

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



**Dispositivo para la detección a distancia de discapacidades
visuales asociadas a errores de refracción**

Por

Dra. Claudia Patricia Cázares Galván

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIDAD EN OFTALMOLOGÍA**

Febrero, 2021

Aprobación de la tesis:



Prof. Dr. Med. Karim Mohamed Noriega
Profesor Departamento de Oftalmología,
Hospital Universitario, Facultad de Medicina, UANL
Director de tesis e investigador principal



Dr. Ricardo Téllez Limón
CONACYT CICESE, Unidad Monterrey
Co-director externo de tesis



Prof. Dr. Med. Jesús Mohamed Hamsho
Jefe del Departamento de Oftalmología,
Hospital Universitario, Facultad de Medicina, UANL
Co-director de tesis



Dr. med Felipe Arturo Morales Martinez
Subdirector de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA

A dios por ser mi sustento día a día,
A mi familia por ser mi motivación,
Al amor de mi vida por ser mi refugio,
A mis amigos por acompañarme en esta aventura
A mis maestros por ser mi ejemplo a seguir...

AGRADECIMIENTOS

Estoy profundamente agradecida con todas las personas que hicieron posible en este proyecto.

Para comenzar quiero agradecer a los directores y codirectores.

Al dr. Med. Jesús Mohamed Hamsho por su confianza, apoyo, consejos, por enseñarme a no darme por vencida; por ver en mí algo que ni yo misma veía y permitirme forma parte de esta gran familia

Al dr. Med Karim Mohamed por su esfuerzo, tiempo invertido, paciencia, consejos y apoyo.

Al dr. Ricardo Téllez Limón y su equipo de trabajo por su interés en colaborar con el campo de la oftalmología invirtiendo sus conocimientos en el desarrollo de nuevas tecnologías.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Gracias a todos mis profesores cada uno de los cuales contribuyó para mi formación con sus conocimientos, consejos y tiempo.

Gracias por interesarse tanto en mi crecimiento profesional como personal y hacerme ver que siempre podré contar con ellos.

Gracias por que nunca les importó terminar el día más tarde, retrasarnos en la programación, dejar a segundo término sus compromisos o sus días de descanso para brindarnos su tiempo cuando los necesitamos.

Gracias por la paciencia y el amor para ejercer tan noble profesión, muchas veces estresante, a cambio de la simple gratificación de vernos ser mejores día con día.

Gracias por no rendirse nunca y tener más fe en mí de la que alguna vez yo misma tuve.

Gracias por no dejarme renunciar cuando las cosas parecían difíciles

Gracias por sus palabras de aliento, sus llamadas de atención, sus explicaciones, por tener la confianza de compartir sus experiencias conmigo.

Gracias a todos mis compañeros y personas que forma parte de esta gran familia llamada oftalmología. Cada una de ellas representan un eslabón muy importante para que día con día funcione la clínica.

Gracias a todos por hacerme sentirme “en casa”

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Capítulo I	
1. RESÚMEN.	7
Capítulo II	
2.1 INTRODUCCIÓN.	8
2.2 ANTECEDENTES.	10
2.3 JUSTIFICACIÓN Y ORIGINALIDAD.	16
Capítulo III	
4. OBJETIVOS.	17
Capítulo IV	
5. MATERIAL Y MÉTODOS.	19
Capítulo V	
6. RESULTADOS.	27
Capítulo VI	
7. DISCUSIÓN.	28
Capítulo VII	
8. CONCLUSIÓN.	29
Capítulo VIII	
9. ANEXOS.	30
Capítulo IX	
10. BIBLIOGRAFÍA.	31
Capítulo X	
11. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO.	48

LISTA DE ABREVIATURAS

AO: Ambos ojos

AV: Agudeza visual

D: Dioptría

ETDRS: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study

GCK: GoCheck Kids Vision Screener

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

log cd.m⁻²: Logaritmo de candela por metro cuadrado

LogMAR: Logaritmo de mínimo ángulo de resolución

mHealth: mobile health technology

NETRA: Near Eye Tool for Refractive Assessment

OD: Ojo derecho

OMS: Organización Mundial de la Salud

OS: Ojo izquierdo

ER: Error refractivo

PLR: Predetermined Lens Refraction

TRL: Technology Readiness Levels

CAPITULO II

2.1. INTRODUCCIÓN

El ojo humano es un sistema óptico imperfecto,⁽¹⁾ como consecuencia existen desviaciones de los rayos de luz conocidas como aberraciones ópticas⁽²⁾ Estas disminuyen la calidad de la imagen percibida,⁽³⁾ aunque algunas de ellas pueden llegar a anularse entre sí.⁽⁴⁾ Las aberraciones de bajo grado representan el 85% de los casos (orden cero, primer y segundo orden).⁽⁵⁾

Las aberraciones de segundo orden, también conocidas como errores refractivos (ER) son trastornos oculares que se producen cuando a causa de la forma del ojo no se logra enfocar correctamente. Como consecuencia, las imágenes formadas son de baja calidad resultando en una visión borrosa. A tal grado de representar una discapacidad visual.⁽⁶⁾ Los tres ER más comunes son la miopía (dificultad para ver objetos distantes), la hipermetropía (dificultad para ver objetos cercanos) y el astigmatismo (visión distorsionada debido a una curvatura anormal de la córnea).⁽⁷⁾

La AV es la medida de función visual más utilizada en la práctica clínica,⁽⁸⁾ ésta se correlaciona con medidas de calidad de vida.⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

La refracción clínica es el proceso mediante el cual se determina el poder que se requiere para que los rayos de luz se enfoquen en la retina, puede ser objetiva o subjetiva, “húmeda o seca.”⁽¹¹⁻¹⁴⁾ Usualmente el diagnóstico de los ER se realiza mediante refracción objetiva seguida de refracción subjetiva.⁽¹⁵⁾

Usualmente se utilizan cartillas de AV (conjunto de optotipos que pueden ser letras, números, figuras o símbolos). Se pueden encontrar impresas, proyectadas o en pantallas digitales.⁽¹⁶⁻²²⁾ Su uso requiere condiciones de luz estables y reproducibles (fotópicas ($> 1.0 \log \text{cd.m}^{-2}$) o escotópicas ($< -3 \log \text{cd.m}^{-2}$)).⁽²³⁾

Además de las cartillas de visión, se suele necesitar algún dispositivo para completar la valoración: foróptero,⁽²⁴⁻²⁶⁾ retinoscopia⁽²⁷⁾ autorrefractómetros.⁽²⁸⁻²⁹⁾ Uno de los más recientemente implementado es el aberrómetro. Este funciona mediante sensores que reciben el reflejo de rayos emitidos hacia el fondo de ojo.⁽³⁰⁾ Se ha propuesto su utilidad en cirugía refractiva, lente de contacto⁽³¹⁻³⁶⁾ también han sido estudiados en población pediátrica.⁽³⁷⁾ Se han desarrollado modelos portátiles como auxiliares en el quirófano.⁽³⁸⁾

De acuerdo con los datos emitidos por la OMS 2010, el 80% de los casos de discapacidad visual, incluida la ceguera, son evitables. Como primera causa están los ER no corregidos (42%) y en segundo lugar las cataratas (33%).⁽³⁹⁾

En el ámbito nacional según la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica del INEGI 2014, la discapacidad visual es el segundo tipo de discapacidad más frecuente en México. Más de la mitad (58.4%) de los casi 7.2 millones de personas con algún tipo de discapacidad, la padecen.⁽⁴⁰⁾

Estas afecciones no pueden prevenirse, pero se cuenta con tratamientos efectivos para su corrección, por ejemplo, gafas, lentes de contacto o cirugía

refractiva. Para ello deben ser diagnosticadas oportunamente, requiriendo fuertes inversiones económicas si es que se desea emplear los métodos convencionales antes mencionados, sin contar la necesidad de consultorios y personal entrenado para su empleo. ⁽⁴¹⁾

2.2. ANTECEDENTES

En la búsqueda por cumplir con la agenda en discapacidad visual de la OMS 2020, varios países se dieron a la tarea de desarrollar métodos autoaplicables para detectar ER en personas que no puedan tener fácil acceso a servicios de salud ni de oftalmología, para así reducir las brechas de las comunidades marginadas, sin la necesidad de la construcción de nuevos centros clínicos o más profesionales de la salud. ⁽⁴²⁻⁴⁴⁾

Un Focómetro es un telescopio enfocable autoajustable que puede ser usado para medir errores esféricos. Tiene un rango dióptrico de aproximadamente -10.00 a +10.00 D con una escala en el costado herramienta, que se puede leer con una precisión de 0.25 D. ⁽⁴⁵⁾

Las AdSpecs son un par de gafas que tienen lentes con un relleno de fluido ajustable cuya potencia se puede cambiar para modificar el poder refractivo. El rango de potencia alcanzable por AdSpecs es aproximadamente -7.00 + 7.00 dioptrías (D). ⁴⁶⁻⁴⁸

Una PLR es una serie prescrita de lentes esféricas diseñadas para ser conducido por una persona no instruida. Las PLR implican el uso de lentes flipper en incrementos de una dioptría retenidos en frente del ojo en una serie decreciente mientras que la agudeza visual se mide a través de cada lente. El poder se identifica como el lente a través de la cual el participante lee la línea más pequeña. El rango de poderes de la lente previamente estudiados y usados en este estudio son -3.50 a +3.50 D. ⁽⁴⁹⁾

Kyla Smith et al. (2010) compararon los tres anteriores métodos de autodiagnóstico en dos poblaciones. Boston: El 88%(AdSpecs) y 82% (Focómetro) de los participantes obtuvieron un ER +/- 1D respecto la refracción subjetiva por optometrista. Nicaragua: El 88% (Adspects y Focometro) y 96% (PLR) obtuvieron un ER +/- 1D respecto la refracción subjetiva por optometrista. Concluyendo que donde la refracción subjetiva no está disponible, podrían ser una alternativa factible. ⁽⁴⁹⁾

Se han realizado un gran número de estudios en la población pediátrica con el fin de cubrir la necesidad de gafas correctivas en la edad escolar mejorando el rendimiento académico y la calidad de vida en general. ⁽⁵⁰⁾

Siguiendo la iniciativa “salud global en la escuela” de la OMS, Mingzhi Zhang et al (2011) estudiaron la utilidad de anteojos que cambian su poder dependiendo de la cantidad de líquido que contienen. Analizaron la AV en 648 individuos entre 12-18 años de edad, de una zona rural en el sur de china. El porcentaje

de personas que alcanzaron una AV de $\geq 6/7.5$ en el mejor ojo fue 96.9% (95.5% a 98.3%) para autorrefracción (gafas estudiadas), 98.4% (97.4% a 99.5%) para refracción automatizada, y 99.1% (98.3% a 99.9%) para refracción subjetiva. Concluyeron que este método podría disminuir la necesidad de personal entrenado o dispositivos especializados. ⁽⁵¹⁾

Alex Azuka Ilechie et al (2015) compararon los resultados visuales y refractivos de gafas autorrefractivas (FocusSpecs) con los obtenidos utilizando refracción subjetiva ciclopléjica, en adolescentes con miopía de Ghana. Se obtuvieron resultados aceptables, aunque en algunos participantes ocurrió inexactitud en la dirección más negativa. ⁽⁵²⁾

Anvesh Annadanam et al (2017) validaron el USee, un dispositivo que se usa como un par de gafas y tiene una barra graduada de lente que el usuario puede mover hacia arriba o hacia abajo para ajustar la potencia refractiva esférica en cada ojo. Permite autorefractarse, es fácil de usar, proporciona una AV significativamente mejorada en comparación con la visión no corregida, y dio como resultado una visión 20/30 o superior en más del 80% de los usuarios. ⁽⁵³⁾

Alexander Leuber et al (2018) probaron los lentes Álvarez para comprobar su utilidad como método de autodiagnóstico de errores esfero-cilíndricos, mostrando ser un método rápido y preciso. Estas gafas consisten en dos lentes de diferentes poderes superpuestas alcanzando rangos de esfera -5.00 a +2.50 D, cilindro -0.25 a -1.75 D. Se estudió en 18 individuos con edad 34 +/- 8.8 años, a una

distancia de 5 metros. Los participantes debían modificar la superposición de un lente sobre el otro para modificar el poder. Se realizaron dos pruebas. Test 1: Se utilizó 3 orientaciones de los lentes, 0°, 60° y 120° y test 2: se cambió los optotipos en los mismos meridianos. Con el Test 1, 77% alcanzó AV binocular > 6/7.5 y con el test 2 un 88% lo logró. ⁽⁵⁴⁾

De igual manera se han desarrollado dispositivos electrónicos portátiles para ayudar a llevar la atención oftalmológica a comunidades aisladas. ⁽⁵⁵⁾

Bastawrous, A., et al. (2012) validaron un refractor automático portátil para celular “NETRA” (Near Eye Tool for Refractive Assessment) basado en microlentes y un sistema de pinholes. Lo probaron en 34 ojos de individuos > 18 años de edad. Se comparó contra la refracción subjetiva resultando un coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.9537$ ($p=0.0000$) ⁽⁵⁶⁻⁵⁸⁾

Kenneth J. Ciuffreda Mark Rosenfield (2015) compararon el SVOne con la retinoscopia, refracción subjetiva, y dos auto refractores disponibles en el mercado (Topcon KR-1W y Righton Retinomax-3). ⁽⁵⁹⁾

Los fotorrefractores son un grupo de dispositivos que funcionan mediante una cámara de infrarrojos que captura y analiza imágenes del reflejo rojo. Estas imágenes pueden ser evaluadas por profesionales de la salud o mediante software automático. Se ha probado su eficacia para la detección de anisometropía, hipermetropía, miopía y astigmatismo. ⁽⁶⁰⁻⁶⁴⁾

El Eye-Que personal visión tracker es un autorrefractor monocular adaptable a teléfono inteligente. Produce resultados comparables dentro de 0,77 dioptrías del autorefractor Topcon KR800. ⁽⁶⁵⁾ EyeQue Insight es una aplicación que utiliza un visor binocular para teléfono inteligente. Al compararse con la carta de Snell convencional más del 93% de las pruebas de AV estaban dentro de 1 línea de diferencia. En general, la AV fue idéntica entre el Insight y el gráfico de pared de Snellen en el 77% de OD, 74% de OS y 91% AO ⁽⁶⁶⁾

Babak Amirsolaimani et al. (2017) fabricaron un autoforóptero portátil de bajo costo. El sistema se basa en tres lentes fluídicas sintonizables y elementos ópticos holográficos de película fina para realizar una medición automática y proporcionar una receta de diagnóstico sin supervisión. Se utiliza un Hartmann Shack- Sensor de frente de onda que calcula los valores de Zernike. El rango de corrección esférico y cilíndrico de -10 a +10 dioptrías con incrementos de 0.1 dioptrías. Es logrado en menos de 15 segundos usando la retroalimentación del sensor de frente de onda a las bombas. ⁽⁶⁷⁾

En una época donde la mayoría de la población mundial tiene acceso a un teléfono inteligente, ⁽⁶⁸⁾ las aplicaciones móviles “mHealth” (mobile health technology) podrían mejorar la eficiencia del sistema de salud, la calidad de la atención y los resultados de salud. ⁽⁶⁹⁾

En el área de oftalmología se han desarrollado diferentes aplicaciones: evaluación de la AV y ER ⁽⁷⁰⁻⁷⁹⁾; pruebas de visión del color ⁽⁸⁰⁾ cuadrícula de Amsler; evaluación de pupilas; sensibilidad al contraste ⁽⁸¹⁻⁸⁴⁾; campo visual ⁽⁸⁵⁻⁸⁷⁾ ojo seco ⁽⁸⁸⁾ rehabilitación visual ⁽⁸⁹⁾ entrenamiento médico ⁽⁹⁰⁻⁹³⁾ entre otras.

Existen muchas aplicaciones disponibles para computadora o celular, sin embargo, la gran mayoría son para uso de la comunidad y no han sido probadas con estudios científicos validados. ⁽⁹⁴⁻⁹⁶⁾

Bastawrous (2015) desarrolló y validó una aplicación para examinar la agudeza visual sin necesidad de personal profesional capacitado. “Peek Acuity” comparada con la valoración en consultorio utilizando la cartilla ETDRS tuvo una diferencia de 0.055 Log MAR (95%CI: 0.023-0.088) y 0.072 LogMAR (95%CI: 0.039-0.105) para OD y OS respectivamente. ⁽⁹⁷⁻⁹⁹⁾

Warnold, R. et al. 2018 evaluaron la aplicación GoCheck Kids Vision Screener (GCK) para teléfono inteligente. Llevaron a cabo un ensayo prospectivo multicéntrico a 10 meses de seguimiento en niños de 1-6 años. Se incluyeron 287 imágenes. La sensibilidad y especificidad para detectar factores de riesgo para ambliopía fueron 76% y 85% respectivamente. ⁽¹⁰⁰⁾ En un estudio anterior los resultados fueron sensibilidad de 75.7% (95% CI 64.3% a 84.9%), y especificidad de 66.7% (95% CI 57.1% to 75.3%). ⁽¹⁰¹⁾

2.3. JUSTIFICACIÓN Y ORIGINALIDAD

Para contribuir a la resolución de los problemas de discapacidad visual, es fundamental proporcionar servicios de salud oftálmica eficientes y accesibles, tal como se establece en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, donde se propone “establecer esquemas de atención integral para las personas con discapacidad, a través de acciones que fomenten la detección de discapacidades, estimulación temprana y su rehabilitación.”⁽¹⁰²⁾

A pesar de la naturaleza preventiva de algunas discapacidades visuales, específicamente las asociadas a ER, por diversos factores, una gran parte de la población en México no tiene acceso a una consulta con un profesional del cuidado de la vista. Por lo tanto, es imprescindible proveer a la sociedad en general de medios necesarios para determinar si se tiene algún tipo de afección visual por ER que pueda repercutir en su calidad de vida y en su sano desarrollo.

Con el propósito de contribuir en la lucha por la disminución de la discapacidad visual evitable, en este proyecto se propone la validación de un dispositivo digital de bajo costo, de alcance universal y con un nivel de madurez tecnológico TRL 6, que facilite la identificación y valoración de los pacientes que presenten alguna discapacidad visual asociada a errores de refracción, sin la necesidad de personal capacitado o especializado para su manipulación.

CAPITULO III

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Validación de un dispositivo que funciona a partir de imágenes aberradas como herramienta para autoevaluación subjetiva de defectos refractivos.

Objetivos específicos

1. Cuantificar el ER en los diferentes grupos de ER como miopía e hipermetropía con o sin astigmatismo.
2. Identificar a los pacientes que presenten ER mayores de +/- 1 D en los diferentes grupos de ER como miopía e hipermetropía con o sin astigmatismo.
3. Realizar pruebas de validación diagnóstica de un dispositivo que utiliza imágenes aberradas numéricamente, como instrumento de autoevaluación para la detección y cuantificación de los errores refractivos en los diferentes grupos de defectos refractivos como miopía e hipermetropía con o sin astigmatismo.

- I. Concordancia interna intraobservador
- II. Concordancia externa interobservador
- III. Repetibilidad
- IV. Sensibilidad
- V. Especificidad

VI. Valor predictivo positivo

VII. Valor predictivo negativo

VIII. Índices de probabilidad

4. Comparar los resultados obtenidos entre el nuevo dispositivo y los métodos tradicionales (nuevo dispositivo vs foróptero y nuevo dispositivo vs autorrefractor)

5. Comparar los resultados obtenidos entre los métodos tradicionales (foróptero vs autorrefractor)

CAPÍTULO IV

5. MATERIAL Y MÉTODOS

A.- Diseño metodológico del estudio

Observacional, comparativo, transversal

B.- Tipo de estudio:

Analítico

C.- Población de estudio:

Pacientes que padezcan ER que acudan al departamento de oftalmología del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la UANL.

Criterios de inclusión

- Tener entre 18 y 35 años de edad.

Criterios de exclusión

- Negarse a firmar el consentimiento informado
- Presentar otras enfermedades oftalmológicas diferentes a los RE

Criterios de eliminación

- No completar todas las valoraciones

D.- Descripción del diseño:

Se reclutarán a los pacientes que cumplan con criterios de inclusión y se les realizará valoraciones mediante tres métodos diagnósticos distintos, previa obtención de consentimiento informado.

Se les brindará consejería dependiendo de los resultados de las pruebas. Los datos se recabarán en una base de datos para su posterior análisis.

E.- Definir el evento de interés y diferentes variables:

Lograr identificar a los pacientes que padecen ER utilizando el dispositivo en estudio.

F.- Métodos de Evaluación:

Se compararán tres equipos que permitan detectar personas con errores de refracción. Se realizará una medición con cada uno por un operador calificado, en una sola visita.

- Autorrefractómetro (“gold-standard” considerado el método objetivo, independiente del usuario e independiente del operador)
- Refracción con foróptero con caja de luz y cartilla de agudeza visual de ETDRS (método subjetivo, dependiente del usuario y dependiente del operador)
- Prototipo funcional (método objetivo, dependiente del usuario y sin operador externo).

El dispositivo propuesto en este proyecto consiste en una pantalla táctil portátil, con conexión remota y de fácil empleo (IMAGEN 1)

1. Se desplegarán imágenes generadas por computadora que presenten aberraciones basadas en los polinomios de Zernike de segundo orden (desenfocamiento y astigmatismo).
2. El usuario cubre uno de sus ojos y, al deslizar una barra móvil en la pantalla, seleccionará la imagen que le parezca más nítida, permitiéndole detectar si padece algún grado de miopía o hipermetropía.
3. Para estimar si existe algún grado de astigmatismo, al cubrir un ojo, el usuario deslizará dos barras de desplazamiento sobre la pantalla (una correspondiendo al ángulo del eje del astigmatismo y la otra a su amplitud) hasta obtener la imagen más nítida.
4. Se repetirá mismo procedimiento para el otro ojo.

Si se detecta que el paciente muestra algún grado de RE por encima de un umbral mayor a 1 ± 0.25 dioptrías, el sistema le recomendará asistir con un profesional de la salud para poder llevar a cabo los exámenes pertinentes.

La conectividad remota del dispositivo permitirá concentrar en la nube la información de los pacientes a distancia, lo que contribuirá al seguimiento de los pacientes y a la generación de estadísticas poblacionales.

Grupos de estudio:

- Emétrope
- Miopía simple
-0.25 a -0.75

-1.00 a -2.75

-3.00 a -5.75

Igual o mayor a -6.00

- Hipermetropía simple

+0.25 a +0.75

+1.00 a +1.75

+2.00 a +2.75

Mayor o igual a +3.00

- Astigmatismo Miópico (Miopía más los siguientes grados de astigmatismo)

-0.25 a -0.75

-1.00 a -1.75

-2.00 a -2.75

Mayor o igual a -3.00

- Astigmatismo Hipermetrópico

(Hipermetropía más los siguientes grados de astigmatismo)

-0.25 a -0.75

-1.00 a -1.75

-2.00 a -2.75

Mayor o igual a -3.00

- Astigmatismo simple

Se realizará siguiendo las recomendaciones estandarizadas para toma de agudeza visual y refracción subjetiva, considerando espacios amplios, distancia de 4 metros y condiciones de iluminación mesópica fija que son empleadas en pruebas de refracción subjetiva con foróptero, armazón de prueba y caja de luz para las cartillas ETDRS.

F.- Análisis estadístico:

Se realizarán múltiples análisis estadísticos, para lograr al obtener la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo e índices de probabilidad, así como concordancia interna y externa de nuestro prototipo.

La estrategia de análisis a llevar a cabo será la siguiente:

1. Análisis exploratorio de datos
2. Análisis univariado
3. Análisis bivariado
4. Análisis multivariado
5. Incorporación de variables de estratificación

1.-En el análisis exploratorio de datos se obtendrán las medidas de resumen y gráficos para un conjunto de datos, con la finalidad de identificar datos atípicos, extremos o perdidos; un chequeo de supuestos para análisis posteriores; identificar diferencias entre sub-grupos; y realizar una descripción. Con el análisis exploratorio también se determinarán las técnicas estadísticas a emplear de acuerdo con el comportamiento de las variables.

2.-En el análisis univariado se analizará acorde al tipo de variable.

•Variables cualitativas:

- Distribución de frecuencias
- Proporciones
- Razones
- Tasas
- Rangos

•Variables cuantitativas

- Medidas de tendencia central (media, mediana)
- Medidas de dispersión (desviación estándar, percentil 25, percentil 75, mínimo y máximo)
- Medidas de localización
- Distribución de frecuencias (datos agrupados)

3.-En el análisis bivariado, el método de análisis a utilizar vendrá determinado por las escalas o tipos de variables dependientes e independientes y cumplimiento de requisitos estadísticos para el análisis (cumplimiento de normalidad, homogeneidad, varianza, número de sujetos).

•Pruebas paramétricas para variables cuantitativas con distribución normal:

- T de Student

- ANOVA
- Coeficiente de correlación de Pearson
- Pruebas no paramétricas para variables cualitativas y cuantitativas sin distribución normal
- U de Mann Whitney
- Wilcoxon
- Kruskal Wallis
- Chi cuadrada, test exacto de Fisher (para tablas 2x2)
- Coeficiente de correlación de Spearman

Se planea realizar una tabla de contingencia con los resultados obtenidos con la finalidad de obtener diferentes parámetros:

- Sensibilidad
- Especificidad
- Valor predictivo positivo
- Valor predictivo negativo
- Índices de probabilidad

Además de un coeficiente kappa para una concordancia interobservadores.

4.- En el análisis multivariado usaremos diferentes modelos de predicción y diferentes medidas para los resultados.

•Variable dependiente cuantitativa y variable independiente cuantitativa o cualitativa:

➤ Modelo de Regresión lineal simple y múltiple con coeficientes estandarizados.

•Variable dependiente cualitativa dicotómica y variable independiente cuantitativa o cualitativa:

➤ Modelo de Regresión logística y Odds Ratio (OR) ajustado.

•Variable dependiente Tiempo de ocurrencia del evento y variables independientes cuantitativas o cualitativas:

➤ Modelo de Regresión de Cox y Hazard Ratio (HR)

CAPÍTULO V

6. RESULTADOS

Se desarrolló una imagen aberrada basada en el optotipo “E”. Esta se enfocaba y desenfocaba en un video en continuo movimiento y que se podía controlar por el usuario. Se realizaron pruebas para la validación de imágenes aberradas como herramienta para autoevaluación subjetiva de defectos refractivos en pacientes emétopes y con ER. (IMAGEN 2)

Se mostraron las imágenes enfocadas o desenfocadas del optotipo “E” a sujetos con diferentes errores refractivos y sujetos emétopes. Todos los sujetos eligieron la misma imagen menos desenfocada del video como la imagen que veían mejor. Estas imágenes no se lograron mejorar o enfocar mejor con los ER de los sujetos en estudio, al contrario, los sujetos con defectos refractivos ven más borrosa toda la gama de imágenes.

Todos los sujetos con ER o emétopes siempre eligen la imagen menos borrosa o más enfocada y siempre coincidió la imagen elegida fue la misma tanto en sujetos emétopes como con ER. Por lo que se concluyó que la generación de imágenes aberradas que se enfocaban y desenfocaban no permitía identificar a los sujetos con ER.

CAPÍTULO VI

7. DISCUSIÓN

En este estudio exploramos la posibilidad de utilizar un video de una imagen aberrada del optotipo “E” como herramienta para identificar sujetos con ER. Esto con el principio de que, si el ojo es un sistema aberrado y si la miopía y la hipermetropía son aberraciones de segundo orden, entonces una imagen aberrada a la cual se le pueda cambiar su enfoque a partir de las aberraciones generadas en la imagen entonces esta imagen podría ser vista mejor enfocada en cierto momento del video cuando la imagen aberrada compense la aberración óptica del ojo del paciente con ER.

Sin embargo en este estudio encontramos que no es posible hasta el momento diagnosticar defectos refractivos utilizando imágenes aberradas transmitidas o presentadas en un video en una pantalla convencional.

Lo anterior se debe a que la visión es posible al percibir el frente de onda que produce la luz al reflectarse en los objetos.

Al reproducir las imágenes en una pantalla, el frente de onda que emana de ella es plano.

Por lo tanto, aun cambiando el grado de aberración en el optotipo, no es posible producir una imagen compensatoria al defecto refractivo del paciente.

No existen estudios previos que exploren las imágenes aberradas como método de diagnóstico en errores refractivos. Con nuestro estudio podemos descartar esta estrategia como alternativa para identificar ER.

CAPÍTULO VII

8. CONCLUSIÓN

Las imágenes aberradas no fueron de utilidad para identificar los errores refractivos. Es necesario explorar nuevos métodos de diagnóstico que cumplan con las características necesarias para utilizarse en el cribado de grandes poblaciones. Esto representa un área de oportunidad en la lucha por reducir la prevalencia de discapacidad visual secundaria a defectos refractivos no corregidos en nuestra población. Lo anterior justifica futuras investigaciones para desarrollar nuevas estrategias diagnósticas.

CAPÍTULO VIII

9. ANEXOS

9.1 IMÁGENES

IMAGEN 1 Esquema de dispositivo en estudio

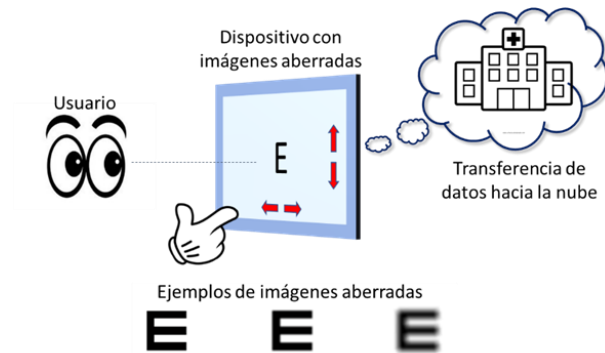
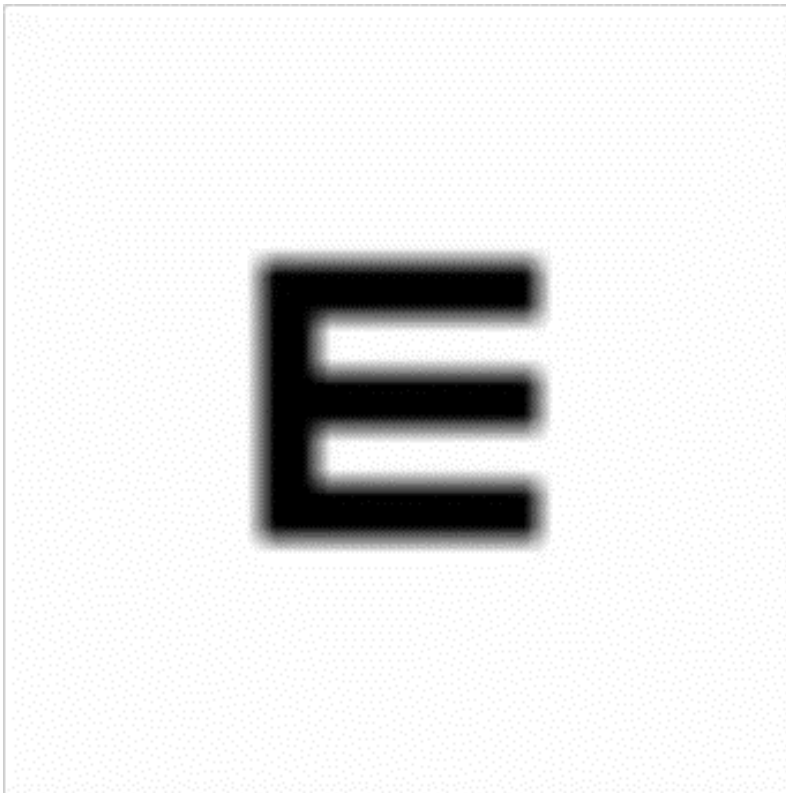


IMAGEN 2 Optotipo aberrado utilizado en pruebas



CAPÍTULO IX

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Valentina BS, Ramona B, Speranta S, Calin T. The influence of optical aberrations in refractive surgery. *Rom J Ophthalmol*. 2015 Oct-Dec;59(4):217-222. PMID: 29450310; PMCID: PMC5712942.
2. Lombardo M, Lombardo G. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. *J Cataract Refract Surg*. 2010 Feb;36(2):313-31. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.09.026. PMID: 20152616.
3. Ruiz, A.D., & Quintela, E. (2008). Aberraciones corneales de alto orden. ¿Un método para graduar al queratocono? *Revista Mexicana de Oftalmología*, 82, 369-375.
4. Artal P, Benito A, Tabernero J. The human eye is an example of robust optical design. *J Vis*. 2006 Jan 10;6(1):1-7. doi: 10.1167/6.1.1. PMID: 16489854.
5. Kirschen DG, Laby DM, Kirschen MP, Applegate R, Thibos LN. Optical aberrations in professional baseball players. *J Cataract Refract Surg*. 2010 Mar;36(3):396-401. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.09.032. PMID: 20202535.
6. Maeda N. Clinical applications of wavefront aberrometry - a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2009 Jan;37(1):118-29. doi: 10.1111/j.1442-9071.2009.02005.x. PMID: 19338609.

7. Harb EN, Wildsoet CF. Origins of Refractive Errors: Environmental and Genetic Factors. *Annu Rev Vis Sci.* 2019 Sep 15;5:47-72. doi: 10.1146/annurev-vision-091718-015027. PMID: 31525141.
8. Jackson, Andrew & Bailey, Ian. (2004). *Visual Acuity*. 5.
9. Anstice NS, Thompson B. The measurement of visual acuity in children: an evidence-based update. *Clin Exp Optom.* 2014 Jan;97(1):3-11. doi: 10.1111/cxo.12086. Epub 2013 Jul 31. PMID: 23902575.
10. Kandel H, Khadka J, Goggin M, Pesudovs K. Patient-reported Outcomes for Assessment of Quality of Life in Refractive Error: A Systematic Review. *Optom Vis Sci.* 2017 Dec;94(12):1102-1119. doi: 10.1097/OPX.0000000000001143. PMID: 29095758.
11. Kolker, R. J. (2018). *Subjective Refraction and Prescribing Glasses (The Number One (or Number Two) Guide to Practical Techniques and Principles, Third Edition) (1st ed.)*. NJ, USA: SLACK Incorporated.
12. Andrew Franklin (2007) *Subjective Refraction: Principles and Techniques for the Correction of Spherical Ametropia, Optics of the Eye, Ametropia and its Correction*Ch010-H8889.indd 101-111
13. María Revert A, Conversa MA, Albarrán Diego C, Micó V. An alternative clinical routine for subjective refraction based on power vectors with trial frames. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017 Jan;37(1):24-32. doi: 10.1111/opo.12343. PMID: 28030877.
14. Hervella L, Villegas EA, Prieto PM, Artal P. Assessment of subjective refraction with a clinical adaptive optics visual simulator. *J Cataract Refract*

- Surg. 2019 Jan;45(1):87-93. doi: 10.1016/j.jcrs.2018.08.022. Epub 2018 Oct 8. PMID: 30309774; PMCID: PMC6320260.
15. Kniestedt C, Stamper RL. Visual acuity and its measurement. *Ophthalmol Clin North Am.* 2003 Jun;16(2):155-70, v. doi:10.1016/s08961549(03)00013-0. PMID: 12809155.
16. Kaiser PK. Prospective evaluation of visual acuity assessment: a comparison of snellen versus ETDRS charts in clinical practice (An AOS Thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2009 Dec;107:311-24. PMID: 20126505; PMCID: PMC2814576.
17. Bailey IL, Lovie-Kitchin JE. Visual acuity testing. From the laboratory to the clinic. *Vision Res.* 2013 Sep 20;90:2-9. doi: 10.1016/j.visres.2013.05.004. Epub 2013 May 17. PMID: 23685164.
18. Schiefer, U., Kraus, C., Baumbach, P., Ungewiß, J., & Michels, R. (2016). Refractive errors. *Deutsches Aerzteblatt Online*, 693–702. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2016.0693>
19. Bell AL, Rodes ME, Collier Kellar L. Childhood eye examination. *Am Fam Physician.* 2013 Aug 15;88(4):241-8. Erratum in: *Am Fam Physician.* 2014 Jan 15;89(2):76. PMID: 23944727.
20. Anstice NS, Thompson B. The measurement of visual acuity in children: an evidence-based update. *Clin Exp Optom.* 2014 Jan;97(1):3-11. doi: 10.1111/cxo.12086. Epub 2013 Jul 31. PMID: 23902575.
21. Varadharajan S, Srinivasan K, Kumaresan B. Construction and validation of a Tamil logMAR chart. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009 Sep;29(5):526-534. doi: 10.1111/j.1475-1313.2009.00657.x. PMID: 19689549.

22. Zele AJ, Cao D. Vision under mesopic and scotopic illumination. *Front Psychol.* 2015 Jan 22;5:1594. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01594. PMID: 25657632; PMCID: PMC4302711.
23. Elliott, D. B. (2007). *Clinical Procedures in Primary Eye Care* (Third ed.). <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8896-3.X5001-9>
24. Ohlendorf A, Leube A, Wahl S. Steps towards Smarter Solutions in Optometry and Ophthalmology-Inter-Device Agreement of Subjective Methods to Assess the Refractive Errors of the Eye. *Healthcare (Basel).* 2016 Jul 13;4(3):41. doi: 10.3390/healthcare4030041. PMID: 27417629; PMCID: PMC5041042.
25. Awwal, A. A. S., Bauman, B. J., Gavel, D. T., Olivier, S. S., Jones, S., Silva, D. A., ... Werner, J. S. (2003). Characterization and operation of a liquid crystal adaptive optics phoropter. *Astronomical Adaptive Optics Systems and Applications*, 104–122. <https://doi.org/10.1117/12.510393>
26. Amirsolaimani, B., Peyman, G., Schwiegerling, J. *et al.* A new low-cost, compact, auto-phoropter for refractive assessment in developing countries. *Sci Rep* 7, 13990 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14507-5>
27. Hervella L, Villegas EA, Prieto PM, Artal P. Assessment of subjective refraction with a clinical adaptive optics visual simulator. *J Cataract Refract Surg.* 2019 Jan;45(1):87-93. doi: 10.1016/j.jcrs.2018.08.022. Epub 2018 Oct 8. PMID: 30309774; PMCID: PMC6320260.

28. Vicente, G. V. (2016). Basic Retinoscopy. *Practical Management of Pediatric Ocular Disorders and Strabismus*, 763–765. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2745-6_72
29. Stoor K, Karvonen E, Liinamaa J, Saarela V. Evaluating refraction and visual acuity with the Nidek autorefractometer AR-360A in a randomized population-based screening study. *Acta Ophthalmol*. 2018 Jun;96(4):384-389. doi: 10.1111/aos.13636. Epub 2017 Nov 30. PMID: 29193822.
30. Bruce AS, Catania LJ. Clinical applications of wavefront refraction. *Optom Vis Sci*. 2014 Oct;91(10):1278-86. doi: 10.1097/OPX.0000000000000377. PMID: 25216319; PMCID: PMC4186736.
31. Unterhorst HA, Rubin A. Ocular aberrations and wavefront aberrometry: A review. *Afr Vision Eye Health*. 2015;74(1), Art. #21, 6 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/aveh.v74i1.21>
32. Mello GR, Rocha KM, Santhiago MR, Smadja D, Krueger RR. Applications of wavefront technology. *J Cataract Refract Surg*. 2012 Sep;38(9):1671-83. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.07.004. PMID: 22906449.
33. Bennett JR, Stalboerger GM, Hodge DO, Schornack MM. Comparison of refractive assessment by wavefront aberrometry, autorefraction, and subjective refraction. *J Optom*. 2015 Apr-Jun;8(2):109-15. doi: 10.1016/j.optom.2014.11.001. Epub 2014 Dec 11. PMID: 25498534; PMCID: PMC4401825.
34. McAlinden C, McCartney M, Moore J. Mathematics of Zernike polynomials: a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2011 Nov;39(8):820-7. doi: 10.1111/j.1442-9071.2011.02562.x. Epub 2011 Apr 27. PMID: 22050568.

35. Teel DF, Jacobs RJ, Copland J, Neal DR, Thibos LN. Differences between wavefront and subjective refraction for infrared light. *Optom Vis Sci*. 2014 Oct;91(10):1158-66. doi: 10.1097/OPX.0000000000000370. PMID: 25148218.
36. Xu Z, Hua Y, Qiu W, Li G, Wu Q. Precision and agreement of higher order aberrations measured with ray tracing and Hartmann-Shack aberrometers. *BMC Ophthalmol*. 2018 Jan 27;18(1):18. doi: 10.1186/s12886-018-0683-8. PMID: 29374460; PMCID: PMC5787271.
37. Martinez AA, Pandian A, Sankaridurg P, Rose K, Huynh SC, Mitchell P. Comparison of aberrometer and autorefractor measures of refractive error in children. *Optom Vis Sci*. 2006 Nov;83(11):811-7. doi: 10.1097/01.opx.0000238708.74276.6c. PMID: 17106401.
38. Bhatt UK, Sheppard AL, Shah S, Dua HS, Mihashi T, Yamaguchi T, Wolffsohn JS. Design and validity of a miniaturized open-field aberrometer. *J Cataract Refract Surg*. 2013 Jan;39(1):36-40. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.08.052. Epub 2012 Oct 27. PMID: 23107833.
39. OMS. (2013). Un plan de acción mundial para 2014-2019 Salud ocular universal p6.
40. OMS (2020). Informe mundial sobre la visión [World report on vision]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2020. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
41. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, «La discapacidad en México, datos al 2014,» INEGI, 2016.

42. Gudlavalleti VS, Allagh KP, Gudlavalleti AS. Self-adjustable glasses in the developing world. *Clin Ophthalmol*. 2014 Feb 17;8:405-13. doi: 10.2147/OPTH.S46057. PMID: 24570581; PMCID: PMC3933712.
43. Camp AS, Shane TS, Kang J, Thomas B, Pole C, Lee RK. Evaluating Self-Refractometry and Ready-Made Spectacles for Treatment of Uncorrected Refractive Error. *Ophthalmic Epidemiol*. 2018 Oct-Dec;25(5-6):392-398. doi: 10.1080/09286586.2018.1500615. Epub 2018 Aug 17. PMID: 30118609.
44. Martin SA, Frutiger EA. Vision Stations: Addressing Corrective Vision Needs With Low-cost Technologies. *Glob Adv Health Med*. 2015 Mar;4(2):46-51. doi: 10.7453/gahmj.2015.002. PMID: 25984406; PMCID: PMC4424916.
45. Berger IB, Spitzberg LA, Nnadozie J, Bailey N, Feaster J, Kuether C, Tran M, Swann S. Testing the FOCOMETER--A new refractometer. *Optom Vis Sci*. 1993 Apr;70(4):332-8. doi: 10.1097/00006324-199304000-00013. PMID: 8502463.
46. Zhou Z, Chen T, Jin L, Zheng D, Chen S, He M, Silver J, Ellwein L, Moore B, Congdon NG. Self-refraction, ready-made glasses and quality of life among rural myopic Chinese children: a non-inferiority randomized trial. *Acta Ophthalmol*. 2017 Sep;95(6):567-575. doi: 10.1111/aos.13149. Epub 2016 Jun 20. PMID: 27321197.
47. Wang CY, Zhang G, Tang B, Jin L, Huang W, Wang X, Chen T, Zhu W, Xiao B, Wang J, Zhou Z, Tang Z, Liang Y, Crescioni M, Wilson D, McAneney H, Silver JD, Moore B, Congdon N. A Randomized Noninferiority Trial of Wearing Adjustable Glasses versus Standard and Ready-made Spectacles among Chinese Schoolchildren: Wearability and Evaluation of Adjustable

- Refraction III. *Ophthalmology*. 2020 Jan;127(1):27-37. doi: 10.1016/j.ophtha.2019.08.002. Epub 2019 Aug 14. PMID: 31543351.
48. Douali MG, Silver JD. Self-optimised vision correction with adaptive spectacle lenses in developing countries. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2004 May;24(3):234-41. doi: 10.1111/j.1475-1313.2004.00198.x. PMID: 15130172.
49. Smith K, Weissberg E, Trivison TG. Alternative methods of refraction: a comparison of three techniques. *Optom Vis Sci*. 2010 Mar;87(3):E176-82. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181cf86d6. PMID: 20081549.
50. Wang CY, Zhang G, Tang B, Jin L, Huang W, Wang X, Chen T, Zhu W, Xiao B, Wang J, Zhou Z, Tang Z, Liang Y, Crescioni M, Wilson D, McAneney H, Silver JD, Moore B, Congdon N. A Randomized Noninferiority Trial of Wearing Adjustable Glasses versus Standard and Ready-made Spectacles among Chinese Schoolchildren: Wearability and Evaluation of Adjustable Refraction III. *Ophthalmology*. 2020 Jan;127(1):27-37. doi: 10.1016/j.ophtha.2019.08.002. Epub 2019 Aug 14. PMID: 31543351.
51. Zhang M, Zhang R, He M, Liang W, Li X, She L, Yang Y, Mackenzie G, Silver JD, Ellwein L, Moore B, Congdon N. Self correction of refractive error among young people in rural China: results of cross sectional investigation. *BMJ*. 2011 Aug 9;343:d4767. doi: 10.1136/bmj.d4767. PMID: 21828207; PMCID: PMC3153585.
52. Illechie AA, Abokyi S, Owusu-Ansah A, Boadi-Kusi SB, Denkyira AK, Abraham CH. Self-refraction accuracy with adjustable spectacles among

- children in Ghana. *Optom Vis Sci.* 2015 Apr;92(4):456-63. doi: 10.1097/OPX.0000000000000561. PMID: 25785535.
53. Annadanam A, Varadaraj V, Mudie LI, Liu A, Plum WG, White JK, Collins ME, Friedman DS. Comparison of self-refraction using a simple device, USee, with manifest refraction in adults. *PLoS One.* 2018 Feb 1;13(2):e0192055. doi: 10.1371/journal.pone.0192055. PMID: 29390026; PMCID: PMC5794143.
54. Leube A, Kraft C, Ohlendorf A, Wahl S. Self-assessment of refractive errors using a simple optical approach. *Clin Exp Optom.* 2018 May;101(3):386-391. doi: 10.1111/cxo.12650. Epub 2018 Jan 21. PMID: 29356102; PMCID: PMC5947140.
55. Jason Singh, Sami Kabbara, Mandi Conway, Gholam Peyman and Robin D. Ross., Innovative Diagnostic Tools for Ophthalmology in Low-Income Countries. *Novel Diagnostic Methods in Ophthalmology* (2019) DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.83455>
56. Bastawrous, A., Leak, C., Howard, F., & Kumar, V. (2012). Validation of Near Eye Tool for Refractive Assessment (NETRA) – Pilot Study. *Journal of Mobile Technology in Medicine*, 1(3), 6–16. <https://doi.org/10.7309/jmtm.17>
57. VSE, Valikodath N, Niziol LM, Hansen S, Apostolou H, Woodward MA. Accuracy of a Smartphone-based Autorefractor Compared with Criterion-standard Refraction. *Optom Vis Sci.* 2018 Dec;95(12):1135- 1141. doi: 10.1097/OPX.0000000000001308. PMID: 30451804; PMCID: PMC6475906.
58. Agarwal A, Bloom DE, deLuise VP, Lubet A, Murali K, Sastry SM. Comparing low-cost handheld autorefractors: A practical approach to measuring

- refraction in low-resource settings. *PLoS One*. 2019 Oct 15;14(10):e0219501. doi: 10.1371/journal.pone.0219501. PMID: 31614363; PMCID: PMC6794120.
59. Ciuffreda KJ, Rosenfield M. Evaluation of the SVOne: A Handheld, Smartphone-Based Autorefractor. *Optom Vis Sci*. 2015 Dec;92(12):1133-9. doi: 10.1097/OPX.0000000000000726. PMID: 26540478; PMCID: PMC4655829.
60. Sanchez I, Ortiz-Toquero S, Martin R, de Juan V. Advantages, limitations, and diagnostic accuracy of photoscreeners in early detection of amblyopia: a review. *Clin Ophthalmol*. 2016 Jul 22;10:1365-73. doi: 10.2147/OPHTH.S93714. PMID: 27555744; PMCID: PMC4969043.
61. Ogbuehi KC, Almaliki WH, AlQarni A, Osuagwu UL. Reliability and reproducibility of a handheld videorefractor. *Optom Vis Sci*. 2015 May;92(5):632-41. doi: 10.1097/OPX.0000000000000566. PMID: 25822015.
62. de Jesus DL, Villela FF, Orlandin LF, Eiji FN, Dantas DO, Alves MR. Comparison between refraction measured by Spot Vision Screening™ and subjective clinical refractometry. *Clinics (Sao Paulo)*. 2016 Feb;71(2):69-72. doi: 10.6061/clinics/2016(02)03. PMID: 26934234; PMCID: PMC4760365.
63. Mu Y, Bi H, Ekure E, Ding G, Wei N, Hua N, Qian X, Li X. Performance of Spot Photoscreener in Detecting Amblyopia Risk Factors in Chinese Pre-school and School Age Children Attending an Eye Clinic. *PLoS One*. 2016 Feb 16;11(2):e0149561. doi: 10.1371/journal.pone.0149561. PMID: 26882106; PMCID: PMC4755657.

64. Panda L, Barik U, Nayak S, Barik B, Behera G, Kekunnaya R, Das T.
Performance of Photoscreener in Detection of Refractive Error in All Age
Groups and Amblyopia Risk Factors in Children in a Tribal District of Odisha:
The Tribal Odisha Eye Disease Study (TOES) # 3. *Transl Vis Sci Technol.*
2018 Jun 4;7(3):12. doi: 10.1167/tvst.7.3.12. PMID: 29881649; PMCID:
PMC5989763.
65. Comparison of the EyeQue Personal Vision Tracker with the Topcon KR-
800 Autorefractor Summary of white paper, October 7, 2016
nfo@eyeque.com.
66. Preliminary comparison study of the EyeQue Insight™ and the standard
Snellen letter chart in measuring visual acuity (2018) www.eyeque.com.
67. Amirsolaimani, B., Peyman, G., Schwiegerling, J. *et al.* A new low-cost,
compact, auto-phoropter for refractive assessment in developing
countries. *Sci Rep* 7, 13990 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14507-5>
68. Digital 2020 global digital overview. Essential insights into how people
around the world use the internet, mobile devices, social media, and
ecommerce <https://hootsuite.com/>
69. Eksteen S, Launer S, Kuper H, Eikelboom RH, Bastawrous A, Swanepoel W.
Hearing and vision screening for preschool children using mobile technology,
South Africa. *Bull World Health Organ.* 2019 Oct 1;97(10):672-680. doi:
10.2471/BLT.18.227876. Epub 2019 Jun 19. PMID: 31656332; PMCID:
PMC6796667.

70. Bill Harvey., The I-Test Vision Screener learns about a simple yet effective way to increase patient numbers. *Optician*. 2007.
71. Abdul Rahman, S. N. A., Mutalib, A., Baig, A. A., & Naing, N. N. (2020). A Pilot Study on the Validation of Vis-Screen Mobile Application for Vision Test. *Journal of ASIAN Behavioural Studies*, 5(15), 1–16.
<https://doi.org/10.21834/jabs.v5i15.340>
72. Brucker J, Bhatia V, Sahel JA, Girmens JF, Mohand-Saïd S. Odysight: A Mobile Medical Application Designed for Remote Monitoring-A Prospective Study Comparison with Standard Clinical Eye Tests. *Ophthalmol Ther*. 2019 Sep;8(3):461-476. doi: 10.1007/s40123-019-0203-9. Epub 2019 Jul 25. PMID: 31346977; PMCID: PMC6692804.
73. Han X, Scheetz J, Keel S, Liao C, Liu C, Jiang Y, Müller A, Meng W, He M. Development and Validation of a Smartphone-Based Visual Acuity Test (Vision at Home). *Transl Vis Sci Technol*. 2019 Aug 19;8(4):27. doi: 10.1167/tvst.8.4.27. PMID: 31440424; PMCID: PMC6701871.
74. Nik Azis NN, Chew FLM, Rosland SF, Ramlee A, Che-Hamzah J. Parents' performance using the AAPOS Vision Screening App to test visual acuity in Malaysian preschoolers. *J AAPOS*. 2019 Oct;23(5):268.e1-268.e6. doi: 10.1016/j.jaapos.2019.01.019. Epub 2019 Sep 11. PMID: 31520719.
75. Wisse RPL, Muijzer MB, Cassano F, Godefrooij DA, Prevoo YFDM, Soeters N. Validation of an Independent Web-Based Tool for Measuring Visual Acuity and Refractive Error (the Manifest versus Online Refractive Evaluation Trial): Prospective Open-Label Noninferiority Clinical Trial. *J Med Internet Res*.

- 2019 Nov 8;21(11):e14808. doi: 10.2196/14808. PMID: 31702560; PMCID: PMC6874802.
76. Phung L, Gregori NZ, Ortiz A, Shi W, Schiffman JC. Reproducibility and comparison of visual acuity obtained with sightbook mobile application to near card and snellen chart. *Retina*. 2016 May;36(5):1009-20. doi: 10.1097/IAE.0000000000000818. PMID: 26509223.
77. Tofigh S, Shortridge E, Elkeeb A, Godley BF. Effectiveness of a smartphone application for testing near visual acuity. *Eye (Lond)*. 2015 Nov;29(11):1464-8. doi: 10.1038/eye.2015.138. Epub 2015 Jul 24. PMID: 26206531; PMCID: PMC4815669.
78. Gounder, P. A., Cole, E., Colley, S., & Hille, D. M. (2014). Validation of a Portable Electronic Visual Acuity System. *Journal of Mobile Technology in Medicine*, 3(2), 35–39. <https://doi.org/10.7309/jmtm.3.2.6>
79. Pathipati AS, Wood EH, Lam CK, Sáles CS, Moshfeghi DM. Visual acuity measured with a smartphone app is more accurate than Snellen testing by emergency department providers. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016 Jun;254(6):1175-80. doi: 10.1007/s00417-016-3291-4. Epub 2016 Mar 1. PMID: 26931323.
80. Campbell TG, Lehn A, Blum S, Airey C, Brown H. iPad colour vision apps for dyschromatopsia screening. *J Clin Neurosci*. 2016 Jul;29:92-4. doi: 10.1016/j.jocn.2015.10.042. Epub 2016 Feb 17. PMID: 26896905.
81. Habtamu E, Bastawrous A, Bolster NM, Tadesse Z, Callahan EK, Gashaw B, Macleod D, Burton MJ. Development and Validation of a Smartphone-based

- Contrast Sensitivity Test. *Transl Vis Sci Technol*. 2019 Sep 13;8(5):13. doi: 10.1167/tvst.8.5.13. PMID: 31579557; PMCID: PMC6743644.
82. Kingsnorth A, Drew T, Grewal B, Wolffsohn JS. Mobile app Aston contrast sensitivity test. *Clin Exp Optom*. 2016 Jul;99(4):350-5. doi: 10.1111/cxo.12362. Epub 2016 Jun 12. PMID: 27291146.
83. Sorkin N, Rosenblatt A, Cohen E, Ohana O, Stolovitch C, Dotan G. Comparison of Ishihara Booklet with Color Vision Smartphone Applications. *Optom Vis Sci*. 2016 Jul;93(7):667-72. doi: 10.1097/OPX.0000000000000873. PMID: 27092927.
84. Fernández, J., Rodríguez-Vallejo, M., Tauste, A., Albarrán, C., Basterra, I., & Piñero, D. (2019). Fast Measure of Visual Acuity and Contrast Sensitivity Defocus Curves with an iPad Application. *The Open Ophthalmology Journal*, 13(1), 15–22. <https://doi.org/10.2174/1874364101913010015>
85. Johnson CA, Thapa S, George Kong YX, Robin AL. Performance of an iPad Application to Detect Moderate and Advanced Visual Field Loss in Nepal. *Am J Ophthalmol*. 2017 Oct;182:147-154. doi: 10.1016/j.ajo.2017.08.007. Epub 2017 Aug 25. PMID: 28844641.
86. Prea SM, Kong YXG, Mehta A, He M, Crowston JG, Gupta V, Martin KR, Vingrys AJ. Six-month Longitudinal Comparison of a Portable Tablet Perimeter With the Humphrey Field Analyzer. *Am J Ophthalmol*. 2018 Jun;190:9-16. doi: 10.1016/j.ajo.2018.03.009. Epub 2018 Mar 14. PMID: 29550190.
87. Quinn, T. J., Livingstone, I., Weir, A., Shaw, R., Breckenridge, A., McAlpine, C., & Tarbert, C. M. (2018). Accuracy and Feasibility of an Android-Based

- Digital Assessment Tool for Post Stroke Visual Disorders—The StrokeVision App. *Frontiers in Neurology*, 9, 3–8. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00146>
88. Uchino M, Kawashima M, Uchino Y, Suzuki N, Mitamura H, Mizuno M, Hori Y, Yokoi N, Tsubota K. The evaluation of dry eye mobile apps for screening of dry eye disease and educational tear event in Japan. *Ocul Surf*. 2018 Oct;16(4):430-435. doi: 10.1016/j.jtos.2018.06.002. Epub 2018 Jun 5. PMID: 29883737.
89. Walker R, Bryan L, Harvey H, Riazi A, Anderson SJ. The value of Tablets as reading aids for individuals with central visual field loss: an evaluation of eccentric reading with static and scrolling text. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2016 Jul;36(4):459-64. doi: 10.1111/opo.12296. Epub 2016 Apr 7. PMID: 27061397; PMCID: PMC4999034.
90. Ichhpujani, P., & Thakur, S. (2018). Apps and Social Networking Pages for Basic Workup. *Current Practices in Ophthalmology*, 5–39. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0140-7_2
91. Akkara, J. D., & Kuriakose, A. (2018). Innovative smartphone apps for ophthalmologists. *Kerala Journal of Ophthalmology*, 30(2), 138. https://doi.org/10.4103/kjo.kjo_68_18
92. Hogarty DT, Hogarty JP, Hewitt AW. Smartphone use in ophthalmology: What is their place in clinical practice? *Surv Ophthalmol*. 2020 Mar-Apr;65(2):250-262. doi: 10.1016/j.survophthal.2019.09.001. Epub 2019 Sep 18. PMID: 31541618.

93. Shilpa, Gargi Khanna, Techniques and Automation in Eye Care and Vision Testing Using Smartphone, *International Journal of Ophthalmology & Visual Science*. Vol. 2, No. 4, 2017, pp. 88-92. doi: 10.11648/j.ijovs.20170204.12
94. Yeung WK, Dawes P, Pye A, Neil M, Aslam T, Dickinson C, Leroi I. eHealth tools for the self-testing of visual acuity: a scoping review. *NPJ Digit Med*. 2019 Aug 22;2:82. doi: 10.1038/s41746-019-0154-5. Erratum in: *NPJ Digit Med*. 2019 Nov 26;2:117. PMID: 31453377; PMCID: PMC6706420.
95. Charlesworth JM, Davidson MA. Undermining a common language: smartphone applications for eye emergencies. *Med Devices (Auckl)*. 2019 Jan 15;12:21-40. doi: 10.2147/MDER.S186529. PMID: 30697086; PMCID: PMC6339640.
96. Perera C, Chakrabarti R, Islam FM, Crowston J. The Eye Phone Study: reliability and accuracy of assessing Snellen visual acuity using smartphone technology. *Eye (Lond)*. 2015 Jul;29(7):888-94. doi: 10.1038/eye.2015.60. Epub 2015 May 1. PMID: 25931170; PMCID: PMC4506341.
97. Bastawrous A, Rono HK, Livingstone IA, Weiss HA, Jordan S, Kuper H, Burton MJ. Development and Validation of a Smartphone-Based Visual Acuity Test (Peek Acuity) for Clinical Practice and Community-Based Fieldwork. *JAMA Ophthalmol*. 2015 Aug;133(8):930-7. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.1468. Erratum in: *JAMA Ophthalmol*. 2015 Sep;133(9):1096. PMID: 26022921; PMCID: PMC5321502.
98. Rono HK, Bastawrous A, Macleod D, Wanjala E, Di Tanna GL, Weiss HA, Burton MJ. Smartphone-based screening for visual impairment in Kenyan school children: a cluster randomised controlled trial. *Lancet Glob Health*.

- 2018 Aug;6(8):e924-e932. doi: 10.1016/S2214-109X(18)30244-4. Erratum in: Lancet Glob Health. 2018 Oct;6(10):e1072. PMID: 30012273; PMCID: PMC6057135.
99. de Venecia B, Bradfield Y, Trane RM, Bareiro A, Scalamogna M. Validation of Peek Acuity application in pediatric screening programs in Paraguay. *Int J Ophthalmol.* 2018 Aug 18;11(8):1384-1389. doi: 10.18240/ijo.2018.08.21. PMID: 30140645; PMCID: PMC6090125.
100. Peterseim MMW, Rhodes RS, Patel RN, Wilson ME, Edmondson LE, Logan SA, Cheeseman EW, Shortridge E, Trivedi RH. Effectiveness of the GoCheck Kids Vision Screener in Detecting Amblyopia Risk Factors. *Am J Ophthalmol.* 2018 Mar;187:87-91. doi: 10.1016/j.ajo.2017.12.020. Epub 2018 Jan 2. PMID: 29305313.
101. Arnold RW, O'Neil JW, Cooper KL, Silbert DI, Donahue SP. Evaluation of a smartphone photoscreening app to detect refractive amblyopia risk factors in children aged 1-6 years. *Clin Ophthalmol.* 2018 Aug 23;12:1533-1537. doi: 10.2147/OPTH.S171935. PMID: 30197499; PMCID: PMC6112812.
102. Gobierno de la República, «Plan Nacional de Desarrollo,» México, 2013-2018.

CAPÍTULO X

11. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Claudia Patricia Cázares Galván

Candidato para el Grado de

Especialidad en Oftalmología

Campo de Estudio: Ciencias de la Salud

Dispositivo para la detección a distancia de discapacidades visuales asociadas a errores de refracción

Biografía:

Datos Personales: Nacido en San Nicolás de los Garza, Nuevo León el 22 de

Enero de 1993, hijo de Ana Patricia Galván Meave y Raúl Cázares

Hinojosa

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado

obtenido Médico Cirujano y Partero en 2016

Experiencia Profesional:

Servicio social en Unidad medica familiar # 43 del IMSS 2016-2017