

Influencia de la estimulación periférica en la memoria visual.

Por:

Pilar Berrocal Mora.
Gloria Hermida Salamanca.

Directora:

Pilar Plou Campo.

Madrid Junio 2002

**Dedicado a nuestras familias y
amigos por su amor y apoyo.**

AGRADECIMIENTOS:

A D^a Pilar Plou Campo, directora del proyecto por su apoyo y guía.

A todos nuestros compañeros por su ayuda y amistad.

Al Instituto Nacional de Educación Física y Deportes (INEF) por facilitarnos sus instalaciones.

A todo el personal del Centro Optometría Internacional (COI) por su ayuda y apoyo, y en especial a M^a José Gutierrez por saber estar en cada momento.

Y a todas las personas que de una u otra manera nos ayudaron a concluir el proyecto.

- I- ÍNDICE:**
- II- INTRODUCCIÓN**
- III- HIPÓTESIS**
- IV- MEMORIA**
 - 1. CONCEPTO
 - 2. MEMORIA, PERCEPCIÓN Y APRENDIZAJE.
- V- CAMPO VISUAL.**
 - 1. CONCEPTO
 - 2. CARACTERÍSTICAS
- VI- BASES NEUROLÓGICAS DE LA VIA VISUAL.**
 - 1. ORGANIZACIÓN FUNCIONAL
 - 2. FUNCIONAMIENTO DE LA VIA VISUAL GENICULO-CORTICAL.
 - 3. ORGANIZACIÓN RETINOTÓPICA DE LA VÍA VISUAL.
- VII- MATERIAL Y MÉTODO.**
 - 1. MUESTRA.
 - 2. MATERIAL.
 - 3. MÉTODO.
- VIII- MÉTODO ESTADÍSTICO.**
- IX- DISCUSIÓN.**
- X- CONCLUSIONES**
- XI- REFERENCIA DE IMÁGENES.**
- XII- BIBLIOGRAFÍA.**
- XIII- ANEXOS.**

II- INTRODUCCIÓN:

Caminamos por una calle cualquiera, andamos rápido puesto que tenemos prisa y por fin divisamos el lugar donde nos encaminamos, nuestra casa, nuestro portal. Como se encuentra al otro lado de la calle comenzamos a cruzar, en ese momento ningún coche está tan cercano a nosotros como para detenernos, pero de repente una sombra entrevista por el rabillo del ojo nos obliga a detenernos para dejar pasar ese Volkswagen rojo que no estaba tan cerca pero sí venía rápido.

Esta situación u otras similares la hemos vivido o visto como espectadores muchas veces ya que es muy común. El mecanismo que actúa es la visión periférica, además de aquello en lo que fijamos la mirada, somos capaces de percibir el resto del conjunto.

Esta capacidad nos plantea una cuestión, nuestra atención está fija en otro punto sin embargo percibimos mediante la periferia y podemos modificar donde fijamos la atención, tomar decisiones o actuar según la información. La cuestión es sencilla y a la vez compleja, un estímulo que percibimos mediante la visión periférica, requiere que pase a ser el punto focal de nuestra atención para ser manipulado y tratado, o directamente utilizado como en el ejemplo anterior del Volkswagen.

Para comprobar si ese estímulo periférico es capaz de dejar huella en nuestra memoria, aún sin ser el objeto de nuestra atención y así ser utilizado a posteriori. Decidimos realizar el presente estudio.

Si este hecho se confirma, puede llegar a ser importante a la hora del aprendizaje. Porque la memoria y el aprendizaje están relacionados, no podemos aprender sin memorizar.

III- HIPÓTESIS

Cuando observamos una imagen los estímulos luminosos que proceden de ella llegan tanto a nuestra retina central como a la periférica. Todos esos estímulos son procesados en la corteza visual. En la mayoría de los casos no prestamos atención a multitud de objetos que se encuentran en nuestro campo periférico. Aún así se cree que estos estímulos visuales a los que no prestamos atención llegan de la misma manera a la corteza visual.

Creemos que al igual que los estímulos que nos llegan cuando utilizamos nuestra visión central se almacenan en nuestra memoria, estos estímulos periféricos de los que hablamos pueden llegar a almacenarse en la memoria y por tanto, influir en nuestro aprendizaje y en último termino en nuestro comportamiento.

El objetivo de este trabajo es determinar estadísticamente **la influencia de la estimulación periférica en las habilidades visuales, concretamente en la memoria visual.**

IV- MEMORIA

1. CONCEPTO.

El concepto de memoria ha ido evolucionando a lo largo de la historia según se avanzaba en su investigación y dependiendo de las corrientes de pensamiento de cada época.

La memoria siempre ha sido una gran desconocida, lo que ha dado lugar a que se haya definido de diversas formas y desde diversos puntos de vista. Todas estas definiciones aportan algo de verdad al avance en el conocimiento de la memoria.

A continuación se exponen algunas definiciones desde distintos puntos de vista:

La Real Academia Española, define la memoria como:
“ La potencia del alma por medio de la cual se retiene y se recuerda el pasado ”.

Miguel Márquez, neurólogo, dice que la memoria es *“ El proceso cognitivo mediante el cual procesamos información incorporándola a nuestro cerebro, codificándola, almacenándola, y después, recuperándola ”.*

Los psicólogos, Sherry y Schacter, opinan que la memoria es *“ Una adaptación biológica que surge como respuesta a necesidades ambientales ”.*

Para Rizzini (Ciencias de la Información), la memoria es *“ La persistencia en nosotros de las huellas de un aprendizaje anterior, aunque el estímulo haya desaparecido ”.*

Helmhamm, define a la memoria como: *“La capacidad de conservar los hechos durante periodos de tiempo mas o menos prolongados y de reproducirlos en un momento determinado, voluntaria o involuntariamente”*.

De todas estas definiciones, aunque estén formuladas desde muy distintos campos de la ciencia, se intuye que la memoria es una función sumamente compleja y por tanto imposible de encasillar en un solo concepto.¹

En nuestra memoria están los recuerdos de nuestra niñez, los olores o sabores que nos traen a la mente lugares donde hemos estado, la manera de caminar, de bailar, de comportarnos...

Cada una de estos recuerdos están “almacenados” en distintos sitios de nuestro cerebro, lo que hace todavía más complejo el estudio de la memoria.

En el lóbulo temporal esta asentada la memoria a largo plazo, en el putamen se encuentran la memoria del procedimiento como nadar o montar en bicicleta, en el Hipocampo se guardan los recuerdos personales y los recuerdos del espacio que nos sirven para crear mapas, en la amígdala se encuentran las memorias traumáticas que son inconscientes, en el núcleo caudado se guardan muchos de nuestros instintos que son nuestra memoria genética.

La base de nuestra memoria está situada en las neuronas y en sus conexiones, de modo que cuando adquirimos una serie de estímulos, que posteriormente serán un recuerdo, ciertas neuronas se estimulan. Esta estimulación las asocia, de modo que cuando se estimula una se estimulan las demás, sin que los estímulos tengan que ser tan fuertes como los estímulos

que las asociaron. Cuando la estimulación se hace de forma repetida o la estimulación es muy intensa, esa asociación permanece en el tiempo conformándose así nuestros recuerdos. Este es el motivo por el que un simple olor puede evocar un paisaje o una circunstancia ya vivida.

Por tanto, cuantos más detalles tenga la memoria, más útil será para nosotros, ya que con pequeños estímulos seremos capaces de recuperar mucha información. Esto ocurre porque los distintos estímulos llegan a corteza, a un área u otra dependiendo del tipo de estímulo que sea, y desde las distintas zonas de corteza, la información llega al hipocampo, de modo que se unifican todos los estímulos, relacionándolos entre sí y creando una globalidad. Toda esta información unificada puede tardar en asentarse como recuerdo hasta casi dos años. Este asentamiento en nuestra memoria suele ocurrir durante el sueño. Una vez pasado este periodo de asentamiento, ya no utilizamos el hipocampo para recuperar una información, sino que la recuperamos directamente desde el área de la corteza en que reside.

Sin embargo, muchas de estas asociaciones neuronales que continuamente fabrica nuestro cerebro, no se mantienen o se almacenan en nuestra memoria. El hecho de que unas se mantengan y otras no, depende casi siempre de las emociones, del grado de utilidad de la información y del nivel de atención prestado y del número de estímulos diferentes que formen esa información, de modo que un pequeño estímulo pueda desencadenar la estimulación de todas las neuronas asociadas y por tanto se asiente el recuerdo por repetición.

2. MEMORIA, PERCEPCIÓN Y APRENDIZAJE¹³

La memoria, esta en estrecha relación con nuestra percepción, con nuestro aprendizaje, y por tanto con nuestro comportamiento.

La relación entre memoria y aprendizaje es considerada, por muchos autores como inseparable. Es más, consideran que la memoria y el aprendizaje son capacidades interdependientes.¹

Durante mucho tiempo se ha cometido el error de considerar el aprendizaje como un proceso mental y la memoria como un almacén de información. Actualmente, se considera que la memoria es un proceso dinámico, en el que la información que está “almacenada” en nuestro cerebro, está sometida constantemente a cambios dependientes de diversos procesos. Algunos de estos procesos son la adquisición de nuevos conocimientos o la reinterpretación de la información almacenada en nuestra memoria, dependiendo de la nueva información adquirida.

El aprendizaje es un cambio en el estado del conocimiento del sujeto, es un proceso de adquisición de nuevos conocimientos, conductas y formas de interaccionar con el ambiente. Por tanto, un sujeto cuando aprende, modifica su memoria. Pero la adquisición de nuevos conocimientos, depende de lo que ya reside en la memoria. Es decir, el aprendizaje está sujeto a aprendizajes anteriores ya que depende de la información que reside en la memoria.

Al estudiar el aprendizaje se puede distinguir tres procesos por los que el sujeto adquiere nuevos conocimientos: Aprendizaje conductual, aprendizaje de habilidades, y la adquisición de información. La memoria influye de una u otra manera, en cada uno de estos tipos de aprendizaje.

El aprendizaje conductual se refiere al aprendizaje que utilizamos para adaptarnos al medio en el que vivimos. Dentro del aprendizaje conductual, tenemos el aprendizaje de asociación por el cual el conocimiento se adquiere debido a que dos estímulos aparezcan relacionados en el tiempo, y se asocian de modo que cuando aparece uno se da el otro. Ante este fenómeno se nos plantea la pregunta de si este aprendizaje asociativo se da únicamente cuando somos conscientes de los estímulos que se están relacionando o también cuando no somos conscientes de los estímulos, de modo que estos estímulos, no conscientes, que recibimos se almacenan en nuestra memoria y como todo lo que hay en nuestra memoria condiciona nuestro aprendizaje y nuestro comportamiento.

El aprendizaje de habilidades engloba habilidades motoras, de percepción y de conocimiento. En el aprendizaje de habilidades motoras no nos detendremos, ya que no nos interesa abordar este tema en este trabajo, pero si nos detendremos en el aprendizaje de la percepción y del conocimiento.

El aprendizaje perceptivo es el proceso en el que, dependiendo de la exposición a los estímulos, se modifica el modo en el que son procesados. Es decir, la percepción o modo de percibir el exterior modifica la manera de recoger información y la manera de emplear esa información, es decir, nuestra conducta.

Según José Antonio Marina es un arte de corte y confección. Se recortan siluetas y se hilvana con información que ya estaba presente como información pasada. A este proceso se le llama síntesis perceptiva.

Percibir puede significar coger. Coger de nuestro alrededor lo que nos interesa y desechar lo que no nos interesa. Por lo tanto el ojo no se comporta como una cámara fotográfica que recoge una imagen en su

totalidad. El mismo paisaje no es el mismo para un pintor que para un ingeniero, sino que el paisaje se percibe de manera diferente debido a la inteligencia, a la información contenida en la memoria y al aprendizaje anterior. Complementamos lo visto con lo que ya sabemos, por lo tanto no se trata de que veamos las cosas y luego las interpretemos sino que nuestra inteligencia funciona al revés.

De todo esto se deduce que la percepción depende en gran medida de la memoria. Bergson dijo: *“Percibir es sobre todo recordar”*, ya que solo vemos lo que sabemos ver y lo que sabemos discriminar. Este “saber ver”, depende directamente de la información que ya está almacenada en nuestra memoria. El mundo que percibimos nos revela el sistema de patrones que guardamos en nuestra memoria.

Todo esto nos lleva a pensar que nuestra percepción y por tanto nuestro aprendizaje, sería más completo si en el momento del aprendizaje, existen diversos tipos de estímulos de todo tipo, visuales, auditivos... que queden grabados en nuestra memoria. Estos estímulos harán que se creen más asociaciones neuronales, que hagan que lo aprendido se recupere más fácilmente.

Desde este punto de vista, diversos estudios sobre el aprendizaje humano demuestran que la exposición prolongada a un estímulo facilita su reconocimiento posterior. Este reconocimiento puede ocurrir tanto cuando somos conscientes de los estímulos, como cuando estos estímulos aparecen en zonas de nuestro campo visual periférico y no les prestamos atención.

3. MODELO DE FUNCIONAMIENTO.^{5,40}

No se puede definir y comprender lo que no se puede explicar como funciona, cada autor o grupo de trabajo presenta un sistema de funcionamiento de la memoria, pero en todos ellos hemos observado unas similitudes, ya que muchas de las diferencias parecen referirse al nombre de alguna parte, ni tan siquiera a su funcionamiento o características, por lo tanto podemos plantear un modelo basado en los diversos estudios que hemos revisado.

Cuando un estímulo es percibido, sin importar cual sea su fuente y el sentido por el que se perciba, entraría en la memoria sensorial que se encargaría de realizar una copia fiel con una duración muy breve, ya que una nueva imagen de un estímulo eliminaría la anterior. Las imágenes de los estímulos se organizan según el sentido de procedencia del estímulo destacando la auditiva reservada a la parte ecoica, es decir aquella capacidad que tiene el hombre a retener las vibraciones sonoras, la música, la información, etc. y la visual reservada a la icónica: aquella donde el individuo es capaz de retener todo lo que ve, porque el sentido de la vista nos permite relacionarnos con el medio y son los sentidos predominantes. También existen memorias para los otros sentidos, memoria motora, es aquella que retiene los aprendizajes realizados por movimientos y la memoria táctil que nos permite recordar todo aquello que tocamos.

Si el estímulo es relevante la atención lo fija y se produce el paso a la memoria a corto plazo donde se puede mantener durante unos treinta segundos, siempre que la atención se mantenga y es capaz de manejar de cinco a nueve unidades.

En este punto se aprecian los fenómenos de recencia, pudiéndose resumir en que cuanto menor sea el número de cosas a recordar más fácil se

recuerdan. Existen otras definiciones que indican que lo último en ser aprendido se recuerda mejor, desvanecimiento, con el transcurso del tiempo la huella del estímulo es más débil y puede llegar a desaparecer, desplazamiento, es decir las nuevas unidades desplazan a las anteriores e interferencia cuando una información nueva se almacena y es parecida a otra ya almacenada, ambas se mezclan y la información más antigua se pierde.

Fenómenos que nos muestran el funcionamiento de la memoria a corto plazo.

"El sujeto piensa, percibe, actúa, desde su memoria, que es un conjunto de posibilidades de acción. Recordar es realizar el acto que pone en estado consciente una información poseída. Percibir es realizar el acto de interpretar un estímulo mediante un esquema. " Razonar es el acto de relacionar conceptos definidos de acuerdo con normas lógicas." (José Antonio Marina, 1993.

Cuando alguna unidad es útil o se desea recordar durante más tiempo se pasa a la memoria a largo plazo donde puede ser almacenada por tiempo ilimitado, esta afirmación no es errónea ya que la falta de recuerdo es debido a una mala codificación que impide su posterior recuperación, no a que no se grabe o se pierda la información.

La memoria a corto plazo se apoya en tres sistemas para realizar su función, el sistema exterior central que se encarga de decidir que estrategia se ejecuta, el bucle articulatorio que ayuda a recordar mediante la repetición, generalmente en voz baja y la agenda visoespacial que transforma los estímulos en representaciones iconográficas.

La memoria a largo plazo presenta diversas divisiones orientadas a la clasificación de lo que se recuerde pero la forma más clara sería la siguiente, explícita o declarativa, su contenido se puede expresar con palabras tanto la información como el modo en que se adquirió y englobaría la memoria

semántica que es la encargada de guardar conceptos, palabras, etc., memoria biográfica lo que nos ha sucedido en la vida y la memoria episódica cada suceso importante en nuestra vida junto con el contexto en el que sucedió y se puede organizar o seriar mediante el contexto. La memoria no explícita o no declarativa es aquella no se puede valorar la información en palabras, ni la forma en que sé adquirió, esta memoria guarda series de procedimientos, que se basan en la regla de acción-reacción. Si un estímulo ya conocido se percibe de nuevo, tras reconocerlo se localiza en la memoria a largo plazo el procedimiento adecuado. Este procedimiento es retomado por la memoria a corto plazo para su ejecución y poder responder de una forma adecuada al estímulo.

Pero no todos los estímulos son conocidos Qué sucede si es un estímulo nuevo, la experiencia nos dice que también desencadena una respuesta, donde obtenemos los procedimientos para enfrentarnos a lo nuevo y como los adecuamos a los nuevos estímulos. En ese caso lo que se utiliza, son los procedimientos para estímulos similares. Se ejecutan los pasos que componen el procedimiento, observando los resultados y modificando el procedimiento, si es necesario, para grabar un nuevo procedimiento que permita responder al nuevo estímulo.

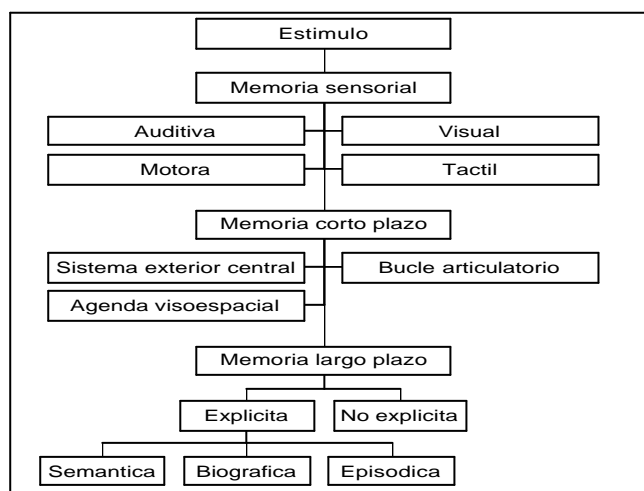


Fig1- Esquema del modelo de funcionamiento de la memoria.

IV- CAMPO

1. CONCEPTO ^{35,9}

"La capacidad de percibir el espacio físico visible, cuando el ojo está mirando a un punto fijo", esta es la definición de Maria Ángeles Núñez, responsable de la O. N. C. E. en Salamanca.

También se definió como *"Toda aquella área percibida del espacio si mantenemos inmóvil la cabeza y fijamos la mirada en un punto"*, esta sería la definición que aporta el colegio nacional de Ópticos y Optometristas en su página web.

Ambas definiciones son correctas ya que el campo visual se cuantifica con cada ojo por separado y existe un campo visual cuando utilizamos ambos ojos.

Todas estas definiciones son correctas pero planteamos otra definición, basándonos en una razón fisiológica. Observando diversos animales apreciamos grandes diferencias, centrándonos en la situación de los ojos en el cráneo y el campo visual. Tomando como base al conejo, sus ojos están situados en los laterales del cráneo proporcionándole un campo visual muy amplio, casi alcanza los 360° de circunferencia, que es monocular ya que no se superponen en ningún punto. Pero el hombre, como otras especies, tienen los ojos situados en posición frontal lo que provoca la superposición de los campos de ambos ojos y proporcionan un campo o visión binocular.

Basándonos en las definiciones expuestas y en la fisiología dividiremos nuestra definición de campo visual en campo monocular y binocular. Siendo campo monocular la porción de espacio que podemos

observar cuando miramos recto hacia delante con cada ojo, por separado, a un punto fijo y sin mover la cabeza o el ojo. Se determina mediante pruebas campimétricas. Para completar la definición debemos incluir el campo binocular, el espacio donde se solapan los dos campos monoculares cuando miramos recto hacia delante a un punto fijo con los dos ojos, manteniendo inmóvil cabeza y ojos.

La definición no sería completa si no fuéramos capaces de cuantificar los límites y capacidades del campo. Para este punto comenzaremos indicando sus límites, el campo monocular normal es un ovalo ligeramente irregular que mide aproximadamente, desde el punto fijación correspondiente a la mácula, 60° superior, 60° nasal, 75° inferior y 100° temporal. El campo visual binocular, tomado como campo visual total, tiene forma oval con extensión horizontal hasta casi 200° y verticalmente hasta 130°.

Dentro del campo total encontramos dos regiones. La más central correspondiente al campo visual binocular. Formada por la superposición de los campos visuales monoculares, cuya extensión es el radio correspondiente a los 65° del punto de fijación y dos regiones laterales que se proyectan monocularmente sobre la periferia de la retina nasal de ambos ojos. Llamadas crecientes o lúnulas temporales monoculares.

Lógicamente el campo visual monocular y binocular tiene limitaciones anatómicas, como son nariz y cejas.

Podemos indicar que el campo monocular como binocular está constituido por dos porciones. La porción central que representa a la visión central, comprendida en el radio de 30° desde el punto de fijación (cuando hablamos de campo monocular) y un campo periférico que determina la visión periférica que abarca el resto del campo.

Dentro de la porción central, nos encontramos representado por un escotoma absoluto, área de ceguera total en un campo visual, que es la proyección de la papila óptica. Este escotoma de forma ovalada de eje mayor vertical de unos 8° y un eje horizontal menor de 6° , situado en el campo temporal a 15° del punto de fijación. ²²

Tras establecer los límites, debemos incluir el concepto de agudeza y unirlo al campo. Partiendo de la analogía de Euclides sobre la visión, "*Una isla en un océano de ceguera*", Traquair Viscott en 1957 dibujo esa isla. Indicó que es una isla muy escarpada ya que sus costas se elevan constantemente hasta alcanzar la cúspide, que sería el punto de fijación. Presenta un "barranco", en la cara más escarpada el lado nasal, que desciende a nivel del "océano de ceguera" y que corresponde al punto ciego. ⁹

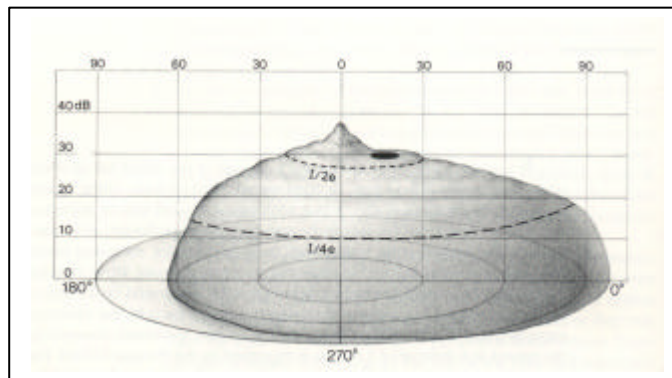


Fig 2: Isla de Visión.

Esta poética representación no pasaría de un bello ejercicio literario sin la posibilidad de cartografiar esa isla.

Para realizar la proyección sobre un mapa utilizaremos líneas de contorno, en perimetría se denominan isópteras cuyo centro es el punto de fijación, que corresponde a la mácula.

Para situar más fácilmente los puntos en este mapa, se divide el campo en cuadrantes. Una línea horizontal divide el campo en superior e inferior y una línea vertical (que también atraviesa el punto de fijación) y completa los cuadrantes.

Qué representa cada isóptera, cada punto de la línea es la relación entre tamaño del estímulo y la distancia desde el cual se percibe, generalmente se expresa como un quebrado $1 \text{ mm}/2000 \text{ mm}$, estas medidas son tomadas sobre la base de las respuestas de una persona normal.

Antes de cerrar este apartado sobre la cartografía de esta "isla" debemos retomar el barranco, ese punto que desciende a nivel del "océano de ceguera". Donde están esos puntos ciegos, no los percibimos pero existen, son las manchas ciegas de Mariotte, la proyección de la papila óptica. Porque no las percibimos, se debe al fenómeno de complementación, nuestro cerebro utiliza las imágenes del lado derecho para completar el izquierdo y viceversa.

En este apartado hemos indicado muchos datos que varían según el autor que se consulte, pero además existen variaciones en el campo visual normal influenciadas por la edad, el tamaño de la pupila, la claridad de los medios, errores refractivos altos no corregidos, la afaquia y la anatomía del rostro.

2. CARACTERÍSTICAS^{30, 2}

En el apartado anterior hemos hablado de campo central y campo periférico haciendo una equivalencia con visión central y visión periférica, porque se toman como sinónimos. Esta división en el campo o en la visión existe al tener diferentes características, determinadas por la vía visual. A partir de este momento hablaremos de visión en vez de campo.

La visión del color tiene una particular distribución en el campo de un sujeto considerado normal. En el radio de los 30° a partir del punto de fijación nuestra visión es tricromata, es decir, somos capaces de obtener cualquier color con la mezcla de los tres colores primarios, desde los 30° hasta los 70°-80° nuestra visión es la de un dicromata, hacemos las mezclas de colores con un color primario menos y el resto del campo tenemos una visión monocromática

La visión central esta determinada por los conos, fotorreceptores de la retina, que se utilizan en iluminación fotópica y mesópica. Si representamos en una gráfica su distribución en la retina, nos encontraríamos con una mayor concentración de ellos en la mácula aunque en la parte más central de esta, la foveola a 1,18°, no encontramos conos "S" sensibles a la longitud de onda de 420 nm aproximadamente. Estos fotorreceptores se caracterizan por una respuesta más rápida, una selectividad direccional a la luz, una sensibilidad a frecuencias espaciales altas y caminos retinianos menos convergentes, es decir, un fotorreceptor sinapta con una ganglionar, que lleva asociado una elevada agudeza visual.

El cono sinapta con una ganglionar del tipo denominado parvo localizadas en la retina y cuerpo geniculado lateral (C. G. L.), estas células a nivel retiniano tienen una distribución central, se disparan cuando hay poco contraste, dando una mayor agudeza visual en la visión central respecto de la

visión periférica. La respuesta temporal de la neurona es continua mientras se presente el estímulo, responden mejor a frecuencias temporales bajas y su velocidad de transmisión es lenta, dándonos una discriminación de la forma.

Resumiendo, con la visión central tenemos mejor agudeza visual pudiendo captar los detalles más pequeños, esta agudeza visual ira disminuyendo según nos alejemos del centro del campo visual, también con la visión central percibimos los colores y los objetos estáticos con color.

Los bastones, fotorreceptores, son el primer eslabón para la visión periférica, están activos en condiciones de iluminación escotópica y mesópica. Si revisamos la gráfica de distribución de los fotorreceptores en la retina nos damos cuenta que hay bastones en toda la extensión de la retina excepto en la mácula y en la papila.²⁴

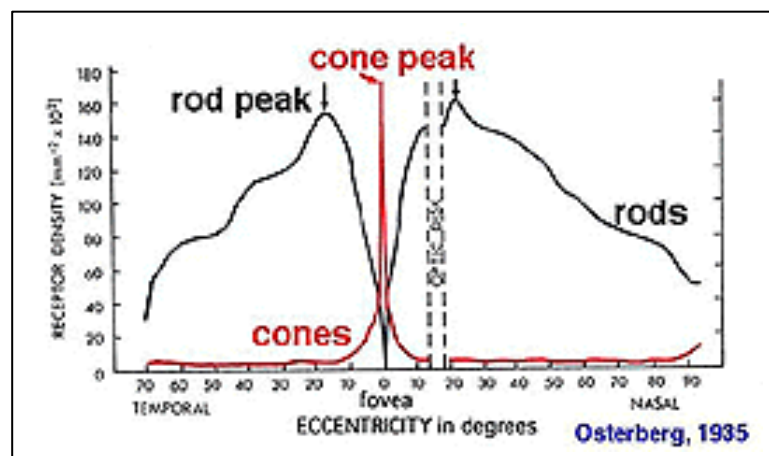


Fig.3 Distribución de conos y bastones en la retina

Como característica son sensibles a rayos de luz que inciden en un amplio ángulo, sus vías retinianas son más convergentes, es decir, varios bastones sinaptan con una ganglionar; según nos vamos separando del centro. Sinaptan los bastones con una ganglionar magno de la retina y el

cuerpo geniculado lateral (C. G. L.), estas neuronas se encuentran a nivel de la retina en la parte periférica, su respuesta temporal es transitoria para responder a cambios rápidos en la iluminación, a alteraciones clarooscuro del campo, codifican la claridad, cualidad subjetiva del color que se puede obtener independiente del color, es una sensación que afecta a todas las fuentes luminosas coloreadas o no y con una velocidad de transmisión rápida. Están especializadas en el movimiento y los cambios bruscos del entorno, llevando esta información a “V1” que la distribuirá para ser procesada en capas concretas de la corteza visual.

VI- BASES NEUROLÓGICAS DE LA VIA VISUAL

El sistema visual de los seres humanos está constituido por la retina, nervio óptico, quiasma, cintillas, cuerpo geniculado lateral, radiaciones geniculocalcarinas, corteza calcarina, áreas visuales de asociación y conexiones interhemisféricas.⁸

La vía visual es un sistema aferente relacionado con multitud de áreas y fibras nerviosas. En su trayecto cruza de forma perpendicular los sistemas mayores sensitivos ascendentes y el motor descendente de los hemisferios cerebrales. En su parte anterior se relaciona con estructuras vasculares y óseas situadas en la base del cerebro, y en su parte posterior se relaciona con las caras laterales del sistema ventricular de los hemisferios.⁹

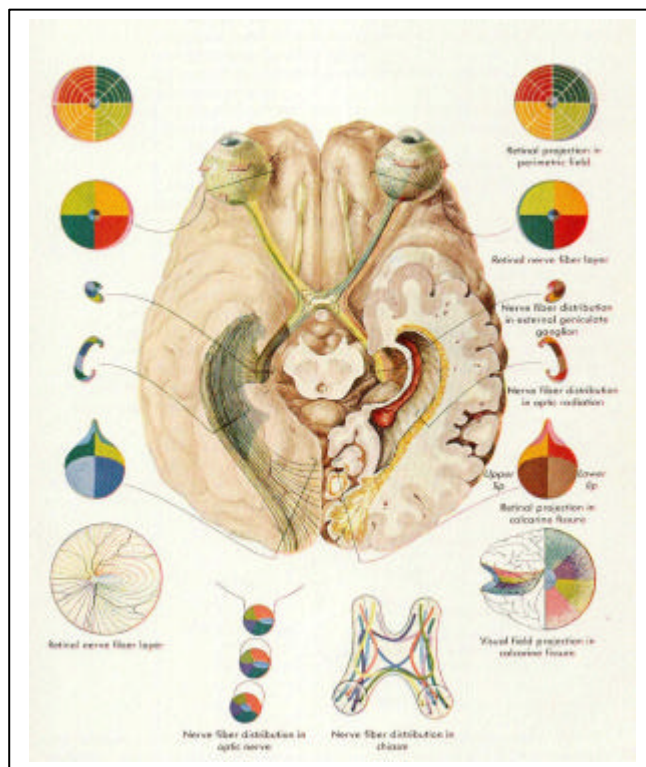


Fig 4: Vía Visual.

1. ORGANIZACIÓN FUNCIONAL

La organización funcional del sistema visual empieza a nivel de la retina. Está organizado de una forma retinotópica en cada uno de sus niveles. Retinotópico significa que un punto de retina se proyecta en una región dada del cuerpo geniculado lateral y luego en una región concreta de la corteza visual, es decir, se puede hacer un mapa ordenado de la proyección de la retina en el cuerpo geniculado lateral y en la corteza visual.

1.1 RETINA:

La retina es una porción del cerebro que se proyecta hacia estructuras superficiales del organismo con el fin de recibir los rayos luminosos que provienen del mundo exterior. Mide aproximadamente unos 42mm de diámetro, y tiene dos porciones, central y periférica. La región central se encuentra alrededor de la fovea y mide aproximadamente 6 mm alrededor de esta. El resto de la retina, hasta la ora serrata, es retina periférica

Nos interesa destacar dos zonas de la retina; papila y mácula. En el centro de la retina está el disco papilar, que es la salida del nervio óptico. Es una área circular que mide 2 x 1.5 mm. Desde el centro de la papila sale la arteria central de la retina. A la derecha de la papila, a 17° aproximadamente, se encuentra la mácula. La mácula es un área de forma ovoide, con una coloración amarillenta, donde convergen los rayos luminosos que entran a través de la cornea. Dentro de la mácula esta la fovea y la región parafoveolar.

La retina es el primer escalón del procesamiento de la imagen. En la retina se empieza a seleccionar la información, debido a que las células ganglionares codifican selectivamente aspectos específicos de la información

visual como color, movimiento, dirección del movimiento y contraste. Por tanto ya desde la retina se produce una codificación de la imagen de modo simultaneo, pero por canales separados.

1.1.1 Histología

Cuando la luz entra en el ojo, atraviesa todas las capas y células de la retina hasta llegar a la capa de los fotorreceptores.

1.1.1.1 **Capas de la retina:** ¹²

Las capas de la retina más importantes son:

- Epitelio pigmentario
- Capa de fotorreceptores.
- Membrana limitante externa.
- Capa nuclear externa.
- Capa plexiforme externa.
- Capa nuclear interna.
- Capa plexiforme interna.
- Membrana limitante interna.
- Capa de células ganglionares.

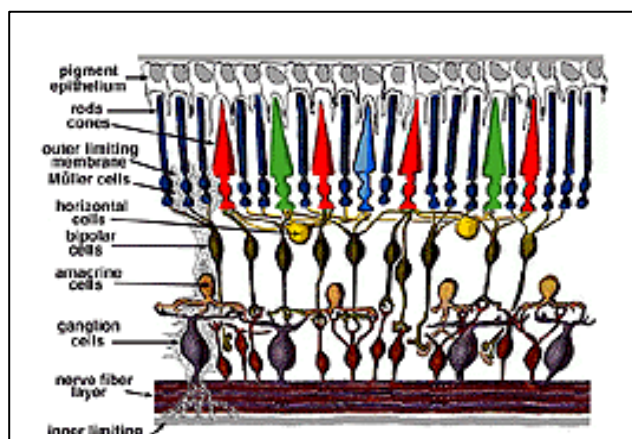


Fig 5: Histología de la Retina.

De estas capas nos interesa destacar las tres capas de cuerpos celulares: nuclear externa, nuclear interna y de células ganglionares. Y dos capas de interacciones sinápticas: plexiforme externa e interna.

La Nuclear externa contiene los cuerpos celulares de conos y bastones. La nuclear interna está formada por los cuerpos neuronales de las células bipolares, horizontales, amacrinas y células de glía. La tercera capa de cuerpos celulares está formada por los cuerpos neuronales de las células ganglionares.

Las plexiformes son las zonas donde se realizan la sinapsis entre las células de la retina. En la plexiforme externa sinaptan las terminaciones de los conos y bastones con las dendritas de las células bipolares y con las células horizontales. Esta es la primera sinapsis de la vía visual. En la plexiforme interna se realiza la segunda sinapsis entre los axones de las células bipolares con las dendritas de las ganglionares. Además en esta capa están las prolongaciones de las células amacrinas, que hacen sinapsis con las bipolares y las ganglionares para modular la información que llega a las células ganglionares.

Estas cinco capas retinianas son diferentes en la retina central y en la periférica. En general la zona de retina central es más gruesa que la periférica, debido a que hay un gran empaquetamiento de los fotorreceptores. Si concretamos, la nuclear externa tiene un espesor constante a lo largo de toda la retina, aunque la disposición de las células sea diferente. En cuanto a los fotorreceptores, en la retina central, el número de conos es muy superior al de bastones, por lo que es más gruesa en la zona central de la retina. La nuclear interna es más gruesa en la zona central debido a que hay más conos, más bipolares y más ganglionares, aunque las células amacrinas y las horizontales son más pequeñas.

1.1.1.2 Células de la retina: ^{24, 10}

Las células que conforman la estructura de la retina son:

- Células del epitelio pigmentario.
- Fotorreceptores.
- Bipolares.
- Horizontales.
- Amacrinas.
- Ganglionares.
- Gliales.

1.1.1.2.1 Células del Epitelio Pigmentario:

Es la capa más externa de la retina y está formada por una sola capa de células y por la membrana basal del epitelio o membrana de Bruch. Estas células tienen melanina y absorben la luz que les llega. Su función es fagocitar los discos membranosos más externos de los fotorreceptores durante el ciclo diurno.

1.1.1.2.2 Fotorreceptores:

Son células fotosensibles a la luz. Son de dos tipos; conos y bastones y son funcional y estructuralmente diferentes. La conformación externa de los dos tipos de fotorreceptores es la misma, aunque internamente sean diferentes. Ambos se componen de un segmento externo, en contacto con el epitelio pigmentario, un segmento interno, un núcleo, una fibra nerviosa y una porción terminal.

El segmento externo de los conos y bastones tiene forma y estructura diferente, la única característica común es que se pueden

regenerar. En los conos tiene una forma cónica y en los bastones una forma cilíndrica. Dentro de los segmentos están los discos membranosos. En los bastones estos discos son discos de doble membrana independientes de la membrana del fotorreceptor, y en los conos estos discos son invaginaciones de la membrana plasmática. En los discos membranosos de los fotorreceptores se encuentra el pigmento visual, que en el caso de los seres humanos, es la rodopsina. Cuando la luz estimula esta molécula se producen una serie de cambios bioquímicos en los canales de sodio, que hacen que el fotorreceptor se hiperpolarice y deje de liberar neurotransmisor.

En el segmento interno hay mitocondrias, miofibrillas y demás orgánulos propios de cualquier célula humana.

Las terminaciones sinápticas de los fotorreceptores son los pedículos en el caso de los conos y las esférulas en el caso de los bastones. En ambas terminaciones se encuentran las vesículas sinápticas con los neurotransmisores en su interior. Generalmente, los pedículos de los conos sinaptan en forma de triadas, de modo que dos terminaciones sinaptan con dos células horizontales y la terminación central sinapta con una célula bipolar. En la retina periférica, los conos sinaptan de forma oblicua con las bipolares formando la capa de fibras de Henle que solo podemos observar en esta área retiniana. Las esférulas de los bastones sinaptan en forma de diadas, en las que la terminación lateral sinapta con células horizontales y la terminación central sinapta con las dendritas de las bipolares.

1.1.1.2.3 Células Bipolares

Las células bipolares se encargan de recoger la información visual de los fotorreceptores y pasar esa información a las células ganglionares.

Morfológicamente tienen un cuerpo celular situado en la nuclear externa, dendritas que están en la plexiforme externa y sinaptan con los

fotorreceptores, y un axón más largo, que está en la plexiforme interna, que sinapta con las células ganglionares.

En la retina humana hay nueve tipos diferentes de células bipolares, ocho de ellas son bipolares de cono y solo una es bipolar de bastón.

1.1.1.2.4 Células Horizontales ^{2, 21}

Son células de asociación lateral a nivel de la plexiforme externa. Hay tres tipos: I, II, III. Esta clasificación está hecha en función de su conexión con los fotorreceptores.

Las horizontales de tipo I (H1), conectan a través de las dendritas con los pedículos de los tres tipos de conos. Y su axón conecta con los bastones.

Las horizontales de tipo II (H2) recogen información únicamente de los conos y cada célula horizontal recibe información de un solo tipo de cono.

Las horizontales tipo III (H3) emiten procesos desde la membrana nuclear interna hasta la plexiforme interna.

Las células horizontales responden a la luz hiperpolarizándose. Mediante las conexiones transversales estas células modulan la respuesta del sistema fotorreceptor-bipolar. Las conexiones entre las horizontales se efectúan mediante sinapsis eléctricas, y estas células pueden mediar la información lateral transferida a larga distancia.

La acción inhibitoria de la célula horizontal es la que modula las interacciones antagónicas entre las zonas de retina central y periférica. Estas

células conectan conos y bastones de modo que se produce una inhibición de los conos en condiciones fotópicas.

1.1.1.2.5 Células Amacrinas ²¹

Son células de asociación que sitúan su cuerpo celular en la nuclear Interna, sus prolongaciones en la plexiforme interna. No conectan directamente con los fotorreceptores, pero lo hacen indirectamente a través de las bipolares. Las amacrinas también conectan con otras células amacrinas y con células ganglionares.

Las células amacrinas modulan la respuesta al actuar sobre las ganglionares o al actuar entre ellas. También proporcionan una inhibición lateral adicional a la inhibición de las horizontales en la plexiforme interna y ambas, amacrinas y horizontales, contribuyen a la organización y a las propiedades de los campos receptores en las células ganglionares.

1.1.1.2.6 Células de glía

Las células de glía en la retina son las células de Müller, la astroglia y la microglia.

Las células de Müller son células gliales especiales. Sus núcleos se sitúan en la nuclear externa y sus prolongaciones atraviesan todas las capas, desde membrana limitante externa, formada por sus terminaciones, hasta la membrana limitante interna.

Los astrocitos, tienen un cuerpo celular aplanado y sus procesos tienen forma de radios. Se encuentra mayoritariamente a nivel de la capa de células ganglionares. Su forma cambia dependiendo de su localización; En

retina central son alargados y en retina periférica son estrellados. En los únicos lugares donde no existen astrocitos son en ora serrata y en fovea.

La microglia se encuentra en todas las capas de la retina. Son células multipolares, pequeñas y con prolongaciones cortas.

1.1.1.2.7 Células Ganglionares ^{21, 2, 6}

Las células ganglionares recogen información y la envían a través de su axón al cuerpo geniculado lateral.

Estas células tienen un cuerpo neuronal grande, dendritas y un axón. Las dendritas sinaptan a nivel de la plexiforme interna con las prolongaciones de las bipolares y las amacrinas. Los axones de todas las ganglionares forman el nervio óptico. Estos axones son amielínicos hasta la salida del globo ocular, donde se mielinizan para formar el nervio óptico propiamente dicho.

Desde el punto de vista anatómico podemos diferenciar dos tipos de células ganglionares. Las ganglionares enanas que tienen un axón y una dendrita, y las polidendríticas que, como su nombre indica, tienen varias dendritas y un solo axón.

Desde el punto de vista funcional, según algunos autores como Polyak, en la retina humana hay tres tipos de células ganglionares, células X o P, células Y o M y células W.

Las células X o P predominan en la región central de la retina, donde se proyecta la imagen del punto donde se fija la mirada y en donde la agudeza visual es mayor. Sus campos receptores pequeños, en comparación con los campos de las células Y. Estas células dejan de transmitir cuando un

estímulo ilumina de un modo uniforme su campo receptor, tanto la zona central como la periférica, Sus axones conducen la información a una velocidad media, por lo que tienen respuestas muy mantenidas en el tiempo. Estas células tienen una respuesta estable tónica que se activa principalmente por estímulos inmóviles. Son muy sensibles a elevadas frecuencia de contraste, pero tienen menor sensibilidad que las células Y a luminancias bajas. Tienen muy poca convergencia, por lo que tienen preferencia por sinaptar con los conos a través de las bipolares. Las células X o P proyectan sus axones a las capas parvocelulares del cuerpo geniculado lateral.

Estas células X recogen los estímulos centrales estáticos y, como por ejemplo las presentaciones de un taquitoscopio. Como su respuesta es muy mantenida en el tiempo, es suficiente que el estímulo este presente décimas de segundo para que sea percibido y transmitido.

Las células Y o M predominan en las regiones periféricas de la retina que son las zonas más sensibles a los estímulos en movimiento. Tienen campos receptores grandes. Estas células, al contrario que las X, siguen transmitiendo una respuesta débil cuando un estímulo ilumina su campo receptor de manera uniforme. Sus axones tienen una velocidad de conducción alta por lo que muestran una respuesta rápida pero poco mantenida en el tiempo. Estas células tienen una respuesta transitoria fásica muy adecuada para la detección de estímulos en movimiento. Son muy sensibles a bajas frecuencias de contraste. Las células Y o M proyectan sus axones a las capas magnocelulares del cuerpo geniculado lateral y al tubérculo cuadrigémino superior. Estas células son más sensibles a objetos grandes y en movimiento.

Las células W son poco numerosas si las comparamos con las X o las Y. Son células que responden a cambios en la uniformidad en el campo, como cambios bruscos de iluminación. Solo un pequeño número de estos

axones van al cuerpo geniculado lateral y la mayoría se dirigen a los tubérculos cuadrigéminos superiores.

Estos tres tipos de ganglionares transportan la información de modo simultáneo pero por caminos visuales paralelos.

Desde el punto de vista de la respuesta ON-Off en la retina encontramos células ganglionares de centro On y de centro Off.

A cada célula del sistema visual, ya sea una célula ganglionar o una neurona del cuerpo geniculado lateral, le corresponde un campo receptor. El concepto de campo receptor de una neurona se refiere al área de la retina, con una extensión y forma dada, en la que al incidir un estímulo energético de características dadas, responde esa neurona.

En los campos receptores de las células ganglionares, hay que distinguir entre un círculo central y un anillo periférico. Estas dos zonas tienen respuestas opuestas ante un mismo estímulo.

Podemos encontrarnos con neuronas de centro On y con neuronas de centro Off. Si tenemos una ganglionar de centro On que recibe un estímulo en su centro, aumenta la frecuencia de los pulsos nerviosos, es decir se aumenta el potencial de reposo y hay una excitación neuronal. Si el estímulo ocupa la totalidad del centro On la respuesta será mayor que si solo ocupa una parte.

Si en una neurona de centro On se estimula el anillo periférico el potencial de reposo no aumenta, sino que disminuye. Al igual que en el caso anterior la disminución será mayor a medida que el estímulo ocupe más área del anillo periférico. Si el estímulo ocupa la totalidad de campo receptor no hay respuesta.

Los campos receptores se solapan entre si, de modo que un fotorreceptor puede transmitir la energía recibida directamente o indirectamente, por acción de las horizontales, a un campo adyacente.

Un mismo estímulo puede producir excitación en una neurona e inhibición en la adyacente o incluso un mismo estímulo puede actuar excitando o inhibiendo al campo receptor de una misma neurona. Por tanto las células ganglionares lo que hacen es detectar diferencias de iluminación entre dos zonas contiguas en el interior de sus campos receptores.

1.1.2 Funcionamiento de la retina^{8,19}

Los pigmentos retinianos absorben energía luminosa y desencadenan una variación en la polarización de las neuronas. En los fotorreceptores y en las bipolares, cuando son estimuladas directamente por los fotorreceptores, ocurre una hiperpolarización de la membrana, es decir, el potencial de membrana se hace más negativo. Esta reacción es opuesta al funcionamiento habitual de las neuronas que ante un estímulo se despolarizan. Las células amacrinas, las ganglionares y las bipolares que son estimuladas por las horizontales, se despolarizan, es decir su potencial de membrana se vuelve menos negativo.

La corriente nerviosa que ha desencadenado el estímulo luminoso, pasa a través de todas las neuronas de la retina hasta llegar a las ganglionares, que a través de su axón, llevan la información al cuerpo geniculado lateral y a la corteza visual.

Las células horizontales de la retina obstaculizan este paso de información lineal. Estas células hacen que las bipolares tengan dos comportamientos opuestos, inhibición o excitación.

Cuando un objeto estimula la retina periférica, las células horizontales y las amacrinas relacionan a los fotorreceptores periféricos con las bipolares de la zona central.

Por tanto un estímulo central excitara directamente la cadena fotorreceptor- bipolar- ganglionar, es decir, la vía simple o directa. Sin embargo un estímulo periférico pondrá en juego muchas neuronas horizontales, hasta inhibir una actividad directa de la zona central. De este modo se conseguirá un equilibrio entre la zona central y la periférica..

1.2 NERVIÓ OPTICO ⁸²¹

El nervio óptico puede dividirse en cuatro porciones: intraocular, intraorbitaria, intracanalicular e intracraneal.

El nervio óptico tiene un componente nervioso y otro componente de tejido conectivo. El tejido conectivo, en la parte anterior, es la esclera, los fibroblastos y los vasos sanguíneos.

La porción intraocular es la parte en la que los axones ganglionares recorren la retina hasta incurvarse 90° para salir del globo ocular. En esta porción los axones no tienen mielina y hay muchos astrocitos.

En las porciones intraorbitaria e intracanalicular el nervio Óptico está dividido, interiormente, por paredes o septos de tejido derivado de la piamadre. Aproximadamente 1cm por detrás de la salida del globo ocular, la arteria central de la retina, atraviesa el nervio óptico por su parte inferior y lo recorre a nivel de su eje hasta llegar a la papila donde emergerá para vascularizar la retina.

La porción intracraneal del nervio óptico comienza en la salida de la órbita, a través del agujero óptico, y termina en el quiasma.

1.3 QUIASMA ^{4,8}

El quiasma está formado por la confluencia de los nervios ópticos Derecho e izquierdo. Está situado por detrás de la lámina cuadrilátera y por encima de la silla turca. Por encima se encuentra el tercer ventrículo; a cada lado, en estrecho contacto, está la arteria carótida interna que, inmediatamente después, se divide en las cerebrales media y anterior. Por delante se relaciona con las arterias cerebrales anteriores que están unidas por la comunicante anterior. Por detrás se relaciona con el tuber cinereum y el infundíbulo. Debajo se encuentra la hipófisis.

En el quiasma se produce el cruzamiento de algunas de los axones de las células ganglionares que provienen de la retina.



Fig 6: Cruce de fibras en el quiasma.

Las fibras que provienen de la retina temporal no se cruzan, de modo que siguen su camino hacia la corteza del mismo lado en que se originaron.

Sin embargo, las fibras que provienen de la retina nasal, se cruzan a nivel del quiasma. Las fibras nasales superiores se cruzan por la parte posterior del quiasma, y las fibras nasales inferiores lo hacen por la parte anterior, formando la rodilla quiasmática. Por último, las fibras que provienen de la región macular, se cruzan por el centro del quiasma. Por tanto las fibras nasales llegan a la corteza del lado contralateral al que partieron.

1.4 CINTILLAS ÓPTICAS

Las cintillas se van formando a medida que las fibras emergen de la parte posterior del quiasma. Las dos cintillas se encuentran separadas por el tallo de la hipófisis y por el tercer ventrículo.

1.5 CUERPO GENICULADO LATERAL ^{21, 2, 19}

Es el núcleo visual primario y es un núcleo de transmisión talámica situado a ambos lados de la región del mesencéfalo. Este núcleo es el destino de los axones que se originan en la capa de células ganglionares de la retina y es el origen de las radiaciones ópticas. En el Cuerpo geniculado lateral se organizan, tanto las fibras decusadas como las que no, en parejas homónimas.

El cuerpo geniculado lateral se divide en seis capas grises de neuronas. En estas seis capas hay dos tipos de neuronas; magnocelulares y parvocelulares. Las células magnocelulares se sitúan en las capas 1 y 2 formando las capas magnocelulares. Las neuronas parvocelulares se sitúan

en las capas 3,4,5,6, formando las capas parvocelulares. Estos dos tipos de neuronas tienen proyecciones axonales diferentes, es decir, sus axones llegan primero a V1 o corteza visual primaria, pero después de V1 se dirigen a zonas distintas de la corteza, y se cree que aportan componentes diferentes a la percepción visual.

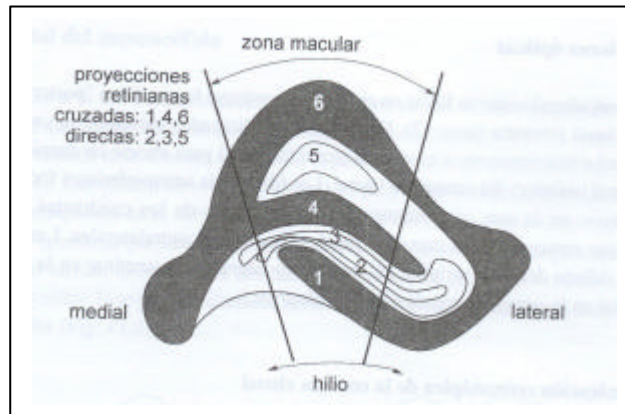


Fig 7: Capas del cuerpo geniculado lateral.

Las células del cuerpo geniculado lateral no aportan nueva información a la codificación de la imagen hecha por las células ganglionares de la retina, aunque las respuestas de tipo On y de tipo Off son más intensas que en la retina. Son células de dos tipos: con una zona circular On y un anillo periférico Off o a la inversa, inhibición en la zona central y excitación en la periferia. Las células de centro On influyen solo en las neuronas de CGL de centro On y las de centro Off proyectan en las neuronas del CGL de centro Off. Estas células contribuyen a aumentar el efecto de contraste cuando el estímulo luminoso pasa de una zona Off a otra On.

Las aferencias que recibe el cuerpo geniculado lateral dependen de la zona de retina donde se sitúa la neurona ganglionar. Los axones cruzados del ojo contralateral, acaban en las capas 1, 4 y 6, mientras que los axones

ipsolaterales no cruzados terminan en las capas 2,3 y 5. Por tanto, cada capa recibe información de un solo ojo.

En el cuerpo geniculado lateral se une la información de los dos ojos, esta relacionado con la localización y la visión en profundidad, hace posible la detección de pequeños contrastes, y se une la información visual con señales nerviosas debidas a estímulos no visuales como pueden ser, sonidos, temperatura..

1.6 RADIACIONES ÓPTICAS

Se inician en el cuerpo geniculado lateral y constituyen la vía óptica posterior. Son fibras mielinizadas que parten de la cara dorsal del cuerpo geniculado lateral y discurren lateral e inferiormente a través del istmo temporal para abrirse en abanico, rodeando la punta del asta temporal del ventrículo lateral y terminan a nivel de la superficie medial del lóbulo occipital en la corteza visual, concretamente en la cisura calcarina.

1.7 CORTEZA VISUAL ^{21, 19, 20}

La corteza visual se divide en tres áreas que se diferencian tanto anatómicamente, como funcionalmente. Estas tres áreas son:

- Corteza visual primaria estriada o V1.
- V2
- Corteza preestriada: V3, V4 Y V5.

- V1 o área visual primaria

La corteza visual primaria, o V1, es aquella región de la corteza que

recibe las aferencias del núcleo geniculado lateral a través de las radiaciones ópticas, y viene a coincidir con el área 17 de Brodman. Esta área se sitúa en el polo posterior del lóbulo occipital, alrededor de la cisura calcarina.

Su función es analizar la información visual por atributos o características y la de posicionar el estímulo dentro del campo visual.

La estructura de V1 se asemeja a la del resto de la corteza, una estructura laminar formada por seis capas de células. Estas capas son denominadas desde la superficie cerebral hasta la sustancia blanca con los números del I al VI. En los humanos la capa IV, que también es denominada granular por las células no piramidales que le dan este aspecto, tiene una gran densidad celular y se subdivide en tres subcapas A, B y C. El área V1 se subdivide en dos porciones atendiendo al origen de las aferencias; un cuarto posterior correspondiente al área macular y los tres cuartos anteriores correspondientes al área periférica.

La corteza visual recibe aferencias del cuerpo geniculado lateral. Los axones de las células geniculo-corticales se dirigen principalmente a la capa IV, formando una banda característica de sustancia blanca que está situada en la subcapa IV B y que se denomina estría de Gennari. Esta capa le otorga a V1 un aspecto estriado, por lo que la capa V1 también se denomina corteza estriada.

Las aferencias geniculo-corticales, como ya hemos dicho anteriormente, no son una vía homogénea sino que transcurren por tres caminos funcionalmente diferentes y que, por lo tanto, están implicadas en los procesamientos de distintas cualidades de la imagen. Cada una de estas vías tiene su inicio en una parte diferente del cuerpo geniculado lateral y se dirigen a distintos sitios de V1.

La corteza visual primaria tiene distintos tipos de neuronas. Atendiendo a su morfología están las células piramidales y las células no piramidales, y atendiendo a su funcionalidad están divididas en dos grupos; las encargadas de la visión binocular y las encargadas de la detección de formas, contraste y movimiento.

Las neuronas piramidales son neuronas de proyección de gran tamaño mientras que las no piramidales son interneuronas locales de menor tamaño que tienen forma estrellada y no proyectan fuera de la corteza visual primaria. Estos dos tipos de neuronas pueden tener la propiedad de tener espinas o no. Las que tienen espinas son excitatorias y las que no las tienen son inhibitorias

En el grupo de las neuronas encargadas de la detección de formas, contraste y movimiento encontramos diferentes subtipos; células simples, células complejas.

Las células simples tienen campos receptores que tienen dos zonas antagonistas On y Off. Estas regiones no son, como en el caso de las ganglionares, circulares ni concéntricas. En algunos casos la región On tiene forma de barra alargada con una orientación definida y tiene a sus dos lados dos barras Off de la misma longitud. En otros casos la región Off tiene forma de barra alargada de orientación definida y a ambos lados regiones On iguales que la Off. Sin embargo en otros casos, la región periférica puede no tener la misma longitud. Por tanto las células simples tienen un campo receptor que las hace sensibles a contrastes luminosos con una orientación determinada. La orientación del estímulo que activa la célula, varía de una célula a otra.

Las células complejas tienen campos receptores muy grandes y responden a contrastes orientados en una dirección determinada. Lo que las

diferencia de las simples es que el estímulo puede caer en cualquier zona del campo receptor para que la célula sea estimulada. Responden a estímulos orientados en una determinada dirección y que están en movimiento siempre que el movimiento sea perpendicular a la orientación del estímulo.

En el grupo de células encargadas de la binocularidad se encuentran las células estimuladas binocularmente. Estas células son células complejas que reciben aferencias de células simples. Dentro de estas células hay algunas que responden de la misma manera si el estímulo es presentado en el ojo izquierdo o en el derecho, otras responden más intensamente si estimulamos un ojo u otro.

-V2:

El área V2, correspondiente al área 18 de Brodman, se sitúa entre el área estriada y preestriada. Recibe aferencias de V1, V3, V4 y V5, y manda fibras de proyección a las demás áreas visuales. Su función está relacionada con el análisis global de la información que procede de V1, parcialmente independiente de tiempo haciendo nuevas codificaciones. V2 corrige malas codificaciones debidas a una mala imagen retiniana. Esta mala calidad de imagen retiniana puede deberse al movimiento o a variaciones de intensidad en el exterior etc.

Morfológicamente tiene bandas gruesas, delgadas e interbandas. En las bandas delgadas están las neuronas selectivas al color, en las bandas gruesas las selectivas al movimiento direccional y a la forma y en las interbandas se encuentran las neuronas selectivas a la forma.

-V3

El área V3, correspondiente al área 19 de Brodman, está situada en el lóbulo occipital y en la porción posterior de los lóbulos parietal y temporal.

Su función es el análisis de la forma ligada al movimiento e independiente del color.

-V4

El área V4, se encarga del análisis de la longitud de onda de la luz, de la orientación de las líneas y del análisis de la forma ligado al color.

-V5

El área V5 o MT, se encarga de la percepción del movimiento, dependiente de la dirección e independiente del color.

La información visual se analiza en el lóbulo parietal dominante, que habitualmente se localiza en el hemisferio izquierdo. Los objetos vistos en el campo visual homónimo derecho son “vistos” por la corteza calcarina izquierda desde donde se transmiten a centros corticales superiores para su procesamiento. Los estímulos visuales que llegan a la corteza visual derecha, procedentes de los hemicampos homónimos izquierdos, deben pasar, a través del rodete del cuerpo calloso, al área parietal izquierda para ser verbalizados.

2. FUNCIONAMIENTO DE LA VÍA VISUAL GENICULO-CORTICAL. ^{19,21}

En la vía visual que enlaza la retina con la corteza cerebral, hay tres zonas a destacar que son causantes de la codificación final de la imagen. Estas zonas son: La retina, el cuerpo geniculado lateral y la corteza visual. Por este trayecto la información se transmite simultáneamente pero por caminos paralelos dependiendo de los atributos de la imagen.

En la vía genículo - cortical, debido al cruce en el quiasma, los estímulos procedentes del campo izquierdo, independientemente de la zona de retina que estimulan, van a parar al cuerpo geniculado lateral derecho y, por tanto, los estímulos del campo visual derecho van a parar al cuerpo geniculado lateral izquierdo.

Desde la retina parten los axones de las células ganglionares tipo Y, tipo X y tipo W. Estos axones llevan la información específica que se ha mencionado anteriormente y van a parar al cuerpo geniculado lateral. Por tanto se forman dos vías la vía magnocelular y la parvocelular.

La vía magnocelular está relacionada con el análisis del movimiento y está formada por los axones de las ganglionares tipo Y. Estos axones llegan a las capas 1 y 2 del cuerpo geniculado lateral y de que aquí salen aferencias hacia la corteza visual, concretamente hacia la capa IVC del área V1. Desde esta capa retiniana se proyectan fibras de asociación hacia las áreas V3, y V5. Las fibras que llegan a V3 llevan información referente a la forma, independiente del color, asociada al movimiento y esta relacionada con la visión estereoscópica. Las fibras que llegan a V5 llevan información del movimiento dependiente de la dirección e independiente del color.

La vía parvocelular lleva información de la forma y está formada por los axones de las ganglionares tipo X que llegan a las capas 3,4,5 y 6 del cuerpo geniculado lateral. Desde aquí salen axones que llegan a la capa VIC, en su zona inferior, del área V1 de la corteza visual. Del área V1 salen proyecciones hacia el área V4. Por esta vía se analiza la forma ligada al color y sin movimiento.

Por último está la vía que algunos autores denominan parvocelular-blob. Esta vía es la encargada del color. Recibe aferencias de ganglionares X e Y.

Estos axones llegan al cuerpo geniculado lateral y de aquí se proyectan al área V1. Esta área conecta con el área V4.

3. ORGANIZACIÓN RETINOTÓPICA DE LA VIA VISUAL. ^{19,8,21}

El campo visual que percibimos se representa punto a punto en la Retina. Si el sistema óptico funciona con normalidad, el campo visual superior se proyecta en retina inferior y viceversa, y el campo nasal se proyecta en retina temporal. Estas proyecciones invertidas se mantienen a lo largo de toda la vía visual. Esto ocurre porque los axones de las ganglionares de la retina terminan de un modo ordenado en el cuerpo geniculado lateral, y las proyecciones del cuerpo geniculado lateral terminan ordenadamente en la corteza visual.

En la figura nº 4 se observa la disposición de las fibras a lo largo del nervio óptico y quiasma.

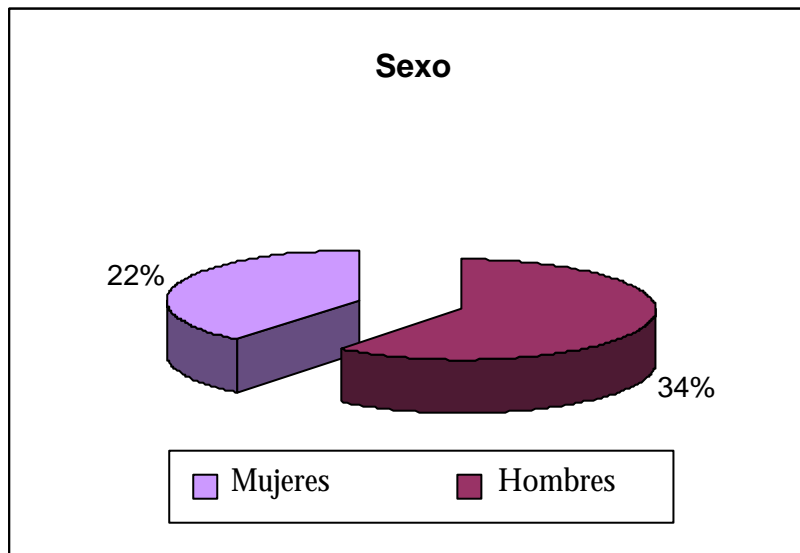
Esta disposición ordenada hace que los campos receptores de las neuronas adyacentes de la corteza visual, sean también adyacentes. Las neuronas que tienen campos receptores en la región central del campo visual, se sitúan en la porción anterior de la cisura calcarina. Las neuronas situadas alrededor de un punto de la cisura calcarina, tienen campos receptores que mantienen la misma disposición. Por tanto neuronas que estén en zonas inferiores, medias y superiores, tendrán sus campos receptores en zonas superiores, medias e inferiores respectivamente. (Ver figura 4).

VII- MATERIAL Y MÉTODO

1. MUESTRA.

El estudio se ha realizado con 58 deportistas estudiantes del Instituto Nacional de Educación Física (I.N.E.F.).

La muestra consta de 34 hombres y 22 mujeres con edades comprendidas ente los 20 y los 28. La edad media de la muestra es de 23.48 años con una desviación estándar de 1.763.



1.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Campo Visual: Se seleccionan estos límites de campo visual porque, aunque no son los máximos, son suficientes para que, el estímulo que se presenta en el campo periférico, sea visto por el sujeto:
 - o Temporal ≥ 70
 - o Nasal ≥ 50
 - o Superior ≥ 50
 - o Inferior ≥ 50

- Agudeza Visual Decimal: Se seleccionan las siguientes agudezas visuales porque son suficientes para que el estímulo presentado en el campo periférico sea visto por el observador:
 - o Lejos ≥ 0.5
 - o Cercal ≥ 0.5

- Visión Binocular: El único requisito binocular que puede interferir en el experimento es la presencia de supresiones. Si existiese algún tipo de supresión, el observador no vería el estímulo presentado en su campo periférico.

- Patología Ocular: Se precisa ausencia de patología ocular que pudiese dificultar la prueba.

- Memoria Visual: Se precisa un porcentaje mínimo de aciertos en el taquitoscopio del 60%.

1.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra inicial ha quedado reducida a 52 sujetos de los 58 estudiados. Estos 6 pacientes fueron excluidos por las siguientes causas:

- H C: Campo superior inferior a 50
- B M: Campo temporal inferior a 70.
- I M: Campo superior y nasal inferiores a 50.
- P S: Agudeza visual del OD inferior a 0.5.
- D B: Agudeza visual del OD inferior a 0.5
- R V: Agudeza visual del OD inferior a 0.5.

A los pacientes se les entregó un informe con los resultados optométricos. Se recomendó una revisión visual completa a los sujetos que se lo necesitaban.

2. MATERIAL.

En este apartado enumeraremos el material utilizado en el examen visual y en el experimento.

El primer material utilizado fue un aviso y hojas adjuntas (anexo B), para convocar a los participantes a nuestro proyecto y elegir la muestra de la investigación.

Examen visual:

- Telebinocular y Pruebas de visión Keystone (Keystone ViewW).
- Retinoscopio de franja (WelchAllyn).
- Oftalmoscopio directo (Heine).
- Perímetro de arco. (Airmak).
- Caja y gafas de prueba (Indo).
- Linternas de mano (Duracell).
- Test de Lea (Indo).
- Oclusores (Indo).
- Parche (Promociones Optométricas).
- Carta de Hart (Promociones Optométricas).

Experimento:

- Programa PS Olympics.
- Proyector de diapositivas (Elmo omigraphic 252 AIC)

- Diapositivas (Agfacolor) (anexo F)
- Pantalla (Quarter)
- Taquitoscopio de lejos (Lafayette modelo 43016).
- Auriculares y discman (Sony)
- Cronómetros.

Material de oficina:

- Ficha de datos (anexo C).
- Ficha de datos del Keystone (anexo D).
- Fichas cuadrículas en blanco (anexos H e I).
- Cuadrícula A₁ (anexo G).

Material estadístico:

- Statgraphics plus 3.
- Excel 2000.

3. METODO DE EXAMEN.

La elección de la muestra y el experimento se realizó pasando a los participantes por diferentes fases, compuesta cada una por diferentes pruebas. Realizamos las siguientes pruebas.

1. Anamnesis.
2. Pruebas de visión Keystone.
3. Dominancia ocular.
4. Campimetría con perímetro de arco.
5. Pupilas.
6. Retinoscopia de Mohindra.
7. Refracción subjetiva.
8. Oftalmoscopia directa.
9. Experimento.

Comenzaremos desarrollando el protocolo seguido en cada prueba.

3.1 ANAMNESIS.

3.1.1 Introducción.

En la primera fase se realizó la historia del caso o anamnesis mediante una serie de preguntas. Esta prueba es muy importante para obtener una primera información del estado de salud general y ocular del paciente.

Las preguntas formuladas aparecen en la ficha utilizada que se adjunta en páginas posteriores (anexo C).

3.2. PRUEBAS DE VISIÓN KEYSTONE.

3.2.1 Introducción.

Se realizo en la primera fase, es una batería de pruebas que valora las habilidades visuales básicas de un sujeto.

Decidimos incluir las pruebas de habilidades visuales mediante el uso de las pruebas de visión Keystone porque mide las respuestas habituales, de forma que el estímulo no exige ningún esfuerzo consciente y todos los resultados se obtienen con el mismo estímulo para la convergencia y para la acomodación.

En esta prueba no hay esfuerzos desiguales por la situación del estímulo, el sujeto dice únicamente lo que ve. Además sé decidió utilizar por ser un instrumento versátil, de fácil manejo y muy apropiado para realizar el examen en el lugar donde el sujeto desarrolla su actividad habitual.

Utilizamos la batería de pruebas de visión Keystone en nuestra investigación porque queríamos que todos los sujetos de la muestra investigada partieran de rangos visuales similares y no introducir en la muestra sujetos con rangos visuales fuera de la norma.

3.2.2 Protocolo.

Consiste en una serie de estereogramas o tarjetas para la realización del test, realizados con un telebinocular. Existe una gran variedad de estereogramas y nosotros utilizamos los denominados de pruebas y habilidades visuales.

Las pruebas de visión Keystone deben realizarse en un ambiente tranquilo para que no distraiga al paciente ni al optometrista. La iluminación

de la sala debe ser suave, se excluirá la luz solar intensa y se evitarán los reflejos. Los datos en la ficha correspondiente (anexo D).

El instrumento se sitúa en una mesa a una altura cómoda para el paciente y cerca del borde para que este no tenga una postura muy forzada. Las sillas han de ser si es posible un respaldo recto.

Antes de comenzar se debe comprobar el instrumento para ver si funciona adecuadamente. Además de situar las tarjetas en una secuencia adecuada, debiendo estar verticales y ser colocadas sin dificultad en el portatarjetas.

La postura corporal del paciente es importante para una buena visión, una postura incómoda causará fatiga y distraerá. El paciente se sentará delante del instrumento, próximo a él, de forma que su espalda y cabeza estén rectas y sus hombros a nivel, pero relajados. Los pies deben estar sobre el suelo y en una posición cómoda.

Ajustaremos la altura del cabezal de las pruebas de visión Keystone de forma que se tenga la postura adecuada durante toda la prueba. El ángulo e inclinación del cabezal también puede ajustarse.

La frente del paciente se apoya en el apoyo cabezas, se mantiene la posición durante toda la prueba y durante ésta el paciente no podrá retirarse ni tampoco inclinar la cabeza.

Los pacientes con gafas o lentes de contacto, que las utilicen habitualmente, deberán realizar la prueba con ellas colocadas. Si las utilizan únicamente para una distancia, a la distancia que no la necesiten deberán quitarse la corrección.

Si la corrección es una lente bifocal, se ajusta el ángulo y la altura del cabezal, de forma que la línea de visión del paciente pase sin dificultad a través de la parte inferior de su segmento bifocal para todas las pruebas de visión de cerca.

Las pruebas de visión Keystone se deben ajustar siempre para dar a cada ojo una visión completa de su campo.

El protocolo que hemos seguido en nuestro estudio fue realizado por la Pacific Sport Visual Performance Profile P. S. V. P. P. de Pacific University, diseñado para estandarizar y controlar la validez de todos los datos obtenidos en la evaluación de las habilidades de la función visual.

Estos factores se detallan a continuación:

C: Definición de la habilidad primaria que se evalúa con esta prueba.

I: Instrumento.

D: Distancia de presentación del test.

IL: Nivel de iluminación

P: Posición del sujeto.

F. C.: Factores críticos que han de desarrollarse durante la realización del test.

IS: Instrucciones. Se deben dar palabra por palabra para mantener una estandarización.

R: Registro, anotación de los datos.

N: Norma.

Los tests realizados:

Visión lejana:

- Percepción simultánea.
- Forias verticales.
- Forias horizontales.

- Percepción binocular.
- Agudeza visual (A. V.) del ojo derecho (O. D.).
- A.V. del ojo izquierdo. (O. I.).
- Estereopsis.
- Visión del color.

Visión de cerca:

- Foria horizontal.
- Percepción binocular.
- A. V. binocular.
- A. V. del ojo derecho.
- A. V. del ojo izquierdo.

3.2.3. Realización de la prueba.

3.2.3.1 Percepción simultánea. 1DB-10 A:

- C: Capacidad para ver con ambos ojos a la vez sin suprimir.
- I: Pruebas de visión Keystone.
- D: Enfocado a infinito.
- IL: Luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en él apoya cabezas y la espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentaremos la tarjeta número 1 y le preguntamos: "¿Qué ves?".
- R: El paciente debe contestar: "Un cerdo y un perro".
- N: Entonces le preguntamos: "¿Cómo están?". El perro debe estar

sobre el cerdo con las patas delanteras a la altura del rabo del cerdo.

Si el paciente ve sólo un animal o ve dos y uno lo ve borroso, ocluiremos alternativamente los ojos para que pueda ver mejor los animales, si sigue viendo lo mismo indicará la supresión de un ojo.

La posición del perro con respecto al cerdo nos indicara la presencia de ortoforia, exoforia, sí el sujeto ve el cerdo a la derecha del perro o endoforia, sí el sujeto ve el cerdo a la izquierda del perro.

También podemos saber la estabilidad de localización espacial del paciente, según si los animales se mueven de la posición inicial y cambian su relación espacial. Por las dimensiones y color del test (amarillo sobre fondo negro) una anomalía (supresión) indicará una adaptación profunda.

3.2.3.2 Foria vertical. 2DB-8C:

- C: Desviación vertical latente de los ejes visuales que se pone de manifiesto cuando se disocia la visión binocular.
- I: Pruebas de visión Keystone.
- D: Enfocado a infinito.
- IL: Luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en él apoya cabezas y la espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguramos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentaremos la tarjeta número 2 y le preguntamos: "¿Qué ves?". Si contesta: "Una línea y diferentes figuras", le preguntamos: "¿Qué número corta la línea amarilla?".
- R: Se anota el número que corta la línea amarilla y si esta oscila entre dos números, se anota el rango.

– N: Cero D.

Si percibe números y la línea amarilla habrá visión simultánea. Además, los números superiores indican hiperforia derecha y los inferiores hiperforia izquierda.

Si hay heteroforia lateral grande, la línea no llega a las figuras, entonces se debe imaginar una prolongación.

3.2.3.3 Foria horizontal. 3DB-9C:

- C: Desviación horizontal latente de los ejes visuales que se pone de manifiesto cuando se disocia la visión binocular.
- I: Pruebas de visión Keystone
- D: Enfocado a infinito.
- IL: Luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en el apoya cabezas y la espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentaremos la tarjeta número 3 y le preguntamos: "¿Qué ves?". Si contesta: "Una flecha y diferentes números", le preguntamos: "¿Qué número señala la flecha?".
- R: Se anota el número que señala la flecha y si esta oscila entre dos números, se anota el rango.
- N: Entre 10.5 D y 8.5 D.

Este test nos sirve para saber si hay visión simultánea, conoceremos también la heteroforia y la estabilidad espacial del sujeto.

Si el paciente dice que la flecha tiende a desplazarse pasados unos minutos respecto a la posición inicial, tendremos inestabilidad de la convergencia.

3.2.3.4 Percepción binocular. 4DB-4K:

- C: Capacidad de percibir una imagen única a partir de las dos percibidas por ambos ojos por separado.
- I: Pruebas de visión Keystone.
- D: Enfocado a infinito.
- IL: Luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en él apoya cabezas y la espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentamos la tarjeta número 4 y le preguntamos: "¿Cuántos círculos ves?"
- R: Posibles respuestas:
 - a. "Un círculo azul abajo y uno blanco arriba": Indica supresión del ojo derecho.
 - b. "Un círculo rojo arriba y uno blanco debajo": Indica supresión del ojo izquierdo.
 - c. "Cuatro círculos separados": Indica visión simultanea sin fusión.
 - d. "Tres círculos separados": Indica fusión.
 - e. "Cuatro círculos y luego tres": Indica fusión frágil.
 - f. "Dos círculos, uno blanco y otro azul, luego uno rojo y otro blanco": Indica supresión alternante.
 - g. "Al principio tres círculos y luego dos": Indica percepción binocular frágil, con el tiempo hace que suprima uno de los dos ojos.
 - h. Puede que diga que ve cuatro círculos y en realidad ve tres, por lo que sabemos que ha contado el blanco dos veces

porque lo ve partido. En este caso le preguntaremos que color son los círculos y como son.

- N: Tres círculos: Uno rojo, otro blanco y otro azul.

Este test no se puede realizar en heteroforias verticales y horizontales altas que impidan la fusión. Este test se puede resolver con fusión de segundo grado (superposición). En el caso de heteroforia determinaremos el valor prismático que permite la percepción binocular normal.

3.2.3.5 Agudeza visual monocular (O. D). 5DB-3D:

- C: Discriminación visual monocular en campo binocular en lejos.
- I: Pruebas de visión Keystone.
- D: Enfocado a infinito.
- IL: Luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en él apoya cabezas y la espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentaremos la tarjeta número 5 y le explicamos: "Estas viendo unas vías del tren a lo largo de las cuáles hay números con unos cuadrados, estos cuadrados tienen cinco rombos dentro, uno central y cuatro alrededor, en uno de los rombos hay un punto negro". Debes decirme para cada número en cuál de los rombos hay un punto negro. Las posibles respuestas son: "Izquierda, derecha, arriba y abajo". Realizaremos esta prueba con el ojo derecho.
- R: En caso de fallar uno le preguntaremos el siguiente más pequeño, si falla más de dos seguidos se suspende la prueba, pero no se indica al paciente en que ha fallado.
- N: Agudeza visual mayor o igual del 98 %.

Demostramos así que la visión es un proceso dinámico que no depende exclusivamente de la energía luminosa de una fuente, el problema visual está en los dos ojos y en el cerebro donde está la integración sensorial de los estímulos que llegan al sistema visual.

3.2.3.6 Agudeza visual monocular (O. I). 6DB-2D:

- C: Capacidad de discriminación visual monocular en campo binocular en lejos.
- I: Pruebas de visión Keystone.
- D: Enfocado a infinito.
- IL: Luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en él apoya cabezas y espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentaremos la tarjeta número 6 y le explicamos: Estas viendo unas vías del tren a lo largo de las cuáles hay números con unos cuadrados, estos cuadrados tienen cinco rombos dentro, uno central y cuatro alrededor, en uno de los rombos hay un punto negro. Debes decirme para cada número en cuál de los rombos hay un punto negro: Las posibles respuestas son: "Izquierda, derecha, arriba y abajo". Realizaremos esta prueba con el ojo izquierdo.
- R: En caso de fallar uno le preguntamos el siguiente más pequeño, si falla más de dos seguidos se suspende la prueba, pero no se indica al paciente en que ha fallado.
- N: Agudeza visual mayor o igual del 98 %.

Con este test a igual que el anterior podemos conocer las condiciones de malestar o de ineficacia del paciente incluso cuando su agudeza visual es igual al 100 %.

3.2.3.7 Estereopsis. 7DB-6D:

- C: Capacidad que permite la visión en relieve.
- I: Pruebas de visión Keystone.
- D: enfocado a infinito.
- IL: luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en él apoya cabezas y la espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentaremos la tarjeta número 7 y le decimos lo siguiente: "Está viendo varias filas numeradas del uno al doce, con cinco figuras en cada una de ellas. En cada fila puede haber una forma que esté en relieve o no, debes decir cuál es".
- R: Si falla una línea se le pregunta la siguiente más pequeña, si falla más de dos seguidas se suspende la prueba y no se indica al paciente en que ha fallado.
- N: Entre 10 y 12 líneas.

La percepción estereoscópica va aumentando de dificultad de la línea uno a la doce, cada respuesta correcta es un aumento del 4 % de la capacidad de profundidad.

3.2.3.8 Visión de colores.8 DB-13 A:

- C: Evaluación de la visión cromática.
- I: Pruebas de visión Keystone.
- D: Enfocado a infinito.
- IL: Luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en el apoya cabezas y la espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentar la tarjeta número 8 y le preguntamos: "¿Qué números ves?".
- R: El paciente debe contestar: "32, 79 y 23". Anotaremos los fallos
- N: Los tres correctos.

3.2.3.9 Visión de colores.9DB-14 A:

- C: Evaluación de la visión cromática.
- I: Pruebas de visión Keystone.
- D: Enfocado a infinito.
- IL: Luz propia. Lámpara de 40 W.
- P: El paciente sentado con la frente apoyada en el apoya cabezas y la espalda recta, con los ojos paralelos a la tarjeta de optotipos.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.
- IS: Presentar la tarjeta número 9 y preguntamos: "¿Qué números ves?".
- R: El paciente debe contestar: "63, 92 y 23". Anotaremos los fallos-
- N: Los tres correctos

3.2.3.10 Foria horizontal en el punto próximo. 10DB-9B:

Este test es el mismo que para la foria horizontal en la visión de lejos, aquí veremos la foria horizontal en visión de cerca.

- D: El instrumento está enfocado a cuarenta centímetros, para la visión próxima el porta-tarjetas se adelantará hasta la línea de la escala que corresponde a 2,50 dp, que equivale a una distancia de cuarenta centímetros.
- IS: Se presenta la tarjeta número 10 de las pruebas de visión Keystone y le preguntamos: "¿Qué ves?". El paciente debe contestar que una flecha y unos números. Debe indicarnos que número señala la flecha.
- N: Rangos entre 4,5 D y 6 D .

3.2.3.11 Percepción binocular en el punto próximo. 11DB-5K:

Se realiza la prueba de la misma forma que el test de fusión de lejos, pero este nos da los rangos de fusión de cerca.

- D. El instrumento está enfocado a cuarenta centímetros.
- IS: Le presentaremos la tarjeta número 11 y le preguntaremos: "¿Cuántos círculos ves?".

3.2.3.12 Agudeza binocular y monocular en el punto próximo. 12DB-15; 43DB-16; 14DB-17:

El paciente indicará si dentro de los círculos ve gris, puntos o malla.

Si hace bien los quince primeros círculos tendrá una agudeza visual igual a la unidad para visión próxima.

Estos tests pueden avisar si existe algún problema visual, de esta forma nosotros revisando los tests en los que habido problema podemos investigar más en profundidad con otras pruebas cuál ha sido la causa.

3.3 DOMINANCIA OCULAR.

3.3.1 Introducción.

Esta prueba se realizó en la segunda fase junto a la campimetría con el perímetro de arco. Este dato se puede obtener con diferentes pruebas, de entre todas ellas elegimos realizarla mediante el test de triangulación. Este test determina la dominancia motora de lejos, generalmente esta dominancia motora coincide con la dominancia sensorial.

Elegimos realizar la prueba para determinar esta dominancia que puede influir en la manera de utilizar ese espacio del campo, es decir, un diestro manejará más el campo derecho.

Los datos de esta prueba se anotaron en la ficha correspondiente (anexo C).

3.3.2. Realización de la prueba.

A continuación mostraremos la estandarización de esta prueba:

- C: Evaluar la dominancia ocular.
- D: A una distancia de cuatro metros.
- I: Esta prueba se realiza con una carta de Hart colocada en la pared a cuatro metros en línea recta del participante.
- IL.: La iluminación normal de la sala.
- P: El participante de pie, enfrente de la carta, con su corrección habitual si la necesitase.
- F. C.: El paciente no debe mover la cabeza y debe permanecer con los ojos abiertos todo el tiempo. Nos aseguraremos que el paciente entiende las instrucciones.

- IS: Mira a través de las manos cruzadas delante de el y dejando una abertura pequeña a una letra de la carta. Cuando la tenga enfocado le ocluiremos el ojo derecho. Si desaparece la letra enfocada, podremos decir que ese ojo es el dominante motor u ojo director, si no desaparece el ojo dominante es el ojo que no hemos ocluido.

3.4 CAMPIMETRIA.

3.4.1 Introducción.

Nos interesaba conocer el tamaño del campo de visión del participante para incluirlo o no en la muestra. Todos aquellos participantes que su campo visual fuera menor de 80° temporales, 60° inferiores, 50° nasales y 50° superiores, sé excluyeron de la muestra.

Esta prueba sé situó en la segunda fase, determinamos el tamaño del campo visual de cada ojo.

El perímetro de arco es muy utilizado para determinar el campo periférico por ser muy preciso y rápido. También se puede revisar la papila y otros escotomas.

El instrumento tiene en el centro del arco un punto, enfrente de este punto de fijación una mentonera regulable en altura, además puede apoyarse la frente en un dispositivo incluido para tal fin. Consta de un arco de 330 mm graduado, que puede girarse en los diferentes radios de una circunferencia y un estímulo móvil.

3.4.2. Protocolo.

La iluminación ambiente será la iluminación normal de la sala, se deben evitar los lugares ruidosos para que el paciente no se distraiga.

El instrumento se sitúa en una mesa, a una altura cómoda para el paciente y cerca del borde para que este no tenga una postura muy forzada. Las sillas han de ser, si es posible, con respaldo recto.

Se anota en la ficha correspondiente (anexo C), los datos obtenidos.

3.4.3 Realización de la prueba.

El paciente con su corrección, ocluido el ojo que no se examine en ese momento y sentado en una silla con respaldo mirando a un punto central. El optometrista de pie observando los ojos del paciente e introduciendo por la periferia del paciente un estímulo de cinco milímetros, hasta que el paciente lo perciba.

Instrucciones al paciente, siéntese lo más cómodo posible apoyando la frente y el mentón. Mire todo el tiempo de la prueba al punto central, por el raballo del ojo aparecerá este estímulo debe decirme "ya" cuando lo ve sin dejar de mirar al centro e igualmente debe decirme "no" cuando lo deje de ver.

3.5 PUPILAS.

3.5.1 Introducción.

Esta prueba se incluyó en la segunda fase, es una prueba neurológica para evaluar las vías neurológicas aferentes y eferentes responsables de la función pupilar.

El material consta de una linterna, un punto de fijación de lejos y una tarjeta de cerca (que contenga detalles visuales finos).

3.5.2. Protocolo.

Se realizara con luz tenue pero la suficiente para ver claramente ambas pupilas, el optometrista situado a veinticinco centímetros del paciente fuera de su línea de mirada y el paciente sin corrección si llevara gafas.

Los datos se anotaron en la ficha (anexo C), el protocolo seguido es el indicado en "Procedimientos clínicos en el examen visual" (Nancy B. Carlson, 1994)

3.5.3 Realización de la prueba

El paciente mira al punto de fijación de lejos, al incidir la luz en el ojo derecho y observar el tamaño y la velocidad de constricción pupilar en ese ojo. Esto se conoce como respuesta directa del ojo derecho, repetirlo dos veces o más.

Al incidir la luz en el ojo derecho, observar el tamaño y velocidad de constricción pupilar del ojo izquierdo. Esto es el reflejo consensual del ojo izquierdo, repetirlo dos veces o más.

Repetir el proceso incidiendo la luz en el ojo izquierdo, observando el reflejo directo y consensual.

Mover la linterna de un ojo a otro rápidamente, dejándola en cada ojo de 3 a 5 segundos. Observando la dirección de la respuesta, es decir, dilatación o constricción y el tamaño de cada pupila en el momento de incidir la luz, este proceso se denomina "balanceo de la linterna", se realiza para evaluar "el escape pupilar" y se realizara dos o tres ciclos completos.

Por último el paciente continua mirando de lejos mientras se sostiene una tarjeta a cuarenta centímetros, a continuación se pide al paciente que

mire a la tarjeta de cerca y observar si las pupilas se contraen, esta es la respuesta pupilar acomodativa.

Valoraremos el tamaño, forma, color, similitud entre ambas pupilas con dos iluminaciones distintas y durante todo el examen.

Anotación, si todo es correcto apuntar "PIRRLA", (pupilas, iguales, redondas, responden a la luz y acomodación).

Las que no correspondan no se escriben, describir brevemente si hay anisocoria o la velocidad es más lenta, por ejemplo.

Norma: PIRRLA.

3.6 RETINOSCOPIA DE MOHINDRA.

3.6.1 Introducción.

Se realizó esta prueba en la fase cuatro, para obtener una refracción objetiva de lejos que sirve de punto de partida para el examen refractivo subjetivo.

Decidimos hacer esta prueba porque se puede realizar sin ningún inconveniente en el lugar que desarrolla su actividad habitual y es la más utilizada en los "screening". Para una retinoscopia estática necesitamos un punto de fijación grande de agudeza visual 0.2, a una distancia alejada con un filtro luminoso rojo / verde y es más difícil de trasladar el material. Los datos se anotaron en la ficha (anexo C).

El material necesario es un retinoscopio de franja, un flipper de +/- 1.25 dp y reglas de equiascopia.

3.6.2. Protocolo

Se sienta el paciente cómodamente en una silla, sin sus gafas. Enfrente del paciente se sienta el optometrista a una distancia de cincuenta centímetros, con el ojo que no se evalúa ocluido y los ojos del paciente y del optometrista deberán estar a la misma altura.

La luz de la sala será escotópica y el paciente deberá mirar durante toda la prueba a la luz del retinoscopio, la intensidad del retinoscopio debe permitir observar el reflejo pero sin molestar al paciente.

Cuando se examine el ojo derecho del paciente se hará con el ojo derecho del optometrista sosteniendo el retinoscopio con la mano derecha e inversamente cuando se examine el ojo izquierdo.

El protocolo puesto en practica es el propuesto en el libro de "Procedimientos clínicos en el examen visual" (Nancy B. Carlson, 1994)

3.6.3 Realización de la prueba

Pedir al paciente que mire todo el tiempo a la luz del retinoscopio, se examina primero el ojo derecho.

Determinar si el error refractivo es esférico o cilíndrico cambiando la posición del mango hasta que mejore el reflejo y luego girar la franja del retinoscopio 90°, observando el fenómeno de rotura, de engrosamiento y oblicuo.

A continuación observar si el reflejo es directo o inverso.

Neutralizar el movimiento con esferas si es esférico y si tiene astigmatismo, identificar primero los meridianos principales y luego neutralizar cada meridiano por separado.

Anotación, anotaremos el resultado neto de cada ojo por separado.

3.7. SUBJETIVO

3.7.1 Introducción

Determinar el estado refractivo del ojo utilizando las respuestas subjetivas del paciente. Al término de la refracción subjetiva de lejos, un estímulo lejano debe formar un punto de imagen en la retina con la acomodación completamente relajada.

Decidimos realizar esta prueba para saber si su corrección era adecuada o si necesitaban o no algún tipo de corrección. La realizamos en la cuarta fase.

Por motivos de desplazamiento el material utilizado fue caja y gafas de pruebas. Como test se utilizó las cartas de Lea, más utilizadas en los screening.

3.7.2. Protocolo

El paciente debe estar sentado a una distancia de tres metros del test y a la altura del test. Llevará la gafa de prueba colocada lo más cómodamente posible en la cara del paciente.

- a. Longitud de la varilla para disminuir la distancia de vértice.
- b. Altura de la montura ajustando el puente.
- c. Ángulo pantóscopico y nivel de la montura.
- d. Distancia interpupilar.

Luz de la sala escotópica, el protocolo seguido es el indicado en "Procedimientos clínicos en el examen visual" (Nancy B. Carlson, 1994) y los datos fueron anotados en la ficha (anexo C).

3.7.3 Realización de la prueba

3.7.3.1 Subjetivo monocular:

- Situar la graduación obtenida en la retinoscopia.
- Ocluir el ojo izquierdo con el ocluidor de la caja de pruebas.
- Realizar MPMVA (máximo positivo con la máxima agudeza visual), si fuera necesario realizar CCJ (cilindros cruzados de Jackson) con el CCJ de mano, para afinar eje y potencia del cilindro.
- Realizar un MPMVA (máximo positivo con la máxima agudeza visual) usando lentes sueltas para obtener el último ajuste del componente esférico.
- Ocluir el ojo derecho y repetir el proceso con el ojo izquierdo.

3.7.3.2 Balance binocular:

- Se realiza cuando las agudezas visuales de ambos ojos son iguales después de la refracción subjetiva monocular.
- Se realiza colocando un prisma disociador de 6 D Base superior de la caja de pruebas delante de uno de los ojos.
- Asegurarse que los dos ojos están abiertos, hacer mirar al paciente a una línea de letras menor a su mejor agudeza visual, que hemos disociado con el prisma.
- Preguntar al paciente cuál de las dos líneas, la línea de arriba o la de abajo, las letras aparecen más nítidas. Añadir + 0.25 al mejor ojo.
- Repetir el proceso hasta que la claridad de los dos ojos sea lo más parecida.
- A continuación realizar MPMVA (máximo positivo con la máxima agudeza visual) con lentes sueltas.

- Anotación, corrección final del ojo derecho, ojo izquierdo y la agudeza visual del ojo derecho, ojo izquierdo y binocular.

3.8 OFTALMOSCOPIA DIRECTA.

3.8.1 Introducción

Evaluar la salud del segmento posterior del ojo y la fijación.

Nos interesa la prueba para determinar la fijación, teniendo un dato más para determinar si la visión binocular es eficaz. Utilizamos un oftalmoscopio monocular directo, entre sus accesorios esta el visuscopio, dibujo de una estrella, para valorar la fijación. Los datos se anotaron en la ficha (anexo C) y se incluyo en la fase cuatro.

3.8.2. Protocolo

Situar al paciente de manera que esté un poco más abajo del nivel de los ojos del examinador.

El paciente sin su corrección mirara de lejos a un punto de fijación no-acomodativo.

El protocolo seguido aparece en el libro "Procedimientos clínicos en el examen Visual" (Nancy B. Carlson, 1994)

3.8.3 Realización de la prueba

Sostener el mango del oftalmoscopio con la mano derecha y alinear la abertura delante del ojo derecho para examinar el ojo derecho del paciente y viceversa si se examina el ojo izquierdo.

Situar el oftalmoscopio a diez centímetros del ojo del paciente a 15° temporal de su línea de mirada. Ir enfocando las estructuras encontradas para analizarlas.

A continuación pedirle que se tape el ojo no examinado en ese momento, mire a la luz del oftalmoscopio, busque el dibujo del visoscopio y determinar la fijación.

3.9 EXPERIMENTO.

Queremos probar la hipótesis formulada en el apartado II e este trabajo, para ello ideamos el siguiente experimento.

Colocamos al participante delante de un ordenador con el programa PS-OLIMPIC-96, con la opción taquitoscopio, mientras por su campo periférico le enseñamos unos estímulos visuales estáticos a los que no debe prestar atención y luego evaluaremos su memoria.

3.9 Instrumentos:

Ps-olimpic-96:

Es un programa informático, con el cual se realiza entrenamiento para la visión deportiva. Fue diseñado y programado por D. José Luis Pérez Sanz, deportista olímpico en Atlanta 96, en la disciplina de tiro y especialidad de foso.

La dirección y supervisión fueron llevadas a cabo por la Dra. Pilar Plou Campo, especialista en medicina deportiva y directora del centro de entrenamiento visual deportivo SPORTS-VISION (Madrid).

El programa consta de diferentes opciones para el entrenamiento, entre ellas el taquitoscopio. Dentro de esta opción se puede elegir entre presentaciones numéricas, alfabéticas, alfanuméricas, campo periférico triangular y campo central periférico y todos los resultados se pueden imprimir.

Se puede elegir en los cuadros de diálogo, el número de presentaciones que van desde una a noventa y nueve, el tiempo de ejecución, el programa opera con una precisión de 0.001 sg y el nivel deseado que en las tres primeras opciones son de uno a siete, siendo por ejemplo el nivel dos: solo expondrá dos números, letras o mezclados y en las dos últimas opciones tan solo tres niveles, por ejemplo nivel uno: donde hay tres puntos de exposición con números, letras o signos mezclados o sin mezclar.

Tras la exposición, el rectángulo quedara en blanco esperando que el paciente la reproduzca de nuevo, si la reproducción es correcta el programa presentara en pantalla un mensaje de "correcto" y si ha sido errónea presentara en pantalla un mensaje de "error", apareciendo encima del rectángulo la exposición correcta.

Al término de las exposiciones pedidas, aparecerá un cuadro con el total de acertadas y el porcentaje de aciertos.

Taquitoscopio Lafayette modelo 43016:

Un diafragma que se sitúa delante de la lente del proyector, unido a un temporizador electrónico para controlar el tiempo de exposición. Este tiempo puede ser 5, 10, 20, 100, 200 y 500 milisegundos o 1 y 2 segundos.

3.9.2 Realización de la prueba

Visión Central:

- Distancia: Paciente a 40 cm.
- Instrumento: Programa PS-OLIMPIC-96 (en la opción taquitoscopio).
- Número de presentaciones: 10 (dos series).
 - Serie 1: 5 presentaciones + estímulo en periferia.
 - Serie 2: 5 presentaciones sin estímulo en periferia.
- Tiempo de presentación: 0.1s
- Tipo de presentación: Dígitos.
- Número de dígitos: 5.
- Orden de presentación de los dígitos: Aleatorio.
- Auxiliar: Auriculares y Discman.

La distancia del paciente al ordenador es de cuarenta centímetros por ser la distancia adecuada para trabajar de cerca, se eligió realizar con PS-OLIMPIC-96 por ser un programa de precisión. El número de presentaciones, diez, seleccionado por no ser un número ni demasiado pequeño que no nos permitiría presentar suficientes estímulos por periferia, ni demasiado largo que resultaría cansado. Y en las presentaciones pares se presento el estímulo estático por la periferia.

Los números como estímulo son muy utilizados en la prueba del taquitoscopio por ello los seleccionamos, decidimos cinco dígitos por tener una dificultad media en este programa, un tiempo de presentación de 0.1 s por ser el tiempo estipulado en este tipo de investigaciones y orden aleatorio para dificultar la prueba.

Se utilizó un discman conectado a unos auriculares, por donde escucharon música clásica, para que el paciente no percibiera el sonido del

proyector de diapositivas que podría haber llamado su atención y así perder la concentración de la prueba.

Los datos obtenidos con esta prueba se anotaran en la ficha correspondiente (anexo C).

Visión periférica:

- Distancia de proyección: 3 m.
- Distancia del paciente a la pantalla: 2.5 m
- Instrumento: Proyector de diapositivas + taquitoscopio.
- Campo de proyección: Hemicampo ojo derecho
- Ángulo de proyección: 45°.
- Número de presentaciones: 5, junto con las proyecciones pares del taquitoscopio.
- Tipo de presentación: Dibujos.
- Orden de presentación de los dibujos: Especificado y no aleatorio.
- Color de los trazos: Negro.
- Fondo: Blanco.
- Tamaño esperado: A.V. de 0,1.
- Tiempo de presentación: 2 sg.

Para poderlos presentar a 45 ° y en su periferia decidimos presentarlos mediante un proyector de diapositivas, lo unimos a un taquitoscopio, para que el tiempo de presentación fuera uniforme en todas las presentaciones. Seleccionamos proyectar por el lado temporal del ojo derecho, porque por el lado nasal existía el riesgo que la proyección de las diapositivas fuera percibida por el campo binocular o por la periferia del otro ojo además de existir dificultades físicas ya que esa posición estaba ocupada por el ordenador que presentaba los estímulos centrales.

Los 45° se utilizaron por ser un ángulo intermedio en el tamaño del campo temporal y se cuidó que se cumplieran. Para que el ángulo fuese de 45° y la hipotenusa de 2.5 m, solo restó hallar el tamaño de los catetos, para obtener ese tamaño se utilizó la relación entre el cateto y el coseno del ángulo, donde cateto es igual a $\cos 45$ multiplicado por la hipotenusa, el valor resultante fue de 1.71 m, correspondiente al valor de ambos catetos.

Para situar la pantalla y el paciente en el experimento, utilizamos un triángulo rectángulo. La hipotenusa de dicho triángulo, mide 2.5 m, los dos vértices que la delimitan fueron el paciente y la pantalla de proyección de los estímulos periféricos. Los catetos se construyeron utilizando como vértice la pantalla y como segundo vértice, el punto situado a 1.71 m a la izquierda de la pantalla y el cateto restante estuvo formado por el paciente y el punto antes mencionado. De tal manera que la relación entre ambos catetos fue 90° , consiguiendo de esta manera que el ángulo entre pantalla y sujeto fuese de 45° . Se proyectó en el hemisferio derecho, ya que el hemisferio del cerebro que interpreta las imágenes es el izquierdo. En este hemisferio generalmente se encuentra la facultad del lenguaje y la escritura, puede encontrarse en el otro hemisferio en casos de personas zurda, por esto los pacientes debían escribir el nombre de los dibujos que recordaban, para evaluar su memoria. Es más, habitualmente en el aprendizaje se ve y luego se escribe por ello realizamos la prueba de esta manera.

Se comprobó que veían un objeto en la pantalla situado a 2'5 metros, sin mirarlo directamente con los dos ojos abiertos.

El número de presentaciones para mostrarlas simultáneamente con las presentaciones pares de la visión central, fue cinco con el fin de no dificultar la evaluación de la memoria ni facilitarla.

Seleccionamos dibujos para trabajar la visión y la memoria visual, el color de los trazos en negro y el fondo blanco para obtener un contraste máximo. El tiempo de presentación elegido fue de 2sg para hacerle consciente de la existencia del dibujo sin estar atento a su presencia. Siempre lo proyectamos en el mismo orden para que después en la evaluación de la memoria no repitiéramos el orden de presentación y no facilitemos la prueba.

Seleccionamos los dibujos entre las fuentes del Microsoft Word 2000, con un tamaño de 1.2 cm que proyectado se obtuvo una agudeza visual de 0.1, agudeza lo suficientemente grande para verse pero no para llamar la atención del paciente.

Utilizando la formula de $A.V. = (1/u)$, u en minutos de arco y $h = u \times s \times 5$, obtenemos el tamaño del dibujo para obtener una agudeza de 0.1. Siendo u, el ángulo que subtiende la quinta parte del dibujo, s, la distancia del paciente al dibujo, la constante de valor cinco, las partes que hemos dividido el dibujo y h, la altura y anchura del dibujo para obtener una agudeza visual de 0.1. Obtuvimos un tamaño de 36.36 mm x 36.36 mm.

Para obtener este tamaño entre la pantalla y el proyector había una distancia de. 3.2 m.

El plano de situación de los elementos se encuentra en el anexo E.

Los dibujos elegidos para la presentación por la periferia representan elementos habituales y conocidos por todo el mundo. Seleccionamos una mano, por que es una parte del cuerpo; una campana, por ser fácilmente reconocible por todo el mundo; una bicicleta, es un medio de transporte muy conocido; una bandera, símbolo reconocido universal y el reloj, objeto de uso diario. Los dibujos se encuentran en el anexo F.

Evaluación de la memoria:

- Cuadrícula A: Diez dibujos, cinco de ellos presentados por la periferia con anterioridad y otros cinco no presentados en periferia. El orden de presentación no se corresponde con el orden de presentación de los estímulos cuando se está trabajando con el taquitoscopio. Se situaron en la cuadrícula los dibujos de manera aleatoria, se construyeron dos cuadrículas para minimizar el efecto de la posición sobre el aprendizaje. La diferencia entre ambas cuadrículas es la situación de los dibujos en la cuadrícula. Ambas cuadrículas se recogen en el anexo G.
Mostramos a la mitad de la muestra la cuadrícula 1 y al otro cincuenta por ciento se le presentó la cuadrícula 2. Para no favorecer la utilización de una cuadrícula respecto de la otra.

Los dibujos de la cuadrícula son identificables por todo el mundo, el modelo de ficha utilizada para reconstruir las cuadrículas se encuentra en el anexo H e I.

Memoria a corto plazo (M. C. P):

- Se realiza inmediatamente después del trabajo con el taquitoscopio.
- Se presenta la cuadrícula 1 o 2, según corresponda, durante 14 s. En este tiempo deberá memorizar visualmente los diez dibujos en el orden expuesto. Finalizados estos catorce segundos deberá reproducirlos en una cuadrícula vacía respetando el orden de presentación, para ello tendrá el tiempo que necesite.

Memoria a largo plazo (M.L.P.):

- Se realiza a los quince minutos de terminar la evaluación de la memoria a corto plazo. Durante el tiempo transcurrido anteriormente a la realización de esta prueba, el paciente desconoce que deberá realizarla. Para de esta manera no favorecer la memorización de los dibujos durante los quince minutos que transcurren entre la evaluación de la

memoria a corto y largo plazo. Y por tanto desvirtuar el resultado de la evaluación de la memoria a largo plazo.

- Se le pide al participante que vuelva a reconstruir la cuadrícula A, pero ahora no se le muestra previamente.

El tiempo estipulado para su memorización fue de catorce segundos siguiendo las normas encontradas en memoria secuencial del T V P S (Test de capacidades visuales de percepción).

Sé evalúa la memoria a corto plazo y no la memoria sensorial porque según las fuentes consultadas, la memoria sensorial permanece aproximadamente un segundo después de pasado este tiempo se considera memoria a corto plazo. La memoria a corto plazo retiene la información durante unos segundos y la memoria a largo plazo puede tener una duración ilimitada, pero entra en juego desde los primeros minutos después de haber memorizado cualquier estímulo.

Sé les pide memorizarlos en su orden, aunque luego no se tenga en cuenta a la hora de puntuar la prueba, para aumentar su concentración.

Puntuamos con un punto si ve el dibujo de la cuadrícula evaluada y con cero puntos si lo deja en blanco o es un dibujo que no pertenece a la cuadrícula. Los puntos de cada casilla sé reflejaron en la ficha correspondiente (anexo C).

3.9.2 INSTRUCCIONES AL PACIENTE.

Estas instrucciones fueron dadas a todos los pacientes de la misma forma y en las mismas condiciones que las del experimento..

El paciente lleva su corrección de lejos si la necesitaba cuando presentamos los estímulos en visión central y en visión periférica. Se excluyó de la prueba aquellas personas que no alcanzarán los mínimos elegidos, indistintamente si iván o no corregidas con gafas.

Cuando presentamos las cuadrícula en cerca, llevó su corrección si la necesitaba para esta distancia.

Visión central-visión periférica:

- Aparecerán cinco números en el centro de la pantalla a la que debes estar atento porque estarán durante un instante muy breve y luego cuando desaparezcan deberás escribirlos en el mismo orden en el que han aparecido en un recuadro en blanco que estará en la pantalla mediante el teclado del ordenador. Esto sucederá diez veces, por lo tanto se te evalúan cincuenta números en total.

Memoria a corto plazo:

- Fíjate en la cuadrícula que te voy a presentar durante unos segundos: Debes de fijarte muy bien por que luego deberás reproducirla exactamente igual escribiendo el nombre del objeto en una cuadrícula vacía que te daré. No debes repetir en voz alta o mentalmente la sucesión de dibujos que te voy a presentar.
- Reprodúcela exactamente igual, no tienes tiempo límite, escribiendo el nombre de cada dibujo en las cuadrículas en blanco. Puedes situar los nombres aunque no estés seguro del lugar que ocupaban.

Memoria a largo plazo:

- No tienes tiempo límite. Reprodúcela exactamente igual, escribiendo el nombre de cada dibujo en las cuadrículas en blanco. Puedes situar los nombres aunque no estés seguro del lugar que ocupaban.

VIII- MÉTODO ESTADÍSTICO

Todos los datos obtenidos de los 56 deportistas examinados se han transcrito a la hoja de cálculo del programa estadístico Stat Graphics 3.0. A través de dicho programa se ha realizado un análisis de cada una de las variables. Debido a que los valores siguen una distribución normal se contrasta la hipótesis con la t-student.

Se obtuvieron los siguientes valores:

- Media.
- Varianza.
- Desviación estándar.
- Valor mínimo.
- Valor máximo.
- Coeficiente de Asimetría.
- Coeficiente de Kurtosis.
- Intervalo de confianza.

1. RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos tanto en el examen optométrico como en el experimento realizado para determinar la influencia de la estimulación periférica en la memoria visual.

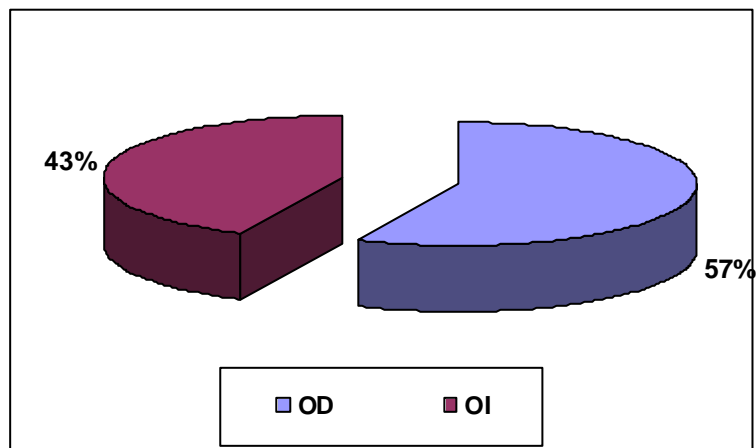
Los resultados que se exponen a continuación han sido seleccionados de entre todos los datos obtenidos. Estos resultados son los necesarios para la comprensión y demostración de la hipótesis.

2. EXAMEN OPTOMETRICO

2.1. CAMPO VISUAL

		Mínimo	Máximo	Media	D. Estándar
OD	Temporal	75	95	85.4464	4.6008
	Nasal	50	65	56.25	-1.19937
	Superior	50	80	56.9643	7.17816
	Inferior	50	80	71.7857	4.9935
OI	Temporal	75	100	89.1964	5.45867
	Nasal	50	70	56.6964	4.97796
	Superior	50	75	56.875	6.36485
	Inferior	50	80	72.7679	4.66317

2.2. DOMINANCIA OCULAR



De los 56 pacientes examinados 32 presentan una dominancia ocular derecha y 24 una dominancia ocular izquierda.

2.3 MEMORIA VISUAL

En la memoria visual a corto y a largo plazo se ha contabilizado el número de estímulos totales vistos, tanto los periféricos como los no periféricos.

- Corto Plazo

	Mínimo	Máximo	Media	D. Estándar
Memoria Corto Plazo Periférica	1	5	3.58	0.9707
Memoria Corto Plazo No Periférica	1	5	3.12	1.28

- Largo Plazo

	Mínimo	Máximo	Media	D. Estándar
Memoria Largo Plazo Periférica	0	5	2.27	1.20
Memoria Largo Plazo No Periférica	0	5	2.48	1.26

3. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CONFIRMACIÓN DE LA HIPÓTESIS INICIAL:

El objetivo del estudio ha demostrar la influencia de la estimulación periférica en la memoria visual. Como criterios de validación se utilizaron los contrastes de hipótesis de Kurtosis, de asimetría y el intervalo de confianza, cuyos valores deben comprenderse entre:

- Kurtosis: +/- 2
- Asimetría: +/- 2
- Intervalo de Confianza: 95%

3.1. Memoria a corto plazo:

- Kurtosis: Se hallan valores comprendidos entre +/- 2.
- Asimetría: Se hallan valores comprendidos entre +/- 2.
- Intervalo de confianza: la probabilidad de encontrar cualquiera de los datos obtenidos dentro de los intervalos de confianza en mayor del 95%. ($p = 0.0426$).

Se confirma la hipótesis inicial por los tres criterios de validación requeridos.

3.1 Memoria a largo plazo:

- Kurtosis: Se hallan valores comprendidos entre +/- 2.
- Asimetría: Se hallan valores comprendidos entre +/- 2.
- Intervalo de confianza: la probabilidad de encontrar cualquiera de los datos obtenidos dentro de los intervalos de confianza en mayor del 95%. ($p = 0.0426$).

Se confirma la hipótesis nula porque $p = 0.265$.

IX- DISCUSIÓN

1. Se confirma la validez de la hipótesis que afirma la influencia de la estimulación periférica en la memoria visual a corto plazo. Tras evaluar la cantidad de estímulos recordados en la prueba de memoria visual, se comprobó que había diferencias estadísticamente significativas en la memorización de objetos que anteriormente habían sido expuestos en visión periférica y en la memorización de objetos que no habían sido expuestos con anterioridad. El análisis estadístico nos dice que los estímulos presentados en el campo periférico eran mejor recordados que los que no habían sido expuestos ($p= 0.0426$). Esto nos lleva a pensar en la importancia de la estimulación y de la consciencia periférica en el aprendizaje, y sobre todo en el aprendizaje escolar ya que es más fácil recordar una información cuando la fijamos en nuestra memoria junto a otra. Por tanto la consciencia periférica en el estudio podría ayudar a fijar los conocimientos aprendidos con más firmeza y durante más tiempo. En el presente estudio se utilizó una estimulación periférica con una duración de 0.2 segundos, por lo que nos planteamos que ocurriría si esta estimulación fuese constante, y hubiese estado presente durante todo el experimento o incluso durante todo el examen visual. Sería interesante en posteriores estudios investigar esta variable.
2. Se confirma la hipótesis nula que afirma que la influencia de la estimulación periférica no influye en la memoria visual a largo plazo. Al realizar el análisis estadístico no se obtienen diferencias significativas entre la memorización de estímulos periféricos y la memorización de los estímulos no periféricos. Creemos que este hecho puede ser debido a diferentes factores que han podido intervenir. El primero de estos factores sería el tiempo, tanto de presentación del estímulo como el tiempo transcurrido entre la prueba de memoria a corto plazo y la de memoria a largo plazo. Respecto al tiempo de presentación del estímulo

periférico posiblemente fue suficiente para una fijación en la memoria inmediata pero 0.2 segundos es insuficiente para que esa información se fije en nuestra memoria y pase desde nuestra memoria inmediata a nuestra memoria a largo plazo, ya que sabemos que para que esto ocurra el estímulo observado tiene que tener cierta importancia o que vaya relacionado con otro estímulo que ayude a que ambos se fijen en nuestra memoria a largo plazo. Por otra parte está el tiempo transcurrido entre las dos pruebas de memoria a corto y a largo plazo. Este tiempo quizá fue excesivo en comparación al tiempo de exposición del estímulo presentado en periferia. Durante este periodo de tiempo el sujeto no fue aislado por lo que puede haber habido interferencias con otros estímulos. Estas interferencias han podido desplazar a los estímulos periféricos, que tienen relativa importancia para el sujeto, y los ha llevado al olvido. Otro factor a destacar es el hecho de que al paciente no se le avisó que tenía que recordar la cuadrícula que se les había presentado, y por tanto el paciente no recibió ninguna motivación para recordar lo memorizado.

3. En el estudio de las habilidades visuales se encontró un alto porcentaje de dominancias oculares izquierdas. Debido a que no era objeto del trabajo no se averiguó la dominancia manual para conocer si los sujetos tenían un cruce ojo-mano en la lateralidad. Sería interesante averiguar el porcentaje de cruces ojo-mano en la población deportiva. Teóricamente es mejor tener la lateralidad corporal definida en el lado derecho o en el izquierdo ya que las habilidades generales son mejores, por tanto si encontráramos un porcentaje significativo de cruces ojo-mano en la población deportiva, encontraríamos una incongruencia entre la teoría y la realidad, ya que las habilidades generales en la población deportiva son superiores a las de la media.

4. La estimulación periférica que se realizó durante el experimento, se realizó colocando la pantalla de presentación de los estímulos en el campo visual derecho del paciente. Esta decisión fue tomada en base a que los estímulos periféricos proyectados en ese lado del campo, son los que estimulan la retina nasal del ojo derecho y la retina temporal del ojo izquierdo, por tanto, y gracias a la decusación quiasmática, la información del estímulo que llega al ojo derecho lo recibe el hemisferio izquierdo y asimismo la información del ojo izquierdo llega también al hemisferio izquierdo. Este hemisferio del que hablamos es el hemisferio dominante en la mayoría de las personas con una lateralidad derecha y en un porcentaje considerable de las personas con lateralidad izquierda. Por tanto se eligió que este hemisferio fuese el que recibiese la información.

X- CONCLUSIÓN

1. Dentro de la muestra se encuentra un 57% de deportistas con dominancia del ojo derecho y un 43% con dominancia del ojo izquierdo. Siendo un alto índice de personas con dominancia izquierda con respecto al valor que se encuentra en una población de no deportistas.
2. Los deportistas evaluados tienen valores de campo visual nasal, temporal, superior e inferior dentro de los límites normales. Tanto para el ojo derecho, como para el ojo izquierdo.
3. La muestra evaluada presenta una buena memoria visual a corto.
4. Mediante los tres criterios de validación requeridos para la memoria a corto plazo que se han mencionado con anterioridad, se confirma la hipótesis inicial que defiende la influencia de la estimulación periférica en la memoria visual.
5. En la memoria a largo plazo no se han encontrado diferencias significativas entre la memorización de los estímulos periféricos con respecto a los no periféricos. Esto confirma la hipótesis nula.

XI- RELACIÓN DE IMÁGENES

Fig 1. Modelo de funcionamiento de la memoria.

Fig 2. Isla de Visión.

Fig 3. Distribución de conos y bastones en la retina humana.

Fig 4. Vía visual.

Fig 5. Histología de la retina.

Fig 6. Cruce de fibras en el quiasma.

Fig7. Capas del cuerpo geniculado lateral.

XII- BIBLIOGRAFÍA

1. AGUADO-AGUILAR L. Aprendizaje y memoria. Revista de Neurología 2000. Nº 32.
2. AGUILAR M., MATEOS F. Óptica fisiológica. Vol I. Universidad Politécnica de Valencia.
3. BARDINI R. Análisis y tratamiento de los problemas visuales en optometría comportamental. Colegio nacional de Ópticos-Optometristas. 1989.
4. DUBE J.L., MICHEL P. El ojo y el cerebro. Sociedad española de optometría.
5. FERNANDEZ H. Memoria humana. Estructuras y procesos: el modelo multialmacén. www.galeon.com
6. FREREBEAN M. Fisiología de la visión. Sociedad española de optometría.
7. GIMENEZ-AMAYA J.M. Anatomía funcional de la corteza cerebral implicada en los procesos visuales. Revista de Neurología 2000.
8. GLASSER J. Neuroftalmología. Masson-Salvat. 2º edición.
9. HARRINGTON D. The visual fields. Text and atlas of clinical perimetry. 6ª Edición. Mosby. 1990.
10. KOLB H., FERNANDEZ E., NELSON R. La organización de la retina de los vertebrados. www.webvision.med
11. KOSLOW R. Effects of ball colour on horizontal perimetry detection. Ed. Perceptual and motor skills. 1960.
12. LAGUNA. Capas de la retina. www.e-oftalmologia.com
13. MARINA J.A. Teoría de la inteligencia creadora. Editorial anagrama. 1993.
14. MARQUEZ M., BRUSCO. L.I. Memoria. www.bmd.com
15. NANCY B., KUITZ D., HEATH, HINES C., Procedimientos clínicos en el examen visual. Ediciones Génova.1992.

16. REBER P., STARK C., SQUIREL. Contrasting cortical activity associates with category and recognition memory. Learning & Memory. Ed. Spring harbor laboratory press.
17. REBER P., SQUIREL. Encapsulation of implicit and explicit memory in sequence learning. Journal of cognitive neuroscience.
18. RUIZ VARGAS J. La memoria humana: función y estructura. Alianza editorial. www.galeon.com
19. SAEZ S.A., PANIAGUA J., DOMINGUEZ J., FERRER J.M. Procesamiento de la imagen en la corteza visual primaria. www.revneurol.com
20. SEMIR ZEKI. Una visión del cerebro. Ariel Psicología. 1995.
21. UTURBIA C. Neurología de la visión. Ed. UPC.
22. Keith E, Llewellyn, R. Optometría. Ed Masson-Salvat medicina 1993

RELACIÓN DE SITIOS WEB VISITADOS

23. www.revneurolog.com
24. www.webvision.med
25. www.e-oftalmologia.com
26. www.bmd.com
27. www.galeon.com
28. www.lasalle.com
29. www.monografias.com
30. www.cnoo.es
31. www.licmef.com
32. www.ran.es
33. www.tsbvi.com
34. www.oftalmo.com
35. www.uv.es
36. www.filos.unam.mx
37. www.roenner.com
38. www.alfinal.com
39. www.puc.cl
40. www.lafacu.com
41. www.edu.mx

Anexo A:

INFORME OPTOMÉTRICO

Nombre:

Las conclusiones del screening visual realizado en I.N.E.F el día son las siguientes:

Agudeza visual:

Ojo Derecho: Normal Insuficiente
Ojo Izquierdo: Normal Insuficiente

Estado Refractivo:

Ojo Derecho: Miopía Hipermetropía Astigmatismo
Normal
Ojo Izquierdo: Miopía Hipermetropía Astigmatismo
Normal

Visión Binocular:

Normal Insuficiente

Visión del color:

Normal Alterada

Estereopsis:

Normal Insuficiente

Reacción Pupilar:

Normal Alterada

Fijación:

Central Excéntrica Estable Inestable

Campo visual:

Normal Reducido

Memoria Visual:

Normal Insuficiente

RESULTADO FINAL

Estado visual normal
(Revisión anual)

Recomendamos revisión visual
(Contactar con C.O.I.)

Recuerde que cualquier tipo de detección visual (por completa que sea) solo tiene un valor orientativo, y en ningún caso puede sustituir al examen en consulta.

Se recomienda el uso de lentes de contacto a todas las personas que practican habitualmente deporte, por sus ventajas sobre el uso de gafas.

Si desea un examen visual más completo, no dude en ponerse en contacto con el servicio de optometría del C.O.I. Llamando a los teléfonos 91.448.00.21 / 91.448.15.84.

Les recordamos que debido al convenio establecido entre el C.O.I e I.N.E.F., los exámenes visuales serán gratuitos.

Atentamente.

AVISO IMPORTANTE:

Se van a realizar EXAMENES VISUALES para un estudio, en el aula 702 los días 13, 14 y 16 de Mayo.

Los interesados se deben apuntar en las hojas adjuntas.

Gracias por la colaboración.

Lunes 13/05/02.

Hora	Nombre y apellidos
10:00	
10:15	
10:30	
10:45	
11:00	
11:15	
11:30	
11:45	
12:00	
12:15	

Este es el modelo de ficha donde los participantes anotaban sus nombres para el experimento, la ficha del jueves 16 /05/02 contaba con la particularidad de comenzar la distribución horaria a las 12:00.

Anexo C:

NOMBRE:	
DOMICILIO:	
TELÉFONO:	F. N:

ANAMNESIS

- Tipo de compensación: ¿gafas o lentillas? :
- ¿Para que usos? :
- ¿Visión borrosa? ¿Cuándo? :
- ¿Visión doble? ¿Cuándo? ¿En alguna posición? :
- ¿Dolores de cabeza? ¿Cuándo?
- Enfermedades Oculares:
- Enfermedades Generales:
- Antecedentes oculares familiares:
- Medicación:

EXAMEN VISUAL

R.X:

OD:
OI:
Adición:

AUTORX:

OD:
OI:

RETINOSCOPIA:

OD:
OI:

SUBJETIVO:

OD:
OI:

OFTALMOSCOPIA: (Fijación)

OD:
OI:

PUPILAS:

--

CAMPO VISUAL:

OD	T:	N:
	S:	I:

OI	T:	N:
	S:	I:

DOMINANCIA OCULAR: **OD** **OI**

OBSERVACIONES:

--

MEMORIA

TAQUITOSCOPIO:

Tiempo:

%Aciertos:

1ª EVALUACIÓN: M.S.

A

PUNTOS:

2ª EVALUACIÓN: (15')

A

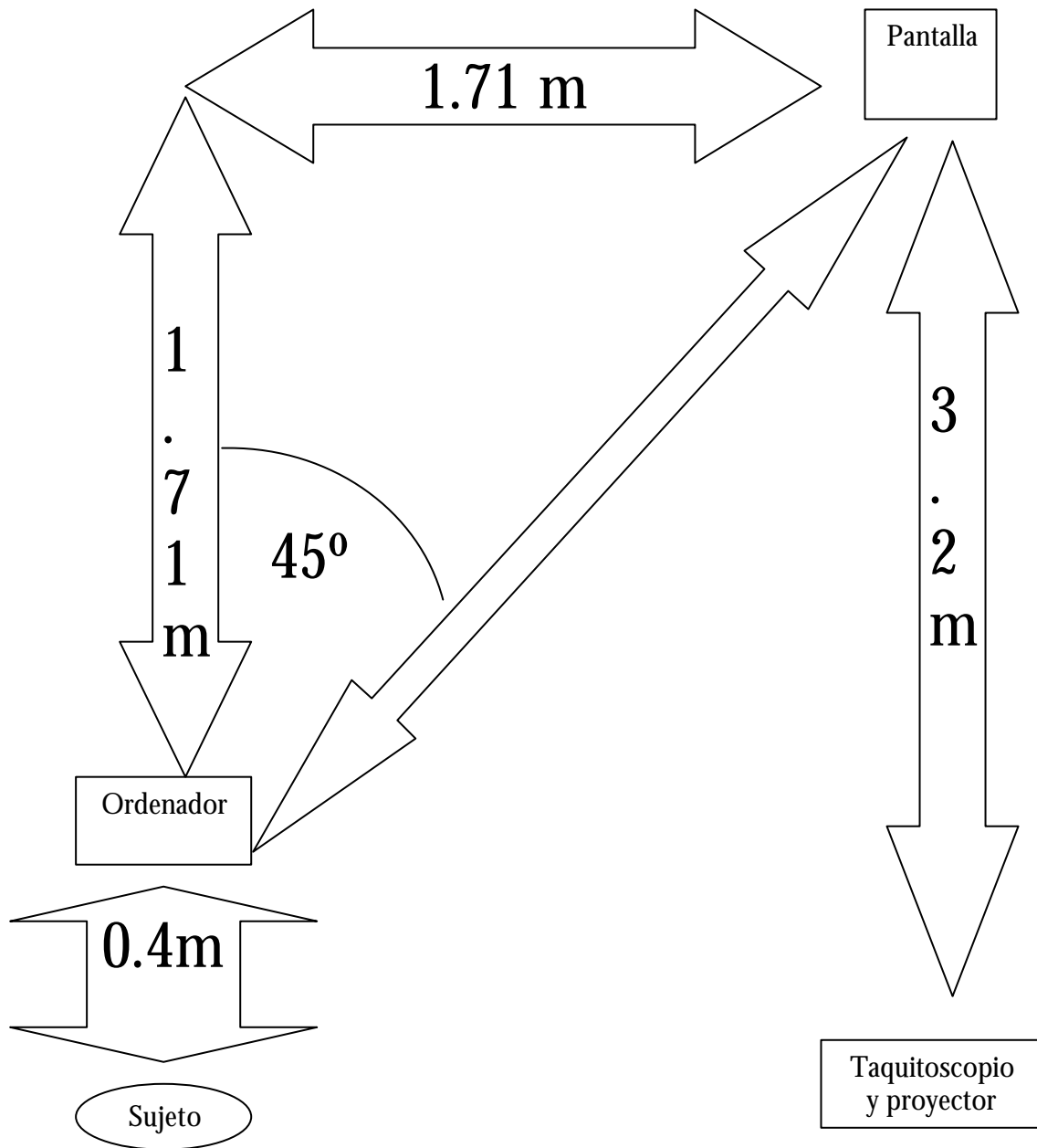
PUNTOS:

OBSERVACIONES:

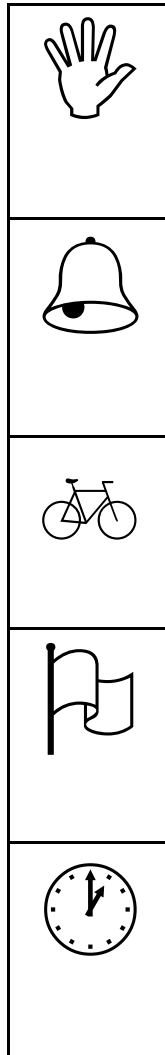
--

Anexo D:

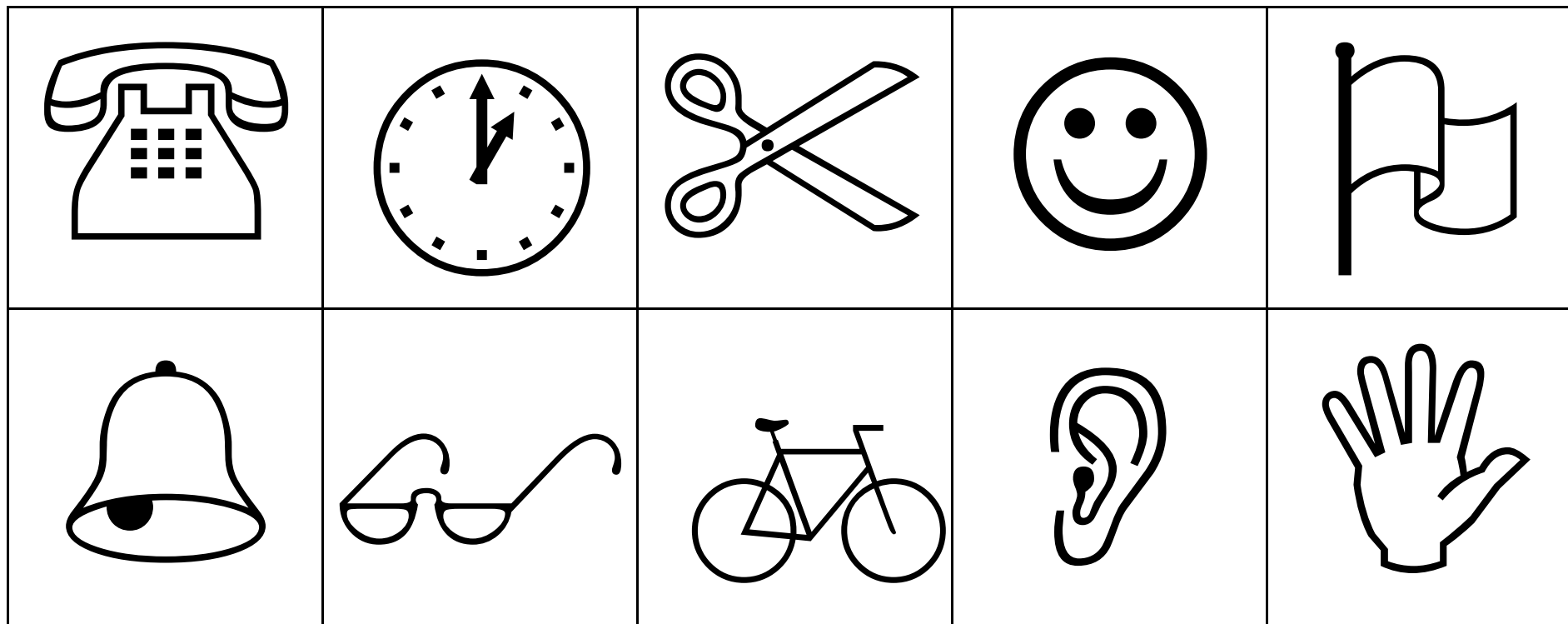
Anexo E:



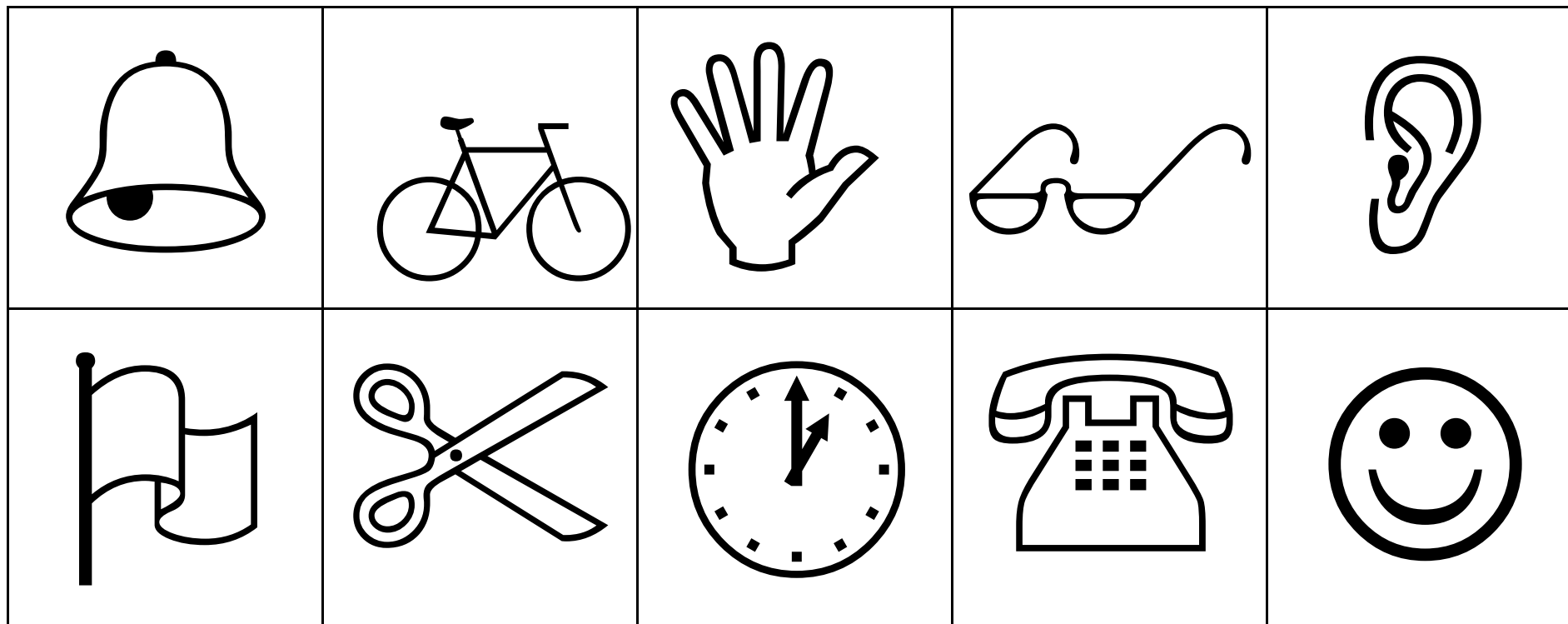
Anexo F:



Cuadrícula tipo1



Cuadrícula Tipo 2



Anexo H.

M. C. P.

Tipo:

Nombre:

Cuadrícula **A:**

Anexo I.

M. L. P.

Tipo:

Nombre:

Hora:

Cuadrícula **A:**

INFORME OPTOMÉTRICO

Nombre: _____

Las conclusiones del screening visual realizado en I.N.E.F el día son las siguientes:

Agudeza visual:

Ojo Derecho: Normal Insuficiente
 Ojo Izquierdo: Normal Insuficiente

Estado Refractivo:

Ojo Derecho: Miopía Hipermetropía Astigmatismo
 Normal
 Ojo Izquierdo: Miopía Hipermetropía Astigmatismo
 Normal

Visión Binocular:

Normal Insuficiente

Visión del color:

Normal Alterada

Estereopsis:

Normal Insuficiente

Reacción Pupilar:

Normal Alterada

Fijación:

Central Excéntrica Estable Inestable

Campo visual:

Normal Reducido

Memoria Visual:

Normal Insuficiente

RESULTADO FINAL

Estado visual normal <input type="checkbox"/> (Revisión anual)	Recomendamos revisión visual <input type="checkbox"/> (Contactar con C.O.I.)
---	---

Recuerde que cualquier tipo de detección visual (por completa que sea) solo tiene un valor orientativo, y en ningún caso puede sustituir al examen en consulta.

Se recomienda el uso de lentes de contacto a todas las personas que practican habitualmente deporte, por sus ventajas sobre el uso de gafas.

Si desea un examen visual más completo, no dude en ponerse en contacto con el servicio de optometría del C.O.I. Llamando a los teléfonos 91.448.00.21 / 91.448.15.84.

Les recordamos que debido al convenio establecido entre el C.O.I e I.N.E.F., los exámenes visuales serán gratuitos.

AVISO IMPORTANTE:

Se van a realizar EXAMENES VISUALES para un estudio, en el aula 702 los días 13, 14 y 16 de Mayo.

Los interesados se deben apuntar en las hojas adjuntas.

Gracias por la colaboración.

Lunes 13/05/02.

Hora	Nombre y apellidos
10:00	
10:15	
10:30	
10:45	
11:00	
11:15	
11:30	
11:45	
12:00	
12:15	

Este es el modelo de ficha donde los participantes anotaban sus nombres para el experimento, la ficha del jueves 16 /05/02 contaba con la particularidad de comenzar la distribución horaria a las 12:00.

Anexo C:

NOMBRE:	
DOMICILIO:	
TELÉFONO:	F. N:

ANAMNESIS

- Tipo de compensación: ¿gafas o lentillas? :
- ¿Para que usos? :
- ¿Visión borrosa? ¿Cuándo? :
- ¿Visión doble? ¿Cuándo? ¿En alguna posición? :
- ¿Dolores de cabeza? ¿Cuándo?
- Enfermedades Oculares:
- Enfermedades Generales:
- Antecedentes oculares familiares:
- Medicación:

EXAMEN VISUAL

R.X:

OD:
OI:
Adición:

AUTORX:

OD:
OI:

RETINOSCOPIA:

OD:
OI:

SUBJETIVO:

OD:
OI:

OFTALMOSCOPIA: (Fijación)

OD:
OI:

PUPILAS:

--

CAMPO VISUAL:

OD	T:	N:
	S:	I:

OI	T:	N:
	S:	I:

DOMINANCIA OCULAR:

OD

OI

OBSERVACIONES:

--

MEMORIA

TAQUITOSCOPIO:

Tiempo:

%Aciertos:

1ª EVALUACIÓN: M.S.

A

PUNTOS:

2ª EVALUACIÓN: (15')

A

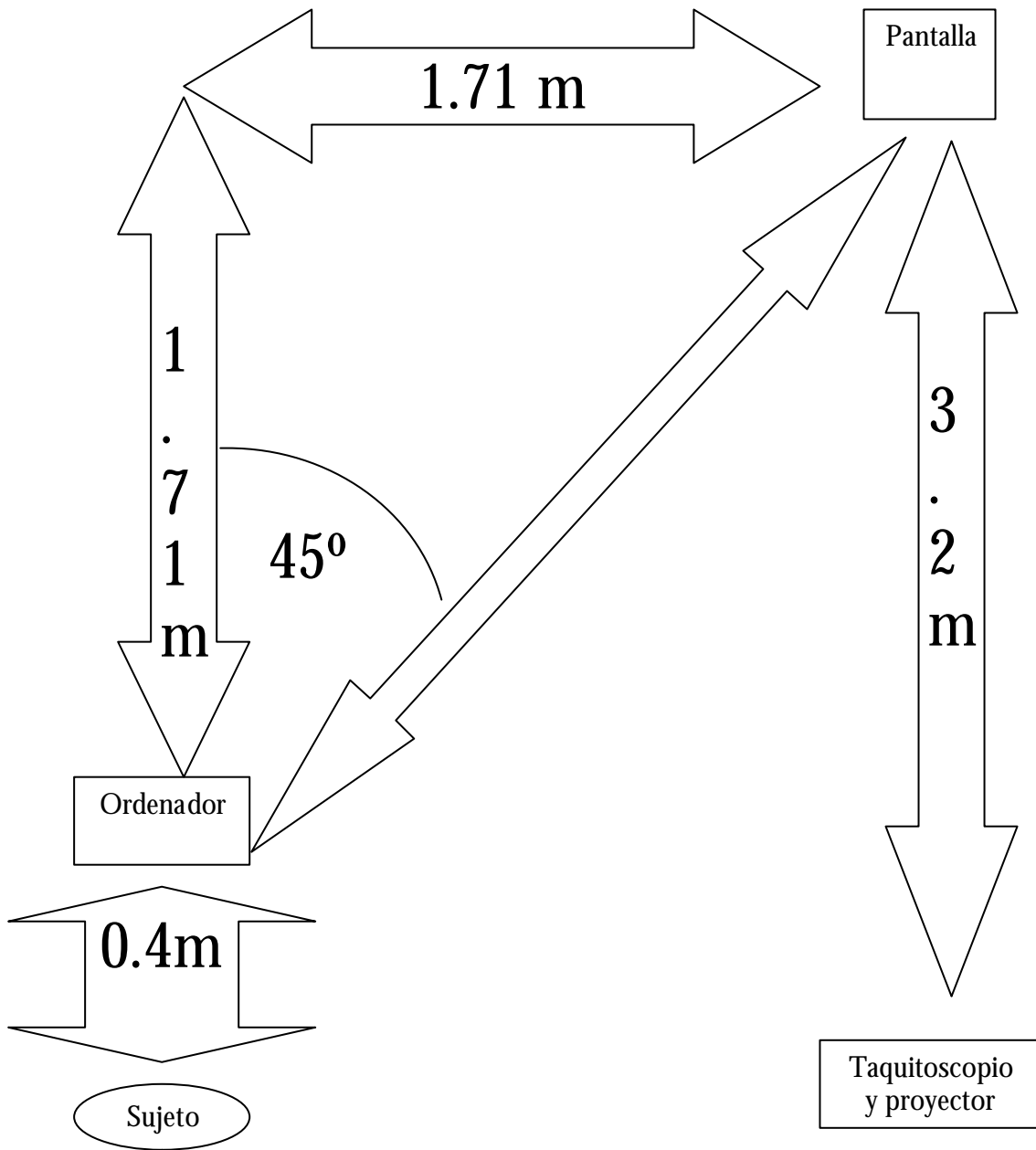
PUNTOS:

OBSERVACIONES:

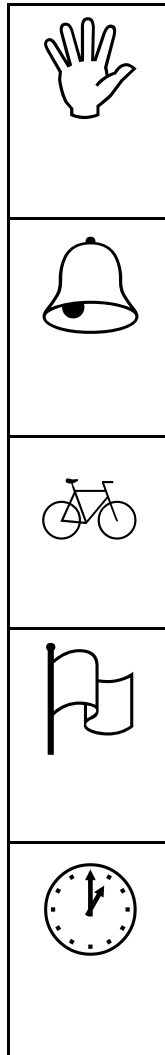
--

Anexo D:

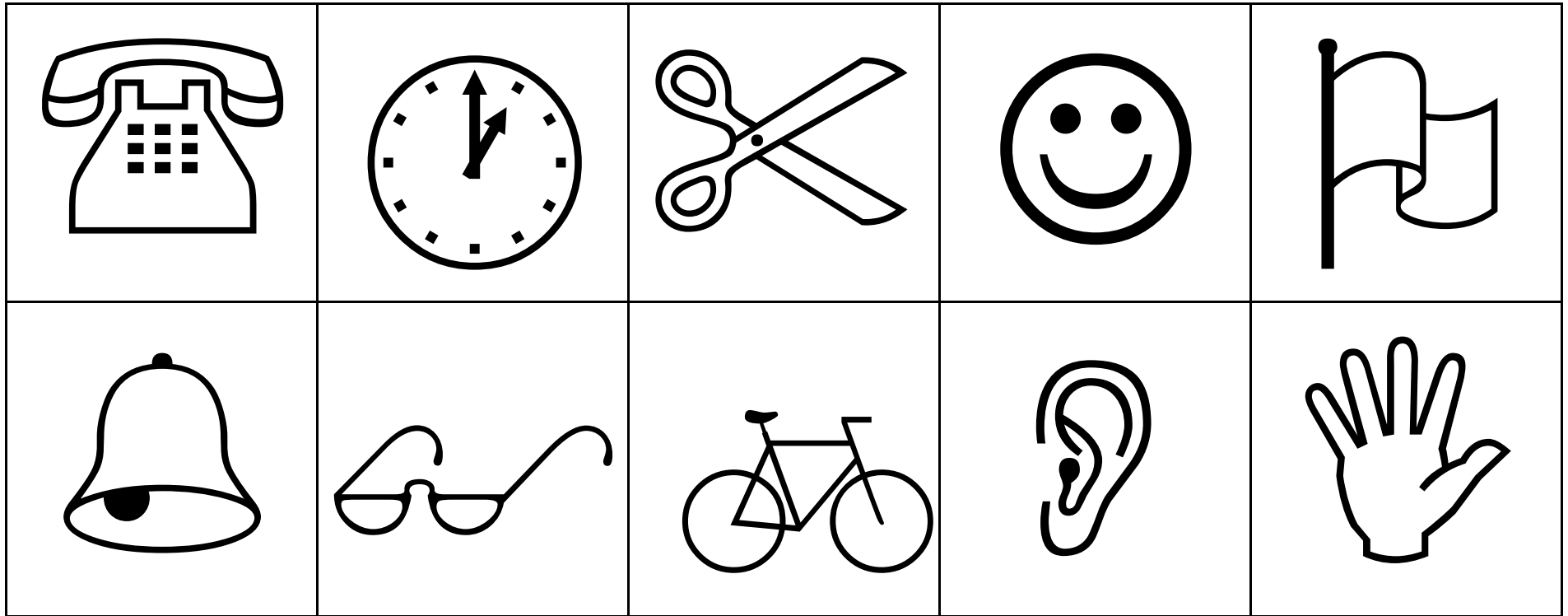
Anexo E:



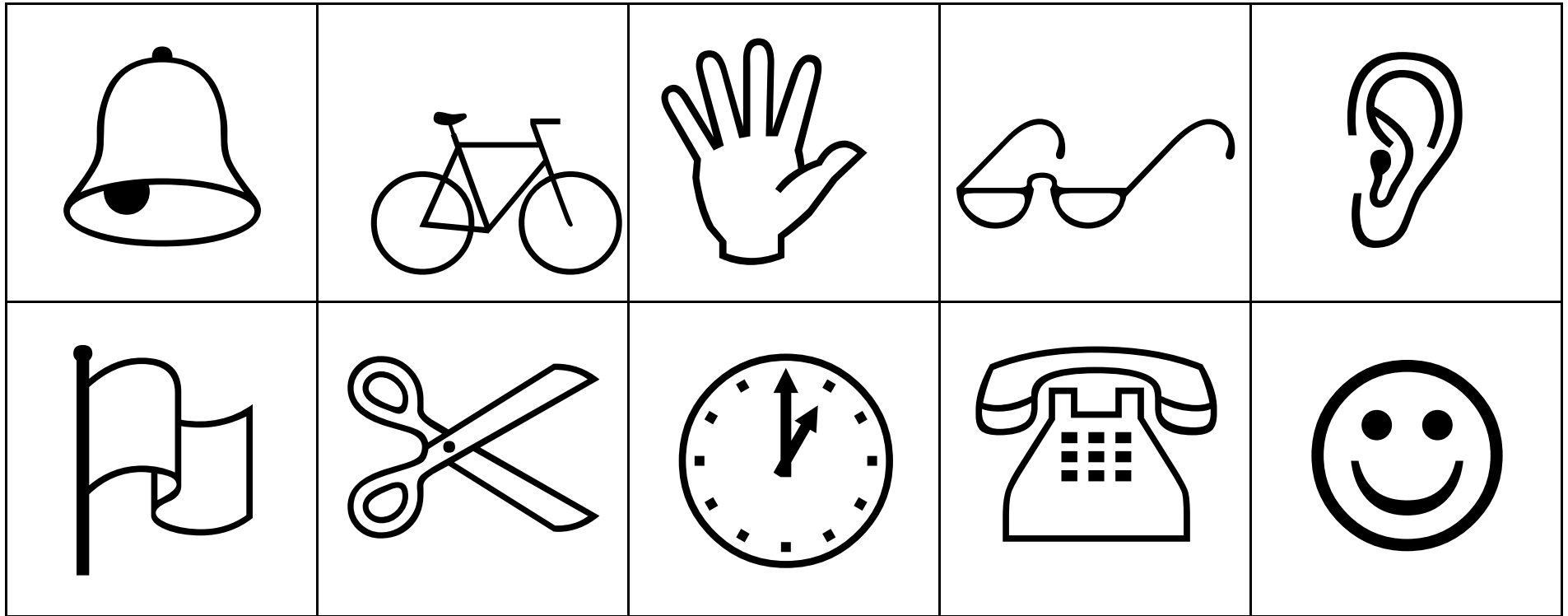
Anexo F:



Cuadrícula 1



Cuadrícula 2



Anexo H.

M. C. P.

Tipo:

Nombre:

Cuadrícula **A:**

Anexo I.

M. L. P.

Tipo:

Nombre:

Hora:

Cuadrícula **A:**
