucra muchas funciones. Por ello, al igual que indican Kosnik et al. (1988), observamos que los ancianos visualmente sanos, tienen más dificultad con situaciones que incluyen distractores visuales o abarrotamiento. Justificando este hecho el resultado de que en la lámina Hd los valores sean mayores con el envejecimiento, dado que aparecen periódicamente sin orden los distractores en la actividad, exigiendo una atención dividida. Tanto los números como los distractores posteriores al número que está siendo nombrado, son percibidos con el campo visual periférico, pudiendo afectar su empeoramiento a actividades que requieren el uso de esta visión periférica como la conducción y la movilidad en general. Demandando ante este impedimento en la atención

visual, un incremento en la cuantía del tiempo que los ancianos requieren para completar las actividades basadas en la visión.

Nuestros resultados replican los hallazgos de investigaciones previas que indican que:

- Los mayores son más lentos y menos precisos, en especial con escenas de gran desorden, y con fijaciones de mayor duración bajo condiciones de atención dividida, mostrando también una reducción desproporcionada en la memoria de reconocimiento por el contenido de la tarea secundaria (McPhee et al., 2004).
- Con la edad la rapidez en la selección de la atención de una tarea a otra tiende a verse impedida (Korteling, 1991; Meiran & Gotler, 2001), surgiendo dificultades en el desarrollo de las tareas duales, lo que resulta en general en un enlentecimiento de la velocidad de procesamiento de la información, necesitando más tiempo para realizar la tarea (Cerella, 1990; Van Zomeren & Brouwer, 1994).

Por ello en nuestros resultados se observa que el impedimento en la integración óptima de la atención visual está relacionado con un incremento en la cuantía del tiempo que los ancianos requieren para realizar la actividad.

Al igual que en el estudio que se hizo con el ADEM preliminar (Gené-Sampedro et al., 2003) se concluye que los resultados del test ADEMD dependen de la edad del sujeto pues estos pueden mejorar en las primeras etapas de la edad adulta, y enseguida disminuir como causa de un envejecimiento normal. En la versión preliminar del ADEM se propusieron unos valores normativos en relación al desarrollo para diferentes grupos de edad en un rango de 14 a 68 años. Se concluyó que hasta los 38 años la velocidad de lectura disminuye, y a partir de esta edad aumentaban, encontrando diferencias estadísticamente significativas en los sujetos de 39-43 años en la lámina vertical y a los 44-

48 años en la lámina horizontal. En nuestro estudio, al no estar divididos los grupos etarios en los mismos rangos de edad hace difícil la comparación directa, pero si que se aprecia que el cambio se produce en una edad similar en ambas láminas, siendo las diferencias en el grupo de 45 a 54 años.

5.2.2.2. Influencia del género

Las primeras diferencias significativas en los tiempos de lectura por sexo, aparecen a partir de los 65 años en todas las láminas. Una de las razones apuntadas al incremento en el tiempo de la lectura en las mujeres es la cautela, pues estas muchas veces optan por la precisión, cometiendo menos errores, en detrimento de la velocidad (Logan & Johnston, 2010). En la revisión que realizan Logan y Johnston (2010), muestran que algunos investigadores justifican estos resultados como las diferencias verificadas en los patrones de activación cerebral, durante algunas tareas como es el caso de la lectura; otros autores, apoyan la hipótesis de que son estrategias escogidas durante el acto de leer por los sujetos de géneros opuestos las que causan estas diferencias.

Otra posible causa podría ser la degradación de la imagen percibida por las mujeres, bien por la mayor prevalencia de cataratas, especialmente cortical (Mitchell, Cumming, Attebo, & Panchapakesan, 1997), siendo menos partidarias de la cirugía de catarata, o por no utilizar habitualmente la corrección adecuada (Foran, Mitchell, & Wang, 2003). Sin embargo, en nuestro estudio por el criterio de selección, y por el ángulo visual que subtienden los números no se ve afectada por la degradación de la imagen, y por tanto se descarta que sea la causa dicha prevalencia de catarata o error refractivo mal compensado.

A nivel de la conducción, especialmente en los grupos de mayores es conocido que está asociada al género, habiendo en nuestra sociedad

más conductores hombres que mujeres^{xxii}. Los hombres asumen más riesgos por un exceso confianza, especialmente en tareas consideradas masculinas (Owsley et al., 1994), y las mujeres pueden ser más conscientes de la dificultad que presentan en situaciones particulares de conducción (Lyman, McGwin, & Sims, 2001). De hecho los hombres con una visión disminuida continúan conduciendo más por la noche que las mujeres con similares características visuales (Bauer, Adler, Kuskowski, & Rottunda, 2003; Klein, Moss, Klein, Lee, & Cruickshanks, 2003; Brabyn et al., 2005).

Bauer et al. (2003) especulan que la decisión para la reducción en la conducción puede ser más fácil para las mujeres porque los hombres tienden a tener un estatus de conductor al llevar el coche. El cual perderían si deciden no conducir o restringir su conducción, dado que cambia su estilo de vida en la pareja.

Nuestros resultados confirman la disparidad de género asumiendo un cese de la conducción, y la auto-restricción como se ha indicado en estudios previos (Chapman & Underwood, 1998; Dellinger et al., 2001; Ragland, 2004), con una posible influencia de los factores visuales en esta decisión. En nuestra muestra, del 100% que permanecían conduciendo mayores de 65 años, solamente el 10,4% eran mujeres; mientras que del 100% de no conductores, en ese mismo rango de edad, eran el 86,7% mujeres. El que en los mayores, muchos más hombres permanezcan conduciendo que mujeres, puede ser por no haber tenido estas nunca carnet o bien por el cese voluntario de la conducción por las razones que se comentaron en el párrafo anterior.

El tardar más tiempo las mujeres que los hombres en realizar las tareas del ADEMd en dichos grupos de edad, quizás sea debido a ser

^{xxii} El número de conductores con permiso vigente a 31 de diciembre de 2014, mayores de 65 años que figuraban en el Registro de Conductores e Infractores de la DGT, era de 3.547.508 sujetos (78,0% hombres y 22,0% mujeres), frente a una población total española en ese rango de edad, según datos del INE a 1 de enero de 2014, de 8.440.022 sujetos (43,0% hombres y 57,0% mujeres).

más conscientes las primeras de las posibles limitaciones, prevaleciendo la estrategia de precisión frente a velocidad, siendo los segundos menos conscientes, predominando la estrategia de velocidad frente a precisión.

5.2.2.3. *Influencia del nivel de estudios*

Cuando se valora en los diferentes grupos de edad que se ha dividido la muestra, no aparecen diferencias significativas al realizar cada lámina, en ninguno de los grupos. Mientras que cuando se valora globalmente si que aparecen, ello se debe a que los más jóvenes concentran más el nivel de educación superior, mientras que los más viejos presentan un nivel de escolaridad más básico; rasgo característico de nuestra sociedad al ser el acceso a la educación superior más limitado antiguamente. Por tanto, en un futuro trabajo sería interesante profundizar, con muestras homogéneas de escolaridad, para distinguir entre el tardar más en leer por tener un menor nivel de estudios, o el tardar más para cometer menos errores.

5.2.2.4. *Influencia del ser conductores*

Al realizar la comparativa a nivel global se han encontrado diferencias significativas, entre conductores y no conductores, en todas las láminas temporales, en los cocientes que tienen el componente horizontal distractor, además de en el nivel de competencia de desarrollo de la prueba, tanto en vertical como en horizontal. A nivel de la calidad de realización de la prueba, solo se ha encontrado diferencias en la lámina Hd, lo que implica a priori que se cometen más errores en su realización al requerirse una atención dividida. Sin embargo, analizando con detalle los resultados se ve que la comparativa global, por las características de cada subgrupo, puede estar influida por un doble sesgo, tanto de género como de edad, siendo más mayor el grupo de no conductores y habiendo más mujeres.

Para corroborar o descartar este hecho, al analizar el comportamiento en los diferentes grupos etarios si que aparecen diferencias significativas entre conductores y no conductores mayoritariamente en el rango de los 45 años a los 74 años en las láminas temporales y en el nivel de competencia. Dado que a partir de los 65 años aparecen diferencias por sexo, obviaremos en la discusión estos sujetos, ciñéndonos en los comentarios al grupo de 45 a 64 años. Habiendo ya descartado los dos posibles sesgos anteriores, se observa que sí existen diferencias entre conductores y no conductores en estos grupos, empleando más tiempo en realizar todas las láminas los no conductores y teniendo peor nivel de competencia. Esta justificación de diferencias en esta prueba, viene relacionado tal como indicaban Owsley y McGwin (1999), porque el entorno de la conducción, al igual que la lectura, es también multitarea e incluye el uso simultáneo de la visión central y periférica, requiriendo el sujeto controlar tareas primarias y secundarias visuales.

Por tanto los conductores en dicho rango de edad tienen mejor funcionamiento operacional, táctico y estratégico que los no conductores, sin implicar ese mejor tiempo de realización de las tareas requeridas un incremento de errores. Curiosamente en el grupo de mayores de 75 años no hay diferencias en la realización de las láminas.

Akinwuntan et al. (2002), comentan estudios que han identificado diferentes habilidades cognitivas y perceptivas específicas, tales como la capacidad de razonamiento y percepción espacial, como predictiva de la conducción en pacientes con accidente cerebrovascular. Sin embargo, más allá de lo que se ha comentado a nivel cognitivo con el ADEMd, es difícil comparar los resultados de nuestro estudio con los de la mayoría de estos estudios debido a las diferentes pruebas cognitivas y perceptuales contenidas en dichas evaluaciones.

Relación habilidad de búsqueda atencional con estrategias

Conducir es una tarea compleja que requiere además de una óptima visión, habilidades cognitivas relacionadas con la atención visual (selectiva y dividida) y con la atención sostenida. Por ello, para hacer una valoración adecuada en las revisiones, no se debería priorizar tanto las funciones visuales primarias, y si las funciones que emplean un desarrollo visual secundario cognitivo.

Analizar el procesamiento rápido de la información visual percibida, con la ejecución de tareas simultaneas complejas con la actividad requerida en la lámina Hd, son funciones extrapolables a las relacionadas en muchas de las estrategias en la conducción.

En la literatura del test UFOV, se han asociado una pobre habilidad conduciendo para maniobras específicas (circulando entre líneas, tomando curvas, salidas de autopista), con presentar una menor velocidad de procesamiento (subtest 1) y con problemas de atención dividida (subtest 2), Estas dos primeras pruebas del UFOV presentan una correlación de 0,32 muy significativa ($p < 0,01$) con la lámina Hdaj de nuestro test. Estando asociada la dificultad en la atención selectiva (subtest 3) con peores resultados en todas las medidas conduciendo (incluyendo el desarrollo global y las habilidades anticipatorias) (Clay et al., 2005). Esta tercera prueba del UFOV presenta una correlación de 0,42 muy significativa ($p < 0,01$) con la lámina Hdaj y de 0,27 significativa ($p < 0,05$) con la lámina Haj.

Si se ocupa la mente con una acción compleja, como puede ser la actividad de la lámina Hd, la atención se divide y se dispersa, pudiendo colapsar la percepción en aquellos sujetos que pueden presentar alteraciones.

Adicionalmente también se ha observado un desarrollo reducido en el UFOV y el estar envuelto en accidentes (Ball & Owsley, 1993b; Owsley et al., 1998a; Owsley & McGwin 2004a). En nuestros resultados, aunque no había diferencias entre las laminas entre los conductores que refirieron accidente y los que no, curiosamente si que se apreciaba un ligero

incremento en la variabilidad en el rango intercuartil en la lámina Hdaj de los primeros.

Algunos investigadores estudiaron el papel que tienen en la atención la ejecución de los movimientos oculares. Estos estudios apoyan la idea de que la atención tiene un papel importante en la velocidad de lectura y en los movimientos oculares durante la lectura (Adler, Vershner, Oushomirsky, & Millodot, 2004). Hoffman y Subramaniam (1995), sostienen que la atención visuo-espacial es un mecanismo importante en la generación de movimientos sacádicos voluntarios. Habiendo una estrecha relación entre la atención y los movimientos sacádicos (Rayner, 1998).

Con las láminas que integran el ADEMd podemos valorar las diversas estrategias de búsqueda visual relacionándolo con el desarrollo cognitivo y el procesamiento, no sólo la eficiencia sacádica como indica Powell et al. (2006), sino que incluso se puede relacionar con los niveles jerárquicos de conducción cognitiva, denominados operacional, táctico, y estratégico, empleados en la ejecución oculomotora de las tareas.

El tener una buena estrategia visual oculomotora es importante dado que permite al sujeto ser capaz de aislar y extraer la información importante. Debiendo ser detectados cuanto antes los cambios oculomotores y/o cognitivos. Más si se tiene en cuenta que la conciencia espacial y la atención visual se han mostrado importantes para los movimientos sacádicos (Bullmore et al., 1996; Clark, 1999; Michael et al., 2001).

Relación con patrones de conducción

Rackoff y Mourant (1979) observaron que los conductores más mayores efectúan movimientos oculares más prolongados durante la tarea de seguir un automóvil. Los patrones de conducción encontrados en nuestros resultados muestran cambios, disminuyendo la frecuencia de la conducción y evitando la conducción nocturna por dificultades visuales en el grupo de mayores de 75 años, lo cual coincide con lo indicado por otros

autores (Stutts, 1998; Gallo et al., 1999), que han sugerido que la alteración de las funciones visuales podrían desempeñar un papel particularmente importante en el desarrollo de la rutina, con una reducción de los kilómetros conducidos y con el cese en la conducción nocturna.

A nivel de la relación entre las habilidades encontradas en el ADEMD y una reducción en los kilómetros conducidos, se ha encontrado que los ancianos con peores funciones visuales oculomotoras, conducen menos kilómetros y presentan peores valores en los resultados de todas las láminas temporales. Esta disminución de los kilómetros conducidos se encuentra correlacionada moderada, aunque significativamente, con la tarea operacional de automaticidad (lámina V), y con su nivel de competencia de desarrollo (NC-V), y en menor medida con la tarea oculomotora operacional (lámina H) y con la táctica (lámina Hd).

Como consecuencia de las situaciones donde surgen eventos rápidos y no esperados en un entorno visualmente desordenado, o que le cuesta procesar la información al sujeto, como en situaciones con disminución luminosa, se le lleva a una situación límite al sujeto, lo cual le exige una mayor atención visual y cognitiva. Esto hace que conduzcan más despacio y les guste menos hacerlo en dichos lugares que los conductores jóvenes (Knoblauch et al., 1995; Ball et al., 1998).

La disminución de la exposición y el incremento de evitar la conducción, es mayor ante restricciones para el funcionamiento cognitivo, y también va relacionada con el envejecimiento (Vance et al., 2006). Ello puede justificar el menor número de kilómetros conducidos con la edad.

En los ancianos sin problemas cognitivos el problema con la visión es el único problema de salud identificado como la principal razón para limitar, evitar o cesar la conducción (Dellinger et al., 2001; Ragland et al., 2004). Estando asociados los impedimentos en el procesamiento visual y atencional a conducir pocos días de la semana (Ball et al., 1998).

Utilidad de aplicación para caracterizar a los conductores

Está claro que los ancianos en general compensan sus deficiencias conduciendo menos, sin embargo, esto no significa necesariamente que todos los mayores, con capacidades funcionales más pobres reduzcan su conducción. La identificación de afectaciones cognitivas y/o físicas claves que impliquen cambios en los hábitos de conducción, son uno de los primeros indicadores para realizar intervenciones efectivas.

Los estudios realizados de atención selectiva y dividida muestran que los sujetos ancianos están más afectados que los jóvenes por la presencia de distractores (Rabbitt, 1965). Los resultados obtenidos en esta tesis en la lámina Hd lo confirman con el incremento del tiempo adquirido para el procesamiento de la velocidad de información y la atención selectiva.

Aunque los observadores no parecen emplear únicamente una estrategia simple, como sistemáticamente "leer" la escena de izquierda a derecha y de arriba a abajo (MacInnes et al., 2014), si que esta claro que, la capacidad para seleccionar los estímulos visuales importantes de un entorno lleno de otros estímulos que distraen, se deteriora con la edad. Esto es un factor importante en tareas como conducir, cuando es necesaria una capacidad para seleccionar rápidamente la información pertinente para evitar situaciones peligrosas y accidentes (Kahneman, 1973; Mihal & Barret, 1976). También es importante tener en cuenta los grupos con mayor exposición al riesgo encontrados que son los menores de 34 años y los mayores de 65 años. Siendo fundamental tenerlo en cuenta para tratar de minimizar los accidentes, dado que aunque se han ido reduciendo, tanto los mayores de 65 años como los jóvenes de 25 a 34 años constituyen el tramo de edad con más víctimas mortales por accidente de tráfico. Esta clase de conductores suele verse involucrada en siniestros múltiples por falta de habilidad en situaciones complejas (más que por falta de cuidado o por una conducta agresiva) (Cantón-Cortés et al., 2010).

Coincidimos con lo manifestado por Kapitaniak et al. (2015), que indican que el registro y análisis de los movimientos oculares proporcionan elementos importantes para la comprensión de la naturaleza de la tarea de conducción de vehículos. Estos resultados permiten optimizar la estrategia de formación de conductores y prevenir accidentes.

Aunque los tomadores de decisiones estratégicas, como los CRC, están limitados por un tiempo determinado y unas pruebas reguladas normativamente,^{xxiii} puede resultar interesante la incorporación de la prueba del ADEMd para caracterizar mejor al sujeto, más allá de conductores aptos o no aptos evidentes, obteniendo una información que permita aconsejar como actuar a aquellos conductores menos hábiles en alguna de las capacidades cognitivas y/o atencionales analizadas. Más si se tiene en cuenta que la distracción es un factor concurrente que aparece en un 38% de los accidentes con víctimas. En vía interurbana la distracción se presenta como factor en un 44% de los casos y en las vías urbanas en un 33% (DGT, 2013).

También sería factible y útil su aplicación, además de en CRC, en otros centros como los Establecimientos Sanitarios de Óptica, los cuales como asistentes primarios visuales pueden colaborar en concienciar a los sujetos sobre sus capacidades y sus posibles implicaciones. La detección de impedimentos visuales seguido de una prevención con apropiadas intervenciones puede ayudar a los ancianos a mantener su estatus de vida independiente y reducir la carga del cuidado del envejecimiento (Tay, Rochtchina, Mitchell, Lindley, & Wang, 2006).

5.2.3. Comportamiento del ADEMd en enfermedades neurodegenerativas

Dada la afectación cognitiva que se produce en las enfermedades neurodegenerativas, se va a comentar que cambios se han producido en

^{xxiii} El RD 170/2010, de 19 de febrero, aprueba el Reglamento de centros de reconocimiento destinados a verificar las aptitudes psicofísicas de los conductores.

el ADEMd en dos muestras de sujetos con enfermedades neurodegenerativas como son la esclerosis múltiple y el Alzheimer.

Ya señalamos en el estudio previo (Gené-Sampedro et al., 2003) que el test del ADEM además de por la edad, y cambios lingüísticos, se podía ver alterado en el procesamiento por problemas de salud.

Influencia en la esclerosis múltiple

El grupo de EM analizado muestra unos valores temporales más elevados de lo que correspondería para su edad. Las diferencias son significativas en las pruebas que emplean tiempos horizontales ($p < 0,05$), y altamente significativa con la lámina Hd ($p < 0,001$), mostrando el cociente donde interviene esta cambios significativos. A nivel de la CRP se comenten más errores en la EM, y en el NC, se producen diferencias en las pruebas que emplean las dos láminas horizontales.

Los pacientes con EM muestran una dificultad particular en las tareas que requieren realizar algunas operaciones cognitivas tácticas, tales como sumar números secuencialmente, en nuestro caso muestran dificultad requiriendo un mayor tiempo en la tarea de nombrar los números en horizontal al compararlo con un grupo control, el cual se incrementa con la tarea atencional dividida.

En este estudio se ha comprobado que la disfunción oculomotora con la EM se debe tanto a la tarea táctica como a la ejecutiva, esta última tarea al combinar funciones de memoria de trabajo y velocidad puede estar afectada siendo un reflejo del daño en los tejidos y en los circuitos neurológicos. El ADEMd puede resultar una prueba útil para caracterizar el perfil de personas con afectación del sistema nervioso como puede ser en la EM.

Dado que muchas veces los primeros síntomas y signos en la EM son visuales, el optometrista dentro de la atención primaria, debe conocerlos para poder colaborar en la detección precoz de esta enfermedad neurodegenerativa.

Influencia en el Alzheimer

El test del ADEMD como prueba cuantificadora del desarrollo oculomotor presenta diferencias altamente significativas entre sujetos afectados de Alzheimer de los del grupo normal. Estando alteradas tanto las tareas de automaticidad, como las oculomotoras y las atencionales, con unos tiempos y unos errores incrementados, lo cual puede resultar eficaz para orientar sobre la capacidad funcional de estos sujetos.

Estos resultados coinciden con un estudio realizado en conductores con EA. Estos sujetos presentan un deterioro del control de la acción y una importante reducción de la atención, necesitando algunos realizar muchas miradas cortas para completarlo. Esta estrategia implica un menor rendimiento total y conducir un tiempo más largo con los ojos fuera de la carretera, lo que significa un peor control del tráfico y de mantenerse en su carril, (Wikman et al., 2004).

Parece que hay cierta correlación negativa entre el nivel de estudios y la EA, dado que en la variable escolaridad, el 16,0% tenían un nivel de estudios superior, el 12,0% medio y el 72,0% lo tenían básico. Sin embargo haría falta más estudios para confirmar este hecho, y descartar que no fuese un sesgo inherente a la edad de los sujetos.

5.3 IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS

La visión completa de los hallazgos de esta tesis, dentro del cuerpo de conocimientos, permiten justificar como implicaciones teóricas de la investigación la necesidad de realizar diferentes pruebas visuales que aporten una mayor información sobre las capacidades funcionales de la persona en los entornos que demandan cambios rápidos visuales, y que precisan tareas visuales y cognitivas, que requieren mantener la atención.

Esta investigación doctoral, además de contribuir al conocimiento en esta disciplina, y aportar un nuevo enfoque de valoración oculomotora de la capacidad visual, también tiene implicaciones para el cuerpo más amplio de conocimientos de la seguridad vial, así como con otras disciplinas relacionadas que no se mencionaron, como las diferentes interrelaciones que se producen a nivel cortical en la persona, al realizar las diversas tareas requeridas.

La visión provee la fuente primaria de información para el conductor requiriéndose una buena atención visual y cognitiva, y no siendo necesaria una imagen de alta resolución para un adecuado manejo del vehículo. La valoración del desarrollo visual provee un método de cuantificar la capacidad visual del conductor para localizar la información de interés en la carretera o dentro del vehículo. La capacidad para mantener un adecuado procesamiento de la información se afecta y varía con la edad del conductor y con algunas enfermedades, pudiendo fallar la interpretación de las indicaciones, y el procesamiento de las diversas informaciones con las que interactúa el sujeto.

La implementación del ADEMd, que relaciona la atención visual con el desarrollo cognitivo, puede conseguir disminuir los riesgos. Es conocido que los sujetos más hábiles suelen tener movimientos oculares más eficaces (Kluka, 1990), y se observa en los resultados de nuestra investigación que con las enfermedades neurodegenerativas y el envejecimiento se ven alterados. En el caso del envejecimiento el objetivo principal consiste en ayudar a los conductores mayores a conducir de manera segura para preservar su movilidad e independencia. Más si se tiene en cuenta que los conductores ancianos con impedimentos visuales, cognitivos, y/o atencionales tienen un mayor riesgo para verse envueltos en un accidente que sujetos sin dificultades (Johnson & Keltner, 1983; Owsley et al., 1991; Ball et al., 1993a).

Los estudios sobre educación de la salud ilustran que, los conductores ancianos son capaces de adoptar desarrollos y actitudes de

protección de su salud (Owsley & McGwin, 1999; Owsley et al., 2002b). Por ello, detectar la presencia de posibles problemas permitirá enseñar a los conductores ancianos a motivarlos para que conozcan como sus déficits funcionales le afectan a sus habilidades conduciendo, y para facilitarles la adquisición de estrategias compensadoras como auto regulación, por ello es importante encontrar pruebas que permitan una detección lo más precoz posible, para mantener la interacción de los mayores con el entorno de forma segura.

También siendo conocido que en algunos pacientes existen mecanismos compensadores basados en la atención visual que pueden ser desarrollados espontáneamente o a través de un programa de entrenamiento (Racette & Casson, 2005), se podría realizar un programa de terapia visual, coordinado por un óptico-optometrista que permitiese mejorar aquellas capacidades visuales del sujeto disminuidas, y susceptibles de mejora.

Con el ADEMD se realiza una actividad temporal compleja, en la cual para obtener información de forma efectiva, el sujeto debe buscar, localizar y seleccionar la información relevante. Con una interacción cognitiva involucrada en esta tarea, y que al ser la lectura en voz alta, además de la ruta visual utiliza la ruta fonológica.

En este estudio se consideró como normativos los valores pertenecientes al intervalo de confianza del 95% de los sujetos. Es importante tener en cuenta que los resultados que pueden estar encima o debajo de este valor no significan propiamente una alteración de los movimientos oculomotores (falsos positivos), así como resultados dentro de estos valores no indican que el sujeto no tenga problemas (falsos negativos). Para afirmar la ausencia o presencia de alteraciones oculares es necesario relacionarlo con otras variables como la CRP, y el NC además de con una historia clínica más específica tras los resultados sospechosos obtenidos en la historia clínica básica.

5.4 LIMITACIONES

A lo largo de la investigación se hicieron aparentes que podían surgir unas limitaciones por otras causas, entre estas se pueden distinguir las visuales y las no visuales. En todas las situaciones, las causas de variación deben ser tenidas en cuenta en el análisis de los resultados.

Factores visuales:

La dificultad de los sujetos que pueden tener problemas de decodificar la información del estímulo podría afectar, y no dar validez a los resultados. Para minimizar estos problemas en la realización de la prueba a nivel de procesos de bajo nivel, (por ej., incapacidad de leer palabras, decodificaciones erróneas, etc), y ceñirnos más a procesos de nivel superior se han utilizado como signos gráficos principalmente números en lugar de palabras o figuras.

Entre los factores que pueden influir destaca la sensibilidad al contraste. Se sabe que es un buen predictor del rendimiento del conductor reconociendo (señales, peligros y peatones) bajo condiciones diurnas y nocturnas. (Wood & Owens, 2005). En nuestro test se ha mantenido el mismo contraste en todos los caracteres de todas las laminas del mismo, una investigación futura a desarrollar es valorar el comportamiento del ADEMd variando el contraste en los caracteres.

Por si no fuera suficientemente complicado el diseño de la evaluación cualitativa/cuantitativa de los movimientos oculares, con frecuencia se puede observar que hay sujetos que mueven la cabeza e incluso partes del cuerpo, para ayudar al movimiento ocular. Ese movimiento de la cabeza o del cuerpo aunque a veces mejora la ejecución motora, puede compensar las variaciones en el desarrollo visual influyendo en la valoración obtenida, siendo de destacar que cuanto más atención se requiere en la tarea más se mueve la cabeza.

Si la fijación no se ha de mantener durante mucho tiempo, los ojos se moverán para alcanzar la fijación dentro de los primeros 30°, (Leigh & Zee, 1991) por lo que no es de esperar un movimiento de cabeza dentro de dicha amplitud en condiciones normales. Por la distancia media de realización de la prueba del ADEMd se ha estado por debajo de este valor crítico, por lo que al realizar las pruebas oculomotoras no debería haber movimiento ni de cuerpo ni de cabeza; con lo que si se aprecia movimiento de cabeza se deberá reseñar, y tener en cuenta en las respuesta del sujeto, dado que podemos estar ante una ayuda para conseguir una mayor eficiencia en las tareas realizadas. Más si se tiene en cuenta, como indican Doshi y Trivedi (2012), que un análisis separado del movimiento ocular y de los movimientos de la cabeza permiten una evaluación más precisa de las estrategias visuales.

Powell et al. (2006) ya plantean que quizás el uso de los números de doble dígito introduce uno o mas factores de confusión tendiendo a una medición menos precisa del movimiento sacádico. Entre estos factores comenta la fatiga cognitiva, que ocurre cuando se leen los números de dos dígitos al avanzar la prueba. Por las instrucciones estandarizadas de realización del test, se considera como línea base control el resultado vertical, realizándose en primer lugar por ello. Este hecho podría justificar que surgiese una fatiga cognitiva con un rendimiento más lento en las secciones horizontales que conduce a una peor puntuación en la relación.

Evidentemente hay que tener en cuenta la validez ecológica, dado que los comportamientos observados y registrados en esta investigación reflejan parte de aquello que realmente acontece en los escenarios naturales de la conducción. Siendo requisito para una buena valoración del ADEMd que el sujeto este alerta, este mirando al lugar correcto, y no se distraiga por los objetos próximos que compiten por su atención. Sin embargo en la vida real vial, dependiendo de cómo sea la escena se requiere una mayor o menor motilidad. Por ejemplo, se produce un mayor

número de fijaciones en objetos relevantes del tráfico en la ruta en la ciudad que en la ruta rural. De la misma manera que hay diferencias en las estrategias de búsqueda visual entre conductores experimentados y no experimentados, (Falkmer & Gregersen, 2001). El comportamiento visual en el entorno real de la conducción, para tener una buena validez ecológica, puede ser cuantificado por la motilidad ocular, y la ubicación, duración y frecuencia de la mirada en las áreas específicas de interés en la escena visual, mediante un equipo de video-grabación u otras tecnologías más sofisticadas que pueden dar información adicional del comportamiento visual del conductor. Sin embargo, esta instrumentación, aparte de costosa es complicada para valorar a grupos grandes de personas. El test ADEMD es un test económico y fácil de usar tanto para el evaluador como para el evaluado.

Otros factores no visuales

Algunos factores no visuales pueden originar una inconsistencia en los resultados de la prueba. A nivel interno el estado físico o mental del sujeto puede afectar al desarrollo de la prueba, o ser originados por problemas asociados a la motilidad ocular, pero también puede ser por otras causas, como el uso de la compensación óptica para ver correctamente. Por ejemplo, el usuario de lentes oftálmicas progresivas en la compensación, al mirar en tareas en visión próxima por el pasillo que presenta este sistema óptico, debe realizar unos pequeños movimientos de cabeza para ver mejor. Esta situación puede alterar el patrón oculomotor innato del sujeto.

Por otra parte el disponer de una muestra insuficiente de sujetos accidentados, siendo poco fiable la que se dispone por ser subjetiva, hace interesante como futura investigación la valoración de las pruebas realizadas en una población de sujetos accidentados con diferentes grados de involucración para valorar la posible influencia de la atención visual en los mismos.

5.5 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Como no se ha utilizado esta prueba, ni similares que conozcamos, para valorar la importancia de los movimientos oculares en la conducción relacionados con test que simulan la lectura, se ha planteado esta investigación para clarificar este punto, valorando la eficacia como instrumento con la influencia de los efectos atencionales, y de las capacidades cognitivas y motoras en la misma.

En esta tesis se ha mostrado el ADEMd como un buen predictor del desarrollo cognitivo atencional, debiendo realizarse futuros trabajos para establecer si esta nueva prueba o alguna similar, sería positivo incorporarlas en los actuales estándares visuales al examinar la aptitud de un individuo para conducir.

Como líneas de investigación futuras a desarrollar con este test en una población conductora serían:

- Valorar los resultados de la prueba, con las pertinentes adaptaciones, en habilidades asociadas a las condiciones desarrolladas durante la conducción en espacio real, y bajo diversos entornos ambientales. Más si se tiene en cuenta que la pérdida de visión puede acentuarse en condiciones de peor visibilidad del entorno (visión nocturna, deslumbramiento, con niebla, etc).
- Las aplicaciones reales o potenciales de esta investigación incluye este método para evaluar como influye la distracción de las conversaciones en el comportamiento de la búsqueda visual.
- Valorar si presenta alguna relación directa con los accidentes de tráfico, analizando si existe una correlación entre estos y los tiempos alterados, y/o los errores en el ADEMd.
- Siendo la atención visual una parte esencial del desarrollo visual, y muy relevante la revisión visual en los conductores más mayores, se podría profundizar en los posibles motivos que justifican la diferencia

de tiempos de desarrollo de los movimientos ocular con atención y sin atención, entre conductores y no conductores, o entre géneros. Para caracterizar más los posibles cambios se realizaría el análisis de la población mayor dividiendo la muestra en más grupos a partir de los 65 años.

Otras líneas a desarrollar al margen de los conductores, en base a los resultados de esta tesis, serían:

- Profundizar en los potenciales cambios del desarrollo oculomotor ante ciertas patologías degenerativas y enfermedades.
- Valorar si el lenguaje puede influir en los resultados, comparando los resultados de una población realizándolo en español con otras de similares características en otros idiomas.

*“Comprender las cosas que nos rodean es la mejor preparación
para comprender las cosas que hay mas allá.”*

Hipatia de Alejandría (370–415)

Filósofa y maestra neoplatónica griega

Capítulo 6.-
CONCLUSIONES
CONCLUSIONS

Capítulo VI. CONCLUSIONES / CONCLUSIONS

6.1 CONCLUSIONES

6.2 CONCLUSIONS

6.1. CONCLUSIONES

Como conclusión general, el ADEMD es un test fiable que presenta una alta constancia de la medida en todas las láminas que conforman la prueba, desde las más automáticas a las que requieren mayor atención visual y cognitiva; no viéndose alterado el resultado de una medición debido a cambios, fluctuaciones o variaciones del instrumento en sí mismo.

A continuación se indicarán las conclusiones específicas del desarrollo de los movimientos oculomotores, desglosados en las distintas muestras analizadas:

A nivel de los sujetos sanos:

1.- Se emplea más tiempo en la lectura de las láminas oculomotoras horizontales que en las verticales. La actividad oculomotora, bajo unas condiciones de atención dividida, requiere mayor atención. Cuanto menos exigente o más automática es la tarea se cometen menos errores.

2.- La variable socio-demográfica analizada que influye más en el desarrollo de los movimientos oculomotores es la edad. El aumento de esta, incrementa el tiempo de realización y el número de errores en todas las láminas, sobre todo en las horizontales, siendo justificado por el procesamiento perceptual de la tarea.

3.- En el grupo de más jóvenes, quizás por ser más impulsivos en la realización de las tareas, se producen valores más bajos de correlación temporal entre las láminas de automaticidad con respecto a la oculomotricidad horizontal con distractores.

4.- La mayoría de los sujetos presentan unos valores de realización de la prueba considerados en un rango entre normal y excelente en su grupo etario.

5.- A nivel de género, el único grupo que presenta diferencias significativas en los tres tipos de láminas temporales es el de 65 a 74 años, siendo mayor el tiempo empleado en mujeres que en hombres.

6.- El desarrollo de los movimientos oculomotores no varía con el nivel de escolaridad.

A nivel de sujetos con enfermedad neurodegenerativa:

7.- La presencia de enfermedades neurodegenerativas produce una mayor dispersión en los resultados que en el grupo sano, sobretodo en los enfermos de Alzheimer, cometiéndose más errores en todas las láminas y siendo mayores en los movimientos horizontales. Los cambios en el comportamiento del ADEMd varían dependiendo de la enfermedad analizada.

8.- Tanto en la esclerosis múltiple como en los enfermos de Alzheimer, hay diferencias significativas en el procesamiento de las tareas oculomotoras horizontales, viéndose más afectadas ante tareas con distractores. En la EM no se ven afectadas las tareas de automaticidad, mientras que en los EA si que se ve afectada.

A nivel de los conductores:

9.- Las únicas diferencias significativas entre conductores y no conductores en la ejecución del ADEMd ocurren, de los 55 a los 74 años en todas las pruebas temporales, y de los 45 a 54 años sólo en las láminas horizontales.

10.- Casi la mitad de los sujetos mayores de 75 años refieren dificultad para conducir por la noche por causa de su visión. Con una asociación muy baja, aunque significativa, entre la dificultad diurna y nocturna cuando la tarea exige mayor atención.

11.- Tal como se va produciendo una pérdida de la habilidad conduciendo o de las capacidades, y se es consciente, hay una modificación de los patrones de conducción.

12.- No hay diferencias entre los valores temporales del ADEMD por causa de haber referido tener algún accidente, ni se encuentra correlación de los accidentes con la edad.

13.- La valoración del desarrollo de los movimientos oculares atencionales es una prueba importante a incorporar, a las que se realizan en las revisiones en los CRC, para mejorar la detección de sujetos con disfunciones.

14.- En la seguridad vial es fundamental la prevención y concienciación, para minimizar los riesgos de accidentes. Con la detección precoz del ADEMD se pueden prevenir, concienciando a los sujetos a que, además de ver, deben saber qué ver y cómo mirar.

6.2. CONCLUSIONS

ADEMD is a viable test which demonstrates a higher than average consistency for all of the test plates which make up the test, from the most automatic ones to those which require greater visual and cognitive attention; no changes in the results of the measurement due to changes, fluctuations or variations in the instrument itself were observed.

Below, the specific conclusions concerning the development of oculomotor movements are set out, broken down based on the different samples analysed:

Healthy subjects:

1.- Spend more time reading the horizontal oculomotor test plates compared to the vertical ones. Oculomotor activity, under conditions of divided

attention, requires greater attention to be paid. Fewer errors are committed when the task is more automatic or less demanding.

2.- Of the socio demographic variables analysed, age is the one which most influences the development of oculomotor movements. As age increases, the time needed to carry out the activity increases, as does the number of errors on all of the test plates, especially the horizontal ones. This can be justified by the perceptual processing of the task.

3.- The group with the youngest people in it, perhaps due to them being more impulsive when carrying out the tasks, produced the lowest time correlation values between the automaticity test plates compared to the horizontal ocular motility test plate with distractors.

4.- When carrying out the test, the majority of subjects demonstrate values which can be considered to be between normal and excellent within their age range.

5.- In terms of gender, the only group which demonstrated significant differences in the three types of timed test plates was the group aged from 65 to 74, with women spending more time on the task than men.

6.- The development of oculomotor movements does not vary based on the level of schooling.

Subjects with neurodegenerative illnesses:

7.- The presence of neurodegenerative illnesses produces a greater spread of results compared to the group of healthy subjects, above all in the case of Alzheimer's disease. More errors occur on all of the test plates, and horizontal movements are greater. Changes in the behaviour of the ADEMD vary depending on the illnesses being analysed.

8.- In both Multiple Sclerosis and Alzheimer's there are significant differences in processing horizontal oculomotor tasks, especially tasks which

include distractors. For people with ME, tasks involving automaticity are not affected, whilst an affect can be observed for people with AD.

Drivers:

9.- The only significant differences between drivers and non-drivers in the execution of the ADEMd occurred from the ages of 55 to 74 in all of the timed tests, and only from 45 to 54 in the horizontal test plates.

10.- Almost half of the subjects over 75 referred to problems driving at night due to their eyesight. With a very low, although significant association between difficulty during the daytime and at night when the task demanded a greater level of attention.

11.- As driving expertise or skills deteriorate, and if the driver is aware of this, there is a modification in driving patterns.

12.- There are no differences in time values of the ADEMd based on having had an accident, nor has any correlation between accidents and age been found.

13.- To improve the detection of subjects with visual dysfunctions, along with the tests carried out during examinations at the DRCs, it is important to included an evaluation of the development of ocular movement under conditions demanding different levels of attention.

14.- On road safety, prevention and awareness are fundamental in order to reduced the risk of having an accident. Early detection with ADEMd can help prevent accidents, making people aware that besides seeing, they need to know what to see and how to look.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografia

- Aberg, L., & Rimmo, P. A. (1998). Dimensions of aberrant driver behaviour. *Ergonomics*, *41*(1), 39-56.
- Adler, D. M., Vershner, N., Oushomirsky, E., & Millodot, M. (2004). The possible effect of attention on the Developmental Eye Movement (DEM) Test: a pilot study. *J Behav Optom*, *15*(1), 7-9.
- Affleck, G., Tennen, H., Pfeiffer, C., & Fifield, J. (1987). Appraisals of control and predictability in adapting to a chronic disease. *Journal of Personality and Social Psychology*, *53*(2), 273.
- Agrell, B., & Dehlin, O. (1998). The clock-drawing test. *Age and Ageing*, *27*(3), 399-404.
- Akinwuntan, A. E., Feys, H., DeWeerd, W., Pauwels, J., Baten, G., & Strypstein, E. (2002). Determinants of driving after stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *83*(3), 334-341.
- Allen, J. A., Schroeder, S. R., & Ball, P. G. (1978). Effects of experience and short-term practice on drivers' eye movements and errors in simulated dangerous situations. *Perceptual and motor skills*, *47*(3), 767-776.
- Allen, M. J. (1969). Vision and driving. *Traffic Safety*, *3*, 8-11.
- Alonso, J., Espallargues, M., Andersen, T. F., Cassard, S. D., Dunn, E., Bernth-Petersen, P., ... & Anderson, G. F. (1997). International applicability of the VF-14: An index of visual function in patients with cataracts. *Ophthalmology*, *104*(5), 799-807.
- Armstrong, R. A., Davies, L. N., Dunne, M., & Gilmartin, B. (2011). Statistical guidelines for clinical studies of human vision. *Ophthalmic and physiological optics*, *31*(2), 123-136.
- Armstrong, R. A., & Eperjesi, F. (2001). Data analysis methods in optometry: is there a difference between two samples? Part 2. *Optometry today*, 2001(January), 27-31.
- Armstrong, R. A., & Eperjesi, F. (2005). Data methods in optometry: Part 5. Correlation. *OT (Optometry Today/Optics Today)*, *45*(4), 34-37.
- Ansorena, A. M., García, M. P., González, J. B., Fernández, M. P., Silva, E. P., & Ríos, R. R. (2010). P03-97-Saccadic movements and schizophrenia: a study of the utility of A-DEM test. *European Psychiatry*, *25*, 1219. doi:10.1016/S0924-9338(10)71207-4

- Applegate, W. B., Miller, S. T., Elam, J. T., Freeman, J. M., Wood, T. O., & Gettlefinger, T. C. (1987). Impact of cataract surgery with lens implantation on vision and physical function in elderly patients. *Jama*, *257*(8), 1064-1066.
- Ayton, L. N., Abel, L. A., Fricke, T. R., & McBrien, N. A. (2009). Developmental eye movement test: what is it really measuring?. *Optometry & Vision Science*, *86*(6), 722-730.
- Ball, K. K., Beard, B. L., Miller, R. L., & Roenker, D. L. (1987). Mapping the useful field of view as a function of age. *Gerontologist*, *27*, 166A.
- Ball, K. K., Beard, B. L., Roenker, D. L., Miller, R. L., & Griggs, D. S. (1988). Age and visual search: Expanding the useful field of view. *JOSA A*, *5*(12), 2210-2219.
- Ball, K., Owsley, C., & Beard, B. (1990a). Clinical visual perimetry underestimates peripheral field problems in older adults. *Clinical Vision Sciences*, *5*(2), 113-125.
- Ball, K., Owsley, C., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1993a). Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, *34*, 3110-3123.
- Ball, K., Owsley, C., Stalvey, B., Roenker, D. L., Sloane, M. E., & Graves, M. (1998). Driving avoidance and functional impairment in older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, *30*(3), 313-322.
- Ball, K., & Owsley, C. (1991). Identifying correlates of accident involvement for the older driver. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *33*(5), 583-595.
- Ball, K., & Owsley, C. (1993b). The useful field of view test: a new technique for evaluating age-related declines in visual function. *Journal of the American Optometric Association*, *64*(1), 71-79.
- Ball, K., & Owsley, C. (2003). Driving competence: It's not a matter of age. *Journal of the American Geriatrics Society*, *51*(10), 1499-1501.
- Ball, K. K., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1990b). Developmental changes in attention and visual search throughout adulthood. *Advances in psychology*, *69*, 489-508.
- Ball, K. K., Roenker, D. L., Wadley, V. G., Edwards, J. D., Roth, D. L., McGwin, G., ... & Dube, T. (2006). Can High-Risk Older Drivers Be Identified Through Performance-Based Measures in a Department of Motor Vehicles Setting?. *Journal of the American Geriatrics Society*, *54*(1), 77-84.
- Barbé, F., Pericas, J., Munoz, A., Findley, L., Anto, J. M., Agusti, A. G., & de Lluc J. M. (1998). Automobile accidents in patients with sleep apnea syndrome: an

- epidemiological and mechanistic study. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 158(1), 18-22.
- Bard, C., & Fleury, M. (1976). Analysis of visual search activity during sport problem situations. *Journal of Human Movement Studies*, 3(2), 214-222.
- Bauer, M. J., Adler, G., Kuskowski, M. A., & Rottunda, S. (2003). The influence of age and gender on the driving patterns of older adults. *Journal of Women & Aging*, 15(4), 3-16.
- Bennet, A. G., & Rabbetts, R. G. (1992). *Clinical Visual Optics*. Oxford: Butterworths.
- Bergen, J. R., & Julesz, B. (1983). Parallel versus serial processing in rapid pattern discrimination. *Nature*, 303(5919), 696-698.
- Bergman, B., & Sjöstrand, J. (2002). A longitudinal study of visual acuity and visual rehabilitation needs in an urban Swedish population followed from the ages of 70 to 97 years of age. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 80(6), 598-607.
- Birren, J. E., Woods, A. M., & Williams, M. V. (1980). (1980). Behavioral slowing with age: Causes, organization, and consequences. In PoonLW (Ed.), *Aging in the 1980s*, Washington DC : American Psychological Association.
- Blesa, R., Pujol, M., Aguilar, M., Santacruz, P., Bertrán-Serra, I., Hernández, G., ... & Normacodem, G. (2001). Clinical validity of the Mini Mental State for Spanish speaking communities. *Neuropsychologia*, 39, 1150-1157.
- Bloomfield, J. R. (1972). Visual search in complex fields: size differences between target disc and surrounding discs. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 14(2), 139-148.
- Boisjoly, H., Gresset, J., Fontaine, N., Charest, M., Brunette, I., LeFrançois, M., ... & Dubé, I. (1999). The VF-14 index of functional visual impairment in candidates for a corneal graft. *American journal of ophthalmology*, 128(1), 38-44.
- Bowers, A., Peli, E., Elgin, J., McGwin Jr, G., & Owsley, C. (2005). On-road driving with moderate visual field loss. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 657-667
- Brabyn, J., Schneck, M., Haegerstrom-Portnoy, G., & Lott, L. (2001). The Smith-Kettlewell Institute (SKI) longitudinal study of vision function and its impact among the elderly: an overview. *Optometry & Vision Science*, 78(5), 264-269.
- Brabyn, J., Schneck, M. E., Haegerstrom-Portnoy, G., & Steinman, B. (1994). Vision test performance and accident proneness in drivers over the age of 55. *Vision science and its applications, technical digest series*, 2, 210-213.

- Brabyn, J. A., Schneck, M. E., Lott, L. A., & Haegerström-Portnoy, G. (2005). Night driving self-restriction: vision function and gender differences. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 755-764.
- Brébion, G. (2001). Language processing, slowing, and speed/accuracy trade-off in the elderly. *Experimental Aging Research*, 27(2), 137-150.
- Breitmeyer, B. G. (1993). The roles of sustained and transient channels in reading and reading disability. In D.M. Willows (Ed.), *Visual Processes in Reading and Reading Disability*. Laurence Erlbaum: New Jersey, NJ.
- Brenton, R. S., & Phelps, C. D. (1986). The normal visual field on the Humphrey field analyzer. *Ophthalmologica*, 193(1-2), 56-74.
- Britton, L. A., & Delay, E. R. (1989). Effects of noise on a simple visual attentional task. *Perceptual and motor skills*, 68(3), 875-878.
- Brody, B. L., Gamst, A. C., Williams, R. A., Smith, A. R., Lau, P. W., Dolnak, D., ... & Brown, S. I. (2001). Depression, visual acuity, comorbidity, and disability associated with age-related macular degeneration. *Ophthalmology*, 108(10), 1893-1900; discussion 1900.
- Brouwer, W. H., Waterink, W., Van Wolffelaar, P. C., & Rothengatter, T. (1991). Divided attention in experienced young and older drivers: lane tracking and visual analysis in a dynamic driving simulator. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 33(5), 573-582.
- Bullmore, E. T., Rabe-Hesketh, S., Morris, R. G., Williams, S. C. R., Gregory, L., Gray, J. A., & Brammer, M. J. (1996). Functional magnetic resonance image analysis of a large-scale neurocognitive network. *NeuroImage*, 4(1), 16-33.
- Burg, A. (1967). Some preliminary findings concerning the relation between vision and driving performance. *Journal of the American Optometric Association*, 38(5), 372-377.
- Burg, A. (1968). *The Relationship Between Vision Test Scores and Driving Record: Additional Findings, Report 68-27*. Los Angeles, UCLA Department of Engineering.
- Caird, J. K., & Hancock, P. A. (1994). The perception of arrival time for different oncoming vehicles at an intersection. *Ecological Psychology*, 6(2), 83-109.
- Cairney, P., & Catchpole, J. (1996). Patterns of perceptual failures at intersections of arterial roads and local streets. *Vision in Vehicles*, 5, 87-94.

- Campagne, A., Pebayle, T., & Muzet, A. (2005). Oculomotor changes due to road events during prolonged monotonous simulated driving. *Biological psychology*, 68(3), 353-368.
- Campbell, M. K., Bush, T. L., & Hale, W. E. (1993). Medical conditions associated with driving cessation in community-dwelling, ambulatory elders. *Journal of Gerontology*, 48(4), S230-S234.
- Cantón-Cortés, D., Segura, M. D., & Ramírez, C. C. (2010). Conducción y envejecimiento. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 45(1), 30-37.
- Carter, J. E., Obler, L., Woodward, S., & Albert, M. L. (1983). The effect of increasing age on the latency for saccadic eye movements. *Journal of Gerontology*, 38(3), 318-320.
- Cashell, G. T. W. (1970). Visual function in relation to road accidents. *Injury*, 2(1), 8-10.
- Cassard, S. D., Patrick, D. L., Damiano, A. M., Legro, M. W., Tielsch, J. M., Diener-West, M., ... & Steinberg, E. P. (1995). Reproducibility and responsiveness of the VF-14: an index of functional impairment in patients with cataracts. *Archives of Ophthalmology*, 113(12), 1508-1513.
- Cerella, J. (1985). Age-related decline in extrafoveal letter perception. *Journal of Gerontology*, 40(6), 727-736.
- Cerella, J. (1990). Aging and information-processing rate. *Handbook of the psychology of aging*, 3, 201-221.
- Chang, L. Y., Lowe, J., Ardiles, A., Lim, J., Grey, A. C., Robertson, K., ... & Acosta, M. L. (2014). Alzheimer's disease in the human eye. Clinical tests that identify ocular and visual information processing deficit as biomarkers. *Alzheimer's & Dementia*, 10(2), 251-261.
- Chaparro, A., Wood, J. M., & Carberry, T. (2005). Effects of age and auditory and visual dual tasks on closed-road driving performance. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 747-754.
- Chapman, P. R., & Underwood, G. (1998). Visual search of driving situations: danger and experience. *Perception*, 27, 951-964.
- Chapman, P. R., & Underwood, G. (1998). Visual search of dynamic scenes: Event types and the role of experience in viewing driving situations. *Eye guidance in reading and scene perception*, 369-394.
- Cheng, A., Eysel, U. T., & Vidyasagar, T. R. (2004). The role of the magnocellular pathway in serial deployment of visual attention. *European Journal of Neuroscience*, 20(8), 2188-2192.

- Chiaravalloti, N. D., & DeLuca, J. (2008). Cognitive impairment in multiple sclerosis. *The Lancet Neurology*, 7(12), 1139-1151.
- Clark, J. J. (1999). Spatial attention and latencies of saccadic eye movements. *Vision research*, 39(3), 585-602.
- Clarkson, P. M. (1978). The effect of age and activity level on simple and choice fractionated response time. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 40(1), 17-25.
- Clay, O. J., Wadley, V. G., Edwards, J. D., Roth, D. L., Roenker, D. L., & Ball, K. K. (2005). Cumulative meta-analysis of the relationship between useful field of view and driving performance in older adults: Current and future implications. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 724-731.
- Coeckelbergh, T. R., Brouwer, W. H., Cornelissen, F. W., & Kooijman, A. C. (2004). Predicting practical fitness to drive in drivers with visual field defects caused by ocular pathology. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46(4), 748-760.
- Coeckelbergh, T. R., Brouwer, W. H., Cornelissen, F. W., Van Wolffelaar, P., & Kooijman, A. C. (2002). The effect of visual field defects on driving performance: a driving simulator study. *Archives of ophthalmology*, 120(11), 1509-1516.
- Cohen, Y., Zadok, D., Barkana, Y., Shochat, Z., Ashkenazi, I., Avni, I., & Morad, Y. (2007). Relationship between night myopia and night-time motor vehicle accidents. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 85(4), 367-370.
- Coolican, H. (1990). *Research methods and statistics in psychology*. Hodder & Stoughton Educational.
- Council, F. M., & Allen, J. A. (1974). *A study of the visual fields of North Carolina drivers and their relationship to accidents* (No. UNC/HSRC-74/12/6).
- Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. (1999). Driving experience and the functional field of view. *Perception-London*, 28(9), 1075-1088.
- Crundall, D. E., & Underwood, G. (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41(4), 448-458.
- D.G.T. (1994-1995). *La investigación de actitudes y comportamientos frente al riesgo vial de los conductores españoles, según la zona en que viven, a partir del análisis de los datos que contiene la encuesta realizada en el estudio Paneuropeo «SARTRE»*. Madrid: Autor.

- D.G.T. (2002). *Protocolo de exploración médico-psicológica en centros de reconocimiento de conductores. Guía para la historia clínica básica*. Madrid: Autor.
- D.G.T. (2013). *Las principales cifras de siniestralidad vial España*. Madrid: Autor.
- Dahlin-Ivanoff, S., Klepp, K. I., & Sjöstrand, J. (1998). Development of a health education programme for elderly with age-related macular degeneration: A focus group study. *Patient Education and Counseling*, 34(1), 63-73.
- Dahlin-Ivanoff, U., Sonn, E., & Svensson, S. (2001). Development of an ADL instrument targeting elderly persons with age-related macular degeneration. *Disability & Rehabilitation*, 23(2), 69-79.
- Davey, R. J., & Jamieson, S. (2004). The validity of using the mini mental state examination in NICE dementia guidelines. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 75(2), 343-344.
- Davison, P. A. (1985). Inter-relationships between British drivers' visual abilities, age and road accident history. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 5(2), 195-204.
- de Fockert, J. W., Rees, G., Frith, C. D., & Lavie, N. (2001). The role of working memory in visual selective attention. *Science*, 291(5509), 1803-1806.
- Decina, L. E., & Staplin, L. (1993). Retrospective evaluation of alternative vision screening criteria for older and younger drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 25(3), 267-275.
- Decker, J. S., Stannard, S. J., McManus, B., Wittig, S. M., Sisiopiku, V. P., & Stavrinos, D. (2015). The impact of billboards on driver visual behavior: a systematic literature review. *Traffic injury prevention*, 16(3), 234-239.
- Dellinger, A. M., Sehgal, M., Sleet, D. A., & Barrett-Connor, E. (2001). Driving cessation: What older former drivers tell us. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49(4), 431-435.
- DeLucia, P., Kaiser, M., Bush, J., Meyer, L., & Sweet, B. (2003). Information integration in judgements of time to contact. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 56(7), 1165-1189.
- DeLucia, P. R. (1991). Pictorial and motion-based information for depth perception. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, 17(3), 738-748.
- Déniz, A., Alemany, M., & Marrero, I. (2009). Evaluación y tratamiento de la espasticidad en la esclerosis múltiple. En: Javier Juan F., editors. *Evaluación y tratamiento de la espasticidad*. Madrid: Panamericana, 169-184.

- Doshi, A., & Trivedi, M. M. (2012). Head and eye gaze dynamics during visual attention shifts in complex environments. *Journal of vision*, 12(2), 9.
- Drance, S. M., Berry, V., & Hughes, A. (1967). Studies of the effects of age on the central and peripheral isopters of the visual field in normal subjects. *American Journal of Ophthalmology*, 63(6), 1667-1672.
- Drury, C. G., & Clement, M. R. (1978). The effect of area, density, and number of background characters on visual search. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 20(5), 597-602.
- Duchek, J. M., Hunt, L., Ball, K., Buckles, V., & Morris, J. C. (1998). Attention and driving performance in Alzheimer's disease. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 53(2), P130-P141.
- Edwards, J. D., Wadley, V. G., Myers, R. S., Roenker, D. L., Cissell, G. M., & Ball, K. K. (2002). Transfer of a speed of processing intervention to near and far cognitive functions. *Gerontology*, 48(5), 329-340.
- Engel, F. L. (1977). Visual conspicuity, visual search and fixation tendencies of the eye. *Vision research*, 17(1), 95-108.
- Evans, L. (1988). Risk of fatality from physical trauma versus sex and age. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 28(3), 368-378.
- Falkmer, T., & Gregersen, N. P. (2005). A comparison of eye movement behavior of inexperienced and experienced drivers in real traffic environments. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 732-739.
- Falkmer, T., & Gregersen, N. P. (2001). Fixation patterns of learner drivers with and without cerebral palsy (CP) when driving in real traffic environments. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 4(3), 171-185.
- Farkas, M. S., & Hoyer, W. J. (1980). Processing consequences of perceptual grouping in selective attention. *Journal of Gerontology*, 35(2), 207-216.
- Ferrer, M., Alonso, J., Morera, J., Marrades, R. M., Khalaf, A., Aguar, M. C., ... & Anto, J. M. (1997). Chronic obstructive pulmonary disease stage and health-related quality of life. *Annals of internal Medicine*, 127(12), 1072-1079.
- Foley, D. J., Wallace, R. B., & Eberhard, J. (1995). Risk factors for motor vehicle crashes among older drivers in a rural community. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(7), 776-781.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189-198.

- Fonda, S. J., Wallace, R. B., & Herzog, A. R. (2001). Changes in driving patterns and worsening depressive symptoms among older adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 56(6), S343-S351.
- Foran, S., Mitchell, P., & Wang, J. J. (2003). Five-year change in visual acuity and incidence of visual impairment: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology*, 110(1), 41-50.
- Forrest, E. B. (1988). *Stress and vision*. Santa Ana, CA: Optometric extension program foundation.
- Forrest, K. Y. Z., Bunker, C. H., Songer, T. J., Coben, J. H., & Cauley, J. A. (1997). Driving patterns and medical conditions in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(10), 1214-1218.
- Freeman, E. E., Munoz, B., Turano, K. A., & West, S. K. (2005). Measures of visual function and time to driving cessation in older adults. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 765-773.
- Freeman, E. E., Munoz, B., Turano, K. A., & West, S. K. (2006). Measures of visual function and their association with driving modification in older adults. *Investigative ophthalmology & visual science*, 47(2), 514-520.
- Friedman, D. S., Tielsch, J. M., Vitale, S., Bass, E. B., Schein, O. D., & Steinberg, E. P. (2002). VF-14 item specific responses in patients undergoing first eye cataract surgery: can the length of the VF-14 be reduced?. *British journal of ophthalmology*, 86(8), 885-891.
- Gallo, J. J., Rebok, G. W., & Lesikar, S. E. (1999). The driving habits of adults aged 60 years and older. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47(3), 335-341.
- Ganley, J. P., & Roberts, J. (1983). *Eye conditions and related need for medical care among persons 1-74 years of age, United States, 1971-72*. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Center for Health Statistics.
- Garzia, R. P., Richman, J. E., Nicholson, S. B., & Gaines, C. S. (1990). A new visual-verbal saccade test: The Developmental Eye Movement test (DEM). *Journal of the American Optometric Association*.
- Gené-Sampedro, A., Monteiro, P. M. L., Fernandes Nunes, A. M., Vaz Patto, M. A., & Sánchez Pardo, M. (Abril de 2010). ¿Es útil el Adem para caracterizar la esclerosis múltiple?. En J. C. Martinez (Presidencia), 21 Congreso

- Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica*. Congreso llevado a cabo en Madrid, España.
- Gené-Sampedro, A., Richman, J. E., & Pardo, M. S. (2003). The Adult Developmental Eye Movement Test (A-DEM). *Journal of Behavioral Optometry*, 14(5), 101-105.
- Gene-Sampedro, A., Sanchez-Ramos, C., Langa-Moraga, A., Felipe, A., & Artigas, J. M. (2009). Evaluation of the Habitual Visual Acuity in Drivers and No Drivers in an Elderly Spanish Population. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 50(13), 2498-2498.
- Gené-Sampedro, A., Monteiro, P. M. L., & Fernandes Nunes, A. M., (Abril de 2012). ¿Es útil el Adem para caracterizar la esclerosis múltiple?. En J. C. Martinez (Presidencia), *Test de desarrollo de los movimientos oculomotores atenciones (ADEMd)*. OPTOM 2012. Congreso llevado a cabo en Madrid, España.
- Gilhotra, J. S., Mitchell, P., Ivers, R., & Cumming, R. G. (2001). Impaired vision and other factors associated with driving cessation in the elderly: the Blue Mountains Eye Study. *Clinical & experimental ophthalmology*, 29(3), 104-107.
- Gimse, R., Björger, I. A., Tjell, C., Tyssedal, J. S. L., & BØ, K. (1997). Reduced cognitive functions in a group of whiplash patients with demonstrated disturbances in the posture control system. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 19(6), 838-849.
- Gonthier, R., Fabrigoule, C., & Domont, A. (2005). [Useful assessment for identifying unsafe driving]. *Psychologie & neuropsychiatrie du vieillissement*, 3(1), 27-42.
- Goode, K. T., Ball, K. K., Sloane, M., Roenker, D. L., Roth, D. L., Myers, R. S., & Owsley, C. (1998). Useful field of view and other neurocognitive indicators of crash risk in older adults. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, 5(4), 425-440.
- Gottsdanker, R. (1982). Age and simple reaction time. *Journal of Gerontology*, 37(3), 342-348.
- Gottsdanker, R. (1980). Aging and the maintaining of preparation. *Experimental Aging Research*, 6(1), 13-27.
- Graca, J. L. (1986). Driving and aging. *Clinics in Geriatric Medicine*, 2(4), 577-589.
- Gresset, J., & Meyer, F. (1994). Risk of automobile accidents among elderly drivers with impairments or chronic diseases. *Canadian journal of public health= Revue canadienne de sante publique*, 85(4), 282-285.

- Groffman, S. (1993). Correlation between cognitive processing and ocular motility. *Optometry & Vision Science, 70*(5), 380-383.
- Haegerstrom-Portnoy, G., Schneck, M. E., & Brabyn, J. A. (1999). Seeing into old age: vision function beyond acuity. *Optometry & Vision Science, 76*(3), 141-158.
- Han, S. H., & Kim, M. S. (2004). Visual search does not remain efficient when executive working memory is working. *Psychological Science, 15*(9), 623-628.
- Han, Y., Ciuffreda, K. J., & Kapoor, N. (2004). Reading-related oculomotor testing and training protocols for acquired brain injury in humans. *Brain Research Protocols, 14*(1), 1-12.
- Hart, P. M., Chakravarthy, U., Stevenson, M. R., & Jamison, J. Q. (1999). A vision specific functional index for use in patients with age related macular degeneration. *British Journal of Ophthalmology, 83*(10), 1115-1120.
- Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T., & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of experimental psychology: Learning, memory, and cognition, 17*(1), 163-169.
- Hayhoe, M., & Ballard, D. (2005). Eye movements in natural behavior. *Trends in cognitive sciences, 9*(4), 188-194.
- Held, R., Ingle, D., Schneider, G., & Trevarthen, C. (1967). Locating and identifying: Two modes of visual processing. A symposium. *Psychologische Forschung, 31*(1), 42-43.
- Held, R. (1968). Dissociation of visual functions by deprivation and rearrangement. *Psychologische Forschung, 31*(4), 338-348.
- Hennessy, D. F. (1995). *Vision testing of renewal applicants: Crashes predicted when compensation for impairment is inadequate* (No. CAL-DMV-RSS-95-152). State of California, Department of Motor Vehicles, Research and Development Section.
- Herslund, M. B., & Jørgensen, N. O. (2003). Looked-but-failed-to-see-errors in traffic. *Accident Analysis & Prevention, 35*(6), 885-891.
- Hertzog, C. K., Williams, M. V., & Walsh, D. A. (1976). The effect of practice on age differences in central perceptual processing. *Journal of Gerontology, 31*(4), 428-433.
- Higgins, K. E., Wood, J., & Tait, A. (1998). Vision and driving: Selective effect of optical blur on different driving tasks. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 40*(2), 224-232.

- Higgins, K. E., & Wood, J. M. (2005). Predicting components of closed road driving performance from vision tests. *Optometry & Vision Science, 82*(8), 647-656.
- Hills, B. L., & Burg, A. (1977). *A reanalysis of California driver vision data: general findings* (No. Lab Report 768 Monograph).
- Hills, B. L. (1980). Vision, visibility, and perception in driving. *Perception, 9*(2), 183-216.
- Hoffman, J. E., & Subramaniam, B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception & psychophysics, 57*(6), 787-795.
- Hofstetter, H. W. (1976). Visual acuity and highway accidents. *Journal of the American Optometric Association, 47*(7), 887-893.
- Hughes, P. K., & Cole, B. L. (1988). The effect of attentional demand in eye movement behaviour when driving. In *Vision in Vehicles II. Second International Conference on Vision in Vehicles*.
- Humphries, D. (1987). Three south african studies on the relation between road accidents and driver's vision. *Ophthalmic and Physiological Optics, 7*(1), 73-79.
- Hunt, L., Morris, J. C., Edwards, D., & Wilson, B. S. (1993). Driving performance in persons with mild senile dementia of the Alzheimer type. *Journal of the American Geriatrics Society, 41*(7), 747-753.
- Hunt, L. A., Murphy, C. F., Carr, D., Duchek, J. M., Buckles, V., & Morris, J. C. (1997). Reliability of the Washington University Road Test: A performance-based assessment for drivers with dementia of the Alzheimer type. *Archives of Neurology, 54*(6), 707-712.
- Ikeda, M., & Takeuchi, T. (1975). Influence of foveal load on the functional visual field. *Perception & Psychophysics, 18*(4), 255-260.
- Ingle, D. (1967). Two visual mechanisms underlying the behavior of fish. *Psychologische Forschung, 31*(1), 44-51.
- Isler, R. B., Parsonson, B. S., & Hansson, G. J. (1997). Age related effects of restricted head movements on the useful field of view of drivers. *Accident Analysis & Prevention, 29*(6), 793-801.
- Ivers, R. Q., Mitchell, P., & Cumming, R. G. (1999). Sensory impairment and driving: the Blue Mountains Eye Study. *American Journal of Public Health, 89*(1), 85-87.
- Ivers, R. Q., Mitchell, P., & Cumming, R. G. (2000). Visual function tests, eye disease and symptoms of visual disability: a population-based assessment. *Clinical & experimental ophthalmology, 28*(1), 41-47.
- Izquierdo, G., & Ruiz-Peña, J. L. (2003). Evaluación clínica de la esclerosis múltiple: cuantificación mediante la utilización de escalas. *Rev Neurol, 36*(2), 145-52.

- Jaffe, G. J., Alvarado, J. A., & Juster, R. P. (1986). Age-related changes of the normal visual field. *Archives of ophthalmology*, 104(7), 1021-1025.
- Janke, M. K. (1994). Age-related disabilities that may impair driving and their assessment. *Sacramento, CA: California State Department of Motor Vehicles, National Highway Safety Administration.*
- Johansson, K., Bronge, L., Lundberg, C., Persson, A., Seideman, M., & Viitanen, M. (1996). Can a physician recognize an older driver with increased crash risk potential?. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(10), 1198-1204.
- Johnson, C. A., Adams, A. J., Adams, C. W., & Lewis, R. A. (1988). Evidence for a neural basis of age-related visual field changes. *In Digest of Topical Meeting on Noninvasive Assessment of the Visual System* (Optical Society of America, Washington, D.C.), 44-47.
- Johnson, C. A., & Keltner, J. L. (1983). Incidence of visual field loss in 20,000 eyes and its relationship to driving performance. *Archives of Ophthalmology*, 101(3), 371-375.
- Johnson, C. A. (2005). Vision requirements for driver's license examiners. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 779-789.
- Jones, P. D., & Wilkinson, H. (1975). Latency differences to monochromatic stimuli measured by disjunctive reaction time. *Perceptual and motor skills*, 41(1), 55-59.
- Kahn, H. A., Leibowitz, H. M., Ganley, J. P., Kini, M. M., Colton, T., Nickerson, R. S., & Dawber, T. R. (1977). The Framingham eye study I. Outline and major prevalence findings. *American Journal of Epidemiology*, 106(1), 17-32.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (p. 246). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kallberg, V. P. (1993). Reflector posts-signs of danger?. *Transportation Research Record*, (1403).
- Kapitaniak, B., Walczak, M., Kosobudzki, M., Jozwiak, Z., & Bortkiewicz, A. (2015). Application of eye-tracking in the testing of drivers: A review of research. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 28(6), 941-954.
- Keall, M. D., & Frith, W. J. (2004). Older driver crash rates in relation to type and quantity of travel. *Traffic Injury Prevention*, 5(1), 26-36.
- Keeney, A. H. (1968). Relationship of ocular pathology and driving impairment. *Transactions Pennsylvania Academy of Ophthalmology and Otolaryngology*, 21(1), 22-27.

- Keltner, J. L., & Johnson, C. A. (1987). Visual function, driving safety, and the elderly. *Ophthalmology*, *94*(9), 1180-1188.
- Klein, E. B., Klein, R., Lee, E. K., & Cruickshanks, J. K. (1999). Associations of performance-based and self-reported measures of visual function The Beaver Dam Eye Study. *Neuro-Ophthalmology*, *6*(1), 49-60.
- Klein, B. E., Moss, S. E., Klein, R., Lee, K. E., & Cruickshanks, K. J. (2003). Associations of visual function with physical outcomes and limitations 5 years later in an older population: the Beaver Dam eye study. *Ophthalmology*, *110*(4), 644-650.
- Kleiser, R., Seitz, R. J., & Krekelberg, B. (2004). Neural correlates of saccadic suppression in humans. *Current Biology*, *14*(5), 386-390.
- Kline, D. W., & Birren, J. E. (1975). Age differences in backward dichoptic masking. *Experimental aging research*, *1*(1), 17-25.
- Kline, D. W., & Szafran, J. (1975). Age differences in backward monoptic visual noise masking. *Journal of Gerontology*, *30*(3), 307-311.
- Kline, D. (1986). Visual aging and driver performance. In *Invitational Conference on Work, Aging and Vision, Committee on Vision. Washington, DC.: National Academy of Sciences.*
- Kluka, D. A., & Love, P. A. (1990). The study of eye movements related to sport: a review of the literature. *Sports Vision*, *6*(1), 23-28.
- Knoblauch, R. L., Nitzburg, M., Reinfurt, D., Council, F., Zegeer, C., & Popkin, C. (1995). *Traffic Operations Control for Older Drivers: Publication No. FHWA-RD-95-119*. McLean, VA: US Department of Transportation, Federal Highway Administration.
- Koh, D., Guanco-Chua, S., & Ong, C. N. (1988). A study of the mortality patterns of taxi drivers in Singapore. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, *17*(4), 579-582.
- Korteling, J. E. (1991). Effects of skill integration and perceptual competition on age-related differences in dual-task performance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *33*(1), 35-44.
- Kosnik, W., Winslow, L., Kline, D., Rasinski, K., & Sekuler, R. (1988). Visual changes in daily life throughout adulthood. *Journal of Gerontology*, *43*(3), 63-70.
- Kua, A., Korner-Bitensky, N., Desrosiers, J., Man-Son-Hing, M., & Marshall, S. (2007). Older driver retraining: A systematic review of evidence of effectiveness. *Journal of Safety Research*, *38*(1), 81-90.

- Kulp, M. T., Edwards, K. E., & Mitchell, G. L. (2002). Is visual memory predictive of below-average academic achievement in second through fourth graders?. *Optometry & Vision Science*, 79(7), 431-434.
- Kurtzke, J. F. (1983). Rating neurologic impairment in multiple sclerosis an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, (Cleveland), 33(11), 1444-1444.
- Lack, D. (2005). Comparison of the developmental eye movement test, the visagraph numbers test with a test of the English language arts. *J Behav Optom*, 16(3), 1-5.
- Lamble, D., Kauranen, T., Laakso, M., & Summala, H. (1999). Cognitive load and detection thresholds in car following situations: safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving. *Accident Analysis & Prevention*, 31(6), 617-623.
- Land, M., Mennie, N., & Rusted, J. (1999). The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception-London*, 28(11), 1311-1328.
- Land, M. F., & Hayhoe, M. (2001). In what ways do eye movements contribute to everyday activities?. *Vision research*, 41(25), 3559-3565.
- Lansdown, T. C., & Fowkes, M. (1998). An investigation into the utility of various metrics for the evaluation of driver information systems. *Vision in vehicles*, 6, 215-224.
- Lansdown, T. C., Brook-Carter, N., & Kersloot, T. (2004). Distraction from multiple in-vehicle secondary tasks: vehicle performance and mental workload implications. *Ergonomics*, 47(1), 91-104.
- Lansdown, T. C. (1996). *Visual demand and the introduction of advanced driver information systems into road vehicles* (Tesis doctoral inédita). Loughborough University, Loughborough: Reino Unido.
- Larter, S. C., Herse, P. R., Naduvilath, T. J., & Dain, S. J. (2004). Spatial load factor in prediction of reading performance. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 24(5), 440-449.
- Lavie, N., Hirst, A., De Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(3), 339-354.
- Layton, B. (1975). Perceptual noise and aging. *Psychological Bulletin*, 82(5), 875- 883.
- Lee, J. E., Fos, P. J., Zuniga, M. A., Kastl, P. R., & Sung, J. H. (2000). Assessing health-related quality of life in cataract patients: the relationship between utility

- and health-related quality of life measurement. *Quality of Life Research*, 9(10), 1127-1135.
- Leibowitz, H. W., Owens, D. A., & Post, R. B. (1982). *Nighttime driving and visual degradation* (No. 820414). SAE Technical Paper.
- Leibowitz, H. W. (1986, September). Recent advances in our understanding of peripheral vision and some implications. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 30, No. 6, pp. 605-607). SAGE Publications.
- Leigh, R. J., & Zee, D. S. (2006). *The neurology of eye movements*. 4th Ed. Oxford University Press.
- Lesikar, S. E., Gallo, J. J., Rebok, G. W., & Keyl, P. M. (2002). Prospective study of brief neuropsychological measures to assess crash risk in older primary care patients. *The Journal of the American Board of Family Practice*, 15(1), 11-19.
- Leveille, S. G., Büchner, D. M., Koepsell, T. D., McCloskey, L. W., Wolf, M. E., & Wagner, E. H. (1994). Psychoactive medications and injurious motor vehicle collisions involving older drivers. *Epidemiology*, 5(6), 591-598.
- Li, G., Braver, E. R., & Chen, L. H. (2003). Fragility versus excessive crash involvement as determinants of high death rates per vehicle-mile of travel among older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 35(2), 227-235.
- Liesmaa, M. (1973). The influence of driver's vision in relation to his driving ability. *Optician*, 166(13), 10-13.
- Linder, M., Chang, T. S., Scott, I. U., Hay, D., Chambers, K., Sibley, L. M., & Weis, E. (1999). Validity of the visual function index (VF-14) in patients with retinal disease. *Archives of Ophthalmology*, 117(12), 1611-1616.
- Lobo, A., Saz, P., & Marcos, G. (2002). *Grupo de Trabajo ZARADEMP. MMSE: Examen Cognoscitivo Mini-Mental*. Madrid: TEA Ediciones.
- Logan, S., & Johnston, R. (2010). Investigating gender differences in reading. *Educational Review*. 62(2), 175-187.
- Long, G. M., & Kearns, D. F. (1996). Visibility of text and icon highway signs under dynamic viewing conditions. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 38(4), 690-701.
- Lotfipour, S., Patel, B. H., Grotzky, T. A., Anderson, C. L., Carr, E. M., Ahmed, S. S., ... & Vaca, F. E. (2010). Comparison of the visual function index to the Snellen Visual Acuity Test in predicting older adult self-restricted driving. *Traffic injury prevention*, 11(5), 503-507.

- Lott, L. A., Schneck, M. E., Haegerstrom-Portnoy, G., Brabyn, J. A., Gildengorin, G. L., & West, C. G. (2001). Reading performance in older adults with good acuity. *Optometry & Vision Science, 78*(5), 316-324.
- Lovegrove, W. (1993). Do dyslexics have a visual deficit. *Facets of dyslexia and its remediation, 33-49*.
- Loveless, N. E. (1979). Aging effects in simple RT and voluntary movement paradigms. *Progress in brain research, 54*, 547-551.
- Lowther, A. H., Rainey, B. B., Goss, D. A., Kidd, G., Swartz, T., & Horner, D. (2001). The Developmental Eye Movement Test as a predictor of word recognition ability. *J Optom Vis Dev, 32*, 9-14.
- Lyman, J. M., McGwin, G., & Sims, R. V. (2001). Factors related to driving difficulty and habits in older drivers. *Accident Analysis & Prevention, 33*(3), 413-421.
- MacDougall, H. G., & Moore, S. T. (2005). Functional assessment of head-eye coordination during vehicle operation. *Optometry & Vision Science, 82*(8), 706-715.
- MacGregor, J. M., Freeman, D. H., & Zhang, D. (2001). A traffic sign recognition test can discriminate between older drivers who have and have not had a motor vehicle crash. *Journal of the American Geriatrics Society, 49*(4), 466-469.
- MacInnes, W. J., Hunt, A. R., Hilchey, M. D., & Klein, R. M. (2014). Driving forces in free visual search: An ethology. *Attention, Perception, & Psychophysics, 76*(2), 280-295.
- Madden, D. J. (1982). Age differences and similarities in the improvement of controlled search. *Experimental Aging Research, 8*(2), 91-98.
- Maltz, M., & Shinar, D. (1999). Eye movements of younger and older drivers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 41*(1), 15-25.
- Mangione, C. M., Phillips, R. S., Lawrence, M. G., Seddon, J. M., Orav, E. J., & Goldman, L. (1994). Improved visual function and attenuation of declines in health-related quality of life after cataract extraction. *Archives of Ophthalmology, 112*(11), 1419-1425.
- Marottoli, R. A., Cooney, L. M., Wagner, D. R., Doucette, J., & Tinetti, M. E. (1994). Predictors of automobile crashes and moving violations among elderly drivers. *Annals of internal medicine, 121*(11), 842-846.
- Marottoli, R. A., Mendes de Leon, C. F., Glass, T. A., Williams, C. S., Cooney, L. M., Berkman, L. F., & Tinetti, M. E. (1997). Driving cessation and increased

- depressive symptoms: prospective evidence from the New Haven EPES. Established Populations for Epidemiologic Studies of the Elderly. *Journal of American Geriatric Society*, 45(2), 202-206.
- Marottoli, R. A., Ostfeld, A. M., Merrill, S. S., Perlman, G. D., Foley, D. J., & Cooney, L. M. (1993). Driving cessation and changes in mileage driven among elderly individuals. *Journal of gerontology*, 48(5), S255-S260.
- Marottoli, R. A., Richardson, E. D., Stowe, M. H., Miller, E. G., Brass, L. M., Cooney, L. M., & Tinetti, M. E. (1998). Development of a Test Battery to Identify Older Drivers at Risk for Self-Reported Adverse Driving Events. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(5), 562-568.
- Marple-Horvat, D. E., Chattington, M., Anglesea, M., Ashford, D. G., Wilson, M., & Keil, D. (2005). Prevention of coordinated eye movements and steering impairs driving performance. *Experimental brain research*, 163(4), 411-420.
- McCloskey, L. W., Koepsell, T. D., Wolf, M. E., & Buchner, D. M. (1994). Motor vehicle collision injuries and sensory impairments of older drivers. *Age and Ageing*, 23(4), 267-273.
- McGwin Jr, G., & Brown, D. B. (1999). Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 31(3), 181-198.
- McGwin, G., Sims, R. V., Pulley, L., & Roseman, J. M. (2000). Relations among chronic medical conditions, medications, and automobile crashes in the elderly: a population-based case-control study. *American Journal of Epidemiology*, 152(5), 424-431.
- McKnight, A. J., Shinar, D., & Hilburn, B. (1991). The visual and driving performance of monocular and binocular heavy-duty truck drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 23(4), 225-237.
- McMahon, T. T., Hansen, M., & Viana, M. (1991). Fixation characteristics in macular disease. Relationship between saccadic frequency, sequencing, and reading rate. *Investigative ophthalmology & visual science*, 32(3), 567-574.
- McPhee, L. C., Scialfa, C. T., Dennis, W. M., Ho, G., & Caird, J. K. (2004). Age differences in visual search for traffic signs during a simulated conversation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46(4), 674-685.
- Meiran, N., & Gotler, A. (2001). Modelling cognitive control in task switching and ageing. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13(1-2), 165-186.

- Michael, G. A., Kleitz, C., Sellal, F., Hirsch, E., & Marescaux, C. (2001). Controlling attentional priority by preventing changes in oculomotor programs: a job for the premotor cortex?. *Neuropsychologia*, 39(10), 1112-1120.
- Michon, J. A. (1979). Dealing with danger (Traffic Research Centre Report VK 79-01). Groningen, The Netherlands: University of Groningen.
- Michon, J. A. (1989). Explanatory pitfalls and rule-based driver models. *Accident Analysis & Prevention*, 21(4), 341-353.
- Mihal, W. L., & Barrett, G. V. (1976). Individual differences in perceptual information processing and their relation to automobile accident involvement. *Journal of Applied Psychology*, 61(2), 229-233.
- Miltenburg, P. G. M., & Kuiken, M. J. (1990). *The effect of driving experience on visual search strategies: Results of a laboratory experiment*. Verkeerskundig Studiecentrum, Rijksuniversiteit Groningen.
- Mitchell, P., Cumming, R. G., Attebo, K., & Panchapakesan, J. (1997). Prevalence of cataract in Australia: the Blue Mountains eye study. *Ophthalmology*, 104(4), 581-588.
- Mönestam, E., & Wachtmeister, L. (1997). Impact of cataract surgery on car driving: a population based study in Sweden. *British Journal of Ophthalmology*, 81(1), 16-22.
- Monteagudo, M. J., Chisvert, M. J., & Ballestar, M. L. (2001). Estudio y análisis de la accidentalidad del grupo de ancianos en tráfico: factores y variables relevantes. *Revista Multidisciplinar de Gerontología*, 11(1), 59-63.
- Montoro, L., Alonso, F., Esteban, C., & Toledo, F. (2000). *Manual de Seguridad Vial: El factor humano*. Barcelona. Ariel Intrás.
- Moore, R. L., Sedgley, I. P., & Sabey, B. E. (1982). *Ages of car drivers involved in accidents, with special reference to junctions* (No. TRRL SR 718). Transport Road Res Lab, 142, 1-30.
- Morgan, M. J., & Castet, E. (1995). Stereoscopic depth perception at high velocities. *Nature*, 378(6555), 380-383.
- Moschner, C., & Baloh, R. W. (1994). Age-related changes in visual tracking. *Journal of Gerontology*, 49(5), M235-M238.
- Mourant, R. R., & Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 14(4), 325-335.

- Muñiz, J. (2010). Las teorías de los tests: teoría clásica y teoría de respuesta a los ítems. *Papeles del psicólogo*, 31(1), 57-66.
- Munoz, D. P., Broughton, J. R., Goldring, J. E., & Armstrong, I. T. (1998). Age-related performance of human subjects on saccadic eye movement tasks. *Experimental Brain Research*, 121(4), 391-400.
- Murakami, E., & Wagner, D. P. (1997). Comparison between computer-assisted self-interviewing using GPS with retrospective trip reporting using telephone interviews. *Washington DC: Federal Highway Administration, US Department of Transportation*.
- Myers, R. S., Ball, K. K., Kalina, T. D., Roth, D. L., & Goode, K. T. (2000). Relation of useful field of view and other screening tests to on-road driving performance. *Perceptual and Motor Skills*, 91(1), 279-290.
- National Highway Traffic Safety Administration. (2000). Antihistamines and driving-related behavior: A review of the evidence for impairment. *Annals of emergency medicine*, 36(4), 388-389.
- Nouri, F. M., Tinson, D. J., & Lincoln, N. B. (1987). Cognitive ability and driving after stroke. *Disability & Rehabilitation*, 9(3), 110-115.
- O'Connor, E., Margrain, T. H., & Freeman, T. C. (2010). Age, eye movement and motion discrimination. *Vision research*, 50(23), 2588-2599.
- O'Malley, J. J., & Gallas, J. (1977). Noise and attention span. *Perceptual and motor skills*, 44(3), 919-922.
- Odenheimer, G. L., Beaudet, M., Jette, A. M., Albert, M. S., Grande, L., & Minaker, K. L. (1994). Performance-based driving evaluation of the elderly driver: safety, reliability, and validity. *Journal of Gerontology*, 49(4), M153-M159.
- Okonkwo, O. C., Crowe, M., Wadley, V. G., & Ball, K. (2008). Visual attention and self-regulation of driving among older adults. *International Psychogeriatrics*, 20(1), 162-173.
- Owens, D. A., & Tyrrell, R. A. (1999). Effects of luminance, blur, and age on nighttime visual guidance: A test of the selective degradation hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 5(2), 115-128.
- Owsley, C., Ball, K., & Keeton, D. M. (1995). Relationship between visual sensitivity and target localization in older adults. *Vision research*, 35(4), 579-587.
- Owsley, C., Ball, K., McGwin Jr, G., Sloane, M. E., Roenker, D. L., White, M. F., & Overley, E. T. (1998a). Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *Jama*, 279(14), 1083-1088.

- Owsley, C., Ball, K., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1991). Visual/cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and aging, 6*(3), 403.
- Owsley, C., Burton-Danner, K., & Jackson, G. R. (2000). Aging and spatial localization during feature search. *Gerontology, 46*(6), 300-305.
- Owsley, C., McGwin Jr, G., & Ball, K. (1998b). Vision impairment, eye disease, and injurious motor vehicle crashes in the elderly. *Ophthalmic Epidemiology, 5*(2), 101-113.
- Owsley, C., McGwin, G., Phillips, J. M., McNeal, S. F., & Stalvey, B. T. (2004). Impact of an educational program on the safety of high-risk, visually impaired, older drivers. *American journal of preventive medicine, 26*(3), 222-229.
- Owsley, C., & McGwin, G. (2004). Association between visual attention and mobility in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society, 52*(11), 1901-1906.
- Owsley, C., & McGwin, G. (1999). Vision impairment and driving. *Survey of ophthalmology, 43*(6), 535-550.
- Owsley, C., Sloane, M., McGwin Jr, G., & Ball, K. (2002). Timed instrumental activities of daily living tasks: relationship to cognitive function and everyday performance assessments in older adults. *Gerontology, 48*(4), 254-265.
- Owsley, C., Stalvey, B., Wells, J., & Sloane, M. E. (1999). Older drivers and cataract: driving habits and crash risk. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 54*(4), M203-M211.
- Owsley, C., Stalvey, B. T., Wells, J., Sloane, M. E., & McGwin, G. (2001). Visual risk factors for crash involvement in older drivers with cataract. *Archives of ophthalmology, 119*(6), 881-887.
- Owsley, C. (1994). Vision and driving in the elderly. *Optometry & Vision Science, 71*(12), 727-735.
- Palomo Álvarez, C. (2010). *Habilidades visuales en niños y niñas de Educación Primaria con problemas de lectura e influencia de un filtro amarillo en la visión y la lectura* (Tesis doctoral inédita). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Pauzié, A., Gabaude, C., & Denis, J. (1998). Effect of a dynamic central task on the useful field of view: investigation of visual and attentional abilities of elderly drivers. *Vision in Vehicles, 6*, 325-332.
- Pavlidis, G. T. (1981). Sequencing, eye movements and the early objective diagnosis of dyslexia. *Dyslexia research and its applications to education, 99*-163.

- Plainis, S., Murray, I. J., & Charman, W. N. (2005). The role of retinal adaptation in night driving. *Optometry & Vision Science, 82*(8), 682-688.
- Plainis, S., Murray, I. J., & Chauhan, K. (2001). Raised visual detection thresholds depend on the level of complexity of cognitive foveal loading. *Perception, 30*(10), 1203-1212.
- Plainis, S., Murray, I. J., & Pallikaris, I. G. (2006). Road traffic casualties: understanding the night-time death toll. *Injury Prevention, 12*(2), 125-138. doi:10.1136/ip.2005.011056
- Planek, T. W. (1973). The aging driver in today's traffic: a critical review, in *Aging and Highway Safety: The Elderly in a Mobile Society*. P. F. Waller (Ed.). University of North Carolina Highway Safety Research Center.
- Plude, D. J., & Doussard-Roosevelt, J. A. (1989). Aging, selective attention, and feature integration. *Psychology and aging, 4*(1), 98-105.
- Plude, D. J., Kaye, D. B., Hoyer, W. J., Post, T. A., Saynisch, M. J., & Hahn, M. V. (1983). Aging and visual search under consistent and varied mapping. *Developmental Psychology, 19*(4), 508.
- Poser, C. M., Paty, D. W., Scheinberg, L., McDonald, W. I., Davis, F. A., Ebers, G. C., ... & Tourtellotte, W. W. (1983). New diagnostic criteria for multiple sclerosis: guidelines for research protocols. *Annals of neurology, 13*(3), 227-231.
- Powell, J. M., Birk, K., Cummings, E. H., & Ciol, M. A. (2005). The need for adult norms on the Developmental Eye Movement test. *Journal of Behavioral Optometry, 16*, 38-41.
- Powell, J. M., Fan, M., Kiltz, P. J., Bergman, A. T., & Richman, J. A. (2006). A comparison of the Development Eye Movement Test (DEM) and the modified version of the Adult Developmental Eye Movement Test (A-DEM) with older adults. *Journal of Behavioral Optometry, 17*(3), 59-64.
- Preusser, D. F., Williams, A. F., Ferguson, S. A., Ulmer, R. G., & Weinstein, H. B. (1998). Fatal crash risk for older drivers at intersections. *Accident Analysis & Prevention, 30*(2), 151-159.
- Puell, M. C., & Barrio, A. (2008). Effect of driver distraction and low alcohol concentrations on useful field of view and frequency-doubling technology perimetry. *Acta ophthalmologica, 86*(6), 634-641.
- Rabbitt, P. (1965). An age-decrement in the ability to ignore irrelevant information. *Journal of Gerontology, 20*(2), 233-238.

- Racette, L., & Casson, E. J. (2005). The impact of visual field loss on driving performance: evidence from on-road driving assessments. *Optometry & Vision Science, 82*(8), 668-674.
- Rackoff, N. J., & Mourant, R. R. (1979). Driving performance of the elderly. *Accident Analysis & Prevention, 11*(4), 247-253.
- Ragland, D. R., Satariano, W. A., & MacLeod, K. E. (2004). Reasons given by older people for limitation or avoidance of driving. *The Gerontologist, 44*(2), 237-244.
- Ramaekers, J. G. (2003). Antidepressants and driver impairment: empirical evidence from a standard on-the-road test. *The Journal of clinical psychiatry, 64*(1), 20-29.
- Ray, W. A., Fought, R. L., & Decker, M. D. (1992). Psychoactive drugs and the risk of injurious motor vehicle crashes in elderly drivers. *American journal of epidemiology, 136*(7), 873-883.
- Ray, W. A., Gurwitz, J., Decker, M. D., & Kennedy, D. L. (1992a). Medications and the safety of the older driver: is there a basis for concern?. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 34*(1), 33-47.
- Rayner, K., & Pollatsek, A. (1992). Eye movements and scene perception. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie, 46*(3), 342.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin, 124*(3), 372-422.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction?. *Ergonomics, 33*(10-11), 1315-1332.
- Rebok, G. W., Bylsma, F. W., Keyl, P. M., Brandt, J., & Folstein, S. E. (1995). Automobile driving in Huntington's disease. *Movement Disorders, 10*(6), 778-787.
- Richman, J. E. (2009). Developmental Eye Movement Test, Examiner's manual, version 2.0. *South Bend, IN: Bernell Corp.*
- Riusala, A., Sarna, S., & Immonen, I. (2003). Visual function index (VF-14) in exudative age-related macular degeneration of long duration. *American journal of ophthalmology, 135*(2), 206-212.
- Rizzo, M., Reinach, S., McGehee, D., & Dawson, J. (1997). Simulated car crashes and crash predictors in drivers with Alzheimer disease. *Archives of Neurology, 54*(5), 545-551.

- Rockwell, T. H. (1972). Eye movement analysis of visual information acquisition in driving: An overview. In *Australian Road Research Board (ARRB) Conference, 6th, 1972, Canberra* (Vol. 6, No. 3).
- Rogé, J., Pébayle, T., Lambilliotte, E., Spitzenstetter, F., Giselbrecht, D., & Muzet, A. (2004). Influence of age, speed and duration of monotonous driving task in traffic on the driver's useful visual field. *Vision research, 44*(23), 2737-2744.
- Rosenbloom, A. A., & Morgan, M. W. (Eds.). (1993). *Vision and aging*. Butterworth-Heinemann Medical.
- Rubin, G. S., Bandeen-Roche, K., Huang, G. H., Munoz, B., Schein, O. D., Fried, L. P., & West, S. K. (2001). The association of multiple visual impairments with self-reported visual disability: SEE project. *Investigative Ophthalmology & Visual Science, 42*(1), 64-72.
- Rubin, G. S., West, S. K., Munoz, B., Bandeen-Roche, K., Zeger, S., Schein, O., & Fried, L. P. (1997). A comprehensive assessment of visual impairment in a population of older Americans. *Investigative Ophthalmology & Visual Science, 38*(3), 557-568.
- Rumar, K. (1990). The basic driver error: late detection. *Ergonomics, 33*(10-11), 1281-1290.
- Salthouse, T. A., Atkinson, T. M., & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General, 132*(4), 566-594.
- Salthouse, T. A., & Miles, J. D. (2002). Aging and time-sharing aspects of executive control. *Memory & Cognition, 30*(4), 572-582.
- Salthouse, T. A. (1993). Speed mediation of adult age differences in cognition. *Developmental Psychology, 29*(4), 722-738.
- Sanders, A. F. (1970). Some aspects of the selective process in the functional visual field. *Ergonomics, 13*(1), 101-117.
- Satariano, W. A., MacLeod, K. E., Cohn, T. E., & Ragland, D. R. (2004). Problems with vision associated with limitations or avoidance of driving in older populations. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 59*(5), S281-S286.
- Schneider, G. E. (1967). Contrasting visuomotor functions of tectum and cortex in the golden hamster. *Psychologische Forschung, 31*(1), 52-62.

- Scialfa, C. T., Kline, D. W., & Lyman, B. J. (1987). Age differences in target identification as a function of retinal location and noise level: examination of the useful field of view. *Psychology and aging*, 2(1), 14-19.
- Seguridad Vial (2004) *Educación Vial: Mayores*. Recuperado el 1 septiembre de 2014, de http://www.seguridad-vial.net/personas_mayores.html
- Sekuler, R., & Ball, K. (1986). Visual localization: Age and practice. *JOSA A*, 3(6), 864-867.
- Sekuler, R., & Blake, R. (1994). *Perception*. Singapore: McGraw-Hill.
- Sillero, M. (2002). *La Percepción de las Trayectorias como tarea visual. Propuesta de evaluación en Fútbol* (Tesis doctoral inédita). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Sivak, M., Olson, P. L., Kewman, D. G., Won, H., & Henson, D. L. (1981). Driving and perceptual/cognitive skills: behavioral consequences of brain damage. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 62(10), 476-483.
- Sivak, M., Soler, J., & Tränkle, U. (1989). Cross-cultural differences in driver risk-taking. *Accident Analysis & Prevention*, 21(4), 363-369.
- Sivak, M. (1996). The information that drivers use: is it indeed 90% visual? *Perception*, 25, 1081-1089.
- Smith, A. P. (1991). Noise and aspects of attention. *British Journal of Psychology*, 88(3), 313-324.
- Spooner, J. W., Sakala, S. M., & Baloh, R. W. (1980). Effect of aging on eye tracking. *Archives of Neurology*, 37(9), 575-576.
- Steinberg, E. P., Tielsch, J. M., Schein, O. D., Javitt, J. C., Sharkey, P., Cassard, S. D., ... & Sommer, A. (1994). The VF-14: an index of functional impairment in patients with cataract. *Archives of Ophthalmology*, 112(5), 630-638.
- Steyvers, F. J., & De Waard, D. (2000). Road-edge delineation in rural areas: effects on driving behaviour. *Ergonomics*, 43(2), 223-238.
- Stutts, J. C., Stewart, J. R., & Martell, C. (1998). Cognitive test performance and crash risk in an older driver population. *Accident Analysis & Prevention*, 30(3), 337-346.
- Stutts, J. C. (1998). Do older drivers with visual and cognitive impairments drive less?. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(7), 854-861.
- Suchoff, I. B., Kapoor, N., Waxman, R., & Ference, W. (1999). The occurrence of ocular and visual dysfunctions in an acquired brain-injured patient sample. *Journal of the American Optometric Association*, 70(5), 301-308.

- Summala, H., Pasanen, E., Räsänen, M., & Sievänen, J. (1996). Bicycle accidents and drivers' visual search at left and right turns. *Accident Analysis & Prevention*, 28(2), 147-153.
- Sundet, K., Goffeng, L., & Hofft, E. (1995). To drive or not to drive: neuropsychological assessment for driver's license among stroke patients. *Scandinavian journal of psychology*, 36(1), 47-58.
- Szlyk, J. P., Fishman, G. A., Severing, K., Alexander, K. R., & Viana, M. (1993). Evaluation of driving performance in patients with juvenile macular dystrophies. *Archives of Ophthalmology*, 111(2), 207-212.
- Tassinari, J. T., & DeLand, P. (2005). Developmental eye movement test: reliability and symptomatology. *Optometry - Journal of the American Optometric Association*, 76(7), 387-399.
- Tay, T., Rochtchina, E., Mitchell, P., Lindley, R., & Wang, J. J. (2006). Eye care service utilization in older people seeking aged care. *Clinical & experimental ophthalmology*, 34(2), 141-145.
- Theeuwes, J., Alferdinck, J. W., & Perel, M. (2002). Relation between glare and driving performance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 44(1), 95-107.
- Tielsch, J. M., Sommer, A., Witt, K., Katz, J., & Royall, R. M. (1990). Blindness and visual impairment in an American urban population: the Baltimore Eye Survey. *Archives of Ophthalmology*, 108(2), 286-290.
- Toledo, F., Esteban, C., & Civera, C. (1998). La importancia del factor humano en la seguridad vial y los accidentes de tráfico. *L. Montoro y cols., Curso de Psicología para Postgraduados específico sobre: Reconocimiento de conductores y permiso de armas. Valencia. Intras.*
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology*, 12(1), 97-136.
- Trevarthen, C. B. (1968). Two mechanisms of vision in primates. *Psychologische Forschung*, 31(4), 299-348.
- Tsai, Y. F., Viirre, E., Strychacz, C., Chase, B., & Jung, T. P. (2007). Task performance and eye activity: predicting behavior relating to cognitive workload. *Aviation, space, and environmental medicine*, 78(Supplement 1), B176-B185.
- Tuokko, H., Beattie, B. L., Tallman, K., & Cooper, P. (1995). Predictors of motor vehicle crashes in a dementia clinic population: the role of gender and arthritis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(12), 1444-1445.

- Van Zomerén, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. Oxford University Press.
- Vance, D. E., Roenker, D. L., Cissell, G. M., Edwards, J. D., Wadley, V. G., & Ball, K. K. (2006). Predictors of driving exposure and avoidance in a field study of older drivers from the state of Maryland. *Accident Analysis & Prevention*, 38(4), 823-831.
- Vargas-Martin, F., & Garcia-Perez, M. A. (2005). Visual fields at the wheel. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 675-681.
- Verghese, P. (2001). Visual search and attention: A signal detection theory approach. *Neuron*, 31(4), 523-535.
- Vogel, G. (1995). Saccadic eye movements: theory, testing & therapy. *J Behav Optom*, 6(1), 3-12.
- Walker, N., Fain, B., Fisk, A. D., & McGuire, C. L. (1997). Aging and decision making: Driving-related problem solving. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 39(3), 438-444.
- Wall, M., Woodward, K. R., & Brito, C. F. (2004). The effect of attention on conventional automated perimetry and luminance size threshold perimetry. *Investigative ophthalmology & visual science*, 45(1), 342-350.
- Walsh, D. A., Williams, M. V., & Hertzog, C. K. (1979). Age-related differences in two stages of central perceptual processes: The effects of short duration targets and criterion differences. *Journal of gerontology*, 34(2), 234-241.
- Walsh, D. A. (1976). Age differences in central perceptual processing: A dichoptic backward masking investigation. *Journal of Gerontology*, 31(2), 181-188.
- Walsh, D. A., Till, R. E., & Williams, M. V. (1978). Age differences in peripheral perceptual processing: A monoptic backward masking investigation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(2), 232-243.
- Ware, J. E., & Keller, S. D. (1996). Interpreting general health measures. *Quality of life and pharmacoeconomics in clinical trials*, 2, 445-460.
- Weih, L. M., VanNewkirk, M. R., McCarty, C. A., & Taylor, H. R. (2000). Age-specific causes of bilateral visual impairment. *Archives of ophthalmology*, 118(2), 264-269.
- Weiler, J. M., Bloomfield, J. R., Woodworth, G. G., Grant, A. R., Layton, T. A., Brown, T. L., ... & Watson, G. S. (2000). Effects of fexofenadine, diphenhydramine, and alcohol on driving performance: a randomized, placebo-controlled trial in the Iowa driving simulator. *Annals of Internal Medicine*, 132(5), 354-363.

- West, C. G., Gildengorin, G., Haegerstrom-Portnoy, G., Lott, L. A., Schneck, M. E., & Brabyn, J. A. (2003). Vision and Driving Self-Restriction in Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(10), 1348-1355.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance*. HarperCollins Publishers.
- Wierwille, W. W. (1993). Visual and manual demands of in-car controls and displays. *Automotive ergonomics*.
- Wikman, A. S., Haikonen, S., Summala, H., Kalska, H., Hietanen, M., & Vilkki, J. (2004). Time-sharing strategies in driving after various cerebral lesions. *Brain Injury*, 18(5), 419-432.
- Wikman, A. S., & Summala, H. (2005). Aging and time-sharing in highway driving. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 716-723.
- Wilkie, R. M., & Wann, J. P. (2002). Driving as night falls: the contribution of retinal flow and visual direction to the control of steering. *Current Biology*, 12(23), 2014-2017.
- Williams, L. J. (1982). Cognitive load and the functional field of view. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 24(6), 683-692.
- Williams, D. T. (1983). Aging and Central Visual Field Area. *Optometry & Vision Science*, 60(11), 888-891.
- Williams, M. C., Breitmeyer, B. G., Lovegrove, W. J., & Gutierrez, C. (1991). Metacontrast with masks varying in spatial frequency and wavelength. *Vision Research*, 31(11), 2017-2023.
- Williams, M. C., & Lovegrove, W. (1992). Sensory and perceptual processing in reading disability. *Application of parallel processing in vision*, 263-302.
- Wilson, M., Chattington, M., & Marple-Horvat, D. E. (2008). Eye movements drive steering: Reduced eye movement distribution impairs steering and driving performance. *Journal of motor behavior*, 40(3), 190-202.
- Withaar, F. K., Brouwer, W. H., & Van Zomeren, A. H. (2000). Fitness to drive in older drivers with cognitive impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6(04), 480-490.
- Wolf, E. (1967). *Studies on the shrinkage of the visual field with age* (No. HS-000 708). 167, 1-7.
- Wood, J. M., Garth, D., Grounds, G., McKay, P., & Mulvahil, A. (2003). Pupil dilatation does affect some aspects of daytime driving performance. *British journal of ophthalmology*, 87(11), 1387-1390.

- Wood, J. M., & Owens D. A. (2005). Standard measures of visual acuity do not predict drivers' recognition performance under day or night conditions. *Optometry & Vision Science*, 82(8), 698-705.
- Wood, J. M., & Troutbeck, R. (1992). Effect of restriction of the binocular visual field on driving performance. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 12(3), 291-298.
- Wood, J. M., & Troutbeck, R. (1994). Effect of visual impairment on driving. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(3), 476-487.
- Wood, J. M., & Troutbeck, R. (1995). Elderly drivers and simulated visual impairment. *Optometry & Vision Science*, 72(2), 115-124.
- Wood, J. M. (2002). Age and visual impairment decrease driving performance as measured on a closed-road circuit. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 44(3), 482-494.
- Yan, X., Abdel-Aty, M., Radwan, E., Wang, X., & Chilakapati, P. (2008). Validating a driving simulator using surrogate safety measures. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), 274-288.
- Yan, X., Harb, R., & Radwan, E. (2008). Analyses of factors of crash avoidance maneuvers using the general estimates system. *Traffic injury prevention*, 9(2), 173-180.
- Young, T., Shahar, E., Nieto, F. J., Redline, S., Newman, A. B., Gottlieb, D. J., ... & Samet, J. M. (2002). Predictors of sleep-disordered breathing in community-dwelling adults: the Sleep Heart Health Study. *Archives of internal medicine*, 162(8), 893-900.
- Ziegler, L. R., & Roy, J. P. (1998). Large scale stereopsis and optic flow: depth enhanced by speed and opponent-motion. *Vision research*, 38(9), 1199-1209.
- Zwahlen, H. T., Adams, C. C., & DeBals, D. P. (1988). Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles. In *Vision in Vehicles II. Second International Conference on Vision in Vehicles*. 335-344.

Bibliografia

ANEXOS

Anexos

Anexo 1.- Consentimiento informado

Anexo 2.- Cuestionario historia clínica

Anexo 3.- Cuestionario de capacidad visual percibida

Anexo 4.- Procedimiento y descripción del Test UFOV

Anexo 5.- Descripción del Test ADEMD

Anexo 6.- Registro de los movimientos oculares ADEMD

Anexo 7.- Muestra de las letras

Anexo 8.- Valoración cognitiva y funcional

Anexo 9.- Capacidades Visuales requeridas según normativa CRC

Anexo 10.- Contribuciones científicas

Anexo 11.- Proyectos de investigación

ANEXO 1:
Consentimiento informado

Anexo 1.- Consentimiento informado

Antes de nada agradecerle su atención y la participación en este estudio que está llevando a cabo la Universidad de Valencia en colaboración con Centros de Reconocimiento de Conductores de reconocido prestigio. Una vez informado de la finalidad del estudio se le pedirá que rellene y firme el siguiente consentimiento.

El estudio que se le va a realizar permite conocer sus capacidades visuales oculomotoras. Con la valoración de los resultados, en caso de requerirlo, se le aconsejará el tratamiento más idóneo.

CONSENTIMIENTO CONTROL

Yo, _____, mayor de edad, con NIF: _____, autorizo la realización de pruebas oportunas, con la grabación de la voz y el manejo de mis datos con el propósito de este estudio.

Entiendo que los resultados personales del estudio, al cual he accedido que me realicen, forman parte del historial confidencial, pudiendo emplearse para el propósito de enseñanza e investigación.

Para cualquier información adicional o consulta sobre este proyecto puede contactar con su responsable, Andrés Gené Sampedro (andres.gene@uv.es) profesor de la Universidad de Valencia.

Con la explicación que me han dado estoy de acuerdo con la valoración en el mismo.

Fecha:

Firma

Nombre y Apellidos:

Con el fin de tener la máxima información relacionada con el desarrollo de sus capacidades visuales, le agradeceríamos que rellenase previamente a la prueba que se le realizará el cuestionario de la parte posterior de esta hoja y que ha firmado el consentimiento.

Gracias por su colaboración que permitirá conocer si el estado visual oculomotor tiene relación en la conducción.

REF. (Rellenar Evaluador):

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

ANEXO 2:
Cuestionario historia clínica



¿Cómo rellenarlo? El cuestionario está desglosado en dos partes debiendo responder en los espacios indicados, en caso de casilla , seleccione la que mejor corresponda mediante una cruz , sino conoce la respuesta a alguna pregunta no se preocupe, déjelo en blanco.

REF. (Rellenar Evaluador): Fecha: ___/___/09 Hora: ___h___'

Información General

Fecha Nacimiento: ___/___/___ M (masculino/hombre) F (femenino/mujer)

Profesión/Otras actividades: _____

Nivel de escolaridad: Superior (Universitaria) Medio (Bachillerato) Básico (Secundaria, Primaria)

¿Conduce habitualmente un coche?: No Si Media Km por semana conducidos: _____ Km

Ha tenido algún accidente de conducir, llevando el coche, en los últimos 3 años:

No Si: grave Si: leve

En general como considera su calidad de Vida (haga una marca vertical en la siguiente línea):

Pésima Mala Normal Buena Excelente

En los 3 últimos meses Cambios en: Dieta Dormir Medicamentos Trauma Estrés

Salud General, problema de: Diabetes Hipertensión Tiroides Anemia Otros _____

Medicamentos, ¿toma habitualmente?: Relajante Muscular Antidepresivo Para dormir

Información Visual

Tratamiento Ocular (actual o pasado) de: Tensión Ocular Ojo Vago Estrabismo Cirugía

En general como considera su calidad de Visión (si usa gafas con ellas):

Excelente Buena Normal Mala Pésima

¿Ve Peor de noche?: Si No

¿Lee habitualmente? (revistas, prensa, libros, con el ordenador, etc): Si No

Si respondió Si en la pregunta anterior, cuánto tiempo semanal total dedica a esas actividades:

Menos 3h De 3h a 6h De 7h a 14h De 15h a 21h Más de 21h

En general como considera su calidad de Lectura (si usa gafas con ellas):

Excelente Buena Normal Mala Pésima

¿Cuánta dificultad tiene para conducir por causa de su Visión?:

Durante el día: No conduzco Ninguna Poca Moderada Mucha

Por la noche: No conduzco Ninguna Poca Moderada Mucha

Otras observaciones: _____

ANEXO 3:
Cuestionario de capacidad
visual percibida

Anexo 3.- Cuestionario de capacidad visual percibida

Cuestionario para valorar la capacidad visual funcional VF-14.		No aplica-ble	No	Poca	Mode-rada	Mucha	Incapaz hacerlo
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, al leer texto impreso pequeño, como una etiqueta de medicamento, un listín telefónico, o una etiqueta de alimento?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, al leer un periódico o un libro?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, al leer un libro de letras grandes, o el texto grande del periódico, o un número del teléfono?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para reconocer a la gente cuando esta próxima a usted?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para ver bordillos, escaleras o desniveles?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para leer señales de tráfico, nombres de calles, o carteles de tiendas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para hacer trabajos manuales como coser, hacer punto, ganchillo, carpintería?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para escribir o rellenar formularios?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para jugar al bingo, domino, juegos de carta, etc?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para participar en deportes como tenis, golf, bolos, balonmano, etc?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para cocinar?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Tiene alguna dificultad, aún con gafas, para ver la televisión?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Conduce habitualmente un coche?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Media Km por semana conducidos: _____ Km				
			Ningu-na	Poca	Mode-rada	Mucha	
¿Cuánta dificultad tiene para conducir durante el día por causa de su visión?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cuánta dificultad tiene para conducir por la noche por causa de su visión?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Esporá-dica	Poca	Mode-rada	Mucha	
¿Con qué frecuencia utiliza el coche?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

ANEXO 4:
Procedimiento y
descripción del Test UFOV

Anexo 4.- Procedimiento y descripción del UFOV

El test del UFOV (Useful field of view), Visual Awareness Inc., Birmingham, AL, USA, es un test visuo-manual que se basa en el procesamiento rápido visual, mediante el uso de un programa de ordenador, para valorar bajo condiciones binoculares, la información útil que puede ser adquirida sin movimientos de cabeza ni de ojos,

Cuantifica la calidad de la detección, la identificación y la localización de los estímulos centrales y los periféricos, con el entorno (fondo).

A través de tres subtest que incrementan la dificultad visual atencional incorporando unos estímulos para 1) identificar y valorar la velocidad de procesamiento, 2) valorar la atención dividida y 3) valorar la atención selectiva (Ball et al., 1990). La prueba puede ser completada en 15 minutos o menos.

El resultado de esta prueba se define como la duración de la exposición a la que un participante puede identificar correctamente el estímulo. Para cada subprueba la duración de la presentación varía entre 17 y 500 ms, utilizando un método de doble escalera con el fin de determinar un umbral de 75%, y obtener la puntuación del tiempo de visualización.

CARACTERÍSTICAS LÁMINAS:

- El primer subtest requiere la identificación de un objeto (silueta de un coche o un camión de 2 cm por 1.5 cm) presentada en un rectángulo de fijación central durante intervalos de tiempo variable.
- El segundo subtest mide la atención dividida e incluye la identificación del objeto central anterior con la localización simultánea de un objeto periférico (silueta de un coche). En 8 posibles posiciones a 10,38° a lo largo de los ejes cardinales y oblicuos.
- El tercer subtest consiste en esas dos mismas tareas, pero también incluye distractores visuales (triángulos del mismo tamaño, color y luminancia como el objeto) que llena el resto visual de la pantalla debiendo el sujeto filtrar, quitando dichos estímulos distractores frente al estímulo periférico a localizar. La tarjeta periférica se muestra aleatoriamente a 11 cm (10.5°) de la caja de fijación, en diferentes localizaciones a lo largo de ocho radios de rueda (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°), estando embebida entre 47 triángulos distractores que hacen la tarea más difícil.

Clasificación categoría nivel Riesgo UFOV:

Este sistema permite clasificar teniendo en cuenta el conjunto de los resultados de las tres pruebas

		Processing Speed				Divided Attention			Selective Attention		
		>0 <=30	>30 <=60	>60 <350	>=350 <=500	>0 <100	>=100 <350	>=350 <=500	>0 <350	>=350 <=500	>=350 <=500
Muy bajo	1	X				X			X		
Bajo	2	X				X				X	
Bajo	2	X					X		X		
Bajo	2		X			X			X		
Bajo a moderado	3	X					X			X	
Bajo a moderado	3		X			X				X	
Bajo a moderado	3		X				X		X		
Bajo a moderado	3			X			X		X		
Moderado a alto	4	X						X		X	
Moderado a alto	4		X				X			X	
Moderado a alto	4			X			X			X	
Alto	5		X					X		X	
Alto	5			X				X		X	
Muy Alto	5				X			X			X

Se lee horizontal, de izquierda a derecha, debiendo tener la gradación en los tres subtest y comprobando los valores obtenidos en cada prueba a que rango corresponde, siendo Muy bajo (1), Bajo (2), Bajo a moderado (3), Moderado a alto (4), Alto y Muy alto (5)

ANEXO 5:
Descripción del Test
ADEMd

Anexo 5.- Descripción del Test ADEMd

La prueba a realizar denominada ADEMd, consta de 4 láminas, 2 cuyo diseño de números deben ser leídos en vertical (V1 y V2); y 2 láminas cuyo diseño de números deben ser leídos en horizontal (H y Hd) y una plantilla de respuestas (anexo 6), a rellenar por el evaluador con los resultados obtenidos del sujeto examinado.

Las 4 láminas conforman dos subtests, incrementándose en orden creciente la dificultad, de una habilidad básica a una habilidad más difícil. Se realizan en el siguiente orden: V1, V2, H, Hd

- 1.- El sujeto a evaluar debe situarse a una distancia de lectura cómoda disponiendo de una buena iluminación que facilite la lectura de los números.
- 2.- La prueba se realiza con los dos ojos abiertos, y si utiliza gafas para leer, con las gafas puestas.
- 3.- El sujeto a evaluar puede sostener el texto a leer entre sus manos, o dejarlo apoyado sobre la mesa. (Se debe controlar previamente que no existan reflejos molestos sobre el test en cualquiera de sus fases).
- 4.- Antes de valorar como lee en voz alta cada hoja, se parte de una posición de reposo con la hoja vuelta (quedando los números boca abajo); se empieza a contar el tiempo que tarda en leer todos los números de la prueba cuando nombra el primer número al dar la vuelta, si se equivoca al leer alguno de los números no pasa nada, que continúe.
- 5.- Se deben anotar los posibles errores que pueda cometer al nombrar los números en cada hoja, las letras del test Hd no deberán ser nombradas en caso de ser nombradas deben ser anotadas como error, como se indica a continuación.

Errores que se deben reseñar en la plantilla de respuestas: (anexo 6)

- omisión (O): cuando no se lee un número. Se anota con un círculo alrededor del número que omite. (O)
- transposición (T): se cambia el orden de los números. Se anota con una flecha al lado derecho del número cambiado. (↑).
- adición (A): cuando se añade o repite un número. Se anota con un guión horizontal (-) al lado derecho del número repetido. En caso de que fuese distinto el número adicionado ponerlo entre paréntesis al lado del guión.
- sustitución (S): cuando se nombra mal el número. Se anota con una barra diagonal (/) al lado derecho del número mal nombrado.

Veamos un ejemplo de los resultados anotados en la plantilla de respuestas al realizar el test V1,

V1	
32	43
71	56
(54)	21
96	14
81	75 ↑
25 ↑	54
53	39
74	72
43	43
67 — (56)	81
14	76 —
49	47
76	62
62	(59)
37	93
73 /	23
67	34
35	(67)
78	41
91	18

Tiempo V1	22,5	seg.
O: ○	3	S: / 1
A: —	2	T: ↑ 2

Figura an-5.1. Muestra anotación resultados

En el ejemplo anterior (figura an-5.1.) la persona ha cometido un total de 8 errores, los cuales han sido:

- Tres omisiones (los números que no ha dicho vemos que han sido 54, 59 y 67), en el primero de ellos, leyó “32, 71, 96, 81,...”, por tanto marcamos el número 54 con un círculo porque lo omitió. Y así con los otros dos errores cometidos de no nombrar dichos números.
- Dos transposiciones, en el primero de ellos, leyó “32, 71, 96, 81, 53, 25, 74, 43,...”, al haber cambiado de posición el número 25, le colocamos una flecha para saber que lo ha transpuesto. Y así con el otro error de transposición que cometió.
- Dos adiciones, el número 67 de la primera columna y el 76 de la segunda columna. En el primero de ellos, leyó “32, 71, 96, 81, 53, 25, 74, 43, 67, 56, 14, 49,...”, al haber añadido el número 56, le colocamos un guión al número

67, para saber que ha adicionado un número extra tras él, y el número que ha dicho de más lo escribimos entre paréntesis). En el otro error de adición que cometió leyó "... 72, 43, 81, **76, 76**, 47, 62,..", al haber repetido el número 76 le colocamos un guión al número 76 para saber que ha adicionado un número extra tras él, sin ser necesario poner en este caso el número repetido entre paréntesis.

- Una sustitución, el número 73 que debía leer lo nombro mal, leyó "... 76, 62, 37, **75**, 67, 35,..", por ello anotamos una barra inclinada en el número que ha sustituido.

Nota: al realizar el test Hd, además de los errores reseñados anteriormente se debe indicar el número de veces que nombra alguna de las letras distractoras.

6- Dada la rapidez en nombrar los números de algunas personas es recomendable grabar el sonido mientras dice los números, y revisar posteriormente los posibles errores cometidos. La grabación puede ser realizada a través del micrófono del ordenador, o bien mediante una grabadora de voz, lo que sea más cómodo o factible.

7.- En la plantilla de respuestas (anexo 6) aparte del tiempo invertido en realizar la lámina, se apuntara en el apartado específico el número total de errores cometido de cada tipo.

Instrucciones Específicas del ADEMd para realizar con el sujeto a evaluar:

Se le indican, mostrándole y señalándole la parte superior de la hoja ejemplo "V y H" (figura an-5.2.), las siguientes instrucciones (decírselo tal como está marcado en negrita y cursiva): "***debe leer en voz alta y tan rápida como pueda una serie de números en vertical, empezando por la columna izquierda y de arriba abajo, al finalizar esa columna, (señalárselo con el dedo), continuar sin parar con la columna derecha de arriba abajo, aunque se equivoque en algún número no pasa nada, debe continuar realizando la prueba***".

Cuando esté preparado el paciente se coge la hoja denominada "V1", y se pone con los números boca abajo, se le indica al sujeto: "***cuando le diga, le da la vuelta a la hoja y empieza a leer los números como le he indicado, de arriba a abajo tan rápido como pueda, el tiempo empezará a contar cuando diga el primer número***".

Se cronometra el tiempo que tarda en leer en voz alta los 40 números de la lámina, se empieza a contar desde que empieza a leer el primer número hasta el último de las dos columnas, se anota en la hoja de respuestas el tiempo en segundos (con un margen de 0,1 segundo) y los posibles errores que pueda cometer al nombrarlos.

Se procede de la misma manera con la segunda hoja denominada V2 y se anota el tiempo en segundos y los errores.

A continuación se le explica que los números que debe leer ahora en voz alta y rápido son en horizontal, para ello se le muestra y señala la parte inferior de la hoja ejemplo "V y H" (anexo 2.3.), con las siguientes instrucciones (decírselo tal como está marcado en negrita y cursiva): ***"ahora debe leer en voz alta y tan rápida como pueda una serie de números en horizontal, empezando por arriba de izquierda a derecha, siguiendo con la siguiente línea, hasta el final,*** (señalárselo con el dedo sobre la hoja ejemplo), ***aunque se equivoque en algún número no pasa nada, debe continuar realizando la prueba"***.

Cuando esté preparado el paciente se le muestra la tercera hoja denominada H, se cronometra cuando empiece a leer el primer número y se anota el tiempo en segundos y los errores.

Instrucciones Específicas del **Adem Atencional** para realizar al sujeto a evaluar:

Una vez finalizado el primer subtest se procederá con el siguiente el Hd, indicándole que ahora hay números y letras siendo normal que tenga mayor dificultad en la realización., (sólo debe nombrar los números, las letras no), se anotara en el tiempo que tarda y además del tipo de errores cometidos, se considera también error si nombra alguna de las letras, en la platilla de respuestas parte inferior derecha (anexo 6).

Se le indican, mostrándole y señalándole la parte inferior derecha de la de la hoja ejemplo "V y H" (figura an-5.3.), las siguientes instrucciones (decírselo tal como está marcado en negrita y cursiva): ***"Ahora vamos a hacer la prueba con números y letras, seguramente le cueste más realizarla, no se preocupe, vamos a proceder igual que antes, debe leer en voz alta y tan rápida como pueda en horizontal solo los números, empezando por arriba de izquierda a derecha, siguiendo con la siguiente línea hasta el final. Las letras que están entre los números no las debe nombrar, sólo debe recordarlas dado que al final le hare alguna pregunta sobre las mismas; aunque se equivoque en algún número o nombre alguna letra no pasa nada, debe continuar realizando la prueba"***.

Cuando esté preparado el paciente se coge la hoja denominada "Hd", se coloca con los números boca abajo, y se le indica al sujeto: ***"cuando le diga, le da la vuelta a la hoja y empieza a leer como le he indicado, recuerde sólo debe nombrar los números, de izquierda a derecha tan rápido como pueda, el tiempo empezará a contar cuando diga el primer número"***.

Se cronometra el tiempo que tarda en realizar la prueba, se empieza a contar desde que empieza a leer el primer número hasta el último, se anota el tiempo en segundos

(con un margen de 0,1 segundo) y los posibles errores que pueda cometer al nombrarlos en la hoja de respuestas, tanto en los números, como si nombra alguna de la letras.

Preguntas Adem Atencional sobre letras distractoras:

Una vez finalizada esta prueba se le pregunta a continuación que indique cuales eran las letras que había en el test anterior, marcarla con un círculo en la hoja de respuestas tal como vaya recordándolo, (anexo 6) en la pregunta "1.- Recuerda Memoria" de "Preguntas sobre Letras Distractoras" (parte inferior izquierda). Si dice alguna letra adicional apuntarla en el espacio "Otras Letras Nombradas". Como máximo dejar 10 segundos para que piense las posibles respuestas, si falla o no recuerda alguna no pasa nada.

Una vez contestada la primera pregunta, se le realizará la segunda, para ello se le mostrará doce letras, debiendo decir las que considere que aparecían en el test Hd. (anexo 6) Como máximo dejar 10 segundos para que piense las posibles respuestas, si falla o no recuerda alguna no pasa nada.

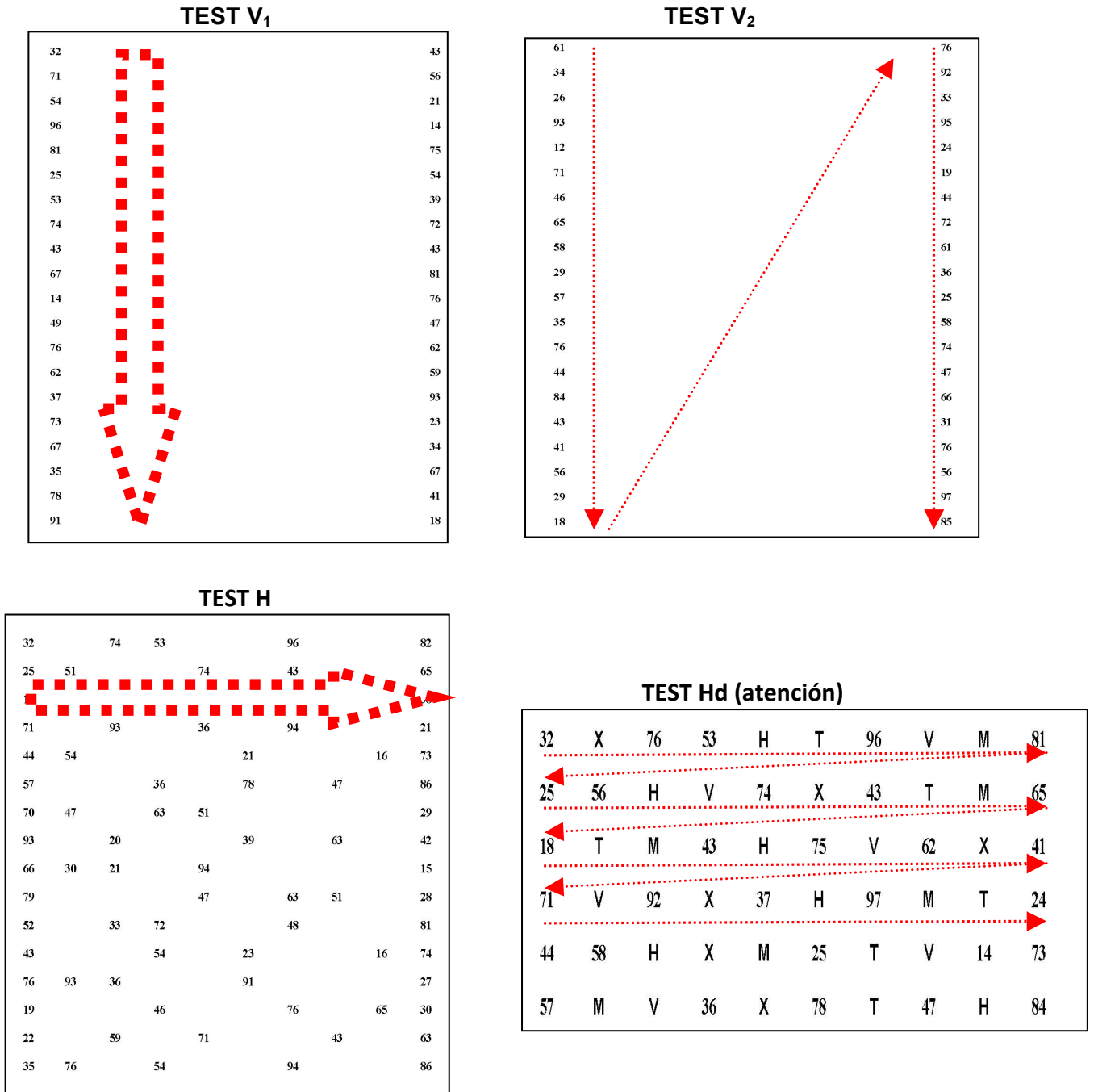


Figura an-5.3: muestra de cómo deben realizar la prueba los sujetos

ANEXO 6:
Registro de los
movimientos oculares
ADEMd

Anexo 6.- Registro de los movimientos oculares ADEMD

Plantillas de respuestas ADEM

Referencia: _____

V1		V2	
32	43	61	76
71	56	34	92
54	21	26	33
96	14	93	95
81	75	12	24
25	54	71	19
53	39	46	44
74	72	65	72
43	43	58	61
67	81	29	36
14	76	57	25
49	47	35	58
76	62	76	74
62	59	44	47
37	93	84	66
73	23	43	31
67	34	41	76
35	67	56	56
78	41	29	97
91	18	18	85

Tiempo V1: _____ seg.

O: S:

A: — T:

Tiempo V2: _____ seg.

O: S:

A: — T:

Edad: _____ (anotar años, meses)

Sexo: H M (rodear con círculo)

H				
32	76	53	96	81
25	56	74	43	65
18	43	75	62	41
71	92	37	97	24
44	58	25	14	73
57	36	78	47	84
72	47	61	56	29
93	18	39	62	41
66	34	21	67	12
76	44	67	56	31
58	33	72	49	81
43	54	23	14	74
76	93	35	91	29
19	46	76	67	34
26	59	71	43	61
35	76	54	95	85

Tiempo H: _____ seg.

O: S:

A: — T:

	eO	eA			
V1	seg		V1aj	seg	
V2	seg		V2aj	seg	
H	seg		Haj	seg	
Hd	seg		Hdaj	seg	
Ratio Haj/(V1+V2) =					
Ratio Haj/(V1aj+V2aj) =					
Ratio Atención Hdaj/Haj =					
Ratio Errores eHd/eH =					

Fecha realización prueba:

Hora: H m (anotar en base a 24h)

Hd Atención				
32	76	53	96	81
25	56	74	43	65
18	43	75	62	41
71	92	37	97	24
44	58	25	14	73
57	36	78	47	84
72	47	61	56	29
93	18	39	62	41
66	34	21	67	12
76	44	67	56	31
58	33	72	49	81
43	54	23	14	74
76	93	35	91	29
19	46	76	67	34
26	59	71	43	61
35	76	54	95	85

Tiempo Hd: _____ seg.

O: S:

A: — T:

Distractor M: V:

H: T: X:

5

ANEXO 7:
Muestra de las letras

Anexo 7.- Muestra de letras

Tras realizar el subtest Hd, y cuando se le realice la pregunta 2 de la plantilla de respuestas se le muestra la relación de letras en la segunda fase de la prueba.

Instrucciones para el sujeto: (se le decía tal como está marcado en negrita y cursiva)

De las siguientes letras que están en el cuadro que le muestro, (indicándoselo con el dedo el examinador) **¿dígame cuales aparecían en el test anterior que le he realizado?:**

A B D H M O P T U V X Z

Instrucciones para el examinador:

Anotar las respuestas que indique el sujeto, en la plantilla de respuestas del anexo 6, en el apartado "2.- Recuerda Viendo" de "**Preguntas sobre Letras Distractoras**" (parte inferior izquierda). Si dice alguna letra adicional apuntarla en el espacio "Otras Letras Nombradas".

Como máximo dejar 10 segundos para que piense las posibles respuestas, si falla o no recuerda alguna no pasa nada.

ANEXO 8:
Valoración cognitiva
y funcional

Anexo 8.- Valoración cognitiva y funcional del deterioro

Valoración Cognitiva

A continuación se muestran los dos test que se han empleado para valorar la capacidad cognitiva-conductual de los sujetos.

- Test del reloj
- Test Mini-Examen cognoscitivo (MEC)

Test del reloj (TR)

La prueba del reloj (Agrell & Dehlin, 1998), valora la ordenación correcta en el dibujo de un reloj que realiza el sujeto, de los números, la esfera y las manecillas en la posición que se le indica.

Puntuación, basada en clasificación de Cacho et al. (1998), entre paréntesis los puntos máximos que corresponden a cada uno de los tres apartados:

- Esfera del reloj (máximo 2 puntos)

2	Dibujo normal Esfera circular u ovalada con pequeñas distorsiones por temblor
1	Incompleto o con alguna distorsión significativa. Esfera muy asimétrica
0	Ausencia o dibujo totalmente distorsionado

- Presencia y localización de los números (máx. 4 puntos)

4	Todos los números presentes y en orden correcto. Sólo "pequeños errores" en la localización espacial en menos de 4 números (p.e., colocar el 8 en el lugar del 9)
3,5	"Pequeños errores" en la localización espacial en ≥ 4 n°
3	Todos los no presentes con error significativo en la localización espacial (p.e., colocar el 3 en el lugar del 6) No con algún desorden de secuencia (<4 números)
2	Omisión o adición de algún n°, sin grandes distorsiones en los restantes N° con algún desorden de secuencia (≥ 4 n°) Los 12 no colocados en sentido anti-horario (rotación inversa) Todos los n°, pero con gran distorsión espacial (fuera del reloj)

	Los 12 no en un línea vertical, horizontal u oblicua (alineación)
1	Ausencia o exceso de números con gran distorsión espacial Alineación numérica con falta o exceso de nº Rotación inversa con falta o exceso de nº
0	Ausencia o escasa representación de números (< de 6 nº presentes)

- Presencia y localización de las manecillas (máx. 4 puntos)

4	Manecillas en posición correcta y con las proporciones adecuadas
3,5	Manecillas en posición correcta, pero ambas de igual tamaño
3	Pequeños errores en la localización de las manecillas (1 de las agujas en el nº anterior o posterior) Aguja de los minutos más corta que la de la hora, hora correcta
2	Gran distorsión localización manecillas (incluso si marcan las 11 y 10, cuando los nº presentan errores significativos en la localización espacial) Las manecillas no se juntan en el centro, hora correcta
1	Las manecillas no se juntan en el centro, hora incorrecta Una sola manecilla o un esbozo de las dos
0	Ausencia de manecillas o perseveración en el dibujo de las mismas

Se puede realizar de dos maneras diferentes:

TR a la orden: se proporciona al paciente una hoja de papel en blanco, un lápiz y una goma y se le pide que dibuje un reloj con forma circular en el que estén todos los números de las horas debidamente ordenados y que las manecillas marquen las 11 y 10. Si cree que se ha equivocado puede borrar y corregir el error. Si no ha dibujado las manecillas se le recuerda que el reloj debe marcar una hora concreta. El punto de corte es ≤ 6 ; entre 0-6 test positivo: probable caso de demencia; entre 7-10: test negativo. Puntuaciones altas ≥ 8 descartan alteración.

TR a la copia: en este caso, además de la hoja en blanco, se le proporciona otra hoja de papel en el que hay un reloj dibujado. Se le pide que lo copie de la forma más exacta posible, para lo que debe poner la máxima atención. El punto de corte es ≤ 8 ; entre 0-8 test positivo: probable caso de demencia; entre 9-10: test negativo. Puntuaciones altas ≥ 8 descartan alteración.

Mini-Examen Cognoscitivo (MEC)

El MEC es un test ampliamente utilizado, diseñado por Lobo et al. (2002), el cual es la versión adaptada y validada en España (Blesa et al., 2001) del MMSE (Mini-Mental State Examination) de Folstein, Folstein, & McHugh, (1975). El MEC es un test diseñado para la realización de la exploración psicológica establecida en el RD 170/2010 de 19 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de centros de reconocimiento destinados a verificar las aptitudes psicofísicas de los conductores. Este test está contemplado en el material mínimo necesario que establece el citado RD, y es necesario para efectuar las exploraciones y analizar las capacidades psicológicas y mentales con la finalidad de obtener/renovar el permiso o carnet de conducir.

Es el test de cribado de alteraciones cognitivas más difundido, con un tiempo de administración de 5 a 10 minutos; consta de 11 ítems que abarcan orientación temporo-espacial, memoria inmediata y diferida, atención y cálculo, diferentes aspectos del lenguaje y capacidad visuo-constructiva. La puntuación máxima es de 30 puntos, con un punto de corte de 24 para determinar la presencia de deterioro. En la práctica diaria una puntuación menor de 24 sugiere algún grado de demencia, entre 23-21 una demencia leve, entre 20-11 una demencia moderada y menor de 10 de una demencia severa.

A continuación se muestran las 11 partes de la prueba, entre paréntesis están los puntos máximos que corresponden en cada apartado:

1- ORIENTACION tiempo (5 puntos). Preguntar día de la semana (1), fecha (1), mes (1), año (1) y estación del año (1). Se puede considerar correcta la fecha con ± 2 días.

2- ORIENTACION lugar (5 puntos). Preguntar sobre el lugar de la entrevista (1), hospital (1), ciudad (1), provincia (1), país (1).

3- REGISTRO DE TRES PALABRAS (3 puntos). Pedir al paciente que escuche con atención porque le va a decir tres palabras que debe repetir después, (por cada palabra repetida correcta se otorga 1 punto). Avisar al mismo tiempo que deberá repetir las palabras más tarde. Casa (1), zapato (1) y papel (1). Repita las palabras hasta que el paciente aprenda las tres.

4- ATENCION y CALCULO (5 puntos). Serie de 7. Pedir al paciente que reste 7 a partir de 100 y continúe restando 7 hasta que usted lo detenga. Por cada respuesta correcta dar 1 punto, detenerse luego de 5 repeticiones correctas. Otra variante, no equivalente a la serie de 7, es pedir al paciente que deletree la palabra mundo de atrás hacia delante. Por cada letra correcta recibe 1 punto.

5- RECALL de tres palabras (3 puntos). Pedir al paciente que repita los objetos nombrados anteriormente. Por cada repetición correcta se da un punto.

6- NOMINACION (2 puntos). Mostrar una lápiz y un reloj, el paciente debe nombrarlos, se otorga 1 punto por cada respuesta correcta.

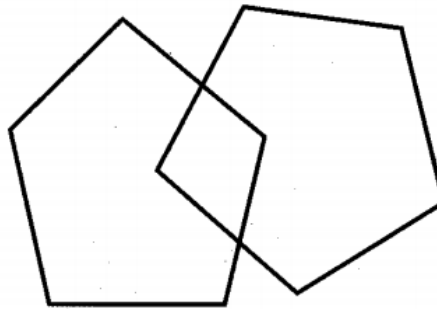
7- REPETICION (1 punto). Pida al paciente que repita la siguiente oración: tres perros en un trigal.

8- COMPRENSION (3 puntos). Indique al paciente una orden simple. Por ejemplo: toma un papel con su mano derecha (1 punto), dóblelo por la mitad (1 punto) y póngalo en el suelo (1 punto). Por cada acción correcta el paciente recibe 1 punto.

9- LECTURA (1 punto). Pida al paciente que lea la siguiente orden (escrita previamente), y la obedezca, no debe decirlo en voz alta (debe explicar este ítem del test sólo una vez). “Cierre los ojos”

10- ESCRITURA (1 punto). Pida al paciente que escriba una oración, debe tener sujeto y predicado. Se acepta como válido el sujeto tácito. La oración debe tener un sentido.

11- DIBUJO (1 punto). Debe copiar un dibujo simple (dos pentágonos cruzados, el cruce tiene 4 lados). Se considera correcto si las dos figuras tienen 5 lados y el cruce tiene 4 lados.



Valoración Funcional del deterioro

La escala ampliada del estado de discapacidad o Expanded Disability Status Scale (EDSS) (Kurtzke, 1983). Es la escala más utilizada en la evaluación del deterioro y la discapacidad (Déniz, Alemany, & Marrero, 2009; Izquierdo & Ruiz-Peña, 2003) en la EM.

Se basa en la medida de las deficiencias de varios sistemas neurológicos (motriz, cerebelo, tronco cerebral, sensitivo, esfinteriano, visual, mental). Valorando mediante una exploración neurológica cada uno de los siete sistemas funcionales, desde la normalidad, que se puntúa con un 0, hasta la afectación severa que se puntúa con un 5 o 6 según los sistemas.

Utilizando como base la exploración neurológica de los siete sistemas, junto con la valoración de la capacidad de marcha y empleando la escala ampliada del estado de la discapacidad de Kurtzke, se obtiene un índice de discapacidad creciente de mejor a peor, siendo los extremos el 0 (examen neurológico normal), y el 10 (muerte debido a una complicación de la EM), con incrementos de 0,5.

ANEXO 9:
Capacidades Visuales CRC

Anexo 9.- Capacidades visuales requeridas según normativa CRC

En el anexo 4 de la normativa figuran la relación de enfermedades y deficiencias que serán causa de denegación o de adaptaciones, restricciones de circulación y otras limitaciones en la obtención o prórroga del permiso o la licencia de conducción.

1. Capacidad visual

Si para alcanzar la agudeza visual requerida es necesaria la utilización de lentes correctoras, deberá expresarse, en el informe de aptitud psicofísica, la obligación de su uso durante la conducción. Dichas lentes deberán ser bien toleradas. A efectos de este anexo, las lentes intraoculares no deberán considerarse como lentes correctoras, y se entenderá como visión monocular toda agudeza visual igual o inferior a 0,10 en un ojo, con o sin lentes correctoras, debida a pérdida anatómica o funcional de cualquier etiología.

Exploración (1)	Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios		Adaptaciones, restricciones y otras limitaciones en personas, vehículos o de circulación en permiso o licencia sujetos a condiciones restrictivas	
	Grupo 1: AM, A1, A2, A, B, B + E y LCC (art. 45.1a) (2)	Grupo 2: BTP, C1, C1 + E, C, C + E, D1, D1 + E, D, D + E (art. 45.1b y 2) (3)	Grupo 1 (4)	Grupo 2 (5)
1.1 Agudeza visual.	Se debe poseer, si es preciso con lentes correctoras, una agudeza visual binocular de, al menos, 0,5.	Se debe poseer, con o sin corrección óptica, una agudeza visual de, al menos, 0,8 y 0,5 para el ojo con mejor y con peor agudeza, respectivamente. Si se precisa corrección con gafas, la potencia de éstas no podrá exceder de ± 8 dioptrías.	No se admiten.	No se admiten.

Exploración (1)	Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios		Adaptaciones, restricciones y otras limitaciones en personas, vehículos o de circulación en permiso o licencia sujetos a condiciones restrictivas	
	Grupo 1: AM, A1, A2, A, B, B + E y LCC (art. 45.1a) (2)	Grupo 2: BTP, C1, C1 + E, C, C + E, D1, D1 + E, D, D + E (art. 45.1b y 2) (3)	Grupo 1 (4)	Grupo 2 (5)
	No se admite la visión monocular.	No se admite la visión monocular.	Los afectados de visión monocular con agudeza visual en el ojo mejor de 0,6 o mayor y más de tres meses de antigüedad en visión monocular, podrán obtener o prorrogar permiso o licencia, siempre que reúnan las demás capacidades visuales. Cuando, por el grado de agudeza visual o por la existencia de una enfermedad ocular progresiva, los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso o licencia, el período de vigencia se fijará según criterio médico. Espejo retrovisor exterior a ambos lados del vehículo y, en su caso, espejo interior panorámico.	No se admiten.
	No se admite la cirugía refractiva (distinta de afaquia).	No se admite la cirugía refractiva (distinta de afaquia).	Tras un mes de efectuada cirugía refractiva, aportando informe de la intervención, se podrá obtener o prorrogar el permiso o licencia, con período de vigencia máximo de un año. Transcurrido un año desde la fecha de la intervención, y teniendo en cuenta el defecto de refracción prequirúrgico, la refracción actual y la posible existencia de efectos secundarios no deseados, a criterio oftalmológico se fijará el período de vigencia posterior.	En caso de cirugía refractiva, y transcurridos tres meses desde la intervención, aportando informe de la intervención, se podrá obtener o prorrogar el permiso con período de vigencia máximo de un año. Transcurrido un año desde la fecha de la intervención, y teniendo en cuenta el defecto de refracción prequirúrgico, la refracción actual y la posible existencia de efectos secundarios no deseados, a criterio oftalmológico se fijará el período de vigencia posterior.
1.2 Campo visual.	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.	No se admiten.	No se admiten.

Exploración (1)	Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios		Adaptaciones, restricciones y otras limitaciones en personas, vehículos o de circulación en permiso o licencia sujetos a condiciones restrictivas	
	Grupo 1: AM, A1, A2, A, B, B + E y LCC (art. 45.1a) (2)	Grupo 2: BTP, C1, C1 + E, C, C + E, D1, D1 + E, D, D + E (art. 45.1b y 2) (3)	Grupo 1 (4)	Grupo 2 (5)
1.3 Afaquias y pseudofaquias.	No se admiten las monolaterales ni las bilaterales.	Ídem grupo 1.	Transcurrido un mes de establecidas, si se alcanzan los valores determinados en los apartados 1.1 y 1.2 correspondientes al grupo 1, el período de vigencia del permiso o licencia será, como máximo, de tres años, según criterio médico.	Transcurridos dos meses de establecidas, si se alcanzan los valores determinados en los apartados 1.1 y 1.2 correspondientes al grupo 2, el período de vigencia del permiso será, como máximo, de tres años, según criterio médico.
1.4 Sensibilidad al contraste.	No deben existir alteraciones significativas en la capacidad de recuperación al deslumbramiento ni alteraciones de la visión mesópica.	Ídem grupo 1.	En el caso de padecer alteraciones de la visión mesópica o del deslumbramiento, se deberán establecer las restricciones y limitaciones que, a criterio oftalmológico sean precisas para garantizar la seguridad en la conducción. En todo caso se deben descartar patologías oftalmológicas que originen alteraciones incluidas en alguno de los restantes apartados sobre capacidad visual.	No se admiten.
1.5 Motilidad palpebral.	No se admiten ptosis ni lagofthalmias que afecten a la visión en los límites y condiciones señaladas en los apartados 1.1 y 1.2 correspondientes al grupo 1	No se admiten ptosis ni lagofthalmias que afecten a la visión en los límites y condiciones señaladas en los apartados 1.1 y 1.2 correspondientes al grupo 2.	No se admiten.	No se admiten.
1.6 Motilidad del globo ocular.	Las diplopias impiden la obtención o prórroga.	Ídem grupo 1.	Sólo se permitirán de forma excepcional y a criterio facultativo las formas congénitas o infantiles, siempre que no se manifiesten en los 20 grados centrales del campo visual y no produzcan ninguna otra sintomatología, en especial fatiga visual. En caso de permitirse la obtención o prórroga del permiso o licencia, el período de vigencia máximo será de tres años. Cuando la diplopía se elimine mediante la oclusión de un ojo se aplicarán las restricciones propias de la visión monocular.	No se admiten.

Exploración (1)	Criterios de aptitud para obtener o prorrogar permiso o licencia de conducción ordinarios		Adaptaciones, restricciones y otras limitaciones en personas, vehículos o de circulación en permiso o licencia sujetos a condiciones restrictivas	
	Grupo 1: AM, A1, A2, A, B, B + E y LCC (art. 45.1a) (2)	Grupo 2: BTP, C1, C1 + E, C, C + E, D1, D1 + E, D, D + E (art. 45.1b y 2) (3)	Grupo 1 (4)	Grupo 2 (5)
1.7 Deterioro progresivo de la capacidad visual.	<p>El nistagmus impide la obtención o prórroga cuando no permita alcanzar los niveles de capacidad visual indicados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive, 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 fijados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive. Cuando no impidan alcanzar los niveles de capacidad visual indicados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive, 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>El nistagmus impide la obtención o prórroga cuando no permita alcanzar los niveles de capacidad visual indicados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 2, ambos inclusive, 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>	<p>No se admiten.</p> <p>Cuando los estrabismos u otros defectos de la visión binocular no impidan alcanzar los niveles de capacidad visual indicados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 1, ambos inclusive, y debido a su repercusión sobre parámetros como la fatiga visual, los defectos refractivos, el campo visual, el grado de estereopsis, la presencia de forias y de tortícolis, la aparición de diplopía o por la probable evolución del proceso, los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso o licencia, este se fijará según el criterio oftalmológico.</p>	<p>No se admiten.</p> <p>Cuando los estrabismos u otros defectos de la visión binocular no impidan alcanzar los niveles de capacidad visual indicados en los apartados 1.1 a 1.7 del grupo 2, ambos inclusive, el oftalmólogo deberá valorar sus consecuencias sobre parámetros como la fatiga visual, los defectos refractivos, el campo visual, el grado de estereopsis, la presencia de forias y de tortícolis, la aparición de diplopía o por la probable evolución del proceso, fijando en consecuencia el período de vigencia, que será en todo caso como máximo de tres años.</p>
	<p>Las enfermedades progresivas que no permitan alcanzar los niveles fijados en los apartados 1.1 a 1.6 anteriores, ambos inclusive, impiden la obtención o prórroga.</p>	<p>Las enfermedades y los trastornos progresivos de la capacidad visual impiden la obtención o prórroga.</p>	<p>Cuando no impidan alcanzar los niveles fijados en los apartados 1.1 al 1.6, y los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso o licencia, el período de vigencia se fijará según criterio médico.</p>	<p>No se admiten.</p>
	<p>Cuando, aun alcanzando los niveles fijados en los apartados 1.1 al 1.6 anteriores, ambos inclusive, la presión intraocular se encuentre por encima de los límites normales, se deberán analizar posibles factores de riesgo asociados y se establecerá un control periódico a criterio oftalmológico.</p>	<p>Ídem grupo 1.</p>	<p>Cuando los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso o licencia, el período de vigencia se fijará según criterio médico.</p>	<p>Cuando los reconocimientos periódicos a realizar fueran por período inferior al de vigencia normal del permiso, el período de vigencia se fijará según criterio médico.</p>

ANEXO 10:
Contribuciones científicas

Anexo 10.- Contribuciones científicas

CONGRESOS

- Gené-Sampedro A, Bueno-Gimeno I, Lourenço-Monteiro PM, Monteiro-Fernandes Nunes AM, España-Gregori E. Visual Search and speed of processing in elderly drivers. European Academy of Optometry and Optics (EAOO). Málaga, España. 2013.
- Gené-Sampedro, A; Monteiro, PML; Fernandes Nunes, AM. Test de desarrollo de los movimientos oculomotores atenciones (ADEMd). OPTOM 2012. 2012 Libro de actas ISBN: 978-84-939656-1-7.
- Gené-Sampedro, A; Monteiro, PML; Fernandes Nunes, AM; España-Gregori, E; Casanova Estruch, B. Movimientos oculomotores y velocidad de procesamiento en la esclerosis múltiple en una población española. OPTOM 2012. 2012 Libro de actas ISBN: 978-84-939656-1-7.
- Gené-Sampedro A, Monteiro PML, Fernandes Nunes AM, Vaz Patto MA, Sánchez Pardo M. ¿Es útil el Adem para caracterizar la esclerosis múltiple?. 21 Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica. 2010. ISBN 978-84-937033-6-3.
- Gene-Sampedro A, Sánchez-Ramos C, Langa-Moraga A, Felipe A, Artigas JM. Evaluation Of The Habitual Visual Acuity In Drivers And No Drivers In An Elderly Spanish Population. Presentación Oral. VIII Annual Pan American Research Day 2009 – Pre ARVO. Florida, USA. 2009
- Gené-Sampedro A, Sánchez-Ramos C, Langa-Moraga A, Felipe A, Artigas JM. Evaluation of habitual visual acuity in driver and no driver older adults in a Spanish population. Poster. Association for research in vision and ophthalmology (ARVO). Florida, USA. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2009;50:ARVO E-Abstract 2498. Available at www.iovs.org.
- Gené-Sampedro A, Richman J, Sánchez M, Montalt JC, Pons AM, Montes R. A modified DEM: a tool for saccadic evaluation in adults. Academy 2002: meeting Academic American Optometry. Optometry and Vision Science, Vol. 79, No. 12s, December 2002
- Monteiro PML, Fernandes Nunes AM, Patto MA, Gené-Sampedro A. ADEMd Test in Multiple Sclerosis: Case Report. 7th International Conference of Optometry and Vision Science (CIOCV'2010). Braga, Portugal. Publicación: ISBN 978-972-99609-4-9

- Monteiro PML, Fernandes Nunes AM, Patto MA, Gené-Sampedro A. ADEMd Test in patients with dyslexia: case reports. 8th International Conference of Optometry and Vision Science (CIOCV'2011). Braga, Portugal. Publicación: ISBN 978-972-99609-6-3
- Navarro Valls JJ, Ramirez Mercado G, Gómez Tortuero E, Langa-Moraga A, Gené-Sampedro A, Sánchez-Ramos C. Visual acuity of people over 55 years old in habitual corrective conditions: drivers versus non-drivers. European Association for Vision and Eye Research (EVER). Crete, Greece. Conference Acta Ophthalmologica. Volume 88, Issue Supplement s246, page 0, 2010.
- Santos VSM, Monteiro PML, Nunes, AMMF, Gené-Sampedro, A. Estudo da oculomotricidade a capacidade de atenção através do teste ADEMd em sujeitos com idade superior a 65 anos. VIIas Conferências Abertas de Optometria da APLO. Associação de Profissionais Licenciados de Optometria (APLO), Covilha, Portugal, 2011.
- Soares da Silveira, DOC, Lourenço-Monteiro PM, Gené-Sampedro A. Comparison of the performance in the ADEMd test between dyslexic readers and normal readers. 10th International conference of optometry and vision science CIOCV 2013. Braga, Portugal.

ARTÍCULOS

- Gené-Sampedro A., Richman J. E., & Sanchez-Pardo M. (2003) The Adult Developmental Eye Movement Test (A-DEM): a tool for saccadic evaluation in adults. *Journal of Behavioral Optometry*, 14(5), 101-105. <http://www.oepf.org/sites/default/files/journals/jbo-volume-14-issue-4/14-4%20Richman.pdf>

CITADO

Powell, J. M., Fan, M., Kiltz, P. J., Bergman, A. T., & Richman, J. A. (2006). A comparison of the Development Eye Movement Test (DEM) and the modified version of the Adult Developmental Eye Movement Test (A-DEM) with older adults. *Journal of Behavioral Optometry*, 17(3), 59-64.
<http://www.oepf.org/sites/default/files/journals/jbo-volume-17-issue-3/17-3%20Powell.pdf>

Mozos Ansorena, A., Brenlla González, J., Páramo Fernández, M., Pérez García, M., Paz Silva, E., & Ramos Ríos, R. (2012). Movimientos sacádicos y esquizofrenia: un estudio de la utilidad del test A-DEM. *Psiquiatría. com*, 16, 15.
<http://hdl.handle.net/10401/5477>

Radomski, M. V., Finkelstein, M., Llanos, I., Scheiman, M., & Wagener, S. G. (2014). Composition of a vision screen for servicemembers with traumatic brain injury: Consensus using a modified nominal group technique. *The American Journal of Occupational Therapy*, 68(4), 422-429.
<http://ajot.aota.org/article.aspx?articleid=1884512>

COMERCIALIZACIÓN DEL TEST

Prevista para Marzo del 2016 por Bernell Corporation (USA) <http://www.bernell.com/>

ANEXO 11:
Proyectos de investigación

Anexo 11.- Proyectos de investigación

A continuación se muestran los trabajos que se han dirigido a diversos alumnos en la Universidad de Valencia y en la Universidade da Beira Interior relacionados con el ADEMd, siendo futuras líneas de investigación a desarrollar.

TRABAJOS FIN DE GRADO DIRIGIDOS UNIVERSIDAD DE VALENCIA:

Álvarez Llorens, Miguel. Influencia de los movimientos oculomotores en la enfermedad de Alzheimer. Jul-2014. Tutor: Andrés Gene Sampedro.

García Valero, Guillem. Influencia del alcohol en los movimientos oculomotores. Jul-2014. Tutor: Andrés Gene Sampedro.

Alcaraz Abad, Salvador. Influencia de la lengua materna en la prueba oculo verbal (ADEM) en una población adulta mayor. Jul-2013. Tutor: Andrés Gene Sampedro.

Cors Ferrando, Salvador. Influencia de la prueba del Adem (Adult Development Eye Movement) en una población deficiente auditiva. Jul-2012. Tutor: Andrés Gene Sampedro.

Cuevas Fajardo, Vicente. Influencia del interlineado del texto en el desarrollo de los movimientos oculomotores. Sep-2011. Tutor: Andrés Gene Sampedro.

TRABAJOS FIN DE MASTER DIRIGIDOS UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR:

Caronho, Cláudia Nunes Influência da apresentação aleatória das placas do teste ADEMd nos resultados do teste. Out-2013. Orientador: Prof. Doutor P.M.L. Monteiro. <http://hdl.handle.net/10400.6/1655>

Costa, Liliana Andreia Gonçalves Análise da oculomotricidade e da capacidade de atenção pelo teste ADEMd. Out-2013. Orientador: Prof. Doutor P.M.L. Monteiro. <http://hdl.handle.net/10400.6/1656>

Louro, Andreia Raquel Lopes. Análise da oculomotricidade e da capacidade de atenção com o teste ADEMd em sujeitos com Parkinsonismo. Out-2013. Prof. Doutor P.M.L. Monteiro e Doutora A.V. Patto. <http://hdl.handle.net/10400.6/1660>

Silveira, Diana Ortins Cardoso Soares da. Análise da oculomotricidade e capacidade de atenção pelo teste ADEMd em casos de dislexia. Nov-2012. Orientador: Prof. Doutor P.M.L. Monteiro. <http://hdl.handle.net/10400.6/1214>

Cardoso, Ana Carolina Pereira. Aplicação do teste ADEMd em sujeitos com esclerose múltipla. Jun-2012. Orientador: Prof. Doutora A. Nunes. <http://hdl.handle.net/10400.6/1148>

Antunes, Anabela Serrano. Relação entre a adição em lentes progressivas e a realização do teste ADEMd. Out-2011. Orientador: Prof. Doutor P.M.L. Monteiro. <http://hdl.handle.net/10400.6/893>

Fidalgo, Bruno. Associação do rendimento escolar com oculomotricidade e capacidade de atenção em adolescentes do 9º ano de escolaridade. Out-2011. Orientador: Prof. Doutora A. Nunes. <http://hdl.handle.net/10400.6/955>

Santos, Vânia Sofia Marcelino Estudo da oculomotricidade e capacidade de atenção através do teste ADEMd em sujeitos com idade superior a 65 anos. Out-2011. Orientador: Prof. Doutor P.M.L. Monteiro. <http://hdl.handle.net/10400.6/1056>

LISTA DE TABLAS

Lista de Tablas

Tabla 2.1. Apartado de Exploración Visual en el Modelo de Ficha Clínica según el RD 170/2010

Tabla 2.2. Características de los conductores en base a la experiencia

Tabla 2.3. Cuadro resumen de las principales características de las pruebas oculomotoras

Tabla 2.4. Funciones relacionadas en un entorno próximo como la lectura, con un entorno lejano como la conducción

Tabla 2.5. Características del test Adult Development Eye Movement (ADEM)

Tabla 2.6. Funciones visuales relacionadas con los subtest del ADEM.

Tabla 3.1. Distribución de la muestra sana por grupos etarios y género.

Tabla 3.2. Distribución de la muestra sana por grupos etarios y conductores.

Tabla 3.3. Clasificación de la exposición al riesgo en base a la experiencia y a la frecuencia.

Tabla 3.4. Normas del ADEM para los intervalos de edad de 14 a 68 años.

Tabla 3.5. Ángulo subtendido en grados para el tamaño medio del número, y según las distintas distancias ejemplo en centímetros que se puede realizar la prueba.

Tabla 3.6. Ángulo subtendido en grados, a 45 centímetros, de la distribución entre los números en cada una de las dieciséis filas de los test H y Hd.

Tabla 3.7. Transformación del número de errores a tanto por cien para conocer la Calidad de Realización de la Prueba (CRP).

Tabla 3.8. Gradación de los niveles de competencia.

Tabla 4.1. Resultados obtenidos para caracterizar las muestras.

Tabla 4.2. Variables socio-demográficas y características funcionales en los grupos de edad que se ha dividido la muestra sana.

Tabla 4.3. Variables socio-demográficas y características funcionales en los

grupos de edad que se ha dividido la muestra con esclerosis múltiple.

Tabla 4.4. Variables socio-demográficas y características funcionales en los grupos de edad que se ha dividido la muestra con Alzheimer.

Tabla 4.5. Resultados globales en las láminas del test ADEMd en la muestra sana.

Tabla 4.6. Parámetros temporales en segundos obtenidos en la láminas del test ADEMd en la muestra sana.

Tabla 4.7. Comparaciones por pares de grupo en los tiempos ajustados del test ADEMd en la muestra sana, mediante la U de Mann-Whitney.

Tabla 4.8. Comparaciones en la muestra sana, de los tiempos ajustados de las láminas V, H y Hd, por rangos de edad y globalmente.

Tabla 4.9. Repetibilidad de la prueba de los tiempos ajustados V, H y Hd, dividiendo los sujetos analizados en dos grupos, menores de 50 años y de 50 años en adelante.

Tabla 4.10. Resumen de los resultados obtenidos en la población sana del UFOV.

Tabla 4.11. Coeficiente de correlación de Spearman de los valores temporal obtenidos en las distintas láminas con los resultados del test UFOV.

Tabla 4.12. Cuantificación en tanto por cien de la prevalencia de los tiempos de los cocientes de las láminas.

Tabla 4.13. Coeficiente de correlación de Spearman entre los valores globales obtenidos en los cocientes de las láminas.

Tabla 4.14. Porcentaje de sujetos en cada una de las categorías de calidad que se han clasificado las variables de CRP.

Tabla 4.15. Clasificación de la Calidad de Realización de la Prueba según los errores cometidos.

Tabla 4.16. Porcentaje de sujetos en cada una de las categorías de calidad que se ha clasificado las variables de nivel de competencia.

Tabla 4.17. Correlaciones entre los tiempos de las láminas verticales y horizontales dentro de cada grupo de edad.

Tabla 4.18. Mediana y rango intercuartílico de los cocientes entre las láminas del

ADEMd.

Tabla 4.19. Comparaciones por pares entre grupos de los ratios Hd/V y Hd/H en los tiempos ajustados del test ADEMd en la muestra sana.

Tabla 4.20. Comparaciones por pares de los cocientes Haj/Vaj, Hdaj/Vaj y Hdaj/Haj por grupos de edad en la muestra sana.

Tabla 4.21. Correlaciones entre los diferentes cocientes de las variables Haj/Vaj, Hdaj/Vaj y Hdaj/Haj, dentro de cada grupo de edad.

Tabla 4.22a Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y la CRP-V

Tabla 4.22b Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y la CRP-H

Tabla 4.22c Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y la CRP-Hd

Tabla 4.23. Puntuación calidad de realización de la prueba en tanto por cien según los grupos etarios.

Tabla 4.24. Correlaciones entre las diferentes calidades de realización de la prueba en las láminas, dentro de cada grupo de edad.

Tabla 4.25a Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y el nivel de competencia vertical.

Tabla 4.25b Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y el nivel de competencia horizontal.

Tabla 4.25c Distribución de la muestra sana en función de los grupos etarios y el nivel de competencia horizontal distractor.

Tabla 4.26. Variables analizadas del ADEMd para valorar si existen diferencias por género.

Tabla 4.27. Variables temporales y de relación para valorar si existen diferencias por género en los diferentes grupos etarios.

Tabla 4.28. Variables de calidad y nivel para valorar si existen diferencias por género en los diferentes grupos etarios.

Tabla 4.29. Variables analizadas temporales y de relación para valorar si existen diferencias en función del nivel de estudios.

- Tabla 4.30.** Variables analizadas de calidad y nivel para valorar si existen diferencias en función del nivel de estudios.
- Tabla 4.31.** Prueba de la mediana en la variables analizadas en base al nivel de estudios.
- Tabla 4.32.** Significancia de las variables temporales y de calidad de realización para valorar si existen diferencias por el nivel de estudios dentro de cada grupo de edad.
- Tabla 4.33.** Número de conductores y no conductores por género en la muestra sana.
- Tabla 4.34.** Indicadores analizados para valorar si existen diferencias al ser conductor.
- Tabla 4.35.** Significancia en las variables analizadas para valorar si existen diferencias en los grupos etarios entre ser conductor y no serlo.
- Tabla 4.36.** Indicadores analizados para valorar si existen diferencias al ser conductor en dos grupos de edad.
- Tabla 4.37.** Significancia en las variables analizadas para valorar si existen correlación entre las características de los conductores.
- Tabla 4.38.** Distribución de la frecuencia de accidentes referidos en los tres últimos años en los conductores en función de los grupos etarios.
- Tabla 4.39.** Variables globales del ADEMd en la Esclerosis Múltiple y en el grupo sano en el rango de 25 a 64 años.
- Tabla 4.40.** Variables globales temporales y de relación de la enfermedad de Alzheimer y el grupo sano en el rango de mayores de 65 años.

LISTA DE FIGURAS

Lista de Figuras

Lista de Figuras

- Figura 1.1.** Factores relacionados en la conducción
- Figura 2.1.** Ubicación de las capacidades visuales en el entorno de la seguridad vial
- Figura 2.2.** Funciones involucradas en el proceso visual de la conducción
- Figura 2.3.** Niveles cognitivos jerarquizados y patrones visuales en el desarrollo de la conducción
- Figura 2.4.** Modelo simplificado de la acción del conductor
- Figura 2.5.** Ciclo búsqueda de la información
- Figura 3.1.** Modelo del procedimiento seguido en la fase experimental de la investigación.
- Figura 3.2.** Retinografía del ojo con ángulos por zonas
- Figura 3.3.** Retinografía del ojo con ángulos visuales aproximados subtendidos en grados en la retina para la distribución de los números en cada línea de los test horizontales
- Figura 3.4.** Láminas de los test verticales del ADEM, a) V1 y b) V2.
- Figura 3.5.** Láminas de los test horizontales del ADEM, a) Horizontal H y b) Horizontal Hd con caracteres de distracción.
- Figura 3.6.** Niveles de competencia en base al Diagrama de Caja.
- Figura 3.7.** Resultados del ADEM en base a la edad por grupos
- Figura 3.8.** Coincidencias y diferencias del test UFOV con el ADEM y el ADEMd
- Figura 4.1.** Diagrama de cajas con los valores globales del tiempo ajustado vertical total, horizontal y horizontal distractor.
- Figura 4.2.** Gráfico de sectores con los valores globales en tanto por cien del tiempo ajustado empleado en cada lámina.
- Figura 4.3.a** Gráfico Bland Altman láminas verticales en menores de 50 años.
- Figura 4.3.b** Gráfico Bland Altman láminas verticales en mayores de 50 años.

- Figura 4.3.c** Gráfico Bland Altman láminas horizontales en menores de 50 años.
- Figura 4.3.d** Gráfico Bland Altman láminas horizontales en mayores de 50 años.
- Figura 4.3.e** Grafico Bland Altman láminas horizontales con distractores en menores de 50 años.
- Figura 4.3.f** Grafico Bland Altman láminas horizontales con distractores en mayores de 50 años.
- Figura 4.4.a** Comportamiento del tiempo vertical ajustado en base a la edad.
- Figura 4.4.b** Comportamiento del tiempo horizontal ajustado en base a la edad.
- Figura 4.4.c** Comportamiento del tiempo horizontal ajustado con distractor en base a la edad.
- Figura 4.5.** Correlación entre el tiempo ajustado obtenido en la lámina Hd con el subtest 3 del UFOV.
- Figura 4.6.** Diagrama de cajas que muestra la relación entre los valores de cada ratios.
- Figura 4.7.** Diagrama de cajas que muestra los valores, en tanto por cien, de la Calidad de Realización de la Prueba en las distintas láminas.
- Figura 4.8.** Diagrama de cajas para los valores de Vaj, Haj y Hdaj, desglosados independientemente por grupo etarios.
- Figura 4.9.** Diagrama de cajas que muestra los cocientes desglosados por grupo etarios.
- Figura 4.10.a** Comportamiento del cociente H/V en base a la edad de los sujetos.
- Figura 4.10.b** Comportamiento del cociente Hd/V en base a la edad de los sujetos.
- Figura 4.10.c** Comportamiento del cociente Hd/H, en base a la edad de los sujetos.
- Figura 4.11.** Diagrama de cajas que muestra la calidad de realización de la prueba en las diferentes variables temporales analizadas.
- Figura 4.12.** Diagrama de cajas que muestra el nivel de competencia de la prueba en las diferentes variables temporales analizadas.
- Figura 4.13.a** Diagrama de caja que muestra el comportamiento de la variable dependiente vertical en base a la edad y al género de los sujetos.

- Figura 4.13.b** Diagrama de caja que muestra el comportamiento de la variable dependiente horizontal en base a la edad y al género de los sujetos.
- Figura 4.13.c** Diagrama de caja que muestra el comportamiento de la variable dependiente horizontal distractora en base a la edad y al género de los sujetos.
- Figura 4.14.** Gráfico que muestra la experiencia y frecuencia de los conductores.
- Figura 4.15.** Gráfico que muestra por grupos de edades la clasificación por exposición al riesgo en los conductores.
- Figura 4.16.** Gráfico que muestra por grupos de edades la dificultad diurna y nocturna referida por los conductores.
- Figura 4.17.** Gráfico que muestra desglosado los valores temporales de las láminas en conductores que han tenido algún accidente en los tres últimos años y los que no.
- Figura 4.18.** Gráfico que muestra por grupos de edades los kilómetros conducidos.