

## **Trabajo Fin de Grado**

Efecto del desenfoque en la medida de la estereopsis en visión lejana en pacientes présbitas

The effect of defocus on stereopsis for far vision in presbyopes

Autor

Eva Escorihuela Gómez

Director/es

Laura Remón Martín  
Sara Perchés Barrena

Facultad de ciencias / Grado de Óptica y Optometría  
Año 2018

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>pág.1</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>pág. 2</b>
<b>2.1.</b>	<b>MONOVISIÓN</b>	<b>pág. 3</b>
<b>2.2.</b>	<b>VISIÓN SIMULTÁNEA</b>	<b>pág. 5</b>
<b>2.3.</b>	<b>VISIÓN ALTERNANTE</b>	<b>pág. 6</b>
<b>2.4.</b>	<b>ESTEREOPSIS</b>	<b>pág. 6</b>
<b>3.</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>pág. 11</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>pág. 14</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>pág. 16</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>pág.20</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>pág. 21</b>

## 1. RESUMEN

---

La Agudeza visual estereoscópica (AVE) es un parámetro subjetivo que se mide normalmente en la práctica clínica diaria para detectar estrabismos, ambliopías o para valorar la visión binocular después de un tratamiento tales como cirugía refractiva o adaptación de lentes de contacto monovisión. El objetivo de este trabajo es estudiar la influencia del de la monovisión (monocular) en la estereopsis medida en visión lejana en pacientes présbitas. Para ello, se han utilizado lentes positivas de diferente cuantía (+1.00 D, +2.00 D y +3.00 D y se han evaluado a 18 personas. Los resultados obtenidos demuestran que la AVE disminuye a medida que aumenta el desenfoque generado. El 88,88% de los sujetos del estudio con lente de +3.00D no tuvieron AVE, en cuanto a los sujetos con la lente de +2.00D el 77,78% de los sujetos no tuvieron AVE. A partir de los resultados obtenidos, se puede deducir que el mínimo desenfoque que no afecta a la AVE es un desenfoque de +1.00 D.

## ABSTRACT

---

Stereo acuity visual is a subjective parameter that is usually measured in daily clinical practice to detect strabismus, amblyopias or to evaluate their binocular vision after a treatment such as refractive surgery or adaptation of monovision contact lenses. The objective of this work is to study the influence of the (monocular) monovision in the stereopsis measures at far view in presbyopia's patients. We have used positive lenses of different amount (+ 1.00 D, + 2.00 D and +3.00 D) and we have evaluated 18 people. The results obtained show the AVE reduces it increases generated blur 88.88% of the subjects in the study with lens +3.00D hadn't stereo acuity visual, the subjects with +2.00D lens 77.78% of subjects hadn't AVE. From the results obtained, it can be deduced that minimal blur which does not affect the stereo acuity visual is a blur of +1.00D.

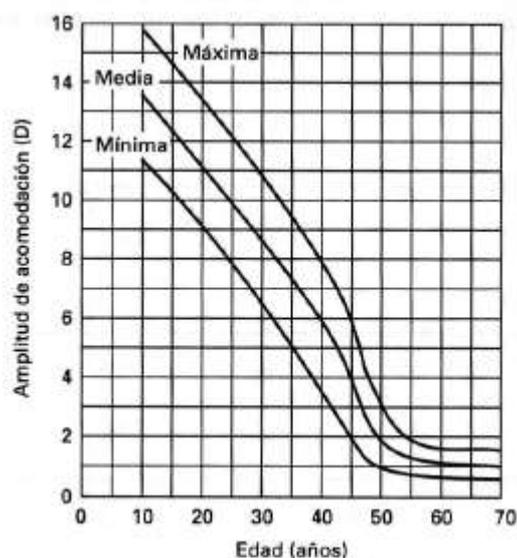
## 2. INTRODUCCIÓN

La amplitud de acomodación (AA) de una persona no es constante a lo largo de su vida, disminuye con el paso de los años. Uno de los motivos principales es el endurecimiento del cristalino, con lo que se dificulta el cambio de forma y por tanto el cambio de potencia del ojo. La consecuencia óptica es el alejamiento del punto próximo de visión, dificultando así la visión de objetos cercanos [1].

Por lo que la presbicia es el estado refractivo en que la capacidad de acomodación del ojo no es suficiente para la visión cercana. [2]

La aparición de la presbicia no se puede definir de manera general para todas las personas, depende de varios factores como la amplitud de acomodación, que cada individuo tiene su propio valor y la distancia de trabajo depende de la tarea visual habitual de trabajo que utilice cada persona.

En los primeros años de vida la amplitud de acomodación es de 14D al aumentar la edad la amplitud de acomodación empieza a disminuir y entorno a los 36 años se ha reducido a unas 7D. A los 45 años la amplitud es solo de 4D. Al alcanzar los 60 ya solo existe 1D de acomodación. En la figura 1 se puede observar la variación de la AA en función de la edad.



**Figura 1.** Variación de la amplitud de acomodación con la edad

Actualmente existen varios métodos de corrección de la presbicia,

El uso de lentes oftálmicas, y la opción que menos rechazos genera son las lentes monofocales con la potencia adecuada para ver de cerca. Sin embargo, si el sujeto es amétrope son necesarios otros tipos de soluciones tales como las lentes bifocales y las progresivas.

Las lentes oftálmicas bifocales, tienen una buena adaptación pero no proporcionan zona de visión intermedia y se produce un salto de visión lejana a la cercana. [2]

Las lentes progresivas son la alternativa más utilizada hoy en día. Proporcionan una visión continua de todas las distancias por el cambio de la potencia sin discontinuidades. Una de las desventajas es que va a existir un astigmatismo lateral reduciendo así el campo visual [3].

Además, también se puede utilizar otras soluciones para la corrección de la presbicia como las lentes de contacto.

Existen diferentes posibilidades:

- Monovisión, donde se utiliza LC monofocales de diferente potencia en cada ojo, en un ojo se adapta una LC para lejos y en el otro para cerca, a su vez puede ser:

- Simple
- Modificada
- Compuesta.

- Lentes de contacto multifocales, existen dos mecanismos:

- LC multifocales de visión simultánea o de no traslación: en la zona pupilar existen zonas para la visión lejana y zonas para la visión cercana. Actualmente todas las lentes multifocales hidrofílicas funcionan con este sistema, aunque está la posibilidad de encontrarlas en material permeable.

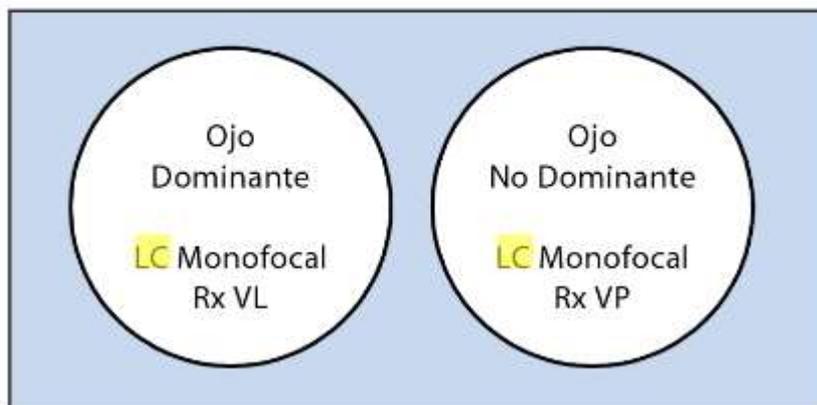
- Concéntricas o bifocales
- Asféricas o progresivas

- LC multifocales de visión alternante o de traslación: diseño similar al de las lentes oftálmicas bifocales, la lente debe moverse para que la pupila coincida con la zona de lejos para mirar un objeto lejano, y lo mismo con la zona de cerca.[4] Este tipo de adaptación solo se puede conseguir con lentes permeables:

- Segmentadas
- Concéntricas

- MONOVISIÓN

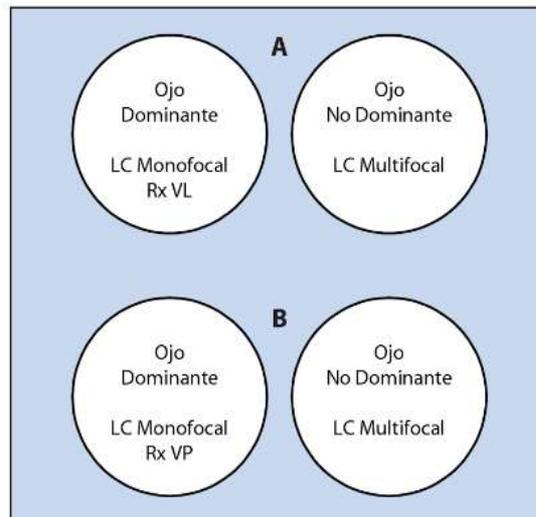
La corrección de LC mediante la técnica de monovisión, normalmente se basa en la adaptación de una LC monofocal con la potencia para corregir la refracción de lejos en el ojo dominante y la refracción de cerca en el ojo no dominante[5]. En la figura 2 se muestra un esquema de adaptación en monovisión. La visión a ambas distancias se consigue mediante la supresión de un ojo selectivamente cuando utiliza el otro [6] con este tipo de adaptación la estereopsis se puede ver reducida junto con otros inconvenientes como la dificultad en la visión nocturna y la reducción de la sensibilidad al contraste [7]. Los efectos de supresión pueden a largo plazo causar problemas potenciales a la visión binocular. Para este tipo LC es necesario un tiempo de adaptación de 2 a 6 semanas para obtener buenos resultados [8].



**Figura 2.** Ojo dominante LC monofocal para VL, ojo no dominante LC monofocal para VP.

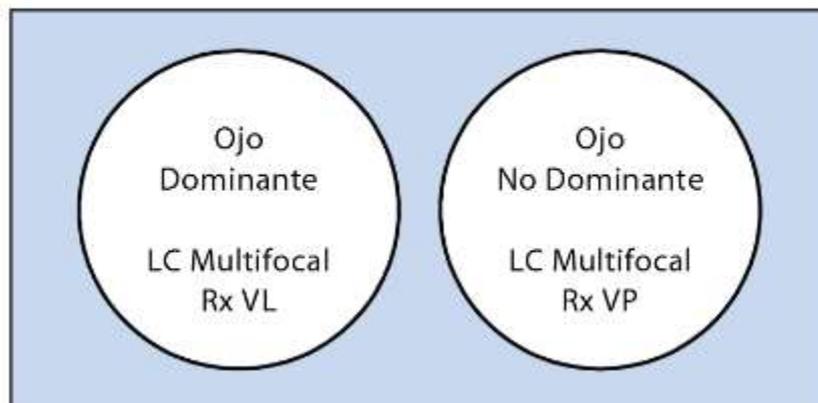
Las técnicas de monovisión pueden variar en función de la lente de contacto empleada:

- Monovisión modificada, se adapta una lente monofocal para la visión de lejos y en el ojo contralateral, una lente multifocal para la visión cercana. Se pueden emplear diferentes adaptaciones, como se ve en la figura 3, imagen A, se adapta LC monofocal en ojo dominante para VL y en ojo no dominante LC multifocal. En la imagen B, adaptación de LC monofocal en ojo dominante para VP y en ojo no dominante LC multifocal.



**Figura 3.** A) Adaptación de LC monofocal para VL en ojo dominante y LC multifocal en ojo no dominante. B) Adaptación de LC monofocal para VP en ojo dominante y LC multifocal en ojo no dominante.

- Monovisión modificada compuesta, modalidad intermedia, técnica que consiste en adaptar LC multifocales en ambos ojos de manera que el ojo dominante este mejor corregido para la visión de lejos y el no dominante para la visión próxima. [5] [9] Se consigue así una visión satisfactoria en las distancias de lejos, cerca e intermedia, con una binocularidad aceptable, siempre teniendo en cuenta que a mayor grado de presbicia la binocularidad empeorará. [7] Como se observa en la figura 4, una adaptación de LC multifocal en ojo dominante para VL y LC multifocal para VP en ojo no dominante.



**Figura 4.** Adaptación monovisión modificada de LC multifocal.

Para que este tipo de adaptaciones funcionen correctamente para compensar la presbicia es fundamental conocer la dominancia ocular y su concepto. La dominancia ocular es la preferencia de uno de los dos ojos frente al otro para una determinada tarea, esto significa, que es la solución que da el cerebro para

eliminar la diplopía en caso de la existencia de rivalidad binocular [10]. Existen varias formas de determinar la dominancia ocular: dominancia sensorial, dominancia oculomotora, dominancia direccional.

No suele haber ningún tipo de relación entre las tres dominancias y cabe la posibilidad de que cada ojo asuma una de ellas, intercambiándolas entre visión lejana y visión cercana. El grado de dominancia depende además de cada sujeto y es posible encontrar casos de dominancia alternante [10].

## - VISIÓN SIMULTÁNEA

Con este tipo de adaptaciones donde en el área pupilar existen zonas para la visión cercana y zonas para la visión lejana, la retina recibe información nítida e información borrosa a la vez. El cerebro necesita realizar una selectividad visual para dar más importancia a la imagen nítida y suprimir la imagen borrosa.

En un paciente emétrope, el cerebro no recibe una imagen perfecta, recibe una imagen difuminada con foco a diferentes distancias de la retina. Para la adaptación de LC multifocales de visión simultánea el tamaño de la pupila es crítico. Como hemos dicho anteriormente existen diferentes adaptaciones:

- Lentes concéntricas o bifocales: son lentes con dos focos, lejos y cerca. Este tipo de adaptaciones no cubren distancias intermedias, en casos con adiciones altas el paciente podría tener problemas.

Hay ocasiones donde se combina en un ojo con centro lejos y periferia cerca y en el otro ojo con centro cerca y lejos en periferia. En este caso estas adaptaciones son muy similares a la monovisión.

- Lentes esféricas o progresivas: son también lentes con dos focos, pero en este caso la progresión de lejos cerca se hace de manera progresiva a lo largo de la lente de contacto como lo hacen las lentes oftálmicas progresivas. Este tipo de adaptaciones provoca que en zonas de visión intermedia la sensibilidad al contraste disminuya. Para este tipo de lentes de contacto existen varios diseños en el mercado, los cuales unos tiene centro lejos y otros centro cerca.

Para adaptar una lente multifocal las pautas a seguir serán las mismas que para cualquier otra lente, pero el movimiento y sobre todo el diámetro pupilar y centrado serán críticos en la adaptación. Para la adaptación de visión simultánea hay que tener en cuenta varias consideraciones:

- Compensar visión lejana con el máximo positivo que el sujeto sea capaz de aceptar, y establecer la adición mínima con la que pueda leer.
- Dominancia ocular, siempre el ojo no dominante para cerca.
- Agudeza visual y sobrerrefracción tomar en condiciones binoculares.

#### - VISIÓN ALTERNANTE

Lentes de contacto con zonas muy diferenciadas para lejos y cerca, la lente debe moverse para hacer que la pupila coincida con la zona de lejos al observar un objeto lejano y el mismo procedimiento para objetos cercanos. Este tipo de adaptación solo es posible mediante lentes Rígidas Gas Permeables (RGP).

- Lentes de traslación segmentadas: mecanismo similar a la lente oftálmica bifocal. Algunos diseños incorporan un truncado en la parte inferior de la lente para facilitar el centrado y el movimiento de traslación apoyándose en el parpado inferior cuando se desciende la mirada. Otros diseños integran un prisma balastrado para mejorar la estabilización.
- Lentes de traslación concéntricas: en este tipo de lentes de contacto las graduaciones para las diferentes distancias se encuentran separadas a modo de anillos concéntricos. En el anillo central se sitúa la potencia de lejos y en el anillo periférico la potencia para compensar la visión próxima.

#### - ESTEREOPSIS

Como se ha comentado anteriormente la estereopsis se ve reducida en casos de adaptación de LC monovisión. La percepción de la profundidad es esencial para la realización de diferentes actividades cotidianas. [11]

La estereopsis es el mecanismo de percepción el cual nos da la mejor información y precisa sobre la distancia relativa de un objeto respecto a otro. Cuando se observa un objeto con ambos ojos, estos observan lo mismo, pero con un ángulo ligeramente diferente, debido a la distancia interpupilar. Esta distancia hace que cada ojo tenga una imagen distinta, estas diferencias son procesadas por el sistema visual, proporcionando así la percepción de relieve. La diferencia entre las dos imágenes retinianas se conoce como disparidad

retiniana [12]. La estereopsis y la percepción de profundidad son términos diferentes que muchas veces se pueden dar como términos iguales.[13] Sin embargo, no son términos equivalentes. Pacientes con visión monocular pueden reconocer sobre las distancias relativas de los objetos en el espacio y sin embargo no tienen estereopsis. La percepción de profundidad es percepción de diferencias relativas o absolutas, en la distancia entre el observador y los objetos. Y la estereopsis es la percepción visual binocular del espacio tridimensional, basado en la disparidad retiniana.

Se puede percibir profundidad monocularmente. Si se realiza la prueba monocular y se observan objetos a diferentes distancias, seremos capaces de percibir las distancias relativas entre ellos gracias a una serie señales. Siendo estas señales monoculares como el tamaño aparente, perspectiva aérea, perspectiva geométrica, luces y sombras, paralaje del movimiento o la interposición, gradiente de textura; y señales oculomotoras como la acomodación o la convergencia. [14] Todos estos factores son pistas monoculares que nos van ayudar a distinguir a que distancia están los objetos de nosotros. La escena que vemos proporciona una gran cantidad de información añadida a la de disparidad binocular que el cerebro ha aprendido a interpretar para evaluar distancias de forma monocular. Se tienen muchos estudios teóricos sobre la estereopsis, pero únicamente una pequeña fracción se ha llevado a lo experimental [15] [16].

La estereoagudeza o agudeza visual estereoscópica (AVE) es la mínima diferencia de distancias en que dos objetos son percibidos en posiciones diferentes, se expresa en unidades angulares (segundos de arco) [15]. Existen diferentes estudios que evalúan la una influencia de parámetros ambientales tales como la iluminación y las características del estímulo (frecuencia espacial, color, tiempo de exposición [17] sobre la AVE. Además, se ha estudiado que puede estar afectada por otros factores como el desalineamiento de los ejes visuales, errores refractivos, anisometropía, ambliopía y aniseiconia [18][19]. Existen diferentes estudios [20] que analizan como afecta la agudeza visual, el desenfoque y las sensibilidades al contraste a la AVE, como el trabajo de fin de grado previo, donde se estudia la influencia del desenfoque astigmático binocular y la monovisión en sujetos jóvenes [21].

La estereopsis la podemos medir mediante varios test. Los cuales muchos son para la medida de la AVE en visión cercana como: TNO, Titmus, Frisby y Random-Dot Stereogram [22]. Muchos de los estudios clínicos existentes fueron realizados con este tipo de test para cerca.

Los test nombrados anteriormente están diseñados para evaluar la existencia de estereopsis y el grado de la misma. Es importante determinar el umbral de profundidad. Los test más utilizados son los de estereogramas, test de Titmus (test de la mosca) (véase figura 5), de círculos y animales. Utiliza anáglifos, que mediante lentes polarizadas estimulan ambas retinas con una leve disparidad binocular, teniendo así una sensación de profundidad, al verse en visión disociada con polarizadores, cada una de las imágenes estimulará una de las retinas, pero con una ligera disparidad binocular una respecto a otra [7]. El inconveniente de este tipo de test es que pacientes que no tienen estereopsis pueden ser capaces de adivinar la respuesta correcta mediante pistas monoculares. Los test de Random-Dot, son puntos aleatorios que no son percibidos de forma monocular, es decir, solo se pueden reconocer con dos estereogramas que estimulen ambos ojos al mismo tiempo, mediante filtros polarizados. Este último elimina el problema de los test nombrados anteriormente. El test de TNO, son siete láminas, con imágenes distintas entre sí y que solo se pueden observar con gafa rojo-verde. El test contiene láminas que solo se pueden ver cuando ambos ojos trabajan de forma coordinada. El test de Frisby, consiste en 3 láminas transparentes de diferente espesor con cuatro discos de puntos aleatorios (véase figura 6). El espesor de la lámina crea una diferencia de profundidad. La tarea del observador es identificar que disco se encuentra en una superficie diferente. [7]



**Figura 5.** Test de Titmus



**Figura 6.** Test de Frisby

Debido a que la AVE en visión lejana se mide con menos frecuencia, existen menos test diseñados para su medida por lo que encuentran pocos estudios clínicos sobre esta. La medida para la AVE en lejos, se puede realizar mediante el Test de Howard-Dolman. Uno de los test más utilizados para medida de la AVE. Él test consiste en dos varillas negras verticales iguales sobre un fondo blanco. Las cuales se separan con una distancia fija. Se observan a través de una rendija horizontal. Con esta rendija el sujeto únicamente verá la parte central de las varillas. Con esto se eliminan las pistas monoculares. El sujeto deberá mover las varillas hasta que crea que están equidistantes. La distancia de medida puede abarcar desde el observador hasta 6 metros [17]. Otro de los test que se pueden utilizar para la medida de la AVE es la unidad de OptoTab®, el cual nos permite medir el umbral de estereopsis a diferentes distancias y además con diferentes tamaños y formas del estímulo. El programa además consta con la posibilidad de modificar el valor de disparidad, haciéndolos más finos o más gruesos. Consta también de un modo, donde el examinador puede poner la AVE igual a cero, para reconocer a pacientes que contestan de manera impulsiva y de manera aleatoria. Una de las ventajas de este frente al test nombrado anteriormente es que no necesita de un equipo complejo. Con un monitor, el programa y la Tablet se pueden realizar gran cantidad de pruebas con el mismo material. [23]

#### Hipótesis:

Factores como defectos refractivos, anisometropías afectan a la AVE. La hipótesis de este trabajo es estudiar la relación entre la generación de desenfoque esférico monocular en pacientes presbitas y cómo afecta esto a la estereopsis, es decir, determinar el desenfoque mínimo a partir del cual no exista estereopsis y por lo tanto no sería posible una adaptación de LC en monovisión.

Objetivos:

Valorar la influencia de la monovisión (monocular) en la estereopsis medida en visión lejana en pacientes presbitas y por lo tanto posibles candidatos al uso o adaptación de LC monovisión. Para ello, se han generado desenfoques esféricos con lentes positivas de diferente cuantía +1,00 +2,00 y +3,00 en el ojo no dominante de los pacientes, para simular la adaptación que tendría un paciente presbita con lentes de contacto.

### 3. MÉTODOS

---

Se evaluaron a 18 sujetos présbitas con edades comprendidas entre 38 y 68 años. Todos los sujetos incluidos en el estudio deben ir corregidos con LC o gafas y su agudeza visual (AV) debe ser superior a 0.8 (AV decimal). En la tabla 1 se muestran los criterios de exclusión empleados en este estudio.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Personas con una AV inferior a 0.80 en VL y VC con la mejor corrección
Ambliopías
Patologías oculares sistémicas
Cirugía refractiva previa
AVE >60" con los test realizados para VP

**Tabla1.** Criterios de exclusión

A todos los sujetos se les informó de manera previa las pruebas que se le iban a realizar y firmaron así un consentimiento informado (véase Anexo 1).

Las medidas se realizaron en los gabinetes de optometría de la Facultad de Ciencias (Universidad de Zaragoza), en condiciones de iluminación óptimas para no influir en el diámetro pupilar y en la posible acomodación, y fueron realizadas por el mismo examinador (EEG). La duración máxima de las medidas para cada sujeto fue de 1 hora para evitar el cansancio y la fatiga.

Para realizar el estudio se utilizó el material descrito a continuación:

- Autorefractómetro de campo abierto (Grand Seiko WAM-5500)
- Test de Titmus
- Test de Frisby
- Lentes polarizados
- Unidad OptoTab® office polar de smarthings4vision; con pantalla de 23" controlada por una Tablet de 7". Es un instrumento basado en Android para la valoración avanzada de la función visual. <https://www.smarthings4vision.es/>
- Ficha del paciente (véase Anexo 2)

Para todos los sujetos se siguió el mismo procedimiento y orden de las pruebas. Antes de la medida de la estereopsis en visión lejana se realizaron las pruebas que se describen a continuación.

- Anamnesis para descartar sujetos que presenten algún criterio de exclusión.
- Medida de la AV monocular y binocular con Optipos de Snellen. Utilizando la unidad OptoTab®.
- Test del ojo dominante motor. Se define a partir del ojo que fija, en presencia de disparidad de fijación. Apuntar a un objeto haciendo un orificio entre las manos, si al cerrar uno de los ojos el objeto sigue entre el orificio, éste es el ojo dominante.
- Medida de la refracción objetiva con el autorrefractómetro de campo abierto. Se realizaron tres medidas de cada ojo.
- Medida de la disparidad de fijación central tanto en vertical como en horizontal. En la figura 8 se muestra el test utilizado para medir la disparidad de fijación. Se realizaron un total de 6 medidas, 3 medidas con la corrección en foróptero y otras 3 añadiendo las lentes polarizadas al foróptero. Para la medida se utilizó el modo automático del que dispone la unidad OptoTab.
- Medida de la amplitud de acomodación, mediante el método de Donders, realizando la prueba monocular, con tres repeticiones, con la corrección de lejos.
- Medida de la agudeza visual estereoscópica basal en lejos (5m) con Optoab® y en cerca (40cm) con el test de Titmus y el test de Frisby.

Para la medida de la AVE en visión lejana se llevaron a cabo diferentes experimentos que se describirán a continuación. Se realizaron a una distancia de 5 metros con la unidad de OptoTab y utilizando el modo automático el cual permite un patrón aleatorio y evita el aprendizaje. En la figura 8 se muestra el test utilizado para la medida de la AVE.



**Figura 7.** Medida de la disparidad de fijación



**Figura 8.** Unidad de OptTab para la realización de la medida de la estereopsis en lejos.

El experimento se realizó a sujetos présbitas y pacientes con posible inicio en la presbicia. Se generó desenfoque en el ojo no dominante, empezando siempre con la lente de +1,00D, midiendo su AVE, siguiendo con la de +2,00D y con la de +3,00D. Siempre realizando este proceso con la graduación habitual para lejos del paciente en el foróptero.

## 4. RESULTADOS

El estudio se realizó con 18 sujetos présbitas o con inicio de presbicia con edades comprendidas entre 38 y 68 años con un promedio de edad de  $53,11 \pm 8,98$  años. De los 18 participantes en este estudio 11 fueron mujeres y 7 hombres. La medida de la AV monocular en lejos fue  $0,028 \pm 0,056$  logMar y una AV binocular de  $-0,016 \pm 0,0498$  logMar, estas medidas fueron tomadas mediante el optotipo de Snellen y con su mejor corrección.

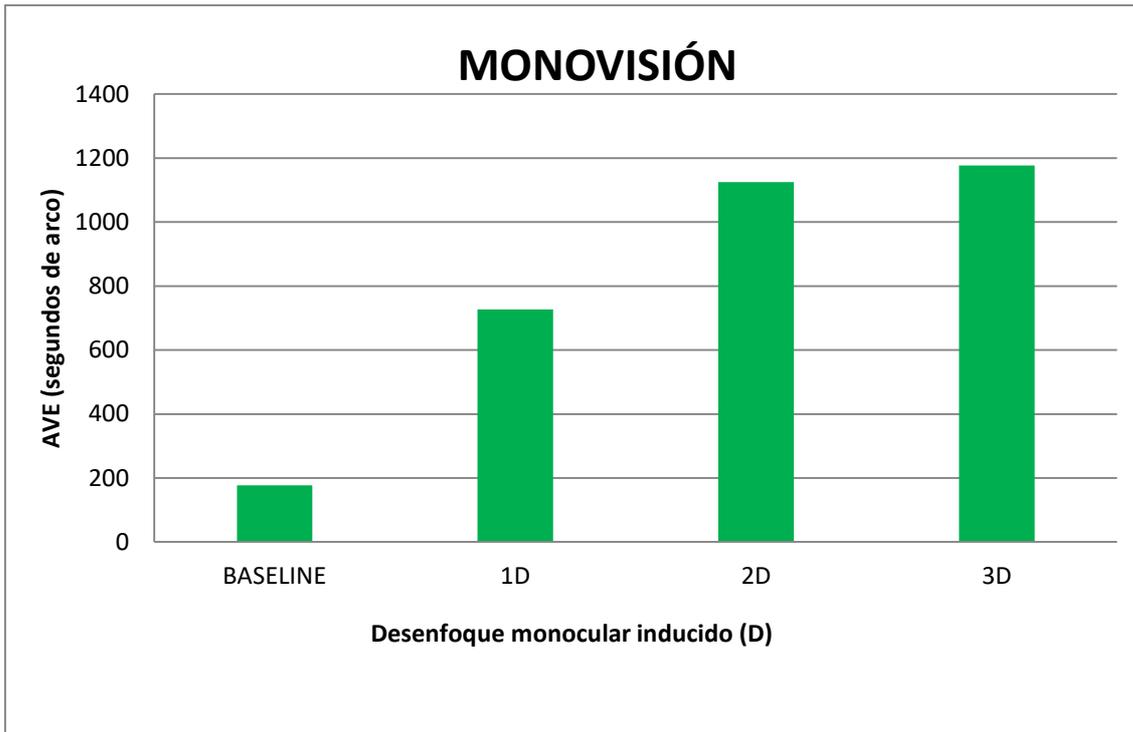
El error refractivo esférico fue de  $-1,062 \pm 2,53D$  y el cilindro de  $-0,734 \pm 0,954D$ , medidos con el autorrefractómetro de campo abierto. La disparidad de fijación vertical medida fue  $-0,215 \pm 1,291$  [rango,  $1,33 - (-1,00)''$ ] y la horizontal de  $0,25 \pm 0,925$  [rango,  $3,67 - (-3,00)''$ ] medida con el OptoTab®. La AVE baseline en cerca fue de  $38,33 \pm 4,85''$  medido con el test de Titmus y de  $55 \pm 0''$  con el test de Frisby.

La AVE obtenida en lejos (5 metros) fue de  $177,05 \pm 262,21''$  medida con el OptoTab®. (Véase figura 8). Nótese que todos los pacientes tenían una AVE de cerca con el test de Frisby y de Titmus menores de  $60''$  (criterio de exclusión), sin embargo, la AVE de lejos fue de  $177,05 \pm 262,21''$ . La amplitud de acomodación obtenida en OD fue de  $6,46 \pm 3,13D$ , y en OI de  $6,45 \pm 3,02D$ .

Se analiza el efecto del desenfoque inducido de manera monocular en la medida de la AVE. En la tabla 2 se muestra la AVE basal así como la AVE obtenida con cada uno de los desenfoques esféricos inducidos monocularmente el en ojo no dominante. Se observa que la AVE se ve muy afectada en los tres casos, sobre todo se ve más acusada con las lentes de  $+2,00$  y  $+3,00D$ , en las cuales la AVE se reduce  $1017,62$  y  $1078,11$  con respecto a la AVE basal. En la figura 9 se muestran representados los valores de la tabla 2.

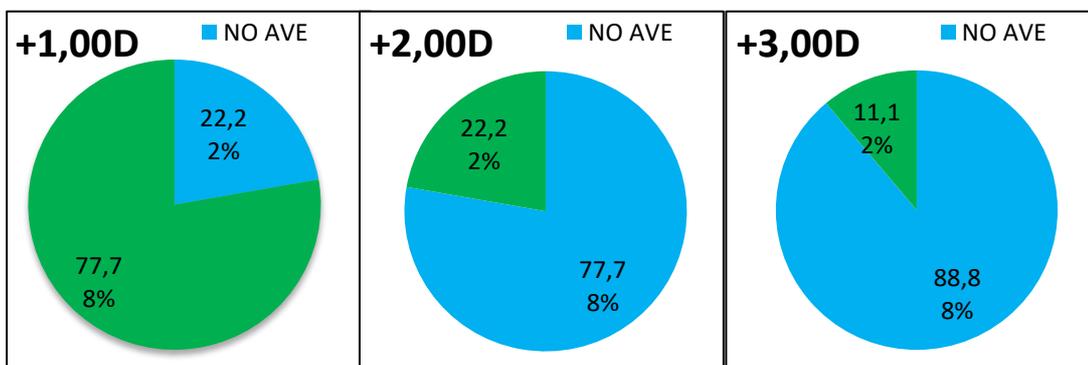
MONOVISIÓN	Promedio de AVE (")
AVE baseline (segundos de arco)	$177,05 \pm 262,214$
$+1,00D$	$797,302 \pm 545,709$
$+2,00D$	$1194,67 \pm 366,027$
$+3,00D$	$1255,16 \pm 369,313$

**Tabla 2.** Medida de la AVE y desviación estándar para las diferentes potencias



**Figura 9.** AVE promedio con las diferentes adiciones en el ojo no dominante y el promedio de la AVE baseline, induciendo monocularmente desenfoque esférico.

En la Figura 10 se muestra el porcentaje de sujetos que presentan AVE y no presentan AVE para cada una de las lentes. El 88,88% de los sujetos del estudio con lente de +3,00D no tuvieron AVE, en cuanto a los sujetos con la lente de +2,00D el 77,78% de los sujetos no tuvieron AVE. Por lo que únicamente dos personas con la lente de +3,00D pudieron fusionar. Y con la lente de +2,00D sólo 4 personas llegaron a fusionar la imagen. Con la lente de +1,00D, el porcentaje de fallos es menor, siendo del 22,22%, los sujetos que no pudieron fusionar (véase figura 10).



**Figura 10.** Sujetos que no lograron tener AVE en porcentajes y sujetos que sí consiguieron AVE. Con las lentes de +1,00D, +2,00D

## 5. DISCUSIÓN

---

La presbicia es el estado refractivo del ojo, en el cual a causa de una disminución fisiológica de la amplitud de acomodación debido al aumento de la edad, el grado de acomodación no es suficiente para mantener una visión nítida a la distancia habitual de trabajo y existe dificultad para la visión próxima [24]. En consecuencia, el punto próximo se aleja de forma progresiva.

La presbicia se puede corregir de diferentes maneras, mediante lentes oftálmicas o mediante lentes de contacto, como se ha nombrado anteriormente, existen diferentes métodos de adaptación de lentes de contacto, algunas de ellas pueden afectar a la visión binocular estereoscópica.

La visión binocular permite fusionar en una percepción única las sensaciones recibidas por cada una de las retinas. Con la visión estereoscópica podemos juzgar la distancia relativa de los objetos por medio de la visión binocular, ésta depende de pequeñas disparidades entre las imágenes retinianas.

Existen diferentes factores que afectan a la estereopsis como los errores refractivos sin corregir, anisometropías, ambliopías y estrabismos [20].

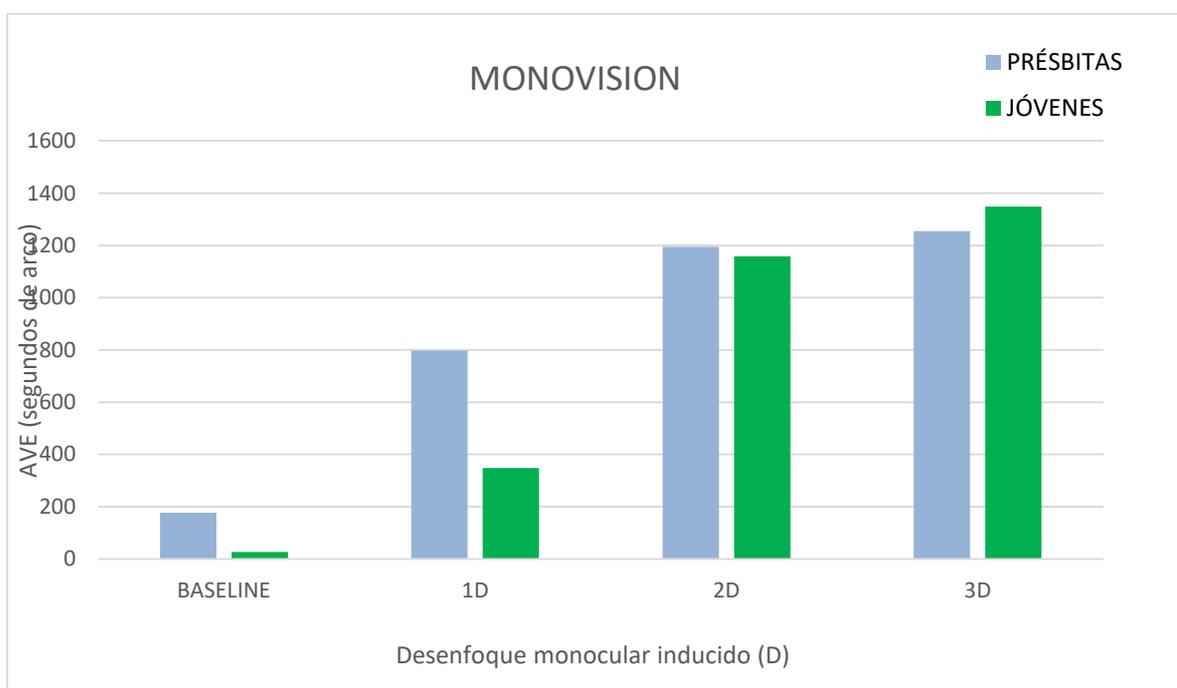
La agudeza visual estereoscópica, que mide la sensibilidad de la visión estereoscópica se determina a partir del umbral de profundidad.

La AVE se suele medir clínicamente en visión próxima con test como Frisby, Titmus.

Para visión próxima son valores normales de AVE hasta 480". Superior a ese valor no tendrían AVE. [25] Pero existen también diferentes estudios experimentales donde se mide la AVE en distintas condiciones, la inducción de anisometropía o generando desenfoque [26]. La finalidad del este estudio fue determinar la influencia del desenfoque monocular en la AVE. Para ello, se indujeron tres tipos de desenfoque esféricos monocularmente en el ojo no dominante, con lentes de +1,00D, +2,00D y +3,00D, para simular la monovisión en una adaptación de lentes de contacto para lejos y para cerca. Este estudio fue llevado a cabo con sujetos présbitas.

En el estudio realizado por PGB [21], donde se mide la AVE induciendo monovisión en pacientes jóvenes, con lentes de +0,75D, +1,50D y +2,25D se observa que a mayor desenfoque generado mayor afectación de la AVE, como ocurre en el presente estudio, induciendo monovisión en pacientes présbitas (véase Tabla 1 y figura 9). En la figura 11 se pueden comparar los datos obtenidos para pacientes jóvenes y pacientes présbitas induciendo monovisión

en el ojo no dominante. En color azul se pueden observar los datos obtenidos para pacientes présbitas y en verde la AVE obtenida en pacientes jóvenes. Nótese que los valores de monovisión utilizados en el anterior trabajo no son los mismos que los empleados en el presente estudio. Se observa que la AVE baseline en pacientes jóvenes tiene un valor mucho más óptimo que en pacientes présbitas. Para la lente de +1.00 D la AVE es mucho mejor en sujetos jóvenes que en présbitas, hecho que no ocurre para los otros dos desenfoques generados, donde la AVE alcanzada por sujetos jóvenes y présbitas es más similar. En este punto hay que recalcar que con la lente de +3.00 D sólo dos sujetos présbitas consiguieron fusionar.



**Figura 11.** Comparativa entre sujetos jóvenes (en verde) y sujetos présbitas (en azul). Al generar desenfoque esférico con lentes de +1,00D, +2,00D y +3,00D.

Dadeya et al. [24] estudió el efecto de la anisometropía en función binocular medida a 6 metros. Se obtiene que ningún sujeto tenía fusión con una anisometropía mayor de +3,00D. Únicamente 1 sujeto de los 30 estudiados consiguió fusionar con una anisometropía de +2,00D. Los resultados obtenidos en ese estudio demostraron que la visión binocular se deterioró con el aumento de la anisometropía, y la anisometropía esférica fue más perjudicial que la astigmática. En el presente estudio únicamente 2 sujetos pudieron fusionar con la lente de +3,00D, coincidiendo con los resultados obtenidos en el estudio de

Dadeya, siendo en ambos estudios un porcentaje muy bajo el de sujetos que fusionaron al generar anisometropía esférica.

Oguz et al. [27] determina el efecto de la anisometropía inducida experimentalmente en adultos sanos. Participaron 21 adultos donde se indujeron cuatro tipos diferentes de anisometropía; miopía unilateral, hipermetropía unilateral o astigmatismo unilateral [90 ° o 45 °]. La AVE se midió mediante el test de Titmus. Los resultados de la AVE se redujeron en proporción al grado de anisometropía en todos los pacientes. Una dioptría de anisometropía redujo la AVE a un promedio de 57-59 segundos de arco, 1D de anisometropía cilíndrica redujo la AVE a un promedio 51-56 segundos de arco. Tres dioptrías de anisometropía, independientemente del tipo, produjeron una marcada reducción de la AVE en todos los pacientes. Los experimentos se realizaron en visión próxima, pero cabe destacar que siguen la misma tendencia que en el presente estudio, donde la reducción de la AVE va en proporción al aumento de la anisometropía.

Sing et al. [28] realizó un estudio induciendo desenfoque en el ojo dominante y no dominante. La AVE fue medida para lejos y para cerca. Se observó que la AVE se ve disminuida en lejos y en cerca tanto para desenfoque miópico como hipermetrópico. Los sujetos perdieron la estereopsis en cerca con +2,00D. Y se perdía visión binocular con +3,00D para visión próxima. En el estudio se pudo concluir que para el máximo desenfoque hipermetrópico, la visión binocular no se perdía debido a la activación de la acomodación. Efecto que también fue observado por Dadeya et al. [24]. Analizando todos los datos se puede observar que conforme aumentan las dioptrías de anisometropía la AVE disminuye.

Mediante la inducción de desenfoque monocular, se estudia cómo afecta la anisometropía. La anisometropía hace referencia a la diferencia de una dioptría o más entre ambos ojos. Esta anisometropía genera una aniseiconia, es decir, diferentes tamaños de las imágenes retinianas de ambos ojos. [26][29]

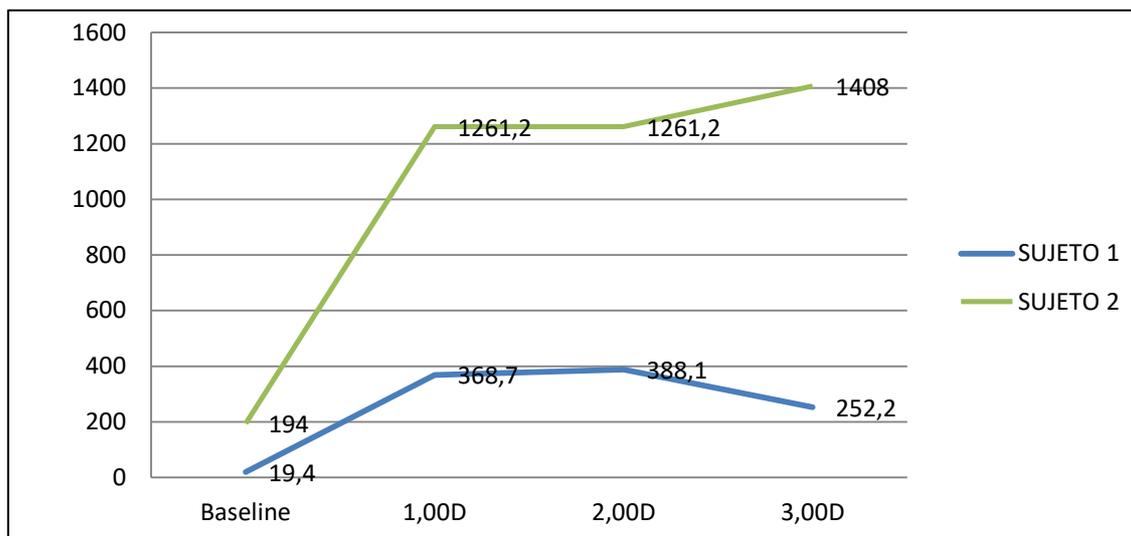
Azar et al. [30] estudió los factores que influyen en el éxito de la monovisión para determinar el resultado de la AVE que obtienen. La tasa de éxito fue del 73%. Se consideró éxito menos de 50 segundos de arco de reducción de la AVE. La monovisión dio como resultado una gran reducción de la sensibilidad al contraste binocular, y una disminución en un 2-6% en el rendimiento de la tarea. En este estudio se resume que la monovisión es una tipo de adaptación

terapéutico efectivo y razonable para corregir la presbicia. Pero la selección adecuada del paciente y el examen optométrico son muy importantes para el éxito de la monovisión.

Sanders et al. [31], investigan como afecta la agudeza visual binocular en sujetos que usan visión simultánea con lentes de contacto multifocales. Participaron un total de 25 sujetos jóvenes usuarios de lentes de contacto, se le tomaron medidas con lentes de +1,00D, +1,50D, +2,00D, +2,50D, con un nivel de luz fotópico y escotópico. La reducción de la agudeza visual de Snellen fue de 20/16 a 20/17 entre los potencias de +1,00D y +2,50D en condiciones fotópicas. Por otra parte, estudiaron cómo afecta la monovisión en la sensibilidad al contraste. Donde resultó un cambio de agudeza visual de 20/24 a 20/27 para contrastes bajos, en condiciones fotópicas, el cambio fue significativo. Lo mismo ocurrió con contrastes altos realizando la prueba en condiciones mesópicas la agudeza visual de 20/24 a 20/28. Se podría decir que la inducción de desenfoque esférico no solo afecta a la estereopsis sino también a la sensibilidad al contraste y en menos medida a la agudeza visual.

En algunos estudios [32] describen que las lentes de contacto multifocales proporcionan una buena calidad visual en visión lejana, aunque menos que en monovisión o con gafas. La sensibilidad al contraste y la estereopsis se ven reducidas también con lentes de contacto multifocales. Se deduce también que el aumento de la adición reduce la sensibilidad al contraste. En cuanto a la adaptación de lentes de contacto en monovisión, proporcionan una AV buena, pero la reducción de la sensibilidad al contraste fue notable, pero el mayor impacto se produjo en la estereopsis. Como ocurre en el presente estudio. A mayor adición la estereopsis se ve afectada notablemente.

En la figura 12 se muestra la AVE obtenida para dos sujetos del presente estudio para los diferentes desenfoques generados. El sujeto 1 en azul puede fusionar con las tres lentes utilizadas, el sujetos 2 por el contrario no puede fusionar con ninguna de las lentes utilizadas. Nótese que la AVE baseline para el sujeto 2 es mucho peor.



**Figura 12.** Representación gráfica de dos sujetos, sujeto 1 con fusión con las tres lentes que generan el desenfoque esférico, sujeto 2 no existe fusión con ninguna de las lentes utilizadas.

## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se obtienen del presente estudio son las siguientes:

- 1) La AVE disminuye a medida que aumentan la anisometropía esférica generada en el ojo no dominante del paciente.
- 2) Se observa que, comparando los resultados del presente estudio realizado en sujetos présbitas con un TFG anterior [23] donde participaron sujetos jóvenes, se obtiene que los sujetos de mayor edad tuvieron más problemas para fusionar con alguna de las lentes que los sujetos de menor edad.
- 3) Con los resultados obtenidos dependiendo de la edad y el tipo de graduación que tenga el sujeto, podríamos decir que la monovisión sería aceptable con +1,00D, ya que únicamente 4 sujetos pudieron fusionar con la lente de +2,00D y el valor de la estereopsis se reduce considerablemente.

En este trabajo se ha estudiado sólo la estereopsis con la generación de desenfoques esféricos monoculares. Sin embargo, para la adaptación de lentes de contacto tipo monovisión sería conveniente analizar otros parámetros tales como la sensibilidad al contraste [31][32].

## 7. BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] Ondategui Parra, J.C; Borrás García, M.R. Optometría: manual de exámenes clínicos. Universidad politécnica Catalunya, España. Ed. Ilustrada. (2010)
- [2] Vázquez Blanco, M. Efecto de la adición de las lentes de contacto multifocales en la sensibilidad al contraste y la estereopsis. (pág.6-7)(2016). Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/19104/1/TFG-G1797.pdf>
- [3] Salvadó Arqués, J; Fransoy Bel, M. Tecnología óptica, Lentes oftálmicas, diseño y adaptación. Barcelona, España, S.A de Litografías; [201-213] (2001).
- [4] Campos E.C; Von Noorden G.K. Vision and ocular Motility: theory and management of strabismus. Pág. [7-10][31-33], (2002).
- [5] Keirl,A; Christie, C; Clinical Optics and Refraction: A guide for Optometrics, Contact lens opticians and dispensing opticians; Ed Elsevier Ltd. (2007).
- [6] Bennett, Edward S; Weissman, B. Clinical Contact Lens; Philadelphia, USA. Ed: Lippincott Williams & Wilkins. (2005)
- [7] Pons Moreno, A.; Martínez Verdú, F. Fundamentos de visión binocular. Guada Impresores (2004).
- [8] Martín Herranz, R; Colegio nacional de ópticos-optometristas de España. Contactología aplicada (2005).
- [9] Durán de la Colina, Juan A.. Ed: Díaz de Santos: Complicaciones de las lentes de contacto.
- [10] Puelles López, L; Martínez Perez, S; Martínez de la Torre, M Neuroanatomía; Madrid (España). Ed médica Panamérica. [288-290], (2008).
- [11] Howard, I.P; Rogers, B.J; Binocular vision and stereopsis, New York (New York). Ed. Oxford University Press. (1995),

[12] Valero Muñoz, A. Principios de color y holopintura. Ed: Club Universitario; (pág 221-227) (2012).

[13] Saladin JJ. Stereopsis from a performan; Optometry and vision science, 82(3):186-215 (2005).

[14] Álvarez JL, Tapias M. Tema 9: Distancia visual. Recuperado de <http://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=37012010/1/52899/35172-4331.pdf>

[15] Singh D, Aggarwal S, Sachdeva M, Saxena R; Effect of induced monocular blur on monocular and binocular visual fuctions. Indian Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology, 1(4):197-201. (2015)

[16] Bradley A, Thomas T, Kalaher M, Hoerres M; Effects of Spherical and Astigmatic Defocus on Acuity and Contrast Sensitivity: A comparsion os three clinical charts. Optometry Vis Sci, 68(6): 418-426. (1991).

[17] Sánchez Pérez M.I; Caracterización global de la medida de la esteroagudeza. (Tesis doctoral, Universidad Complutense, Madrid) (2014). Recuperada de <http://eprints.ucm.es/27701/1/T35512.pdf>

[18] Kulkarni V, Puthran N, Gagaj B; Correlation between stereoacuity and experimentally induced graded monocular and binocular astigmatism. Journal of clinical and diagnostic research,10(5):NC14-NC17; (2016).

[19] Lovasik JV, Szymkiw M; Effects of aniseikonia, anisometropia, accommodation, retinal illuminance and pupil size on stereopsis. Invest Ophthalmol Vis Sci, 26:741-750. (1985)

[20] Jethani J, Shah K, Kellaiya A, Patel N; The effect of experimentally induced anisometropia on binocularity and bifoveal fixation. Gujarat Meidcal Journal, 70 (1): 52-58; (2015).

[21] Gurrea, P; Trabajo de fin de grado: Efecto del desenfoque astigmático y la monovisión en la medida de la estereopsis. (2017)

[22] Cooper J, Warshowsky J; Lateral displacement as a response cue in the Titmus Stereo test. *Am J Optom Physiol Opt*, 54:537-541; (1977).

[23] Palos Mateo, F; Perchés Barrena, S; Ares García, J; Estereopsis. *Blog. SmarThings4Vision*. <https://www.smarthings4vision.es/blog/> (2018)

[24] Dadeya S, Kamlesh, Shibal F; The effect of anisometropia on binocular visual function. *Indian J Ophthalmol*, 49:261, et al.(2001).

[25] Pons Castro, L. Estereopsis en pacientes operados de exotropía intermitente. *Revista Cubana de Oftalmología* 2012; 25(2): 280-287

[26] Nakano S, Hiraoka T, Hasegawa Y; Effect of monocularly and binocularly induced astigmatic blur on stereopsis. *Ophthalmol Vis Sci*,53. et al.(2012).

[27] Oguz H, Oguz V; The effects of experimentally induced anisometropia on stereopsis, 37-214, (2001)

[28] Sing D, Aggarwal S, Sachdeva M, Saxena R; Effect of induces monocular blur on monocular and binocular visual functions. *Indian Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology*, 1(4): 52-58 (2015)

[29] Kulkarni V, Puthran N, Galgal B; Correlation between stereoacuity and experimentally induced graded monocular and binocular astigmatism, 10:NC14-NC17.(2016)

[30] Azar, D; Arora, I; Sandeep, J; Success of monovision in presbyopes: Review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Volumen 108, nº 8* (2001).

[31] Sanders E, Wagner H, Reich LN. Visual acuity and "balanced progressive" simultaneous vision multifocal contact lenses. *Eye Contact Lens*. 2008;34:293-6

[32] Gupta N, Naroo SA, Wolffsohn JS. Visual comparison of multifocal contact lens to monovision. *Optom Vis Sci*. 2009;86:98-105.

## ANEXO 1



### Consentimiento informado

Yo, \_\_\_\_\_, mayor de edad, con DNI\_ expreso mi consentimiento para participar de este estudio.

Manifiesta que ha sido informado sobre la naturaleza de las pruebas a las que se somete y ha entendido lo referente a su participación en la medida de la estereopsis, estando advertido de los siguientes aspectos:

1. Estas medidas forman parte de una investigación para la realización de un trabajo fin de grado.
2. El propósito de las pruebas es la medida de la estereopsis en visión de lejos de manera subjetiva y en distintas condiciones de medida.
3. Las medidas se realizaran en un entorno dedicado exclusivamente a investigación.
4. Dada la inocuidad de las medidas no se tiene constancia ni se contempla la posibilidad de ningún acontecimiento adverso. Las medidas generalmente requerirán una única visita y no suponen tratamiento adicional ni alteración (en caso de haberla) con respecto a la prescripción que haya sido administrada por su oftalmólogo u optometrista.
5. Las pruebas a realizar incluirán medidas con uno o varios de los siguientes instrumentos: autorefractómetro de campo abierto (instrumento comercial), y Optotab (instrumento comercial).
6. La intensidad la luz utilizada en los instrumentos de medida experimentales se encuentra en niveles **absolutamente seguros**, siendo menor que la utilizada en la mayor parte de aparatos oftálmicos comerciales.
7. La realización de la prueba no supone gasto alguno al sujeto participante.
8. El carácter de este experimento es absolutamente voluntario. Podrá ser interrumpido por parte del sujeto sin perjuicio y en cualquier momento.
9. Los datos y resultados del experimento son confidenciales, sólo teniendo acceso a ello los científicos involucrados en el proyecto. Los datos se

publicarán de forma anónima. Tras la publicación los datos se conservarán de forma anónima.

10. El número estimado de sujetos implicados en la medida de la estereopsis es de más de 20.
  
11. No dude indicarnos cualquier duda que tenga sobre el experimento, o cualquier duda o incomodidad que quiera hacernos notar durante la prueba. Persona de contacto: Laura Remón Martín, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Zaragoza. Tel 605895812; e-mail: [lauremar@unizar.es](mailto:lauremar@unizar.es)

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

En Zaragoza, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de

Firma del sujeto (o representante legalmente aceptable)	Firma del investigador responsable de la medida
---	---

## ANEXO 2

### Datos personales:

Nombre y apellidos:

Fecha de nacimiento:

Profesión:

### Historia ocular:

Corrección óptica: LC SI/ NO

	GRADUACIÓN	Add	AV MONOCULAR	AV BINOCULAR
OD				
OI				

Ojo dominante: OD/OI

Medicación:

Alergias:

Antecedentes familiares:

### Autorrefractómetro:

	Medida	S	C	$\alpha$
OD	1			
	2			
	3			
OI	1			
	2			
	3			

### Donders:

	Acercamiento			Alejamiento		
OD						
OI						

### Disparidad de fijación (base):

	Disparidad de fijación
Horizontal	
Vertical	

### AV estereoscópica (base):

	optotab	
lejos		

	Titmus	Frisby
Cerca		

Estereopsis:

	+1,00D	+2,00D	+3,00D
Monocular			