



**Universidad  
Zaragoza**

## Trabajo Fin de Grado

# EVALUACIÓN DE UN MÉTODO DE MEDIDA DE VERGENCIAS FUSIONALES

Autor

Ana Belén García Fortún

Director/es

Jorge Ares García

M<sup>a</sup> Pilar Mata Piñol

Grado Óptica y Optometría

2015/2016

# ÍNDICE

---

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PRÓLOGO	1
1.2. VERGENCIAS FUSIONALES	2
1.2.1. Definición	2
1.2.2. Clasificación	2
1.2.3. Clínica de las vergencias fusionales	4
1.2.4. Procedimiento para medir las vergencias fusionales	5
2. OBJETIVOS, MATERIAL Y MÉTODOS	6
2.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO	6
2.2. MATERIALES	6
2.3. MÉTODO	7
2.3.1. Descripción de la muestra	7
2.3.2. Condiciones de realización de la prueba	8
2.3.3. Procedimiento de toma de medidas	8
3. RESULTADOS	12
4. DISCUSIÓN	18
5. CONCLUSIONES	22
6. ANEXOS	24
6.1. ANEXO 1: CONSENTIMIENTO INFORMADO	24
6.2. ANEXO 2: PUNTOS DE RECOBRO EN DIVERGENCIA/CONVERGENCIA/ VERGENCIAS VERTICALES	25
6.3. ANEXO 3: PUNTOS DE ROTURA/RECOBRO PARA CADA UNO DE LOS PARTICIPANTES Y PARA CADA TEST	26
7. BIBLIOGRAFÍA	28

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 PRÓLOGO**

La visión binocular consiste en la integración de las dos imágenes vistas por cada uno de los ojos en una sola imagen. La posición y alineamiento de los ojos de forma adecuada permite la función sensorial correcta, unificando las imágenes de ambos ojos <sup>1</sup>.

Se deben dar cuatro condiciones básicas para que exista visión binocular:

- Los dos campos visuales deben solaparse, obteniendo un campo binocular extenso.
- Los dos ojos deben moverse de forma continuada, y las imágenes formarse en áreas simétricas en las retinas de los dos ojos.
- La información recibida debe transmitirse a regiones asociadas del cortex visual
- El cerebro debe poder fusionar las dos imágenes neurales y obtener una representación única <sup>2</sup>.

El examen binocular requiere varios pasos. La primera fase requiere la medición de la magnitud de la foria en visión lejana y visión próxima o desviación latente de los ejes visuales en condiciones disociadas, así como la relación AC/A (cantidad de convergencia acomodativa que se pone en juego por unidad de acomodación). Los métodos convencionales para medir la foria disociada son el cover test, el test de foria de Von Graeffe, el test modificado de Thorington y la varilla de Maddox. Un test más reciente es el de disparidad de fijación. La relación AC/A se puede medir realizando una segunda medida de la foria adicionando una lente de -1,00 al paciente, de manera que el cambio que se produzca en la magnitud de la foria corresponderá al valor de la relación (AC/A gradiente), o bien mediante la aplicación de una fórmula (AC/A calculado).

El segundo paso es la valoración de la vergencia fusional positiva y negativa utilizando medidas directas e indirectas. Los tests utilizados son la medida de vergencias suaves o la amplitud de vergencias mediante los prismas de Risley del foróptero o el test de vergencias a pasos utilizando barra de prismas. También podemos medir la flexibilidad fusional o la habilidad de nuestro paciente para realizar cambios en la vergencia fusional. Las medidas indirectas se realizan con tests como el ARN (acomodación relativa negativa), el ARP (acomodación relativa positiva), cilindros cruzados fusionados, flexibilidad acomodativa binocular y retinoscopia MEM (método estimación monocular), que miden fundamentalmente la función acomodativa. Por último se debe evaluar la amplitud o cantidad máxima de convergencia, mediante la medición del punto próximo de convergencia.

La tercera fase incluye el análisis del estado sensorial, valorando fusión (test de Worth) y estereopsis (test TNO, Randot...), fundamentalmente <sup>3</sup>.

## **1.2 VERGENCIAS FUSIONALES**

### **1.2.1. Definición**

Los movimientos de vergencias son movimientos disyuntivos de ambos ojos, de forma que los globos oculares se mueven en direcciones opuestas.

Las vergencias fusionales son una medida clínica de la habilidad del paciente para mantener una visión binocular única. Valoran la capacidad que tiene el sistema visual para mantener la fusión mientras se varía el estímulo de vergencia y se mantiene constante el estímulo de acomodación. La vergencia fusional demandada está relacionada con la heteroforia del paciente, de manera que una exoforia crea una demanda de vergencia fusional positiva (VFP), la endoforia, una demanda de vergencia fusional negativa (VFN) y una hiperforia de un ojo, necesita una infravergencia de éste. Esta demanda puede ser considerada como la máxima vergencia fusional necesaria para evitar la diplopía en condiciones normales de visión <sup>4</sup>.

Siempre que deseemos valorar la visión binocular de un paciente deberemos medir las vergencias fusionales. La existencia de una heteroforia no es en sí mismo un problema. Dependerá de que las reservas fusionales que tenga el paciente sean suficientes o escasas para compensar dicha foria, lo que determinará la existencia o no de sintomatología.

Existen diversos criterios para evaluar si una foria está o no descompensada. Entre los que relacionan la medida de la foria y las reservas fusionales están el de Sheard y el de Percival.

-Criterio de Sheard: El valor de la reserva fusional compensatoria debe ser como mínimo el doble del valor de la foria.

-Criterio de Percival: Las reservas fusionales positivas y negativas no deben estar descompensadas, de manera que la de menor valor sea como mínimo la mitad de la reserva de mayor cuantía.

Si no se satisfacen estos criterios, se recomienda la prescripción del menor valor prismático o esférico que permita cumplir las condiciones <sup>5</sup>.

### **1.2.2. Clasificación**

Existen diversos criterios de clasificación de las vergencias. Si atendemos a la dirección de movimiento de los ojos distinguimos:

*-Vergencias horizontales: convergencia y divergencia*

La vergencia de los ojos hacia un punto de fijación se mide mediante el ángulo que forman los dos ejes visuales, expresado en dioptrías prismáticas. El acercamiento de un objeto obliga a los ojos a converger, aumentando el ángulo que forman los dos ejes visuales, mientras que si alejamos el objeto los ojos se ven obligados a diverger, disminuyendo este ángulo (ver fig.1)<sup>2</sup>.

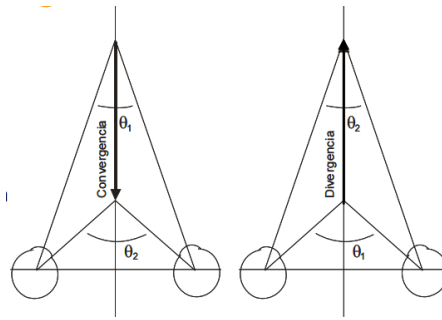


Fig.1. Movimiento de convergencia y divergencia

- *Vergencias verticales: infravergencia y supravergencia*

Miden la capacidad que tiene uno de los ojos de dirigir su eje visual hacia abajo (infravergencia) o hacia arriba (supravergencia) manteniendo la imagen haplopica. La infravergencia de un ojo equivale a la supravergencia del otro ojo y viceversa.

- *Ciclovergencias: inciclovergencias y exciclovergencias*

Los extremos superiores de los ejes verticales de ambas córneas se dirigen nasalmente (inciclovergencias) o temporalmente (exciclovergencias).

Atendiendo a la clasificación de Maddox, las vergencias se dividen a su vez en cuatro componentes:

- *Vergencia tónica*: Es la debida a la descarga eferente que, en la oscuridad y en ausencia de estímulos, mantiene a los ojos en posición de reposo. En estas condiciones los ojos de un adulto (en posición vertical y mirada al frente) convergen hacia una distancia que varía entre 60 cm y 5m, con un valor medio de 1.2 m. La vergencia tónica permanece estable durante la vida del adulto. No obstante, puede ser alterada temporalmente tras una vergencia sostenida. Es la responsable del estado fórico.

- *Vergencia proximal*: Es la vergencia inducida por el conocimiento de la presencia de un objeto próximo. También se llama vergencia psíquica. Para observar la vergencia de proximidad en estado puro hay que eliminar los estímulos de disparidad y los de acomodación.

- *Vergencia acomodativa*: Es la que se produce al cambiar la acomodación. Puesto que el III par craneal inerva a los músculos rectos internos entre otros, y viaja junto a las fibras del sistema nervioso parasimpático encargadas de inervar al músculo ciliar y al esfínter del iris, la acomodación va acompañada de otros dos cambios: convergencia de ambos ojos y miosis. Esto permite aumentar la profundidad de foco, regular la entrada de luz a la retina y disminuir las aberraciones. La relación acomodación - convergencia (AC/A) se define como el cambio de convergencia que produce una dioptría de acomodación. La relación AC/A se utiliza en numerosos protocolos tanto para la clasificación y diferenciación de problemas binoculares como para elegir su tratamiento.

- *Vergencia fusional*: Es la componente de la vergencia inducida por la disparidad objeto. La disparidad objeto es la variación de la posición horizontal relativa de los objetos de una escena sin variar el tamaño, la forma, y la distancia de visualización. Resulta útil considerar

que la vergencia fusional es el componente de la vergencia que evita que el paciente tenga visión doble. Es aquella que trata de compensar cualquier exceso o deficiencia de vergencia hacia el punto de fijación, con la disparidad binocular como estímulo y las áreas de Panum como tolerancia. El área de Panum es el área de la retina donde existe tolerancia para la fusión sensorial, y, por tanto, visión simple aunque no haya estímulo de puntos correspondientes.

La relación entre la vergencia fusional y la convergencia acomodativa fue investigada por Fry (1937), que observó que, para un estímulo de acomodación, si se aumenta el estímulo para la convergencia, el sujeto aumenta su convergencia sin variar la acomodación hasta un punto, a partir del cual tiene que aumentar la acomodación. Hasta el punto en el que el paciente empieza a ver borroso, está utilizando su vergencia fusional pura. Éste será el punto de borrosidad. A partir de ahí empieza a utilizar su vergencia acomodativa para mantener la visión binocular simple, a expensas de la claridad. Cuando ya no es capaz de mantener la visión haplópica, se produce el punto de rotura. Lo mismo ocurre en sentido contrario. Al disminuir el estímulo de convergencia, los ojos del sujeto divergen sin ningún cambio acomodativo hasta un punto, a partir del cual la acomodación disminuye. La disminución de la acomodación coincide con la indicación de visión borrosa. Esto indica que el paciente ha llegado al límite de la vergencia fusional negativa y la complementa con divergencia acomodativa a expensas de la visión nítida <sup>6</sup>.

En la medida de la divergencia en visión lejana (VL) no se espera observar borrosidad ya que la acomodación se encuentra en reposo, igual a cero.

A veces resulta muy difícil observar el punto de borrosidad, bien porque dependiendo del método utilizado los cambios no se producen de manera suave (medida de la vergencia a pasos con barra de prismas), bien porque al sujeto le resulta difícil especificar en qué momento preciso deja de ver el estímulo nítido. Por este motivo, para este estudio no se ha tenido en cuenta la borrosidad, sólo la rotura y el recobro.

### **1.2.3. Clínica de las vergencias fusionales**

Las disfunciones vergenciales no estrábicas se presentan por no poder mantener la fusión o el alineamiento foveal. Muchos pacientes con anomalías vergenciales no presentan síntomas. Esta ausencia de síntomas puede deberse a una supresión, a evitar las tareas visuales en cerca, a un alto umbral del dolor o a la oclusión de un ojo al leer <sup>3</sup>. Los síntomas suelen aparecer cuando el entorno visual se altera, por ejemplo al aumentar las tareas de cerca en la escuela, en el trabajo o por el uso excesivo de ordenador.

En cuanto a la clasificación de las disfunciones binoculares no estrábicas, la más aceptada es la propuesta por Wick <sup>7</sup>, que las divide en tres grupos, en función de la magnitud del AC/A:

- Disfunciones con un cociente AC/A bajo:
  - Insuficiencia de convergencia
  - Insuficiencia de divergencia

- Disfunciones con un cociente AC/A alto:
  - Exceso de convergencia
  - Exceso de divergencia
- Disfunciones con un cociente AC/A normal:
  - Exoforia básica
  - Endoforia básica
  - Disfunción de las vergencias fusionales

De estas disfunciones, la más frecuente es la insuficiencia de convergencia (9%), el exceso de convergencia (entre 5,9 y 7,1%) y la disfunción de las vergencias fusionales (inferior al 7%)<sup>8</sup>.

Entre los síntomas que manifiestan los pacientes que presentan disfunciones de las vergencias están: visión borrosa, diplopía, fatiga ocular en el trabajo de cerca, dolores de cabeza, náuseas, somnolencia, pérdida de concentración o sensación de pesadez en los ojos.

La medida de las vergencias fusionales es imprescindible para valorar el correcto funcionamiento de la visión binocular, para diseñar un programa de terapia visual o para valorar un posible descentramiento de lentes oftálmicas que ayude al paciente a compensar sus forias.

#### **1.2.4. Procedimientos para medir las vergencias fusionales**

Desde el punto de vista clínico, para estimular vergencia fusional positiva, introduciremos prisma horizontal base temporal, y para estimular vergencia fusional negativa introduciremos prisma horizontal base nasal.

Para medir vergencias fusionales verticales, introduciremos prismas base superior o inferior. No existirá punto de borrosidad, al no afectarse la acomodación en los movimientos verticales.

Tanto las vergencias fusionales positivas (VFP) como las vergencias fusionales negativas (VFN), así como las vergencias verticales, pueden medirse mediante el uso de los prismas de Risley del foróptero o a través de una barra de prismas, aunque no podemos considerarlos como métodos intercambiables. Mientras que con los prismas del foróptero podemos cambiar los prismas de manera suave, con la barra de prismas sólo podemos hacerlo a saltos. Las barras de prismas son más útiles para la evaluación de niños, puesto que podemos observar al mismo tiempo los movimientos oculares y confirmar objetivamente la respuesta del niño, así como en aquellas personas a las que resulte difícil sentarlas detrás de un foróptero (pacientes poco colaboradores o población geriátrica).

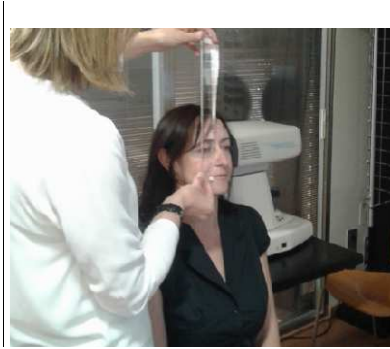


Fig.2: Medida de las vergencias fusionales con barra de prismas

En este estudio vamos a analizar la validez de un nuevo método para medir vergencias fusionales. Se trata de la aplicación Optotab Office de Smarthings4Vision.

Existen dos aspectos importantes a tener en cuenta en la medida de las vergencias fusionales. Uno es la repetibilidad de la prueba, al ser ésta en ocasiones demasiado subjetiva. La bibliografía revela que la medida de las vergencias fusionales con los prismas de Risley proporciona resultados repetibles en jóvenes adultos. También se ha comprobado que la medida es menos fiable en niños y que existe una gran variabilidad entre examinadores. En algunos estudios se ha encontrado que las VFP determinadas con los prismas de Risley o con barra de prismas presentan peor repetibilidad que las VFN<sup>9,10</sup>.

Existen factores que pueden afectar a la medida de las vergencias fusionales, como la presencia de heteroforias, el estado acomodativo, el estrés, el test empleado, el entrenamiento, el cansancio o el grado de atención del paciente a la hora de realizar la prueba.

## **2. OBJETIVO, MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO**

Intentaremos validar un nuevo instrumento para la medida de vergencias fusionales horizontales y verticales. Se trata de la aplicación Optotab Office, desarrollada por Smarthings4vision. Para ello compararemos las medidas tomadas con este instrumento con las obtenidas mediante el método tradicional de medida de vergencias a saltos mediante barra de prismas.

### **2.2. MATERIALES**

Para la realización del estudio se han utilizado los siguientes materiales:

- Una unidad de Optotab de Smarthings4vision con pantalla de 27 pulgadas. La unidad estaba controlada por una tablet Android.
- Unas gafas de polarización circular
- Barra de prismas
- Autorrefractómetro
- Frontofocómetro





Fig.3: Se muestra la pantalla de visualización, la tablet con la que controlamos los tests, las gafas polarizadas que deberá llevar el paciente y la caja que incluye las barras de prismas

## 2.3. MÉTODOS

### 2.3.1. Descripción de la muestra

Los sujetos participantes en el estudio fueron varones y mujeres de edades comprendidas entre 30 y 51 años. Los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta fueron:

- Ausencia de ambliopías, estrabismos manifiestos (si existen microestrabismos no podrán hacer la prueba) o supresión
- Disponer de estereopsis (en caso contrario, no podrán realizar el test de los puntos aleatorios ni los vectogramas)
- Tener agudeza visual (AV) corregida igual o superior a 0,8 a 1m de distancia (la limitación de los píxeles de la pantalla nos impide comprobar si los sujetos alcanzan AV superiores a 0,8)
- La clasificación de la muestra por edad, sexo y por ametropía es la siguiente:

#### CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA

<u>Edad</u>		<u>Sexo</u>		<u>Ametropía</u>	
30-35	1	Mujeres	16	Emetropía	12
36-40	3	Hombres	9	Miopía	6
41-45	18			Miopía + astigmatismo	5
46-51	3			Hipermetropía + astigmatismo	1

Tabla 1. Clasificación de la muestra según edad, sexo y ametropía de los sujetos participantes

Todos los pacientes fueron informados del objetivo del estudio en el que iban a participar y de las pruebas a las que iban a someterse. Todos firmaron el consentimiento informado (ver anexo 1)

### 2.3.2. Condiciones de realización de la prueba

- La prueba se realiza sentando al paciente a 1 m de distancia de la pantalla.
- El tamaño del objeto se fija a 6°, para asegurarnos de que estamos valorando visión foveal.
- La prueba la realiza siempre el mismo examinador, para evitar la variabilidad entre examinadores.
- La prueba se realiza siempre en el mismo lugar y en las mismas condiciones ambientales y de iluminación.
- Para las mediciones mediante Optotab Office, el sujeto lleva unas gafas de polarización circular.

### 2.3.3. Procedimiento de toma de medidas

Antes de la realización de la prueba, para aquellos casos que portan corrección en gafas, se procede a medir su potencia en el frontofocómetro. Con su corrección habitual se mide la AV del paciente en VL, para asegurarnos de que sea igual o superior a 0,8. Se realiza la misma comprobación ahora con la aplicación Optotab, para cerciorarnos de que alcanza AV 0,8 a 1m. Si no es así, adicionaremos en gafa de prueba la corrección necesaria para que alcance AV 0,8 a 1 m., siempre intentando colocar el menor número de lentes posible.

El paciente se sienta a un metro de distancia de la pantalla con gafas de polarización circular. En caso de que el paciente deba portar su gafa propia o gafa de prueba, las gafas polarizadas se colocarán sobre éstas. En este momento nos aseguramos de que la altura de los ojos del paciente es la adecuada para la realización de la prueba. Comprobamos que el paciente ve las marcas antisupresión (R/L) con cada uno de los ojos y no las ve simultáneamente con los dos. Si no es así, el paciente ajustará la altura de sus ojos respecto a la pantalla.

Utilizaremos tres métodos distintos para medir las reservas fusionales horizontales y verticales (RFH y RFV).

El orden de realización de las pruebas es el siguiente:

- Medida de RFH negativas con Optotab mediante vectograma
- Medida de RFH negativas con Optotab mediante test de puntos aleatorios
- Medida de RFH negativas mediante barra de prismas
- Medida de RFH positivas con Optotab mediante vectograma
- Medida de RFH positivas con Optotab mediante test de puntos aleatorios
- Medida de RFH positivas mediante barra de prismas
- Medida de RFV con Optotab mediante vectograma
- Medida de RFV mediante barra de prismas

Medimos primero las RFH negativas, o máxima divergencia que se puede activar sin variar la respuesta acomodativa, manteniendo la visión simple del objeto de interés. El orden de realización de las pruebas es importante: una medida de la convergencia puede provocar un espasmo de la acomodación, ya que actúa junto con el sistema acomodativo explicado anteriormente y la posterior medida de la divergencia se vería reducida. Un estudio llevado a cabo por Hadassah Academic College Department of Optometry demostró en un grupo de sujetos que las vergencias fusionales negativas se reducen significativamente si las medimos después de las positivas, tanto si analizamos la ruptura como el recobro. Sin embargo, los valores de vergencias positivas no varían significativamente si se miden antes o después de las negativas. Esto es debido a que las características psicológicas y neurológicas de ambos procesos son distintas. Cuando se produce una fuerte demanda de convergencia, ésta no finaliza inmediatamente después de cesar el estímulo sino que dura un tiempo. Por eso la posterior medida de divergencia se ve afectada. Esto no ocurre cuando estimulamos la divergencia o las vergencias verticales. Por eso se recomienda medir primero divergencia o intercalar la medida de vergencias verticales entre ambas medidas horizontales<sup>11, 12</sup>.

Entre medida y medida, el paciente descansa 15 segundos. Tomaremos dos series completas de medidas, con objeto de poder valorar la repetitividad del test. Entre cada serie, para evitar el cansancio del paciente, le pedimos que descanse durante 5 minutos, tratando durante ese tiempo de dejar la vista relajada.

La duración total de la prueba para cada sujeto fue de unos 30 minutos.

En la medida de las vergencias fusionales horizontales tanto con vectogramas como mediante puntos aleatorios, cuando se produzca un desplazamiento de la figura en sentido nasal, se apreciará como si se elevara sobre la pantalla, mientras que si el desplazamiento de la imagen es en sentido temporal, las figuras parecen hundirse en la pantalla. Esta información es válida como técnica de feedback para asegurarnos de que el sujeto está realizando bien la tarea<sup>3</sup>.

### **Medida de vergencias fusionales horizontales mediante vectogramas**

El paciente debe fijarse en el número que aparece en la pantalla (00) en la posición inicial. Partiendo de RFH=0 se indica al paciente que debe mantener la imagen única y nítida, mientras vamos introduciendo potencia prismática base nasal (en caso de medir RFH negativas) o base temporal (cuando se trata de RFH positivas) en pasos de 1  $\Delta$ , hasta que el paciente refiera que ve doble o la imagen se le mueve. La imagen que ve el paciente va cambiando a 01, 02, 03, etc. a medida que introducimos 1 $\Delta$ , 2 $\Delta$ , 3 $\Delta$ , etc. En el momento que vea doble, anotamos este punto como punto de ruptura. Seguimos aumentando 1 $\Delta$  más y a partir de ahí reducimos hasta que el paciente recupere la visión haptópica. En ese momento anotamos las dioptrías prismáticas como punto de recobro. En caso de que el paciente percibiera desplazarse el objeto lateralmente, indicaría que está suprimiendo un ojo y no sería válido para el estudio.

No anotamos el punto de borrosidad, porque a muchos sujetos les resulta difícil identificar el momento en el que ven el optotipo borroso, y porque con la barra de prismas (método con el que vamos a comparar), no se aprecia la borrosidad, al producirse el cambio de potencia prismática a saltos.

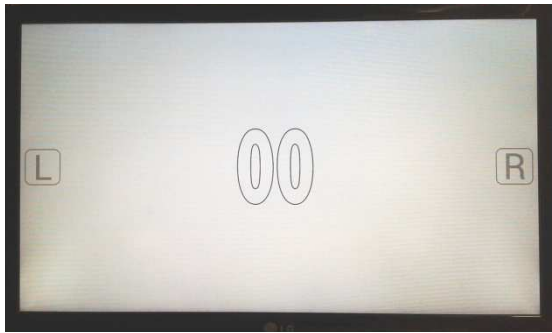


Fig.4: Imagen de la pantalla de visualización con vectogramas en la posición inicial, con RFH = 0Δ



Fig.5: Imagen de la pantalla de visualización con vectogramas con RFH positivas = 2Δ

### **Medida de vergencias fusionales verticales mediante vectogramas**

El procedimiento es el mismo que en el caso anterior, pero el prisma introducido es de base inferior en el ojo derecho. En este caso, y dado que la tolerancia de los sujetos al prisma vertical es menor, ajustamos la aplicación para que el cambio se produzca en pasos de 0,5Δ.



Fig.6: Imagen de la pantalla de visualización con vectogramas, con RFV = 2Δ

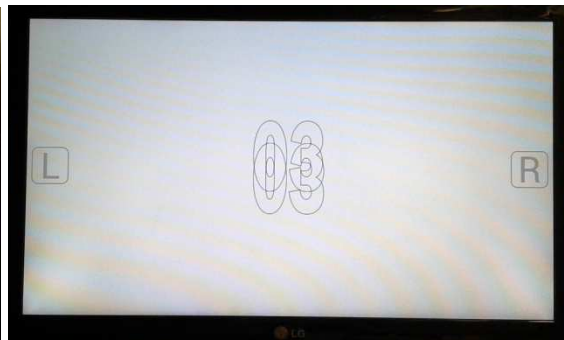


Fig.7: Imagen de la pantalla de visualización con vectogramas con RFV = 3Δ

### **Medida de vergencias fusionales horizontales mediante estereograma de puntos aleatorios**

El objeto que el paciente debe ver haplópicamente es el mismo que en el caso de vectogramas (00, 01, 02, etc), pero en este caso debe identificarlo sobre un fondo de puntos aleatorios, mientras vamos introduciendo potencia prismática base nasal o temporal. En el momento en que el paciente no sea capaz de identificar el objeto, anotaremos el número de dioptrías como punto de ruptura. Aumentaremos 1Δ adicional y empezaremos a reducir dioptrías prismáticas hasta que vuelva a identificar el objeto sobre el fondo de puntos. Este será el punto de recobro.

La aplicación Optotab no dispone de este test para medida de vergencias verticales.



Fig.8: Imagen de la pantalla de visualización con el test de puntos aleatorios en la posición inicial, con RFH = 0Δ

### **Medida de vergencias horizontales y verticales mediante barra de prismas**

Procederemos igual que en los casos anteriores, pero en este caso el objeto a observar será siempre 00 sobre la pantalla, e iremos moviendo la barra de prismas colocada sobre el ojo derecho aumentando o disminuyendo el valor de la potencia prismática con base nasal (medida de las RFN), temporal (medida de las RFP) o inferior (medida de las RFV), según el caso, hasta identificar los puntos de ruptura y recobro.

### **Explicación de la prueba al paciente**

Todos los tests que se van a realizar a los pacientes necesitan previamente de una explicación clara por parte del examinador y un entendimiento por parte del paciente. Se trata de pruebas que no han realizado nunca y por lo que requerirán un tiempo para comprenderlas. La mejor o peor comprensión de la prueba por parte del paciente es un factor que puede ser difícil de controlar, pero debemos tratar de minimizar el error causado por ello. Por eso, la prueba siempre la realizará el mismo examinador, que será quien explique de manera clara al paciente lo que tiene que realizar. Tratará de que las instrucciones que transmita sean las mismas para todos los participantes. Una vez colocado el paciente en la posición correcta, comprobada la AV y comprobado que ve las marcas antisupresión con cada uno de los dos ojos, las instrucciones que daremos son las siguientes:

- Explicación test de vectogramas: Con la posición de la pantalla en 00 preguntamos qué ve con ambos ojos abiertos. *“Verás que la imagen de la pantalla irá cambiando a 01, 02, etc. Al mismo tiempo que cambia el número, las imágenes que ves con cada ojo se van a ir separando. Tu cerebro va a intentar fusionarlas, lo que significa unir las en una sola (dos números). Deberás siempre ver dos números en la pantalla: 00, 01, 02. Me dirás “sí” si lo ves correctamente. Avísame cuando ya no puedas ver dos números, sino que ves tres o cuatro números 001, 011 por ejemplo. Entonces esperaré unos segundos para que intentes fusionarlas y veas dos números. Si no lo consigues, cambiaré al siguiente número (aún se te separarán más las imágenes) y empezaré a retroceder. Deberás avisarme cuando consigas ver*

de nuevo una sola imagen (dos números). Es importante que te mantengas concentrado y no desvíes la atención fuera de la pantalla”.

- Explicación del test de puntos aleatorios: Para todos los participantes este test ha sido más difícil de comprender. Con la posición de la pantalla en 00 y ambos ojos abiertos preguntamos qué ve. Debe identificar el 00 sobre un fondo de puntos distinto. *“Fíjate bien en el 00. Verás que va cambiando a 01, 02, etc. al mismo tiempo que se hunde/sobresale de la pantalla (según esté midiendo divergencia / convergencia). Para conseguirlo, debes mirar como en un plano posterior/anterior a la pantalla. Mientras identifiques el número que se hunde/sobresale de la pantalla dime “sí”. Avisame cuando ya no puedas identificar ningún número. Entonces te daré unos segundos para que intentes encontrarlo. Deberás otra vez avisarme cuando de nuevo recuperes la visión de un número sobre el fondo de puntos. Es muy importante que te mantengas concentrado y no desvíes la atención de la pantalla. Si no, será muy difícil que recuperes la imagen”.*
- Explicación del test con barra de prismas. *“Ahora debes fijarte en la pantalla con ambos ojos abiertos donde verás 00. La imagen en este caso va a ser siempre la misma. Voy a ir subiendo/bajando la barra y deberás mirar a través de cada uno de cuadrados de esta barra. Verás que la imagen se te desplaza. Tienes que tratar de conseguir ver una sola imagen (00). Cada vez será más difícil. Tienes que avisarme cuando ya no consigas ver sólo dos ceros. Te daré unos segundos para que lo intentes. Si no puedes, seguiré subiendo/bajando la barra un punto más y empezaré a moverla en sentido contrario. Deberás avisarme cuando vuelvas a ver dos ceros”.*

### 3. RESULTADOS

Tanto en las figuras 9, 10 y 11 como en la tabla 2 podemos ver los valores medios de rotura y recobro para divergencia, convergencia y vergencias verticales con cada uno de los métodos analizados.

#### Divergencia

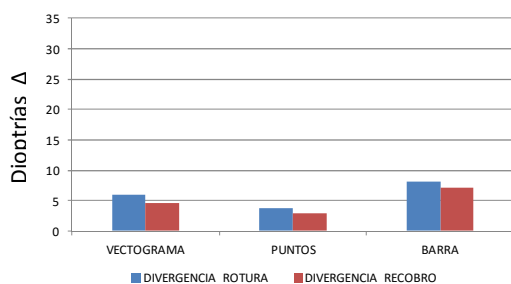


Fig. 9: Valores medios de rotura/recobro en divergencia

#### Convergencia

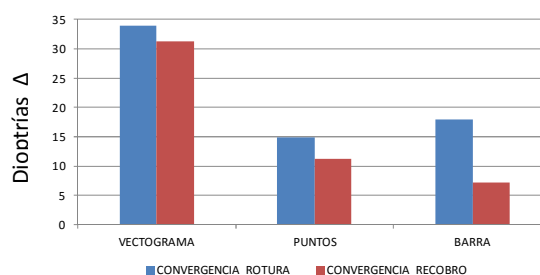


Fig. 10: Valores medios de rotura/recobro en convergencia

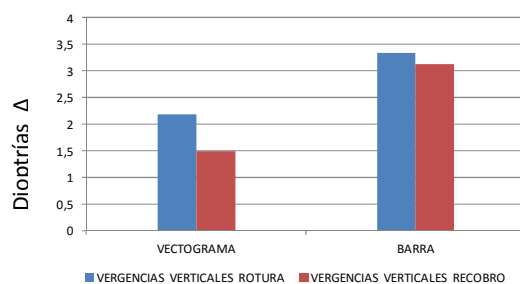
Vergencias verticales

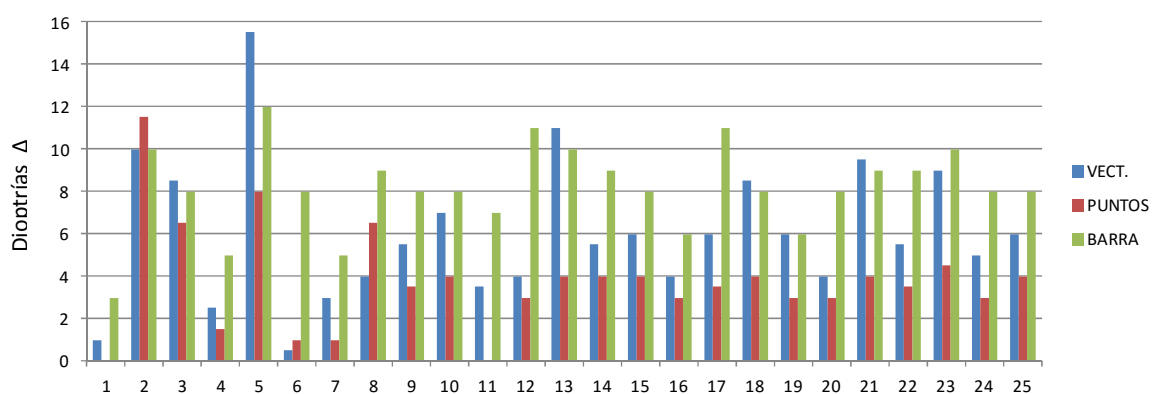
Fig.11: Valores medios de rotura/recobro para vergencias verticales

	DIVERGENCIA ( $\Delta$ )		CONVERGENCIA ( $\Delta$ )		VERGENCIAS VERTICALES ( $\Delta$ )	
	ROTURA	RECOBRO	ROTURA	RECOBRO	ROTURA	RECOBRO
VECTOGRAMA	$6,04 \pm 3,33$	$4,62 \pm 2,05$	$33,9 \pm 20,02$	$31,32 \pm 19,92$	$2,18 \pm 0,85$	$1,5 \pm 0,79$
PUNTOS	$3,76 \pm 2,46$	$3,00 \pm 2,11$	$14,88 \pm 11,29$	$11,20 \pm 9,87$	----	----
BARRA	$8,16 \pm 2,06$	$7,16 \pm 1,86$	$17,9 \pm 6,96$	$7,16 \pm 7,18$	$3,34 \pm 0,86$	$3,12 \pm 0,83$

Tabla 2: Valores medios de rotura/recobro para divergencia/convergencia/vergencias verticales (en  $\Delta$ )

En las figuras 12, 13 y 14 se muestran los valores de rotura obtenidos para la totalidad de los pacientes examinados con los tres métodos analizados.

Los valores de recobro correspondientes se han incluido en el anexo 2.

Valores de rotura en divergenciaFig.12 : Valores en  $\Delta$  de rotura en divergencia para cada paciente y con cada uno de los métodos analizados

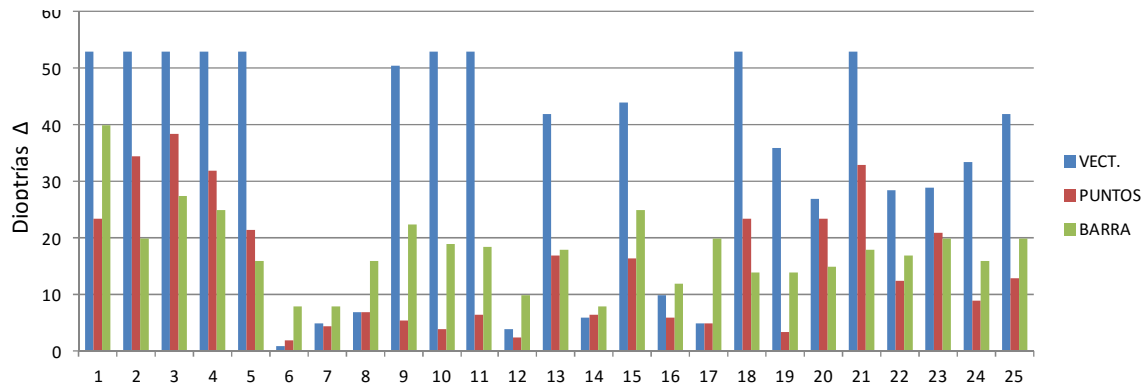
Valores de rotura en convergencia

Fig.13 : Valores en  $\Delta$  de rotura en convergencia para cada paciente y con cada uno de los métodos analizados

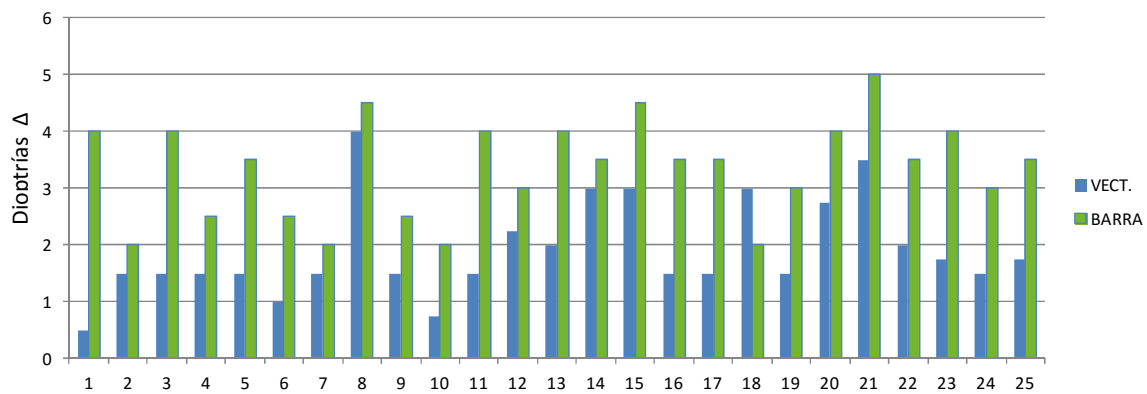
Valores de rotura en vergencias verticales

Fig.14 : Valores en  $\Delta$  de rotura en vergencias verticales para cada paciente y con cada uno de los métodos analizados

En el anexo 3 se han incluido los valores de rotura/recobro para cada uno de los participantes y para cada test.

Un matiz importante que hay que tener en cuenta en el caso de la medida de la convergencia con vectograma, es que los datos no son del todo reales, ya que las pulgadas de la pantalla junto con la distancia de realización del test y el tamaño del objeto observado, establecen un límite en cuanto al número de dioptrías prismáticas que se pueden inducir. En nuestra muestra 9 pacientes (36% de la muestra) han alcanzado el valor máximo de convergencia que se puede medir con el instrumento (53  $\Delta$ ), sin llegar al punto de rotura.

Otro valor que hemos comparado es la diferencia entre rotura y recobro con cada uno de los métodos, es decir, una vez alcanzado el punto de rotura, cuántas dioptrías prismáticas son necesarias para recuperar la visión haplópica. Los resultados se muestran en la tabla 3.



Diferencia rotura - recobro

	DIVERGENCIA ( $\Delta$ )	CONVERGENCIA ( $\Delta$ )
VECTOGRAMA	$1,42 \pm 1,77$	$2,58 \pm 4,08$
PUNTOS	$0,76 \pm 0,79$	$2,56 \pm 2,30$
BARRA	$1,00 \pm 1,00$	$3,38 \pm 2,87$

Tabla 3: Diferencia rotura – recobro (en  $\Delta$ ) para cada uno de los métodos analizados

Un sencillo método para evaluar la concordancia entre dos sistemas de medida son las gráficas de Bland Altman. Se trata de comprobar si dos métodos de medida concuerdan lo suficiente como para declararse intercambiables. Consiste en representar gráficamente en un diagrama de dispersión las diferencias entre dos mediciones frente a su media. El gráfico incluye además una línea horizontal en la diferencia media y dos líneas por arriba y por debajo de ésta, que son los límites de concordancia. Éstos en nuestras gráficas están representados por las líneas verdes. Estos límites se consiguen sumando y restando a la diferencia media la desviación estándar, y establecen el índice de confianza al 68%, es decir el 68% de los valores estarán dentro de estos límites.<sup>13,14</sup>

Se ha realizado una comparación dos a dos entre los tres métodos analizados. Así hemos comparado vectograma con puntos aleatorios, vectograma con barra de prismas, y puntos aleatorios con barra de prismas.

A continuación se muestran las gráficas obtenidas para cada una de las parejas de métodos comparados.

### Valores de rotura en divergencia

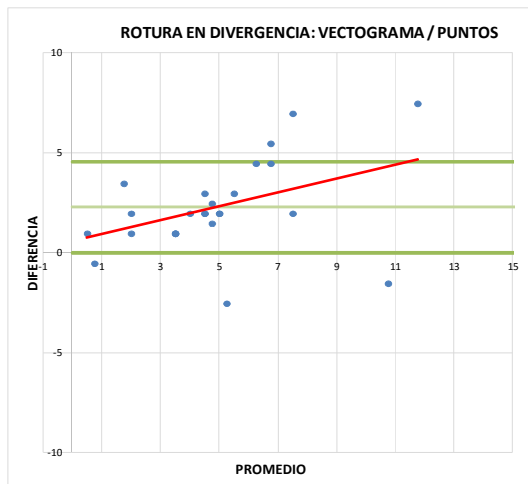


Fig.15: Gráfica Bland Altman para valores de rotura en divergencia comparando vectograma - puntos aleatorios

### Valores de rotura en convergencia

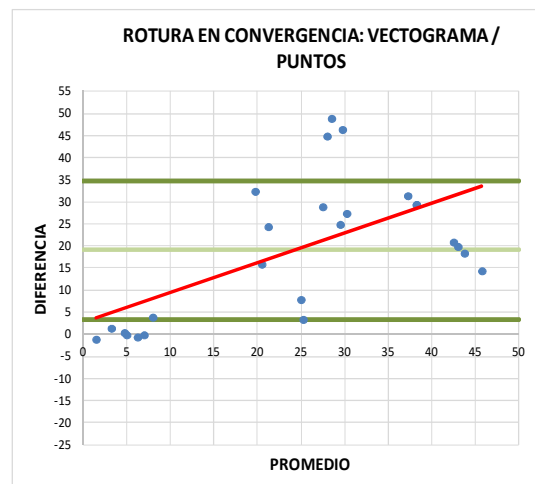


Fig.18: Gráfica Bland Altman para valores de rotura en convergencia comparando vectograma – barra de prismas

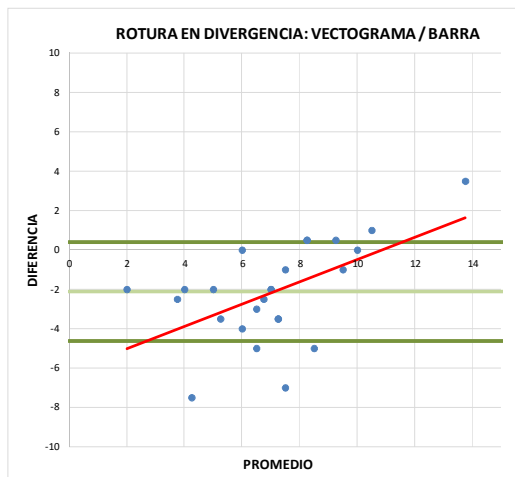


Fig.16: Gráfica Bland Altman para valores de rotura en divergencia comparando vectograma – barra de prismas

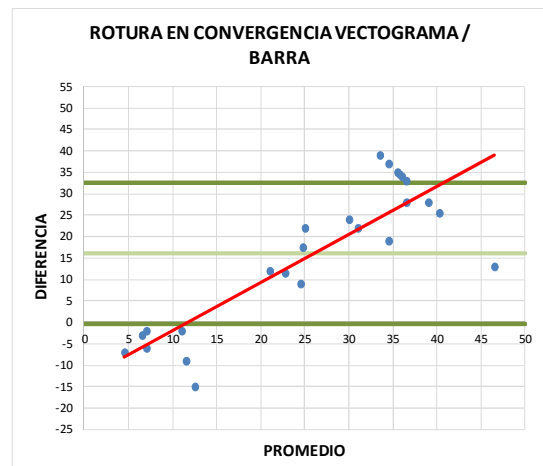


Fig.19: Gráfica Bland Altman para valores de rotura en convergencia comparando vectograma – barra de prismas

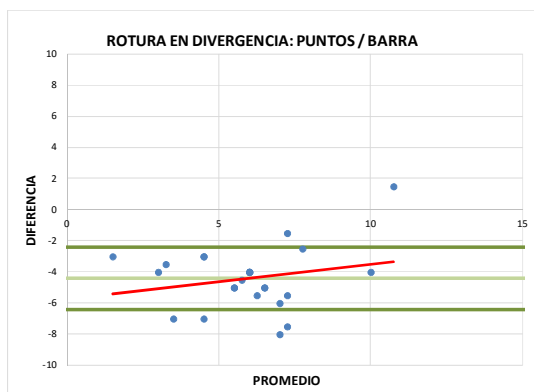


Fig.17: Gráfica Bland Altman para valores de rotura en divergencia comparando puntos aleatorios – barra de prismas

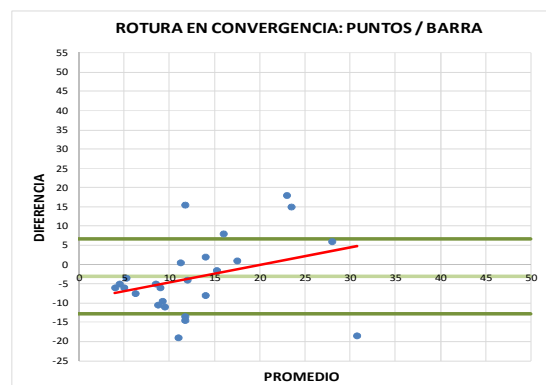


Fig.20: Gráfica Bland Altman para valores de rotura en convergencia comparando puntos aleatorios – barra de prismas

### Valores de recobro en divergencia

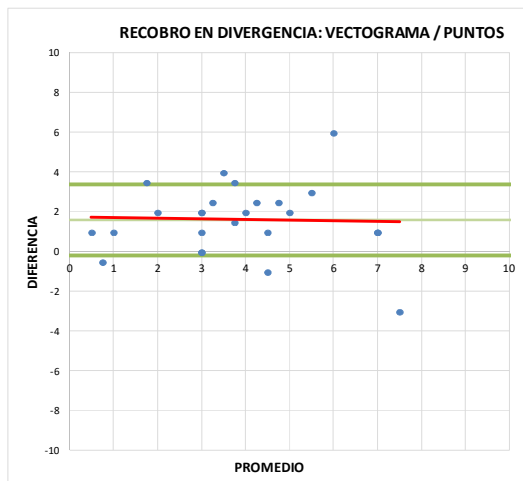


Fig.21: Gráfica Bland Altman para valores de recobro en divergencia comparando vectograma - puntos aleatorios

### Valores de recobro en convergencia

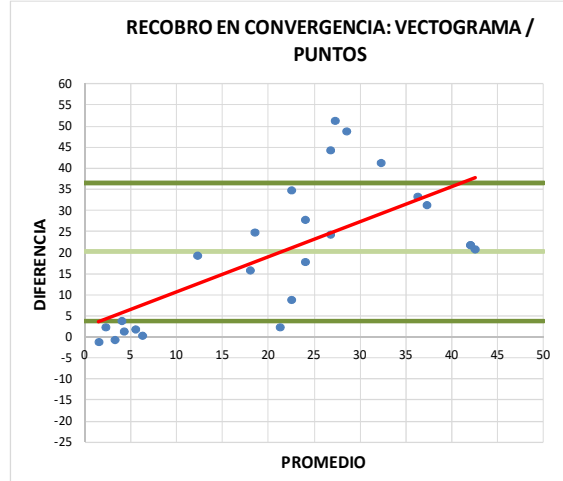


Fig.24: Gráfica Bland Altman para valores de recobro en convergencia comparando vectograma – barra de prismas

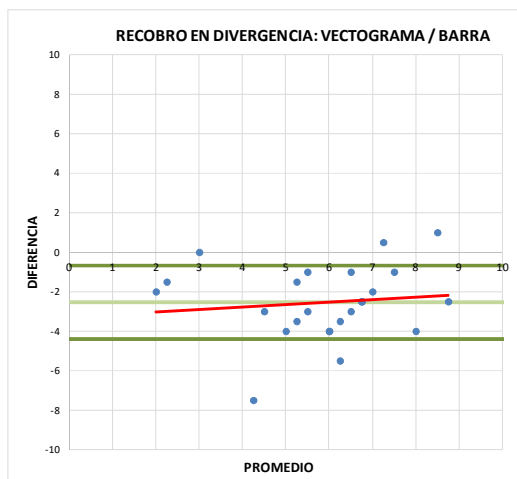


Fig.22: Gráfica Bland Altman para valores de recobro en divergencia comparando vectograma – barra de prismas

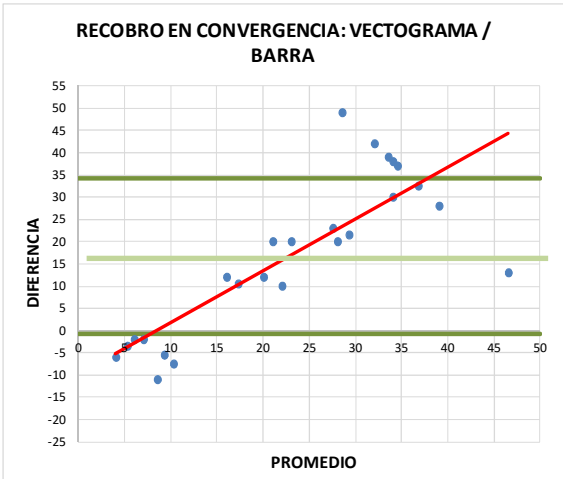


Fig.25: Gráfica Bland Altman para valores de recobro en convergencia comparando vectograma – barra de prismas

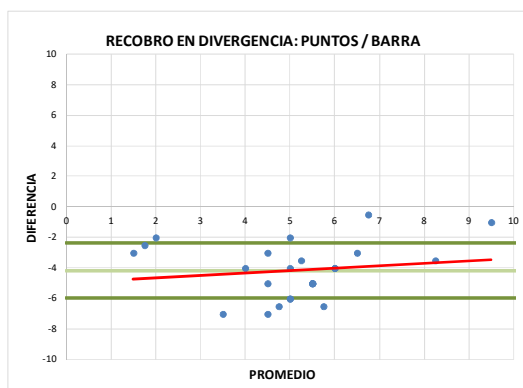


Fig.23: Gráfica Bland Altman para valores de recobro en divergencia comparando puntos aleatorios – barra de prismas

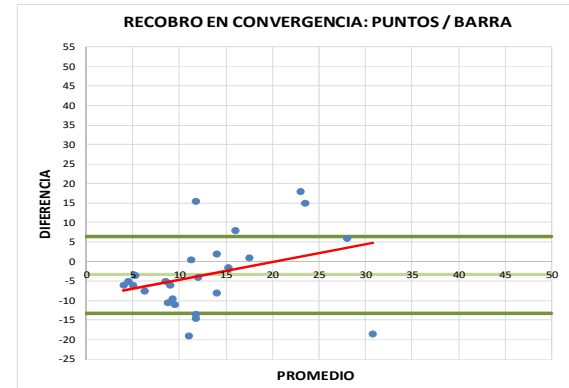


Fig.26: Gráfica Bland Altman para valores de recobro en convergencia comparando puntos aleatorios – barra de prismas

## Valores de rotura vertical

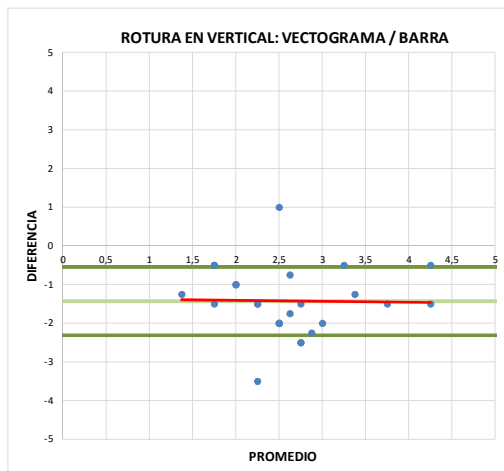


Fig.27: Gráfica Bland Altman para valores de rotura en vergencias verticales comparando vectograma – barra de prismas

## Valores de recobro vertical

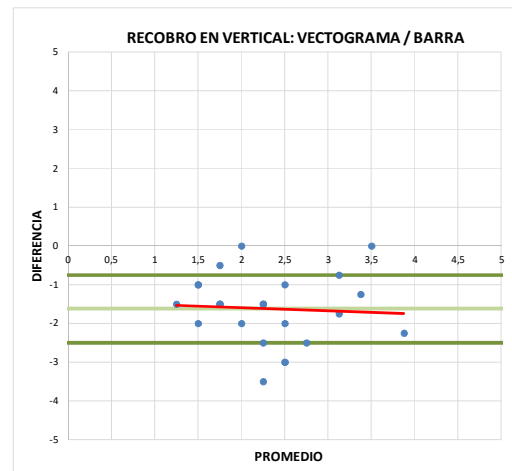


Fig.28: Gráfica Bland Altman para valores de recobro en vergencias verticales comparando vectograma – barra de prismas

Por último, nos ha parecido interesante comparar las dos medidas que hemos hecho de cada uno de los test con objeto de valorar la repetitividad de los mismos. Esto nos dará idea de la fiabilidad de cada uno de los tres métodos. En la tabla 4 se muestra la desviación estándar de la diferencia entre las medidas 1 y 2 respecto al promedio de las diferencias. Esto nos da una estimación de la dispersión y repetitividad de los valores cuando se repite una misma prueba a un mismo paciente.

DESVIACIÓN DE LAS DIFERENCIAS MEDIDA 1 - MEDIDA 2 ( $\Delta$ )				
	DIVERGENCIA		CONVERGENCIA	
	ROTURA ( $\Delta$ )	RECOBRO ( $\Delta$ )	ROTURA ( $\Delta$ )	RECOBRO ( $\Delta$ )
<b>VECTOGRAMA</b>	1,88	1,04	3,30	3,02
<b>PUNTOS</b>	1,29	1,38	5,10	6,14
<b>BARRA</b>	1,85	2,04	4,01	3,69

Tabla 4: Desviación de la diferencia entre la medida 1 y la medida 2 de un mismo método respecto a la media de las diferencias

## 4. DISCUSIÓN

Los valores de amplitudes de vergencias considerados como normales varían de unos autores a otros. No obstante, recordemos que lo importante es determinar la relación que existe entre la demanda constante del sistema visual del individuo para una distancia de fijación (que sería el valor de la foria) y el valor de las reservas fusionales que necesite para compensar esa foria. En la tabla 5 se muestran valores normales de reservas de convergencia y divergencia según diversos autores para visión lejana y próxima<sup>5</sup>.

Autor	Visión lejana		Visión próxima	
	$\Delta$ BN	$\Delta$ BT	$\Delta$ BN	$\Delta$ BT
Morgan	$X/7/4 \pm X/3/2$	$9/19/10 \pm 4/8/4$	$13/21/13 \pm 4/4/5$	$17/21/11 \pm 5/6/7$
Sheedy-Saladin	$X/8/5 \pm X/3/3$	$15/28/20 \pm 7/10/11$	$14/19/13 \pm 6/7/6$	$22/30/23 \pm 8/12/11$
Lesser	$X/9/5$	$8/19/10$	$14/22/18$	$15/21/15$

Tabla 5: Valores estadísticos de reservas de convergencia y divergencia según diversos autores

Los valores normales para vergencias fusionales verticales son mucho menores. Encontramos en la bibliografía intervalos típicos de reservas fusionales que oscilan entre 2 y 4  $\Delta$ , tanto si los analizamos en visión lejana como en visión próxima (a 33 cm) <sup>2</sup>.

Sin embargo, no hemos encontrado estudios que analicen estos mismos valores para visión intermedia.

Podríamos tratar de comparar los valores obtenidos en nuestro estudio con los valores normales establecidos por estos autores, pero no olvidemos que un factor importante que influye en la medida de las vergencias fusionales es la edad del paciente. En nuestro caso, hemos limitado la muestra a pacientes comprendidos en el rango de edad de 30 a 51 años, estando el 72% de los pacientes comprendidos en el rango de 41-45 años. Es evidente por tanto que no podríamos en ningún caso tomar los datos obtenidos en este estudio como valores normales de vergencias para una población en general, pero tampoco era éste el objetivo de este estudio. Diversos artículos relacionan los rangos de vergencias fusionales con la edad. Un estudio llevado a cabo en la Universidad Complutense de Madrid por C. Palomo Álvarez y otros, dividió a un grupo de 271 pacientes en 6 grupos de edad y determinaron los rangos de forias y rangos de vergencias fusionales en visión lejana. Observaron que si bien las forias y valores de rotura de las vergencias fusionales no se veían afectados por la edad, sí se vieron notablemente reducidos los valores de recobro, tanto en convergencia (3,3 $\Delta$  menores en el grupo de mayores que en el de los jóvenes) como en divergencia (2,5 $\Delta$  menores en los mayores) <sup>15</sup>. Una asociación todavía mayor con la edad tienen los rangos de vergencia en visión cercana, debido a la pérdida de acomodación.

No obstante, si nos fijamos en los valores de nuestro estudio, recogidos en la tabla 2, vemos que en divergencia hemos obtenido un valor medio de rotura de  $6,04 \pm 3,33 \Delta$  para el caso de vectograma,  $3,76 \pm 2,46 \Delta$  para puntos aleatorios y  $8,16 \pm 2,06 \Delta$  para el caso de barra de prismas. Estos valores serían comparables con los que aparecen como normales en la tabla 3. Con los tres sistemas de medida hemos obtenido valores dentro de los rangos considerados como normales para visión lejana. Si nos fijamos en los valores obtenidos para convergencia no ocurre lo mismo. Si bien para el caso de puntos aleatorios y barra de primas los valores medios de rotura obtenidos ( $14,88 \pm 11,29 \Delta$  y  $17,90 \pm 6,96 \Delta$ , respectivamente) sí podrían considerarse dentro de los rangos normales, el valor medio obtenido para vectogramas ( $33,90 \pm 20,02 \Delta$ ) se encuentra muy por encima. Y aún nos encontraríamos más lejos de la media si tenemos en cuenta que 9 de nuestros pacientes han alcanzado el tope de vergencia positiva medible, con lo que los datos habrían sido todavía mayores en caso de haber podido añadir más potencia prismática base temporal. Si nos fijamos en la desviación típica de los valores,

ésta es mucho más alta en convergencia. Esto nos indica una gran variabilidad entre los valores de rotura en convergencia entre unos individuos y otros. Este hecho está relacionado con que en convergencia encontramos valores de rotura mucho más elevados que en divergencia y a mayor intervalo de valores encontrados, mayor es la variabilidad de los resultados.

Los valores de rotura correspondientes a vergencias verticales obtenidos (tabla 2) son  $2,18 \pm 0,85 \Delta$  con vectogramas y  $3,34 \pm 0,86$  con barra de prismas, y se encuentran dentro de los valores normales (entre 2 y 4  $\Delta$ ).

Para interpretar los diferentes valores que hemos encontrado entre métodos hemos analizado el valor de p y podemos concluir que con una fiabilidad muy alta, los tres métodos presentan entre ellos diferencias estadísticamente significativas, y no serán por tanto intercambiables entre sí. Existe una probabilidad muy baja ( $p < 0,05$ ) de que las diferencias encontradas en el conjunto de individuos analizados se deban a un error aleatorio al extraer la muestra. Corresponderá al examinador concluir si las diferencias encontradas son o no clínicamente significativas.

Existen algunas diferencias entre los dos métodos de medidas que pueden ayudar a explicar las discrepancias en los resultados obtenidos. En Optotab se utiliza una pantalla y el objeto a fusionar es el que se desplaza, mientras que con el método tradicional, es la barra de prismas la que produce el desplazamiento, con el consiguiente deterioro de la calidad de la imagen al ir introduciendo dioptrías prismáticas, por la aparición de aberraciones cromáticas y geométricas. Otra diferencia entre los dos métodos es que mientras con Optotab la disparidad retiniana se limita al objeto que aparece en la pantalla de visualización, utilizando la barra de prismas la disparidad afecta a todo el campo cubierto por el prisma.

Al utilizar el test de puntos aleatorios, se produce una clara caída de las vergencias horizontales con respecto a los otros test (ver fig. 9 y 10), tanto en divergencia como en convergencia. Esto es debido a la mayor complejidad de este test, fundamentalmente por la ausencia de indicios monoculares de profundidad o de forma que ayuden al sujeto a identificar el objeto a fusionar. Esto implica que tenga que estar mucho más atento, porque si pierde la atención, le va a ser mucho más difícil conseguir el punto de recobro. Estas pistas sí existen en las otras dos pruebas realizadas. Por otro lado, la estereopsis está además muy influenciada por el nivel de iluminación, de manera que crece al aumentar la iluminación, y ésta es una variable que no hemos controlado en este estudio.

Los estereogramas de puntos aleatorios requieren discriminación de la forma para poder identificar la dirección del sector que falta en la figura frente a los vectogramas que sólo precisan sensación de profundidad. Son mucho más sensibles. No aportan pistas monoculares y presentan una textura muy fina que hace que sea difícil emparejar los estímulos vistos por cada ojo individualmente. La percepción de la figura no es inmediata y requiere un breve periodo de atención sobre las figuras. Por esta razón la duración de la presentación del test al sujeto puede influir en el resultado de la medida.

Podemos encontrar valores más bajos respecto a los obtenidos con los vectogramas debido al cansancio, estrés, falta de concentración y atención o cambios en el estado acomodativo.

Puede haber sujetos que tengan dificultades para estimular, relajar la acomodación o ambas, factores que no han sido controlados en este estudio.

Otro aspecto que justificaría los menores valores obtenidos en el test de puntos aleatorios con respecto a los otros dos métodos sería que el mecanismo que se utiliza para conseguir la fusión y estereopsis es distinto en cada método. Existen dos tipos de estereopsis:

- Estereopsis estática o fina, procesada por las células parvocelulares, que están presentes en la fovea y escasean hacia la periferia. Estas células responden a estímulos de alta frecuencia espacial y a cambios en el color del estímulo.
- Estereopsis dinámica o gruesa, procesada por las células magnocelulares, que escasean en la fovea y aumentan hacia la periferia. Responden a estímulos de baja frecuencia espacial y móviles. Son sensibles a la orientación y a la dirección pero carecen de sensibilidad al color. Son más sensibles que las células parvocelulares a estímulos de bajo contraste <sup>16, 17</sup>.

Para percibir la profundidad en los estereogramas de puntos al azar es necesario poseer sensibilidad a la resolución espacial alta, que está mediada por el sistema parvocelular, mientras que en los vectogramas, donde existen contornos bien definidos, está implicado el sistema magnocelular <sup>18</sup>.

Si comparamos los valores de rotura obtenidos con vectogramas y con barra de prismas (ver fig.16 y 19), vemos que en divergencia (fig.16), con vectogramas obtenemos sistemáticamente valores más bajos. Esto podría ser debido a que el campo de visión que debemos mantener haplópico es mayor con la barra de prismas (se estimula la retina central y periférica). Esto ayudaría a relajar el sistema visual y la acomodación para producir la divergencia (sensación kinestésica producida al realizar la divergencia), lo que daría valores más elevados que con una imagen que sólo estimule la retina central (vectograma). No ocurre así en convergencia (fig.19), donde obtenemos valores más elevados con vectogramas, más aún si tenemos en cuenta la limitación impuesta por las dimensiones de la pantalla (que establece un máximo de  $53\Delta$  que podemos inducir). Cabe destacar que aunque hubo 9 pacientes que alcanzaron el máximo de convergencia posible con vectogramas ( $53\Delta$ ) ninguno alcanzó el máximo con barra de prismas ( $45\Delta$ ). Esto se explica porque en la barra de prismas, según vamos aumentando la potencia prismática, los saltos se producen primero de 1 en  $1\Delta$ , luego de 2 en  $2\Delta$ , llegando a ser hasta de 5 en  $5\Delta$ , siendo mucho más difícil la adaptación en este caso que cuando los cambios se producen gradualmente, de 1 en  $1\Delta$  como en los vectogramas.

En cuanto a las diferencias entre los valores de rotura y recobro, podemos establecer que en convergencia ha sido necesaria más reducción de dioptrías prismáticas para recuperar la visión haplópica una vez alcanzada la rotura. Esto puede deberse a que al haber llevado al límite la convergencia, se puede provocar un espasmo acomodativo, como hemos indicado anteriormente, que dificulte la relajación de la acomodación para volver a recuperar la visión haplópica. Esto se agrava con el hecho de que la muestra analizada está formada en su mayoría por presbítas, que previsiblemente tienen la función acomodativa limitada. La tabla muestra un valor todavía mayor de la diferencia entre rotura y recobro en convergencia si lo medimos con barra de prismas ( $3,3\Delta$ , frente a  $2,58\Delta$  con vectogramas y  $2,56\Delta$  con puntos aleatorios), pero este valor está distorsionado, por el hecho de que la reducción en barra de

prismas cuando la convergencia es alta la estamos haciendo en pasos de 2 ó 5 dioptrías prismáticas.

Sobre la fiabilidad y repetibilidad de los resultados obtenidos con los tests de vergencias fusionales, hay pocas investigaciones. En general, cuando una medida de vergencias fusionales se repite a un mismo paciente, se obtienen resultados diferentes. Sheedy sugirió que no es raro encontrar una diferencia de 10 dioptrías prismáticas de una medida de amplitud de vergencia fusional a otra, a menos que apliquemos rigurosos controles <sup>19</sup>. Si analizamos las gráficas de Bland Altman que comparan los valores obtenidos en la medida 1 y 2 de un mismo método (anexo 4), vemos que en los tres métodos analizados la línea que marca la media de las diferencias está muy próxima a cero, siendo el test que más variabilidad ha reflejado el de puntos aleatorios cuando medimos convergencia. Hemos observado dos efectos al realizar la segunda serie de medidas a un mismo sujeto: por un lado, existen sujetos que mejoran claramente los rangos de vergencias en la segunda medida, creemos que debido al efecto aprendizaje, y sujetos que empeoran los rangos de vergencias a consecuencia del cansancio visual acumulado.

## **5. CONCLUSIONES**

Con este estudio se pretendía determinar si la aplicación Optotab, desarrollada por Smarthings4vision es válida o no para medir las vergencias fusionales horizontales y verticales. De los datos analizados se concluye que existe una gran variabilidad entre los valores de vergencias fusionales que podemos medir a un mismo individuo, según el método que utilicemos. Se observa una clara disminución de los valores de vergencias fusionales cuando utilizamos el test de puntos aleatorios, y esto es debido a una peor comprensión de la prueba por parte de los pacientes (requiere de un proceso de aprendizaje) y a la implicación de distintos mecanismos visuales para conseguir la fusión y estereopsis dependiendo del test que utilicemos.

De la comparativa que hemos realizado entre los métodos de medida utilizados (vectograma y puntos aleatorios con Optotab y el método tradicional mediante barra de prismas), deducimos que no son intercambiables. Esta afirmación no significa que tengamos que descartar ningún método como válido para hacer esta medición. Sí será importante que el examinador conozca los errores que pueden afectar a uno y otro método para tratar de minimizarlos e interpretar los resultados correctamente y sacar conclusiones.

Algunas de las ventajas que presenta Optotab frente a otros métodos tradicionales de medida son:

- La distancia de examen se adapta de manera adecuada a las necesidades de los pacientes
- El instrumento también permite el entrenamiento de vergencias mediante estereogramas de puntos aleatorios y anáglifos
- Permite el control manual del tamaño de los objetos para poder explorar diferentes extensiones del campo visual



- El desplazamiento de la imagen no requiere mirar a través de un prisma, con lo que evitamos el deterioro de la imagen por la aparición de aberraciones cromáticas y geométricas.

Por contra, para la realización de los tests con la aplicación Optotab, debemos usar una gafa polarizada, y esto no asemeja las condiciones naturales de visión.

Finalmente nos parece importante destacar algunas debilidades que hemos visto en este estudio:

- No se han controlado otros parámetros que afectan a la visión binocular del paciente, como la existencia de forias, la estereopsis o la sensibilidad al contraste, por ejemplo y que seguro afectan a los resultados obtenidos.
- No se ha controlado la iluminación.
- La limitación de los píxeles de la pantalla, por lo que la máxima agudeza visual que hemos comprobado que alcanzaban nuestros pacientes era 0,8.
- No se ha controlado el tiempo de presentación de los tests.
- La limitación del rango máximo de medida para la convergencia hace que se hayan infraestimado los valores de convergencia con vectogramas a través de Optotab. Existen muchos sujetos que han llegado al tope de la medida de la convergencia.
- No se ha tenido en cuenta la variabilidad interexaminador. Una prueba podría dejar de tener validez clínica si existen discrepancias entre examinadores sobre los resultados de la misma<sup>20</sup>.
- Hemos limitado la muestra a personas comprendidas en un rango de edad de 30 a 51 años, estando el 72% de los participantes comprendidos entre 41 y 45 años. Para validar una prueba y empezar a utilizarla como método de medida, deberíamos establecer valores normales para los distintos grupos de edad, ya que las vergencias fusionales están relacionadas con la edad.

## **6. ANEXOS**

### **6.1. ANEXO 1: CONSENTIMIENTO INFORMADO**

#### **PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO: “VALIDACIÓN DE UNA NUEVA TÉCNICA DE MEDIDA DE VERGENCIAS FUSIONALES”**

Las vergencias fusionales son una medida clínica de la habilidad del paciente para mantener una visión binocular única. Son clave para determinar el estado de la visión binocular de un paciente.

En este estudio se pretende validar un método de medida de vergencias fusionales y compararlo con un método de medida tradicional. Durante el estudio se le realizarán las siguientes pruebas:

- Refracción objetiva mediante autorrefracómetro
- Medida de la agudeza visual con su corrección
- Medida de vergencias fusionales mediante el nuevo instrumento (Optotab) y mediante el método tradicional de barra de prismas. Serán realizadas dos series de medidas con descanso de 5 minutos entre cada una.

El tiempo total de duración de la prueba será de unos 30 minutos. Se trata de técnicas no invasivas y en ningún caso será necesario instilar ningún colirio. La participación en este estudio no supone ningún riesgo para su visión.

Deberá presentarse a la prueba con su corrección habitual, ya sean gafas o lentes de contacto.

D. ....  
con DNI.....manifiesta que ha sido informado convenientemente y que ha comprendido lo referente a su participación en el estudio “Evaluación de un método de medida de vergencias fusionales”.

Zaragoza, a .....de.....de 2016

Firma del paciente

Firma del responsable de la medida

## 6.2. ANEXO 2: PUNTOS DE RECOBRO EN DIVERGENCIA/ CONVERGENCIA/ VERGENCIAS VERTICALES

### Valores de recobro en divergencia

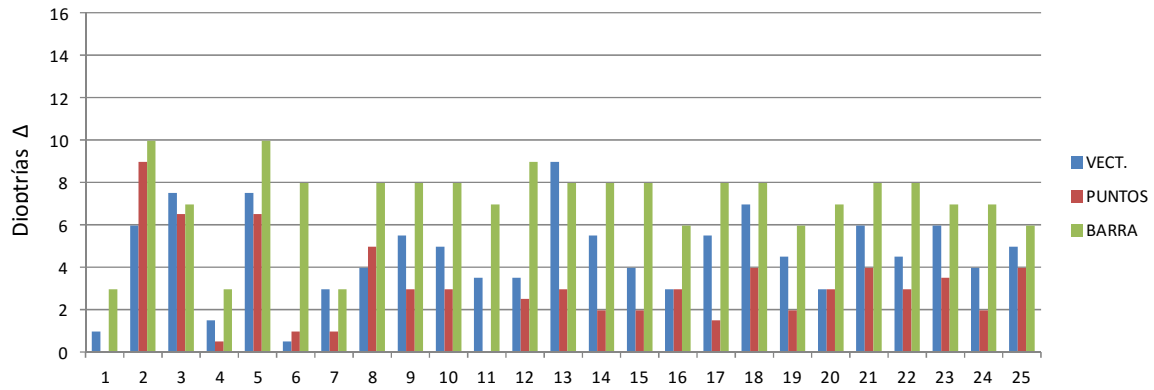


Fig.29 : Valores en  $\Delta$  de recobro en divergencia para cada paciente y con cada uno de los métodos analizados

### Valores de recobro en convergencia

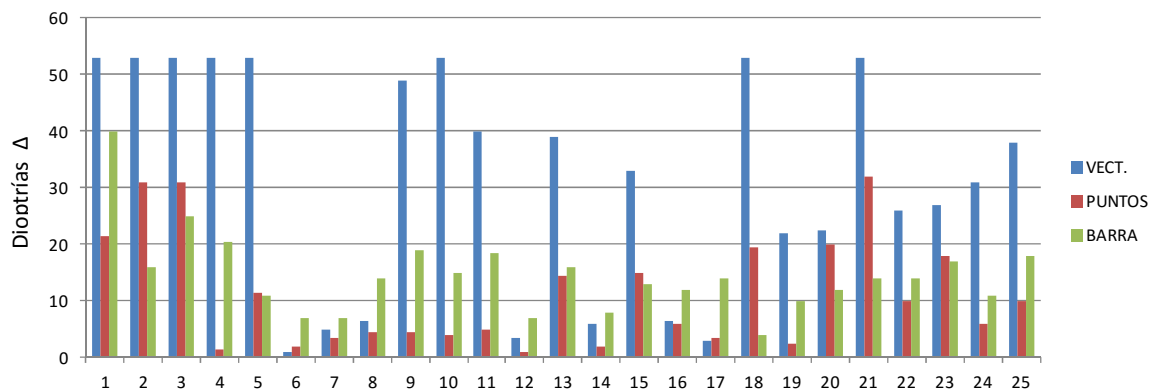


Fig.30 : Valores en  $\Delta$  de recobro en divergencia para cada paciente y con cada uno de los métodos analizados

### Valores de recobro en vergencias verticales

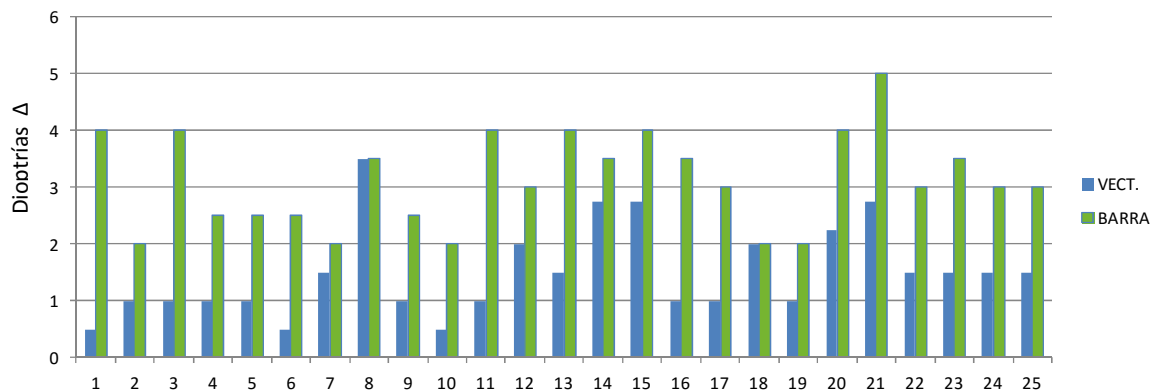


Fig.31 : Valores en  $\Delta$  de recobro en vergencias verticales para cada paciente y con cada uno de los métodos analizados

### **ANEXO 3: PUNTOS DE ROTURA/RECOBRO PARA CADA UNO DE LOS PARTICIPANTES Y PARA CADA TEST**

#### Valores de rotura/recobro en divergencia con vectograma

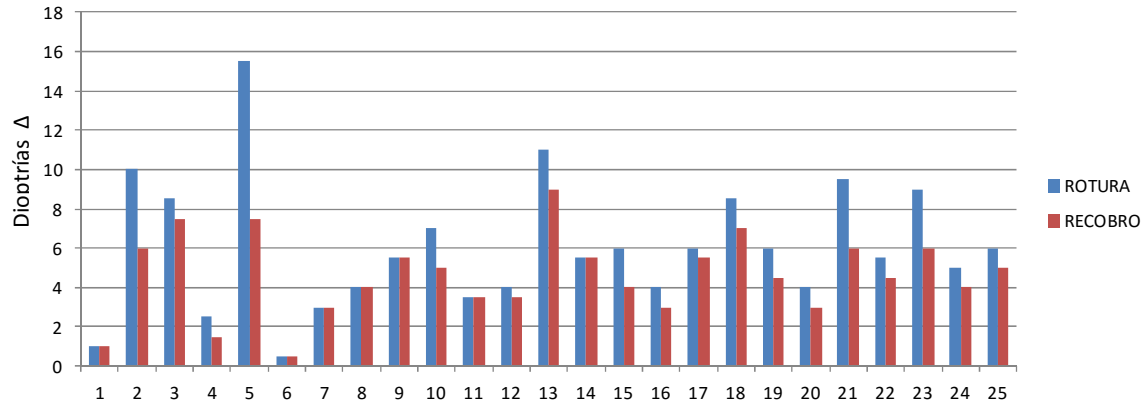


Fig.32: Valores de rotura/recobro en divergencia para cada uno de los participantes con vectograma

#### Valores de rotura/recobro en divergencia con puntos aleatorios

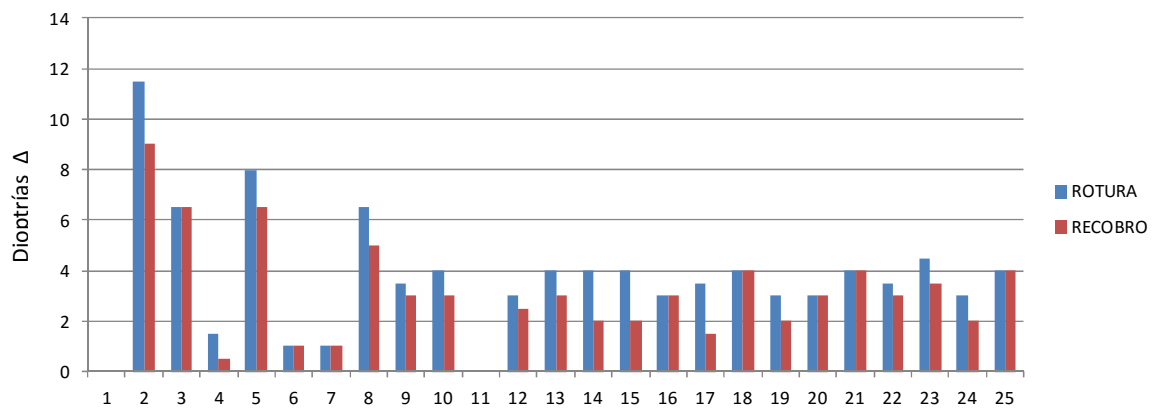


Fig.33: Valores de rotura/recobro en divergencia para cada uno de los participantes con puntos aleatorios

#### Valores de rotura/recobro en divergencia con barra de prismas

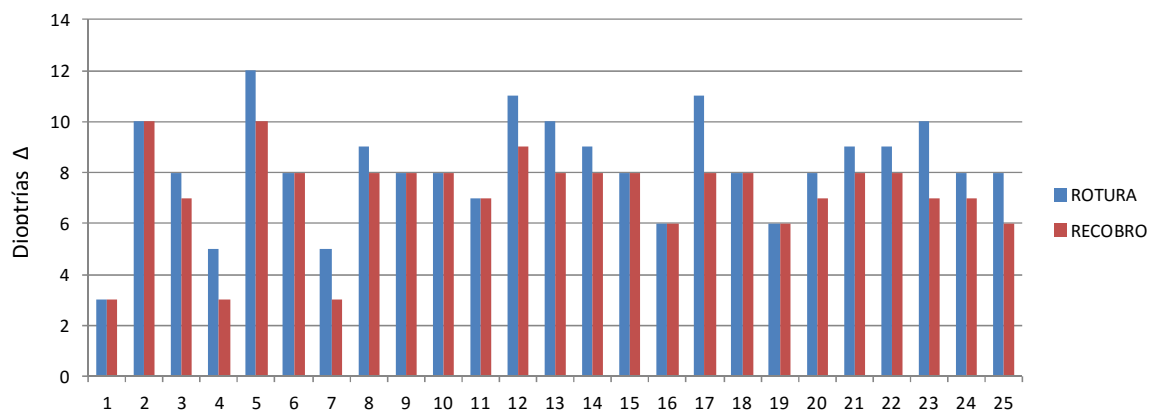


Fig.34: Valores de rotura/recobro en divergencia para cada uno de los participantes con barra de prismas

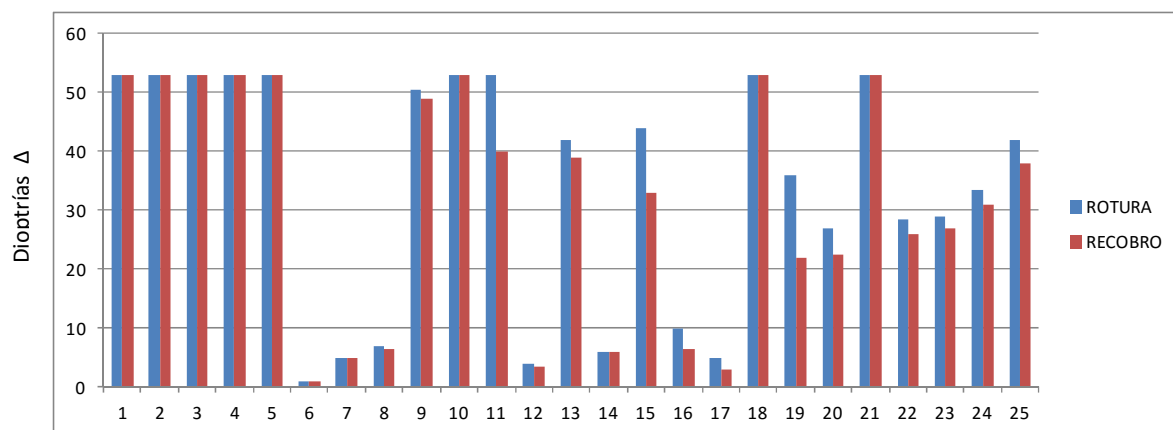
Valores de rotura/recobro en convergencia con vectograma

Fig.35: Valores de rotura/recobro en convergencia para cada uno de los participantes con vectograma

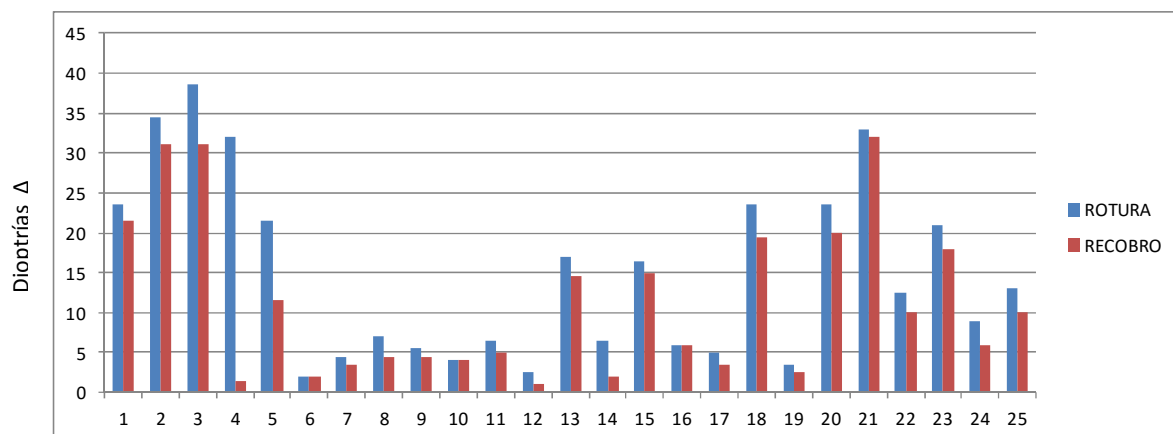
Valores de rotura/recobro en convergencia con puntos aleatorios

Fig.36: Valores de rotura/recobro en convergencia para cada uno de los participantes con puntos aleatorios

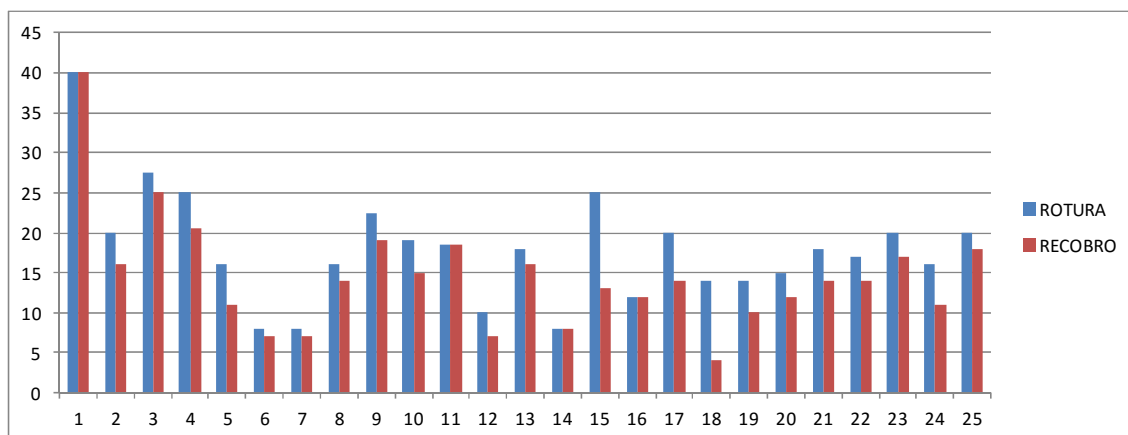
Valores de rotura/recobro en convergencia con barra de prismas

Fig.37: Valores de rotura/recobro en convergencia para cada uno de los participantes con barra de prismas

## **7. BIBLIOGRAFIA**

1. BORRÁS GARCÍA, M.R. et al. *Optometría. Manual de exámenes clínicos*, 3ª Ed. Universitat Politècnica de Catalunya. 2010.
2. PONS MORENO, Alvaro M & MARTÍNEZ VERDÚ, Francisco M. *Fundamentos de visión binocular*. Universidad de Alicante & Universidad de Valencia. Alicante, 2004.
3. SCHEIMAN, M. & WICK, B. *Tratamiento clínico de la visión binocular: Disfunciones heterofóricas, acomodativas y oculomotoras*. J.B. Lippincott Company. Philadelphia. CIAGAI, S.L. 1996.
4. MONTÉS-MICO, R. *Optometría. Principios básicos y aplicación clínica*. Elsevier España, S.L. Barcelona, 2011.
5. BORRÁS GARCÍA, M.R. et al. *Visión binocular. Diagnóstico y tratamiento*. Edicions UPC. 1996.
6. GROSVENOR, T. *Optometría de atención primaria*. Masson, S.A. Barcelona. 2004.
7. CARBONELL BONETE, S. *Prevalencia y sintomatología de las disfunciones acomodativas y binoculares en la población universitaria*. Universidad de Alicante. 2014.
8. CIUFFREDA, Kenneth J. *The scientific basis for an efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders*. State University of New York, State College of Optometry, Department of Vision Sciences, New York. 2002.
9. ANTONA, B., BARRA, F., BARRIO, A., GONZÁLEZ, E., SÁNCHEZ, I. *Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences*. Ophthalmic Physiol Opt. 2008. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18761485>.
10. ROUSE, MV., BORSTING, E., DELAND, PN. *Reliability of binocular vision measurements used in the classification of convergence insufficiency*. Optom Vis Sci. 2002. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11999151>.
11. SASSONOV, Ofra et al. *The effect of Test Sequence on Measurement of Positive and Negative Fusional Vergence*. Hadassah Academic College Department of Optometry. Jerusalem 2010. Disponible en [https://c.ymcdn.com/sites/www.covd.org/resource/resmgr/ovd41-1/article\\_effecttestsequence.pdf](https://c.ymcdn.com/sites/www.covd.org/resource/resmgr/ovd41-1/article_effecttestsequence.pdf)
12. MARK ROSSENFIED, KENETH J. CIUFFREDA and EDITHA ONG. *Vergence adaptation and the order of clinical vergence range testing*. Department of Vision Sciences, State College of Optometry, State University of New York. New York. 1995.
13. Bland JM, Altman DG. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. Lancet. 1986;1(8476):307-10.
14. Carrasco, J.L., Jover, L. *Métodos estadísticos para valorar la concordancia*. Bioestadística. Departamento de Salud Pública. Universitat de Barcelona. Barcelona. 2004.

15. Palomo Álvarez, C. et al. *Normal values of distance heterophoria and fusional vergence ranges and effects of age*. Universidad Complutense, Madrid. (2006) 244: 821–824
16. CIRAC VILLANUEVA, E. *Valores normales de la visión cromática y la estereopsis en función del test utilizado en su exploración*. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. 2014.
17. SOBRADO CALVO, P. *Tema 2: Visión binocular*. <http://ocw.um.es/cc-de-la-salud/optometria-ii/material-de-clase-1/tema-2-format-paloma-sobrado.pdf>. Universidad de Murcia.
18. BARRERA CASTILLO, J. *Caracterización de problemas sensoriales en mayores de 65 años, pertenecientes al programa Adulto Mayor del DIF en el Municipio de Cocotitlán Estado de México*. Instituto politécnico nacional. México. 2011
19. ROUSE, M.V., BORSTING, E. DELAND, P.N. *Reliability of Binocular Vision Measurements Used in the Classification of Convergence Insufficiency*. Southern California College of Optometry, Fullerton, California. 2002.
20. ARGIMON, JM, JIMENEZ, J. *Medición de variables. En Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. 3ª ed. Madrid: Elsevier; 2004.