



INSTITUTO MEXICANO DE OFTALMOLOGÍA  
verparacreer

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**INSTITUTO MEXICANO DE OFTALMOLOGIA I.A.P.**

*DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE FUSIÓN DE PANUM Y SU RELACIÓN CON EL  
GRADO DE ESTEREOPSIS, EN SUJETOS CON BINOCULARIDAD NORMAL*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
CIRUJANO OFTALMOLOGO

PRESENTA

DR. JESÚS EDER VALENCIA VIDAL

DIRECTOR DE TESIS

DR. DAVID ROMERO Y APIS

DR. JOSÉ FERNANDO PÉREZ PÉREZ

CIUDAD DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, MÉXICO 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## Índice

Capítulo I. TÍTULO	4
Capítulo II. MARCO TEÓRICO	5
a) Definición del problema	5
b) Antecedentes	5
c) Justificación	13
d) Hipótesis	13
e) Objetivo general	13
Capítulo III. MATERIAL Y MÉTODOS	14
a) Objetivos específicos	14
b) Diseño	14
I. Definición del universo	14
II. Tamaño de la muestra	14
III. Definición de las unidades de observación	14
IV. Definición del grupo control	14
V. Criterios de inclusión	14
VI. Criterios de exclusión	15
VII. Criterios de eliminación	15
VIII. Definición de variables	15
IX. Métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información	16
X. Prueba piloto	16
XI. Definición del plan de procesamiento y presentación de la información	16
c) Referencias bibliográficas	17
Capítulo IV. ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
I. Programa de trabajo	18
II. Recursos humanos	18
III. Recursos materiales	18
IV. Presupuesto	18
Capítulo V. DATOS DE IDENTIFICACIÓN	19
I. De la institución	19
II. De los investigadores	19
III. De la investigación	19
Capítulo VI. ANEXOS	19
Capítulo VII Resultados	20
I. Discusión	24
II. Conclusiones	25

## Capítulo I. TÍTULO

**Determinación del área de fusión de Panum y su relación con el grado de estereopsis, en sujetos con binocularidad normal.**

## CAPITULO II MARCO TEORICO

### a) Definición del problema

No existe una prueba estándar oro cuantitativa de estereoagudeza en sujetos con binocularidad normal ya que las pruebas de estereopsia actuales manejan distintos rangos de lo que consideran normal en sus respectivas escalas, y algunas presentan sesgo en su sensibilidad por la existencia de pistas monolares que pueden alterar el valor obtenido de la estereopsis medida.

### b) Antecedentes

En un sistema visual complejo la estereopsis es el estado más avanzado de la percepción visual ya que permite distinguir con alta precisión la tridimensionalidad de las escenas visuales a partir de sutiles detalles causantes de disparidad retiniana. (1)

Un sistema visual binocular avanzado se caracteriza por tener los globos oculares en posición frontal, con solapamiento de los campos visuales monoculares, movimientos oculares voluntarios coordinados de convergencia y decusación parcial de las fibras del nervio óptico (2), todo esto con la finalidad de crear correspondencia retiniana normal y la fusión de imágenes a nivel cortical.

### Correspondencia retiniana y fusión

En la correspondencia retiniana normal si las zonas retinianas de los dos ojos comparten un estímulo simultáneo provoca una sensación subjetiva de una misma dirección en el espacio. Este ordenamiento relativo de los objetos visuales en profundidad aporta señales de disparidad, lo cual genera una percepción de un único objeto en tres dimensiones (3,6) generando así lo que conocemos como fusión.

La fusión tiene dos componentes; fusión motora y fusión sensorial. Para llevarla a cabo son necesarios los movimientos de vergencia (a través de la convergencia proximal, acomodativa, tónica y fusional) por lo que ambas foveolas deben apuntar hacia el objeto en interés visual. (4,5).

La fusión motora es la habilidad para mantener alineados los ojos de manera que pueda mantenerse la fusión sensorial. (6,8)

Maddox en 1893 ya había descrito los cuatro componentes de la respuesta vergencial ante un estímulo, siendo estos movimientos muy complejos, relacionando así la acomodación con el mecanismo fusional sensorial. (5)

La vergencia fusional es estimulada al haber desplazamiento de un objeto en el plano horizontal, causando disparidad retiniana, manifestándose como diplopía por las diferencias entre las

distancias angulares en la retina, esto genera secundariamente un movimiento de vergencia de los ojos en esa dirección para recuperar la haplopi. (5)

Rashbass y Westheimer en 1961 describieron la dinámica de la vergencia fusional, donde observaron que la velocidad de vergencia fusional (convergente o divergente) es de 5-10 deg/segundo por cada grado de disparidad retiniana. Posteriormente el complemento de sus estudios por otros autores demostró que la velocidad de vergencia es de 160 milisegundos, y que el estímulo mínimo para generarla es de 6'. Así también quedó demostrado que la vergencia fusional es directamente proporcional a la magnitud de la disparidad del objeto. (5)

Maddox en 1826 ya había observado que la acomodación también influye en la vergencia, describiendo un movimiento convergente al acercarse el objeto y de divergencia al alejarse, determinando así un valor de la vergencia acomodativa de 0.8-0.9 A (acomodación en dioptrías) en sus experimentos. (5)

Schor y Ciuffreda en 1983 describieron la vergencia tónica, la cual está dada en ausencia de estímulo visual, determinaron un valor medio de 3° a 110 centímetros de la línea media. (5)

Finalmente la vergencia proximal es estimulada cuando un objeto está cerca o tiene que ser observado en diferentes planos de perspectiva. Enright en 1987 comprobó cambios en la vergencia cuando un observador enfocaba diferentes profundidades relativas en una pintura o fotografía. (5).

### Fusión central y Periférica.

La retina central a través de la fijación bifoveal es básicamente responsable de la fusión, sin embargo se ha determinado que es posible conseguir una respuesta fusional estimulando la retina periférica. (6, 7)

Worth dividió la fusión central en 3 categorías según su jerarquía; fusión de primer grado o de percepción simultánea, la cual requiere que objetos disimiles sean percibidos como uno solo y en una sola dirección, en la fusión de segundo grado o fusión plana; imágenes similares con detalles disimiles específicos para cada ojo ayudan a determinar si cada ojo contribuye a la percepción binocular, y la fusión de tercer grado o estereopsis en la que las características del objeto son iguales a las de la fusión de segundo grado, excepto por la disparidad, ya que los objetos están desplazados horizontalmente creando la percepción de profundidad por el cerebro. (7)

La retina periférica proporciona una agudeza visual menor al ser estimulada, sin embargo está demostrada la existencia de la fusión periférica ya que condiciones clínicas como por ejemplo la degeneración macular asociada a la edad en la que a pesar de la pérdida de visión central se mantiene la alineación de los ojos. (7)

## El Horóptero

Término acuñado en 1613 por Aguilonius en su libro sobre *Óptica*, definido como “el locus de los puntos correspondientes retinianos que forman una única imagen a una distancia de fijación dada”. (5,8,9)

Helmholtz realizó los cálculos matemáticos y el trazado de líneas de la distribución geométrica del horóptero longitudinal. El término de *horóptero longitudinal* fue una traducción inadecuada del alemán *Langshoropter*. (8)

Boeder en 1952 en la traducción de su trabajo *Introduction to Physiological Optics* sugiere el uso del término *horóptero de correspondencia horizontal*, lo cual describe de una mejor manera que es la línea horizontal formada por los locus de los puntos correspondientes retinianos que forman una única imagen a una distancia de fijación dada; sin embargo no goza de gran aceptación. (8)

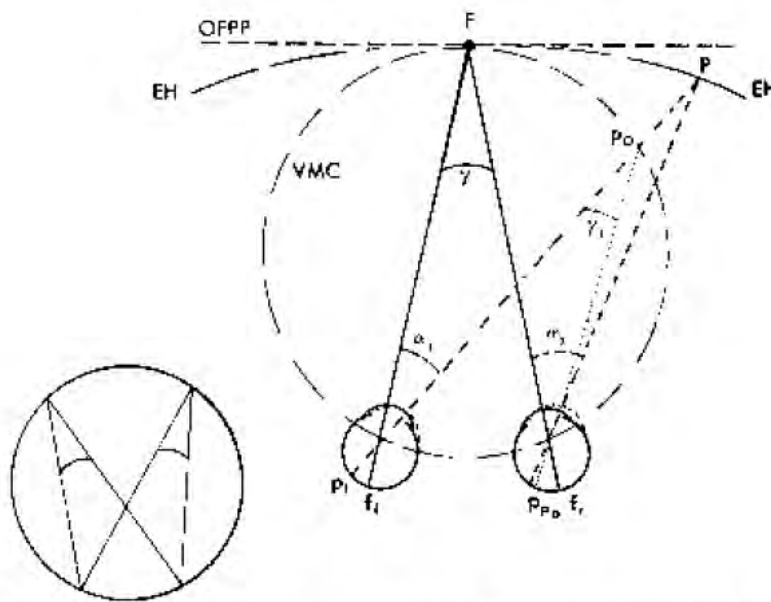
Actualmente se acepta que dada la bidimensionalidad de la retina el horóptero es una superficie donde puntos correspondientes retinianos al proyectar sus líneas visuales correspondientes la intersección de las mismas genera una curva que se denomina horóptero espacial. (5)

La correspondencia retiniana puede ser vista de forma teórica en los trazos geométricos o comprobándola empíricamente, sin embargo varios autores han demostrado que las mediciones no son coincidentes. (Helmholtz, 1925; Hillis & Banks, 2001; Nakayama, 1977; Ogle, 1950) (8)

El horóptero geométrico tiene dos partes, el círculo de Vieth–Muller que contiene el punto de fijación, los puntos nodales de los ojos y una línea vertical que se ubica en el plano sagital de la cabeza e intersecta el círculo de Vieth–Muller (5,8,9, 10), esta geometría depende de la posición de los ojos ya que si la vergencia torsional y la versión horizontal son diferentes de cero, el horóptero geométrico se convierte en una espiral (Schreiber, Tweed, Schor, 2006) (8). La desviación del Horóptero real respecto al círculo de Vieth–Muller (horóptero teórico o geométrico) se conoce como desviación de Hering-Hillebrand y la desviación respecto a su vertical se denomina desviación de Helmholtz, la cual varía de 1.5° a 3.2° hacia los pies. (10) El estudio del horóptero es muy complejo por lo que generalmente se centra su análisis en el componente horizontal y vertical. (5)

La siguiente figura representa ambos horópteros superpuestos (teórico y empírico)





**FIGURE 2-10.** Vieth-Müller circle. VMC, empirical horopter; EH, objective frontoparallel plane; OFPP, fixation point; F, inset, law of inscribed circles. Object P on EH is seen singly, but object PO on VMC elicits double vision because of discrepancies between the empirical and theoretical horopter (see text).

Figura tomada del libro de Von Noorden, Gunter K., Emilio C. Campos. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus 6th ed 2002. Capítulo 2, pág. 19.

La determinación del horóptero empírico longitudinal es uno de los métodos más potentes para el estudio de la visión binocular, pero su uso en la práctica oftalmológica ha sido restringido debido a su dificultad de análisis y medición. (5)

Se han descrito cinco métodos de medición del horóptero basado en criterios de Ogle y Tschermack, determinado las disparidades horizontales a través del *horóptero apparatus*: 1 Detección de umbrales de diplopía o método de la haplopía; su error experimental es de siete minutos de arco aproximadamente, 2 Horóptero de Vernier o nonius, 3 Horóptero frontoparalelo aparente, 4 umbrales de estereopsis y 5 horóptero de vergencia nula. (5)

El siguiente esquema es del *horóptero apparatus* que consistía en guías equiespaciadas angularmente en las que se desplazaban varillas verticales respecto a la varilla central inmóvil, determinando su ubicación a través de la disparidad horizontal, la cual está implicada en la percepción de profundidad (5)



Fig. 9.4 Esquema del «horopter apparatus».

Esquema tomado del libro de Francisco M. Martínez Verdú, Álvaro M. Pons Moreno. Fundamentos de visión binocular , 2004. Capítulo 9, pág. 234.

Los resultados de la medición del horóptero por los distintos métodos son muy similares, a excepción del método Plano Fronto-Paralelo Aparente. (5)

A medida que aumenta la distancia de fijación el horóptero longitudinal se va aplanando hasta el punto en que coincide con el plano fronto paralelo del objeto, esta distancia se denomina *distancia abatica* y a partir de esta el horóptero deja de ser cóncavo para cambiar a la forma convexa. (5)

### Área de Panum

Como se ha descrito, el horóptero es el producto de la correspondencia retiniana exacta y rígida de ambos ojos; sin embargo existen puntos que no están ubicados exactamente en sus componentes horizontal y vertical del horóptero, que sin estimular del todo puntos correspondientes retinianos se logra la fusión debido a la existencia del Área de Panum.(11)

El fisiólogo danés Panum, fue quien describió la visión única en un área determinada por delante y detrás del horoptero. (8)

El área de Panum se define como la zona que se forma delante y detrás del horóptero, es decir los límites anterior y posterior de la visión haploica en la que se produce percepción de fusión de objetos no fijados. El espacio de Panum es el área espacial de mayor sensibilidad fusional (11,12), además de proporcionar visión estereoscopia. (8)

El área de Panum tiene tres dimensiones a diferencia del horóptero, sin embargo las mediciones se han centrado en su meridiano horizontal (11)

#### Determinación del área de Panum

El área de Panum se puede determinar mediante el criterio de una imagen fusionada de un test binocular puntual. (11)

El método de determinación de haploopia identifica las dimensiones del área de Panum, haciendo fijar al sujeto en un punto determinado y posteriormente desplazar otro objeto sobre la línea del horóptero, determinando los límites de diplopía anterior y posterior, la media aritmética de la diferencial de estos límites da como resultado la línea del horóptero. (11, 12)

Se han descrito experimentos con horópteros empíricos para medir el área de Panum con valores de  $0.5^\circ$  en la fóvea y aumenta a mayores excentricidades. (13)

Willcox y Harris en 2010 establecieron el umbral de estereoagudeza en condiciones ideales (alto contraste, bordes definidos y visualización a 40 centímetros) con una medición de 2-6 arco sec o 0.004–0.01 mm, así como el punto de mayor estereoagudeza ubicado a  $0.25^\circ$  del centro de la fóvea. (13)

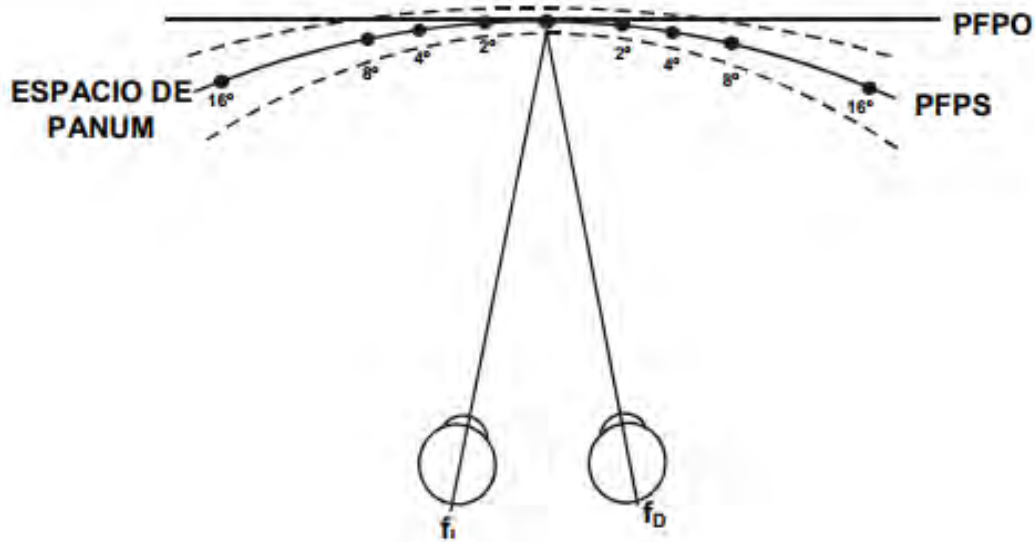
El área Panum mide de 6-10 min de arco en el centro de la fóvea y aumenta de 30-40 min de arco a  $12^\circ$  de la fóvea. Esta variación podría ser justificada en base a la distribución sináptica de las células en la retina, siendo en los conos monosináptica a nivel fóveal a diferencia de los conos y bastones en la periferia. (8)

Variaciones en el tamaño del área dependen de las condiciones bajo las que se midan. Pequeñas exposiciones y control fino de la fijación disminuyen el área; una exposición prolongada y sin control preciso de la fijación aumenta el área de Panum.

Hebbord estimó que el área de Panum foveal era de  $23'$ , mientras que Woo en 1974 demostró que se incrementaba de 1 a 4 minutos de arco cuando la exposición pasaba de 5 a 100 ms. (11)

La extensión vertical del área de Panum se mide con el haploscopio, que permite controlar fácilmente la separación de los detalles vistos por los dos ojos, estas dimensiones verticales son ligeramente menores, y por lo tanto el área de panum es elíptica. (11)

La siguiente figura representa el área de Panum.



**FIGURE 2-12.** Panum's area as determined on the horopter instrument. F, fixation point; OFPP, objective frontoparallel plane; SFPP, subjective frontoparallel plane (horopter).

Figura tomada del libro de Von Noorden, Gunter K., Emilio C. Campos. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus 6th ed 2002. Capítulo 2, pág. 20.

## Pruebas de estereopsis

La estereopsis se define como el ordenamiento de objetos visuales en profundidad, es decir en tercera dimensión. Wheatstone en 1838 inventó el estereoscopio, fue el primero en describir que la estereopsis ocurre cuando elementos de la retina dispares horizontalmente son estimulados simultáneamente. (8)

La fusión de imágenes tan dispares da la impresión de profundidad siempre y cuando estén dentro del área de Panum, por otra parte el desplazamiento vertical no produce ningún efecto estereoscópico.(8)

La agudeza estereoscópica se ve influenciada por el método usado; en condiciones de laboratorio y con sujetos entrenados se han conseguido mediciones de hasta 7 segundos de arco (8), además se ha determinado que el espaciamiento entre los conos foveales es de 30 segundos de arco. (13)

La estereopsis solo ocurre con visión binocular, basado en un proceso fisiológico derivado de la organización de un sistema visual, no es algo que se aprenda con la experiencia, sin embargo debido a que está limitada a cortas distancias se hace uso de las pistas monoculares para la estimación relativa de distancias. (8)

Una de las primeras pruebas de estereopsis fue el estereograma de puntos aleatorios inventado por Julesz, cuando se analizaba monocularmente un estereograma no arrojaba ninguna información, sin embargo cuando se observa binocularmente se identifica un patrón cuadrado con profundidad o elevación sobre el nivel de la hoja. Se realizó esta prueba en 16 niños de 4.5 – 5.5 años de edad, y desconcertantemente se encontró que solo el 40% de ellos tenían menos de 40 segundos de arco de estereopsis. (8)

La siguiente figura ilustra el principio del estereograma, donde los puntos periféricos están distribuidos de tal manera que el ojo derecho e izquierdo perciben la misma imagen, excepto los cuadrados del centro que están desplazados el uno del otro horizontalmente lo cual causa disparidad retiniana, estas dos imágenes al ser fusionadas generan estereopsis. (8)

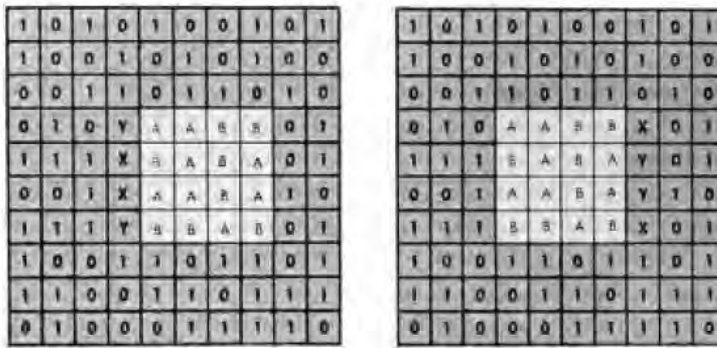


FIGURE 2-17. Principle of generating a random-dot stereogram. (From Julesz B: The Foundations of Cyclopean Perception, Chicago, University of Chicago Press, 1971.)

Figura tomada del libro de Von Noorden, Gunter K., Emilio C. Campos. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus 6th ed 2002. Capítulo 2, pág. 24.

Es importante establecer un consenso en el rango y los límites de normalidad de la estereopsis de cada prueba en una muestra de población real. (14)

En la literatura están descritas varias pruebas de estereopsis; la prueba de Titmus tal vez sea la más familiar y fácilmente disponible (7), es de tipo vectográfico y su observación se realiza a través de gafas polarizadas (15); sin embargo tiene sus limitantes ya que tiene varias pistas monoculares en todas las imágenes de animales y en la primer fila de círculos (7); consta de tres partes: la mosca (3000" de arco), los animales (400-200-100" de arco) y los círculos (800 a 40" de arco). El valor normal mínimo fiable se considera a partir de los 140". (15)

El TNO es una prueba de anáglifos de puntos al azar que no tiene prácticamente pistas monoculares (7, 15) con lo cual las respuestas positivas se dan en presencia de visión binocular normal. Para su observación se utilizan gafas con filtros rojo-verde y la disparidad estereoscópica que cuantifica va de los 480 a los 15" de arco. (15)

Las pruebas de estereopsis de Frisby y Lang no necesitan gafas; la prueba de Frisby es difícil de entender para niños pequeños a diferencia de la prueba de Lang que es útil en niños que ya reconocen formas. (7)

Varios autores han evaluado la respuesta de sujetos normales a varios test de estereopsis. Está descrito un amplio rango de respuestas en personas completamente normales, lo que lleva a la pregunta sobre qué nivel de estereopsis refleja la normalidad y su dependencia con la edad. (14)

Se han encontrado valores de estereopsis significativamente mejores con la prueba de Frisby que con el TNO en personas de 6 y 16 años, pero la correlación entre ambas pruebas parece ser débil. (14)

No hay una prueba de estereopsis superior a las demás y su fiabilidad depende de la tasa de fallos (entre el 5% y el 10%), por lo que se sugiere realizar al menos dos pruebas diferentes a cada sujeto en el que valoremos estereopsis para eliminar prácticamente la posibilidad de error. (14)

#### c) Justificación

El horoptero como se ha descrito es un locus de puntos correspondientes retinianos donde se forma una sola imagen, y el área delante y detrás del horoptero correspondiente al área de Panum que permite tener la percepción de profundidad, siendo esta zona la de mayor sensibilidad estereoscópica y que su presencia ante la existencia de binocularidad es irrefutable podría tomarse como parámetro de estereopsis.

#### d) Hipótesis

La prueba del TNO de estereopsis es una prueba cuantitativa y cualitativa de la misma, se espera que exista una correlación de los resultados con de las dimensiones del área de Panum.

#### e) Objetivo general

Conocer los límites del área de fusión de Panum en centímetros como índice del grado de estereopsia en personas con binocularidad, así como su correlación con la prueba TNO de estereopsis

## CAPITULO III MATERIAL Y METODOS

### a) Objetivos Específicos

Determinar el límite anterior del área de panum

Determinar el límite posterior del área de panum

Identificar el horóptero

Medir la estereosis de cada individuo en estudio con la prueba TNO

Determinar si hay correlación entre las mediciones del área de Panum y los resultados de la prueba TNO

### b) Diseño

Estudio piloto, descriptivo, transversal, prospectivo y observacional

#### I. DEFINICION DEL UNIVERSO

Médicos residentes de oftalmología del Instituto Mexicano de Oftalmología IAP

#### II. TAMAÑO DE LA MUESTRA

El estudio se realizara en todo el universo

#### III. DEFINICION DE LAS UNIDADES DE OBSERVACION

Médicos residentes de oftalmología del Instituto Mexicano de Oftalmología IAP

#### IV. DEFINICION DEL GRUPO CONTROL

No hay grupo control en este estudio

#### V. CRITERIOS DE INCLUSION

Residentes del Instituto Mexicano de Oftalmología I.A.P.

Residentes de ambos sexos.

Residentes de cualquier edad.

## VI. CRITERIOS DE EXCLUSION

Personal no residente, médico y no médico adscrito al Instituto Mexicano de Oftalmología I.A.P.

## VII. CRITERIOS DE ELIMINACION

Personal que no desee participar en el estudio  
Personal que se retire del estudio.

## VIII. DEFINICION DE VARIABLES

Variable	Definición	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidades de medida
<b>Edad</b>	Tiempo transcurrido desde el nacimiento	Años de vida	Cuantitativa continua	Años	<b>10-19</b> <b>20-29</b> <b>30-39</b> <b>40-49</b> <b>50-59</b> <b>60-69</b> <b>70 o mayor</b>
<b>Sexo</b>	Características físicas que se distingue entre individuos machos y hembras que producen células sexuales (o gametos) masculinas o femeninas.	Género	Cualitativa nominal	Genérica	<b>Hombre</b>  <b>Mujer</b>
<b>Área de fusion de Panum</b>	Area en la retina de un ojo, cuyos puntos al ser estimulados simultáneamente con un único punto en la retina del otro ojo, dan lugar a una percepción fusionada		Cualitativa		<b>Si/No</b>
<b>Prueba TNO</b>	<b>Prueba de visión estereoscópica basado en estereogramas de puntos aleatorios.</b>		<b>Cuantitativa y cualitativa</b>		<b>480, 240, 120, 60, 30 y 15``</b>



## IX. METODOS, TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE LAS MUESTRAS

En colaboración con el servicio de Estrabismo y médico adscrito del servicio se llevara a cabo con el paciente sentado y adaptando la barilla del foroptor en la parte superior del mismo; a cada individuo con su mejor corrección optica se hara fijar un objeto no movil situado a 40 cm al frente y se colocara el filtro rojo en el ojo derecho.

Para medir el área de fusión de Panum de cerca se le colocara una lámpara a 30 cm de distancia de sus ojos, con lo cual se provocara diplopía fisiológica cruzada, la lámpara se ira deslizando paralela a la varilla en direccion distal hasta encontrar la distancia en que desaparezca la diplopía, por lo tanto este será el límite de la zona de tolerancia proximal del área de fusión de Panum.

Posteriormente se colocara la lámpara a 50 cm del sujeto con lo cual captara diplopía homónima y se ira deslizando la lámpara paralela a la varilla hasta el punto en que desaparezca la diplopía en dirección proximal, lo cual marcara el límite del área de fusión de Panum distal.

Se valorara la sumatoria de la distancia de la amplitud de fusión de Panum tanto proximal como distal en cada sujeto examinado y la medida obtenida será el horóptero, finalmente se correlacionaran los resultados con la prueba TNO de estereopsis.

## X. PRUEBA PILOTO

Se harán modificaciones e identificación de inconsistencias tras la prueba piloto

## XI. DEFINICIÓN DEL PLAN DE PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se realizara un análisis estadístico descriptivo en la plataforma Excel de Microsoft Windows.

### c) Referencias Bibliográficas

- 1.- Jiménez Rodríguez, Raimundo; Jiménez, José Ramón; González Anera, Rosario; Pozo, Antonio Manuel. Importancia de la estereopsis en la vida cotidiana. *Gaceta Óptica*, 2006 MAY; (404). Pag 10-12. ISSN: 02105284.
- 2.- Manual JL Alvarez y M Tapia. Tema 1 Generalidades de la visión binocular. <http://hdl.handle.net/2099.3/39670>
- 3.- Serrano. Estrabismo and amblyopia, basic concepts to the physician in primary attention. Vol. 14(2):108-120, Agosto - Noviembre de 2011
- 4.- Romero Apis. Estrabismo, aspectos clínicos y tratamiento. DALA S.A, 2010.
- 5.- Francisco M. Martínez Verdú, Álvaro M. Pons Moreno. Fundamentos de visión binocular . capítulo 1 y 9. 2004
- 6.- Manual JL Alvarez y M Tapia. Tema 7 Fusion. <http://hdl.handle.net/2099.3/39670>
- 7.- Arthur L. Rosenbaum . Clinical Strabismus Management. 1999. Chapter 2
- 8.- Von Noorden, Gunter K., Emilio C. Campos. Binocular vision and ocular motility : theory and management of strabismus 6th ed 2002. Chapter 2
- 9.- P.A. Howarth The geometric horópter. Loughborough Design School, Loughborough University, Leicestershire LE11 3TU, England, United Kingdom . *Vision Research* 51 (2011) 397–399
- 10.- Kai M. Schreiber, James M. Hillis, Heather R. Filippini, Clifton M. Schor, Martin S. Banks; The surface of the empirical horopter. *Journal of Vision* 2008;8(3):7. doi: 10.1167/8.3.7.
- 11.- Manual JL Alvarez y M Tapia. Tema 8 Área y Espacio de Panum. <http://hdl.handle.net/2099.3/39670>
- 12.- Clifton M. Schor. Spatio-Temporal Properties Of Panum's Fusional Area University of California, School of Optometry, Berkeley, CA 94720, U.S.A. and The Smith-Kettlewell Vision Rewun h Vol. 21, pp. 6X3 to 692
- 13.- Turski J. On binocular vision: The geometric horopter and Cyclopean eye. Department of Mathematics and Statistics, University of Houston-Downtown, Houston, TX 77002, USA. *Vision Res.* 2016 Feb;119:73-81. doi: 10.1016/j.visres.2015.11.001. Epub 2016 Jan 21.
- 14.- Cirac, Eva *et al* Reliability of near stereoacuity tests: Titmus, Randot, TNO, and Frisby - Fiabilidad de los test de estereopsis de cerca: Titmus, Randot, TNO y Frisby - - ART-2016-95870
- 15.- Àngels Ferrero Rosanas. Adaptaciones sensoriales en alteraciones de la visión binocular. OC nº 8.951

## Capítulo IV. ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### I. Programa de trabajo

	Elaboración de antecedentes	Redacción del protocolo	Observación	Interpretación de resultados	Elaboración de informe técnico final
Enero de 2017	X				
Febrero de 2017		X			
Marzo de 2017			X		
Abril de 2017				X	
Junio de 2017					X

### II. Recursos Humanos

Médicos adscritos al Servicio de Estrabismo y Oftalmopediatria del Instituto Mexicano de Oftalmología I.A.P.

Médico residente del Instituto Mexicano de Oftalmología I.A.P.

### III. Recursos materiales

Foroptor del Instituto Mexicano de Oftalmología I.A.P.

Prueba TNO estereopsis del Servicio de Estrabismo y Oftalmopediatria del Instituto Mexicano de Oftalmología I.A.P.

Equipo de cómputo fijo.

Cedula de recolección de datos. (Capitulo VII)

### IV. Presupuesto

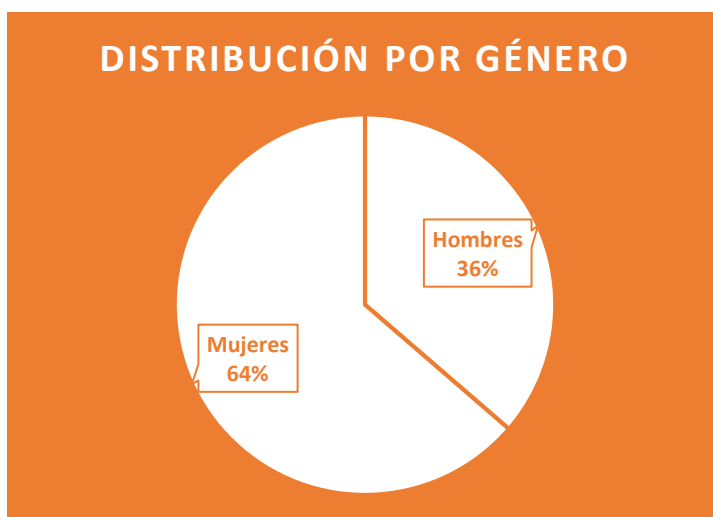
El presupuesto para la realización de esta investigación es proporcionada por los investigadores.



## Capítulo VII. RESULTADOS

Tabla 1. Relación de los límites de profundidad del área de Panum y segundos de arco de la prueba TNO de estereopsia.

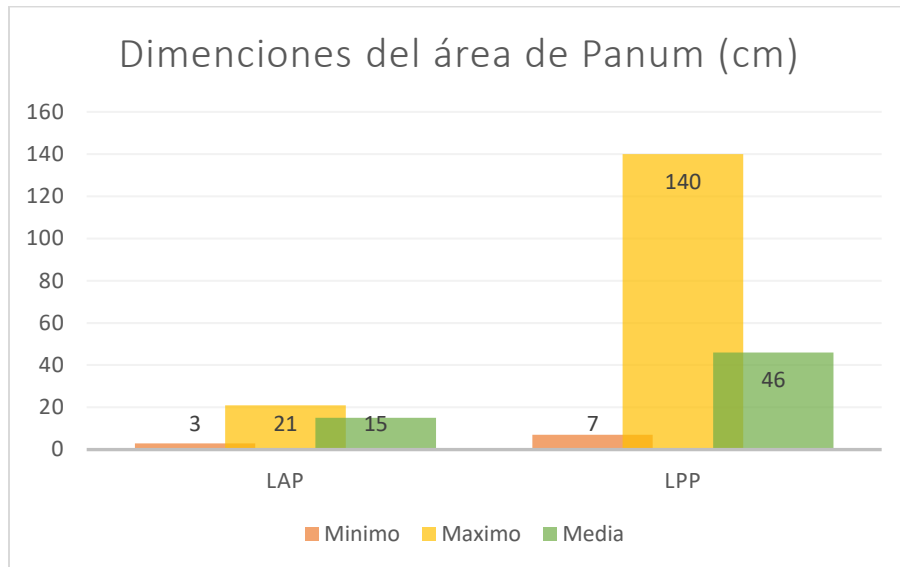
Edad N=11	Sexo	Limite anterior A. Panum (cm)	Limite posterior A. Panum (cm)	Resultado TNO (segundos de arco)	Profundidad área Panum en cm
27	M	15	85	15''	100
28	F	14	37	120''	51
26	F	14	27	60''	41
26	M	11	50	60''	61
27	F	3	7	30''	10
27	F	20	140	15''	160
32	F	15	27	120''	42
29	M	15	49	15''	64
27	F	20	33	60''	53
28	F	21	20	60''	41
30	M	17	31	30''	48



Grafica 1. Distribucion por género

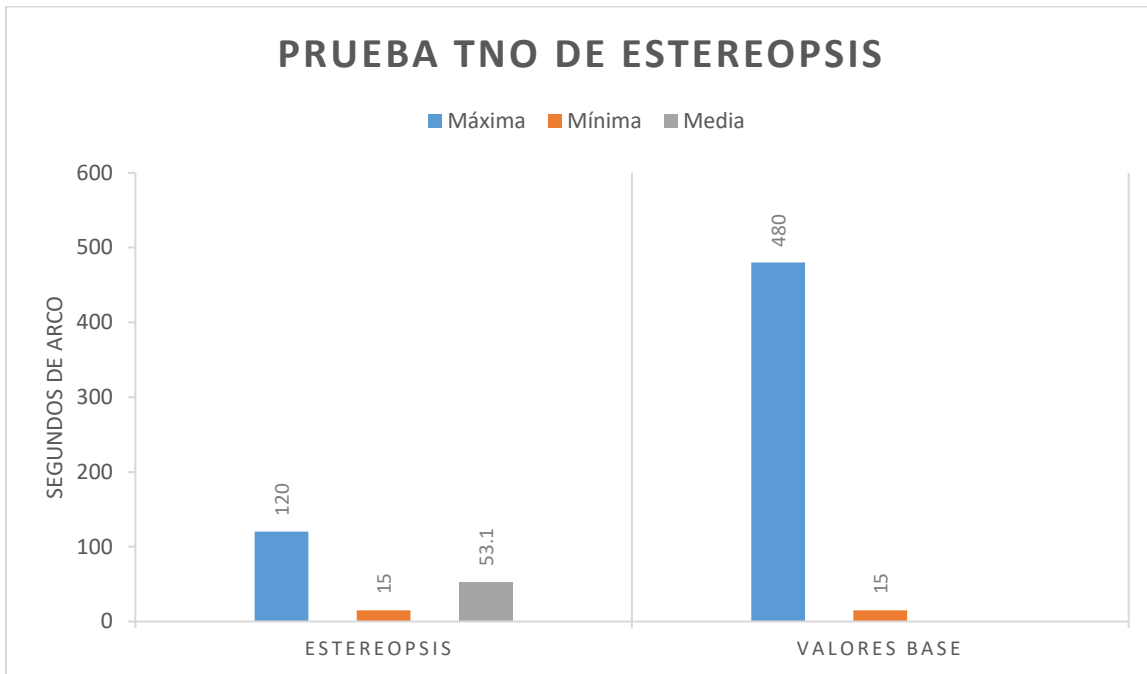
Datos generales (n11)

- Hombre 36.3%
- Mujer 63.6%
- Edad mínima: 26
- Edad máxima 32
- Media de la edad: 27.9 años



**Grafica 2. Dimensiones del área de Panum**

- Limite Anterior Panum mínimo: 3cm
- Limite Posterior Panum mínimo: 7cm
- Limite Anterior Panum máximo: 21cm
- Limite Posterior Panum máximo: 140cm
- Limite Anterior media: 15cm
- Limite Posterior media: 46cm



Grafica 3. Prueba TNO de estereopsis

- 100% Respuestas correctas de las láminas 1-3 (Cualitativas)
- Estereopsis mínima 120 segundos de arco
- Estereopsis máxima 15 segundos de arco
- Estereopsis Media : 53.1 segundos de arco

- Media profundidad área de Panum: 61 cm
- DS Panum 37.448 cm
- Media estereopsis TNO: 53.18 segundos de arco
- DS 36.386 segundos de arco

## Coeficiente de correlación de Pearson

$P_{xy} = -0.4113$  Correlación inversa

$r = -1$	Correlación inversa perfecta
$-1 < r < 0$	Correlación inversa
$r = 0$	No hay correlación
$0 < r < 1$	Correlación Directa
$r = 1$	Correlación Directa Perfecta

- Coeficiente de Determinación
- $R^2 = 0.1691 = 16.91\%$
- Existe una asociación de 16.91%, a pesar de no ser una correlación inversa perfecta no excluye la asociación de las mismas.



## I. Discusión

- El área de fusión de Panum en la región central es más estrecha respecto al resto, aumentando su excentricidad en zonas laterales. La medición de amplitud llevada a cabo se centró en dicha región la cual teóricamente representa la mayor zona de fusión y estereopsis.
- A través del método de la haplopía con base fisiológica en la diplopía cruzada pudimos determinar los límites de amplitud de la región central de forma sencilla. Como se ha comentado ya, el estudio del horóptero y del área de Panum se ha centrado en su meridiano horizontal y vertical, por lo que no hay reportes hasta este momento con los que podamos hacer un análisis comparativo de su amplitud.
- El estudio de la haplopía se realizó con un estímulo a 40 centímetros de distancia, en general las pruebas de estereopsis se realizan a un rango de 40 centímetros de distancia y en base a lo hallado en la literatura dentro de las condiciones ideales para determinar estereopsis se decidió tomar en cuenta esta medida.
- La prueba se repitió tres ocasiones en cada individuo, tomando la primera como ensayo ya que algunos participantes inicialmente no definían consistentemente el momento exacto de la diplopía y decían sentirse confundidos.
- Las mediciones en las dos ocasiones restantes fueron consistentes siempre y no hubo variaciones extremas que obligaran a repetir más ocasiones la prueba.
- Los valores de la amplitud posterior tuvieron mayor variabilidad respecto a las anteriores, habiendo dos participantes con amplitudes una casi el doble de la media y el otro más allá del doble de la media, pero consistentemente fueron los que obtuvieron los valores mínimos de estereopsis en la prueba TNO, por lo que representan a los de mayor sensibilidad estereoscópica. La media de la amplitud del área de Panum fue 61 centímetros.
- La prueba TNO de estereopsis fue elegida por caracterizarse por no tener pistas monoculares. Es una prueba sencilla de realizar en adultos y es la que tiene un rango de sensibilidad cuantificable más alto respecto al resto de pruebas similares.
- En el análisis de correlación de variables demuestra una relación inversa y aunque no perfecta no se dejan de asociar las variables. La media de estereopsis por la prueba TNO fue de 53.1 segundos de arco, como se ha comentado hay reportes en la literatura con valores similares.

## II. Conclusiones

- Se pudo determinar que a mayor amplitud del área de fusión de Panum hay un mayor grado de sensibilidad de estereopsis.
- La amplitud del área de Panum tiene un correlación inversa con los valores de estereopsis de la prueba TNO
- Se requiere una mayor población en estudio para realizar un análisis de distribución normal entre ambas pruebas en adultos.
- La edad de la población estudio es adulto joven, en la literatura generalmente los valores de normalidad de las pruebas de estereopsis son basados en niños.
- Se deben realizar estudios para normatizar los valores por edad en las pruebas de estereopsis.
- No hemos determinado si la medición de la amplitud del área de Panum es influenciada por la edad.
- No hay un consenso de la normalidad de los resultados entre las pruebas de estereopsis, por lo que se sugiere realizar al menos dos pruebas con menos del 10% de fallos para ser fiable como lo reportan algunos estudios comentados previamente.