



EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN VISUAL Y REALIZACIÓN DE TERAPIAS EN ENTORNOS DE REALIDAD VIRTUAL

Jaume Pujol

jaume.pujol@upc.edu

Davalor Research Center (dRC). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Center for Sensors, Instruments and Systems Development (CD6) . Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



INDICE

- **Introducción: Realidad Virtual y sus aplicaciones**
- **Realidad Virtual en Visión**
- **El sistema EVA (Eye and Visual Analyzer)**
 - **Motivación**
 - **El papel de la UPC**
 - **Características/especificaciones**
 - **Exploración y diagnóstico**
 - **Terapia visual**
- **Oportunidades y retos**





Realidad Virtual

Realidad Virtual

La **realidad virtual** (RV) es un entorno de escenas u objetos de apariencia real (3D), generado por ordenador, que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en él.

Dicho entorno es contemplado por el usuario a través normalmente de un dispositivo conocido como gafas o casco de realidad virtual.

Pueden usarse otros dispositivos, como guantes o trajes especiales, que permiten una mayor interacción con el entorno así como la percepción de diferentes estímulos que intensifican la sensación de realidad.



OPTOINNOVA



Aplicaciones

Realidad Virtual

- Militar
- Educacion
- Salud
- Entretenimiento
- Moda
- Patrimonio cultural
- Negocios
- Ciencia e Ingeniería
- Deportes
- Cine, TV, Libros, Música
- Telecomunicaciones
- Construcción
-



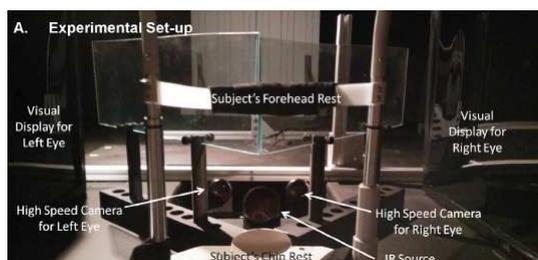
Sistema D VINCI



OPTOINNOVA

Insuficiencia de convergencia

- Estudio piloto en que se trataron con terapia visual a 4 pacientes adultos (20 a 26 años, con 23 ± 1.7 años de media) que presentaban insuficiencia de convergencia.
- Se utilizó un sistema haploscópico formado por dos pantallas de ordenador para generar estímulos vergenciales simétricos en el plano medio del sujeto.
- Después de la terapia visual se obtuvo una disminución significativa en la ruptura del punto próximo de convergencia y su recuperación. Incrementaron las reservas fusionales positivas.



Alvarez, T. *et al.* Vision therapy in adults with convergence insufficiency: clinical and functional magnetic resonance imaging measures. *Optom Vis Sci*, 87 (2010), pp. E985-E1002.

Terapia dicóptica (Ambliopía)

- Durante dos semanas 8 pacientes ambliopes de 4-10 años vieron 6 videos dicópticos con lentes polarizadas.
- El entrenamiento consistió en presentar una imagen de contraste alto en el ojo ambliope y de contraste bajo en el otro ojo. Además se le añadió una máscara en la imagen haciendo que cada ojo sólo viera una de las partes del estímulo.
- Después del tratamiento, su AV mejoró dos líneas pasaron de 0.72 ± 0.08 logMAR a 0.52 ± 0.09 logMAR.



Li, S. *et al.* Dichoptic movie viewing treats childhood amblyopia. *J. Am. Assoc. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus* 19 (5), 401-405 (2015).

Terapia dicóptica (Ambliopía)

- 75 pacientes entre 4-8 años con ambliopía estrábica, anisométrica o mixta fueron tratados con terapia dicóptica mientras jugaban a videojuegos o miraban un DVD en un sistema de realidad virtual, a través de unas gafas de cristal líquido.
- Después de 6 meses de tratamiento ortóptico, se obtuvo una mejora modesta de la visión (-0.06 ± 0.02 logMAR).

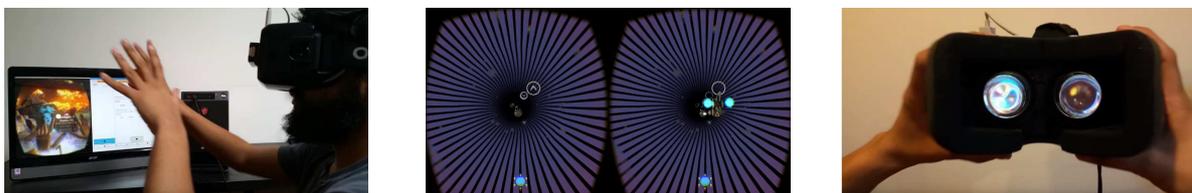
Interactive Binocular Treatment (I-BiT) (<https://www.lazy-i-bit.co.uk>)



Herbison, N. *et al.* Randomised controlled trial of video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia using the I-BiT system. *B J Ophthalmol*, 1-6 (2016).

Vivid vision (<https://www.seevividly.com/>)

- Entrenamientos de ambliopía, estrabismo y de disfunciones vergenciales para todas las edades niños y adultos.
- Se puede utilizar en casa y en consulta.



Smarthings4vision (<https://www.smarthings4vision.es/productos/vergence-trainer/>)

- Su App (Vergence trainer) para Android permite entrenar las vergencias fusionales de pacientes con disfunciones binoculares mediante unas gafas anáglifo de manera que los estímulos presentes en la tablet no son vistos si los dos ojos no trabajan de forma coordinada.



BrainVT (<http://www.brainvt.com/>)

- Terapia visual en realidad virtual que está diseñada para entrenar diferentes habilidades visuales como la fusión y la percepción visual. Se puede utilizar en consulta y como ejercicios para hacer en casa.

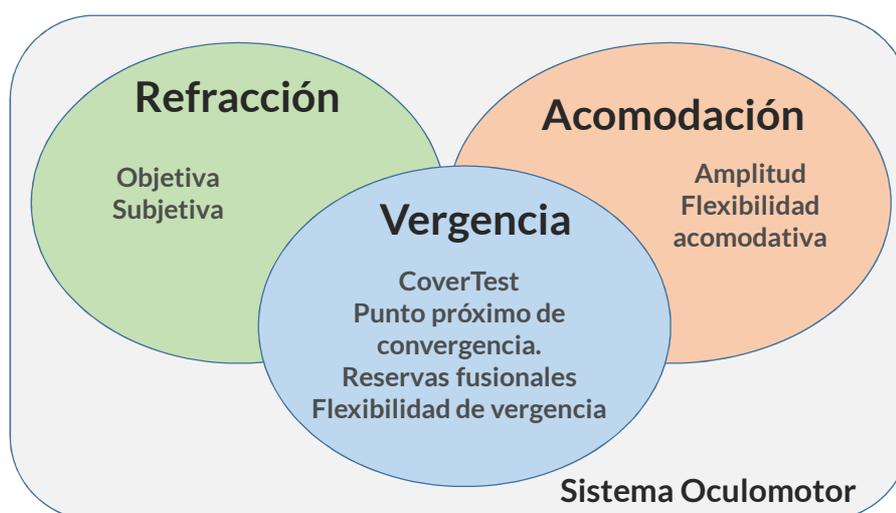


Computer orthoptics (HTS) (<http://www.visiontherapysolutions.net/co.php#7>)

- Terapia visual realizada con gafas de cristal líquido. Se utiliza para tratar disfunciones binoculares, se emplean más de 100 estímulos de diferente tamaño, detalle y disparidad. Las gafas de cristal líquido alternan de transparente a opaco a una frecuencia de 60 Hz aproximadamente y se sincronizan con el estímulo presentado en el monitor o pantalla.



Evaluación optométrica básica de la función visual



Evaluación optométrica básica de la función visual

Actualmente:

Subjetivo:

**Requiere tiempo
Depende de las habilidades
del clínico**



Refracción subjetiva



Reservas fusionales



Flexibilidad de acomodación

Terapia Visual

Actualmente:

- Basada en ejercicios sin registro ni medición objetiva.
- Duración de una sesión (~60 min)
Profesional dedicado.
- Duración del programa (~12 sesiones).
- Estímulos monótonos
- Necesidad de instrumentación



Fuera del alcance de personas con disfunción visual !!!!!

dRC R+D PARTNER OF UPC CD6 UPC

Sistema EVA

DAVALOR SALUD

Empresa start-up fundada por Juan Jose Marcos

Davalor Salud, S.L. focaliza su actividad en el diseño, desarrollo y explotación de nuevas tecnologías para el **diagnostico y terapia de los problemas de salud funcional humana.**



PROYECTO VISION 2010

Objetivo:
Desarrollar un Sistema basado en HMD para evaluar de forma objetiva, automática y autónoma la función visual y realizar terapias visuales si el paciente las necesita.

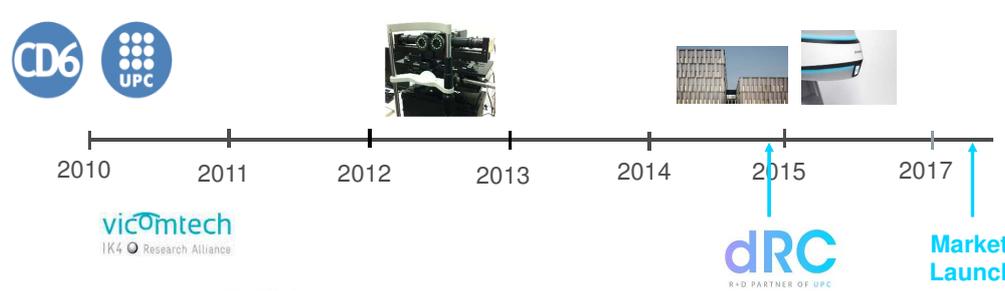
El Sistema presentará un video juego 3-D real (igualando los planos de convergencia y acomodación)



dRC R+D PARTNER OF UPC CD6 UPC

Sistema EVA

Optica Optometría



2010 2011 2012 2013 2014 2015 2017

vicOmtech
IK4 Research Alliance

IK4 TEKNIKER d2d
Research Alliance

dRC
R+D PARTNER OF UPC

Market Launch





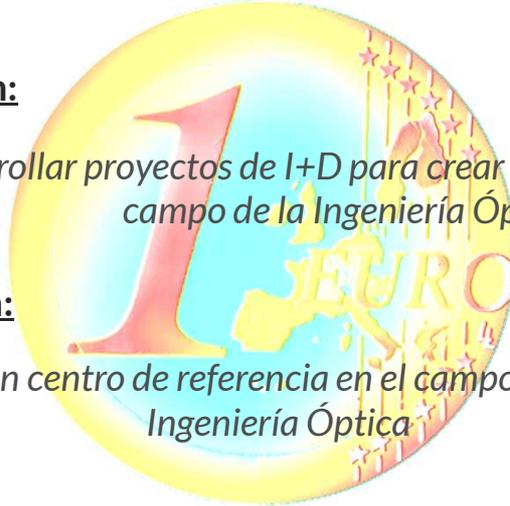
Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6)

Misión:

Desarrollar proyectos de I+D para crear innovación en el campo de la Ingeniería Óptica

Visión:

Ser un centro de referencia en el campo de la Ingeniería Óptica



Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6)

- Staff: 50 personas
 - 11 investigadores
 - 26 Ingenieros I+D
 - 9 Estudiantes de doctorado
 - 4 Gestión
- Multidisciplinario:
 - Óptica
 - Mecánica
 - Electrónica
 - Software
- Instalaciones:
 - 1800 m2
 - Laboratorios de investigación
 - Talleres mecánico y electrónico.



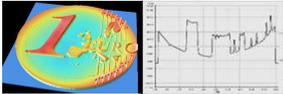
Desarrollo de prototipos e instrumentos llaves en mano



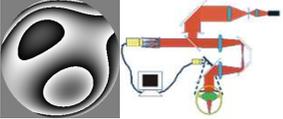
dRC **CD6** **UPC**

Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6)

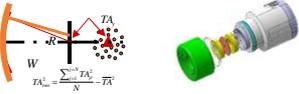
Áreas de Investigación



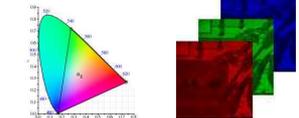
Optical Metrology



Visual Optics



Optical Design



Color and Spectral Technology

OPTOINNOVA

dRC **CD6** **UPC**

Davalor Research Center (dRC)

Partner asociado en R+D de la UPC

El dRC tiene la sede en el edificio GAIA que pertenece a la UPC:

- R+D: Labs and instrumentation
- Research Clinics on Functional Health.
- Clinical Council site
- CDS (Clinical Diagnosis Service)





OPTOINNOVA

dRC **CD6** **UPC**

Davalor Research Center (dRC)



MISIÓN
Desarrollar pro
cognitivos, y co
condiciones de

VISIÓN
Ser un centro d
y los procesos c

Equipo humano
10 personas: 5

Objetivo (2022)
90 personas: 80 Investigadores, Post-doc y Doctorandos, 10 staff.

Francisco J. Burgos, Tommaso Alterini, Fernando Diaz-Doutón, Josselin Gautier, Jaume Pujol, Carles Otero, Carlos E. García, Meritxell Vilaseca, Ana Rodríguez, Clara Mestre, Marta Salvador

cial y los procesos
ebral en
d humana.

ón multisensorial
erebral.

OPTOINNOVA

dRC **CD6** **UPC**

Davalor Research Center (dRC)

AREAS DE INVESTIGACIÓN:

- **Procesos cognitivos y funcionalidad cerebral.**
Mecanismos cerebrales en procesos cognitivos. Disfunciones en procesos cognitivos. Entrenamiento de funciones visuales y sensoriales conectadas con procesos cognitivos.
- **Percepción multisensorial y terapia funcional.**
Disfunciones y enfermedades de la visión y otros sentidos. **Entrenamiento y terapia.** Integración de la información multisensorial. Entrenamiento multisensorial. Procesos neuronales funcionales y adaptación.
- **Optica Visual e Instrumentación.**
Procesos relacionados con la refracción ocular, desarrollo de la miopía y acomodación. Desarrollo de instrumentación para exámenes visuales y oftalmológicos. Sistemas volumétricos y nuevas técnicas (holografía, campos de luz....).
- **Modelos computacionales y Machine learning.**
Modelado de la funcionalidad cerebral en conexión con el córtex visual. **Medida objetiva de las respuestas cerebrales.** Big data. Aplicaciones basadas en aproximaciones actuales de la Inteligencia artificial.

OPTOINNOVA

dRC **CD6** **UPC**

Consejo Clínico

Consejo asesor para establecer las líneas estratégicas en investigación en el dRC y participar en el desarrollo de las mismas.



Jose Luis Güell.
Oftalmólogo.
Instituto de Microcirugía Ocular. Barcelona
<https://es.linkedin.com/in/josé-luis-güell-33a00160>



Pablo Artal
Físico (Visual Optics).
Universidad de Murcia
<https://es.linkedin.com/in/pabloartal>



Sue Cotter
Optometrista
Southern California College of Optometry, Marshall B
Ketchum University
<https://www.linkedin.com/in/sue-cotter-bbaa23a/es>



Harold E. Bedell
Psicólogo
College of Optometry. University of Houston

OPTOINNOVA

dRC **CD6** **UPC**

EVA (Eye and Vision Analyzer)

Sistema EVA

Sistema objetivo, autónomo y automático para el diagnóstico y terapia de la función visual.

- ✓ El paciente interactúa con un video juego.
- ✓ Igualación de planos de vergencia y acomodación (3D "real")
- ✓ Medida objetiva de los parámetros relevantes optométricamente.
- ✓ Diagnóstico de la función visual (arbol decisional)

✓ y si es conveniente TERAPIA VISUAL

TODOS LOS DATOS SON ARCHIVADOS Y SON ACCESIBLES.




OPTOINNOVA

dRC **CD6** UPC

EVA (Eye and Vision Analyzer) Sistema EVA



39.5 cm
16.3 cm 19 cm

✓ **Módulos Ópticos:**

Diagnostico y terapia.
(autorefractometro, foróptero, campímetro
visión central, aberrómetro, video eye-
tracker)

EVA puede contener 12 módulos ópticos distintos
(6+6) intercambiables automáticamente

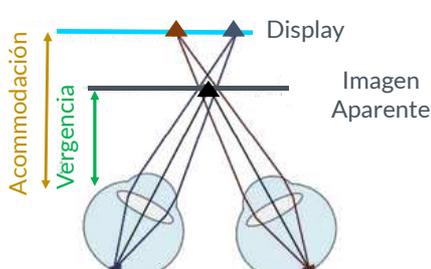
Retinografo hiperespectral.
OCT

OPTOINNOVA

dRC **CD6** UPC

Sistema 3D de realidad virtual
(igualación planos de acomodación y convergencia) Sistema EVA

Vergencia ≠ Acomodación



Display
Imagen Aparente

Acomodación
Vergencia

OPTOINNOVA

dRC CD6 UPC Sistema EVA

Sistema 3D de realidad virtual (igualación planos de acomodación y convergencia)

Vergencia \neq Acomodación

Vergencia = Acomodación

EVA

OPTOINNOVA

dRC CD6 UPC Sistema EVA

Módulo Óptico (Diagnostico y Terapia)

39.5 cm
16.3 cm 19 cm

Sistema de Visión

Eye-tracker

Auto refractometro

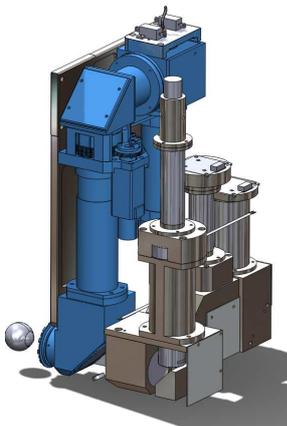
OPTOINNOVA

dRC R+D PARTNER OF UPC CD6 UPC

Sistema de Visión

Sistema EVA

Field of View	26° H 22° V	Spherical refraction correction	<ul style="list-style-type: none"> • Correction method: Electro-optical lens (closed loop control) • Correction range: -18 to +13 D • Correction accuracy: ± 0.125 D
Minimum IPD	40 mm	Cylindrical refraction correction	<ul style="list-style-type: none"> • Correction method: Rotation of two cylindrical lenses • Correction range: 0 to 5 D • Correction accuracy: ± 0.125 D • Axis accuracy: $\pm 1^\circ$
Visual Acuity	log MAR -0.1	Addition (for presbyopia)	<ul style="list-style-type: none"> • Addition method: Electro-optical lens (closed loop control). • Addition range: 0 to 3 D • Addition accuracy: ± 0.125 D
Micro display	<ul style="list-style-type: none"> • Display technology: LCOS • Resolution: 2048 x 1536 	Accommodation stimulation	<ul style="list-style-type: none"> • Accommodation stimulation method: Electro-optical lens (closed loop control). • Accommodation stimulation range: 0 to 10 D



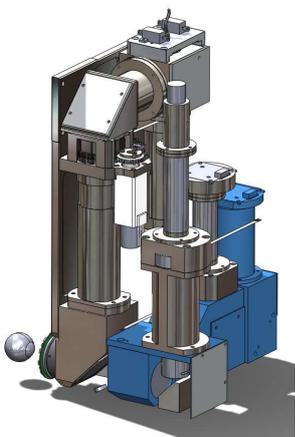
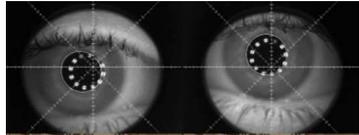

OPTINNOVA

dRC R+D PARTNER OF UPC CD6 UPC

Eye-tracker

Sistema EVA

Eye tracker type	Video eye-tracker
Measurement technique	pupil and corneal reflection
Cameras	CMOS sensor (with improved NIR sensitivity)
Illumination system	12 LED ring • NIR (950 nm)
Field of view	16 mm (at the pupil plane)
Spatial accuracy	0.6°
Spatial resolution	0.005°
Temporal resolution	30 Hz (500-1000Hz)
Tracking range	>30° H, >20° V
Dynamic head movement compensation	Partial (Complete)
Head stabilization	Forehead rest (+lateral bars)


Mestre C., Gautier J., Pujol J. "A new eye-tracker based on multiple corneal reflections for clinical applications. IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE (Submitted)

OPTINNOVA

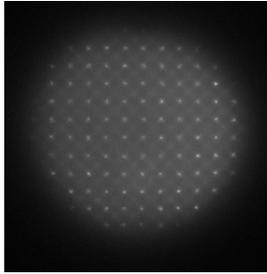


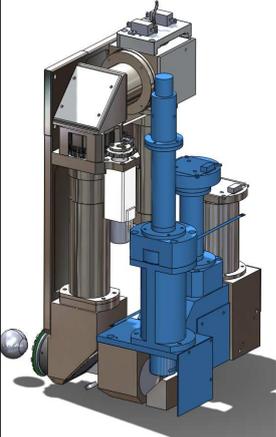


Sistema EVA

**Auto
refractometro**

Measurement technique	• Hartmann-Shack sensor
Illumination	• Diode laser • NIR (830 nm)
Microlenses array	• Pitch: 250 μ m • Focal length: 5.1 mm
Cameras	CMOS sensor (with improved NIR sensitivity)
Spherical refraction measurement	• Range: -28 to +13 D • Accuracy: ± 0.125 D
Cylindrical refraction measurement	• Range: 0 to 5 D • Accuracy: ± 0.125 D • Axis accuracy: $\pm 2^\circ$
Patient's pupil diameter range	2 to 8 mm











Sistema EVA

Refracción Subjetiva

Nuevo método para la obtención de la refracción subjetiva binocular

Starting point of refraction
⇒ Monocular Visual Acuity function
⇒ Binocular Bisection function
⇒ Check Anisometry function
⇒ Monocular Visual Acuity function
⇒ Binocular Balance function
⇒ Output refraction

- Unificación de las tres variables típicas de la refracción (esfera, cilindro, eje) en un solo escalár.
- Método de la bisección para la obtención de raíces, aplicando métodos psicofísicos.

Convergencia rápida (<5min)
Independiente de las habilidades del profesional clínico.

Otero, Aldaba, Pujol (In preparation).
Otero, Pujol. P201631103



16



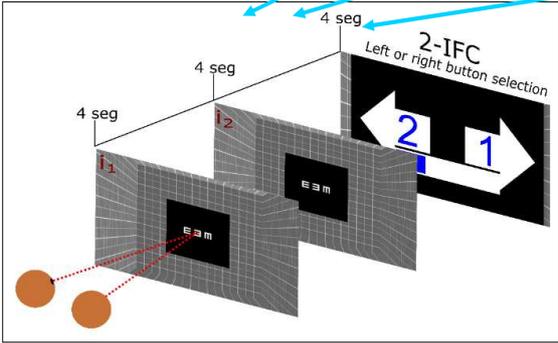


Refracción Subjetiva

Sistema EVA

Nuevo método para la obtención de la refracción subjetiva binocular

Starting point of refraction ⇒ *MonocularVisualAcuity* function ⇒ *BinocularBisection* function ⇒ *CheckAnisometry* function ⇒ *MonocularVisualAcuity* function ⇒ *BinocularBalance* function ⇒ Output refraction

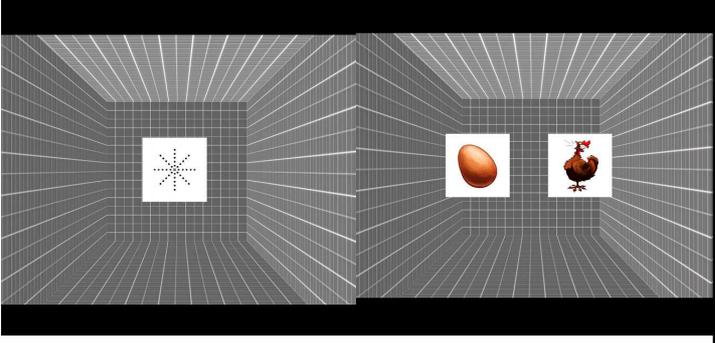


4 seg

4 seg

4 seg

2-IFC
Left or right button selection







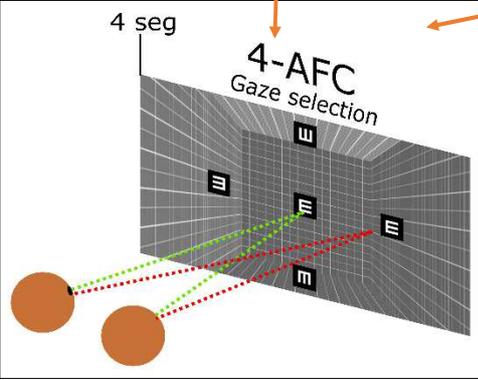


Refracción Subjetiva

Sistema EVA

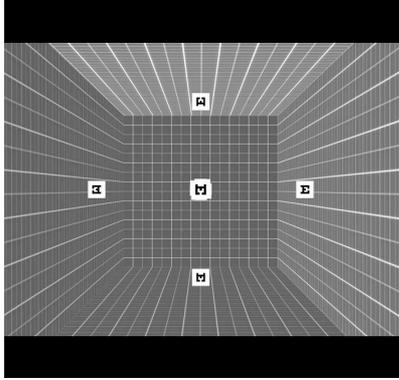
Nuevo método para la obtención de la refracción subjetiva binocular

Starting point of refraction ⇒ *MonocularVisualAcuity* function ⇒ *BinocularBisection* function ⇒ *CheckAnisometry* function ⇒ *MonocularVisualAcuity* function ⇒ *BinocularBalance* function ⇒ Output refraction



4 seg

4-AFC
Gaze selection





El **cover test** determina si los ejes visuales están correctamente alineados o existe una desviación relativa entre ellos.

Permite...

- ... discernir si la desviación es **latente** o manifiesta,
- ... discernir la dirección de desviación,
- ... medir la desviación,
- ... conocer el tipo de fijación.



(Scheiman, 2008)

La **foria** se define como la desviación relativa de los ejes visuales cuando la fusión sensorial se interrumpe, por ejemplo ocluyendo un ojo.

El cover test da información muy valiosa para el diagnóstico de las disfunciones visuales.

Utilizando un eye-tracker y realizando el cover test objetivamente y automáticamente se pueden superar alguna de sus limitaciones en clínica convencional.

Cover test (Clínica Convencional)

Variabilidad interexaminador (experiencia, punto final del movimiento, tiempo de oclusión, etc.).

La exactitud del test está limitada por la calidad óptica de los prismas.

2 Dioptrías prismáticas (PD) se considera la desviación más pequeña que un examinador puede detectar.

El ojo ocluido no puede observarse.

Objective and automated cover test

Los resultados no dependen de la habilidad ni del criterio del examinador.

La fiabilidad de los resultados está limitada por la exactitud del eye-tracker.

La desviación más pequeña medible depende del ruido de la señal.

Los movimientos de ambos ojos pueden medirse simultáneamente.



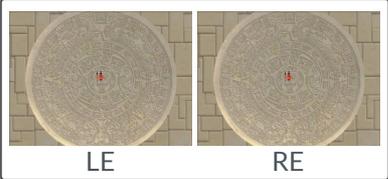


Cover Test

Sistema EVA

Se registran los movimientos oculares durante la realización del cover test con el estímulo situado a 40 cm.

Binocular	RE	Binocular	LE	Binocular	RE	Binocular	LE
4 s	8 s	12 s	16 s	20 s	24 s	28 s	32 s



LE RE

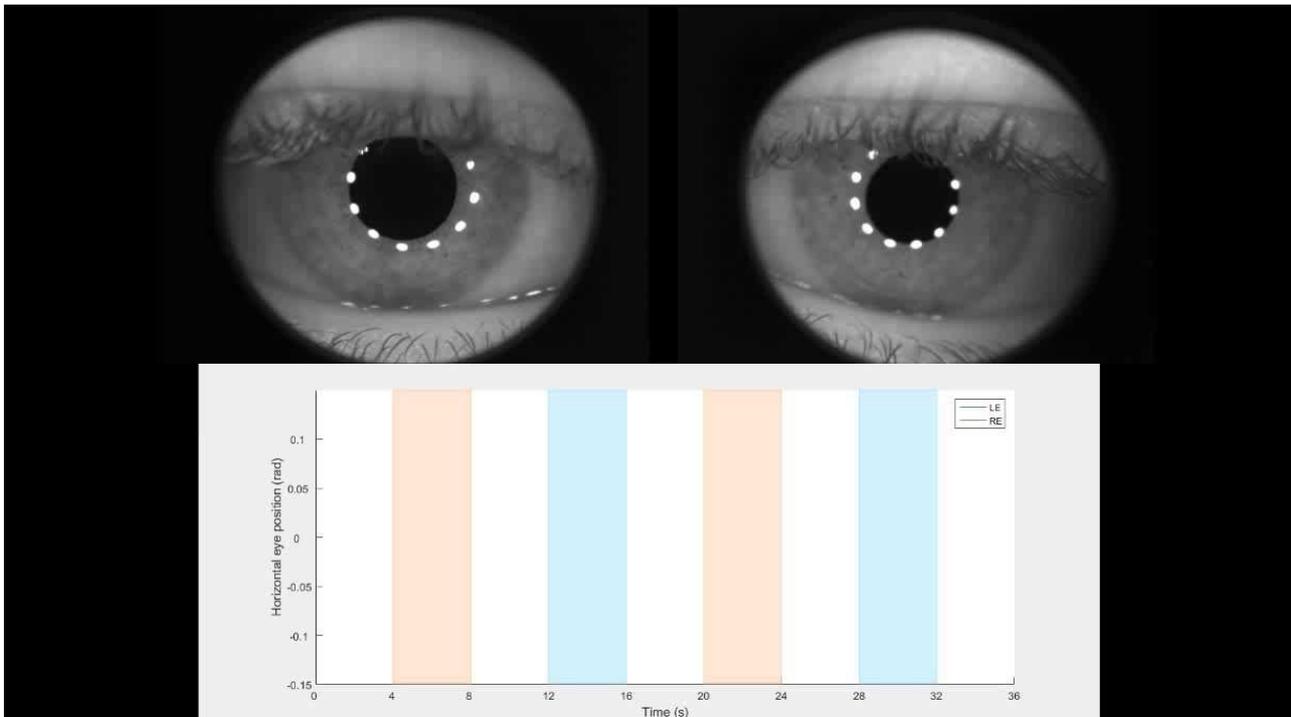


LE RE



LE RE





Dos métodos computacionales distintos:

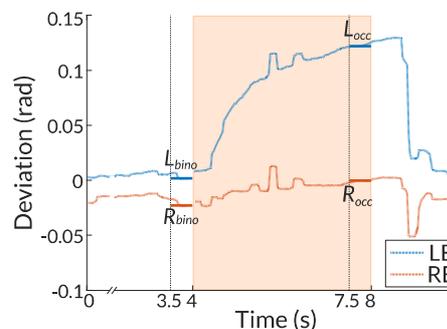
1. Absoluta: Desplazamiento del ojo ocluido con respecto a su posición en el estado binocular previo.

$$phoria_{abs} = |L_{occ} - L_{bino}|$$

2. Relativa: Diferencia entre el desplazamiento de ambos ojos con respecto a sus posiciones binoculares respectivas.

$$phoria_{rel} = |L_{occ} - L_{bino}| - |R_{occ} - R_{bino}|$$

L_{occ} , ojo izquierdo ocluido; L_{bino} ojo izquierdo binocular;
 R_{occ} , ojo derecho ocluido; R_{bino} ojo derecho binocular

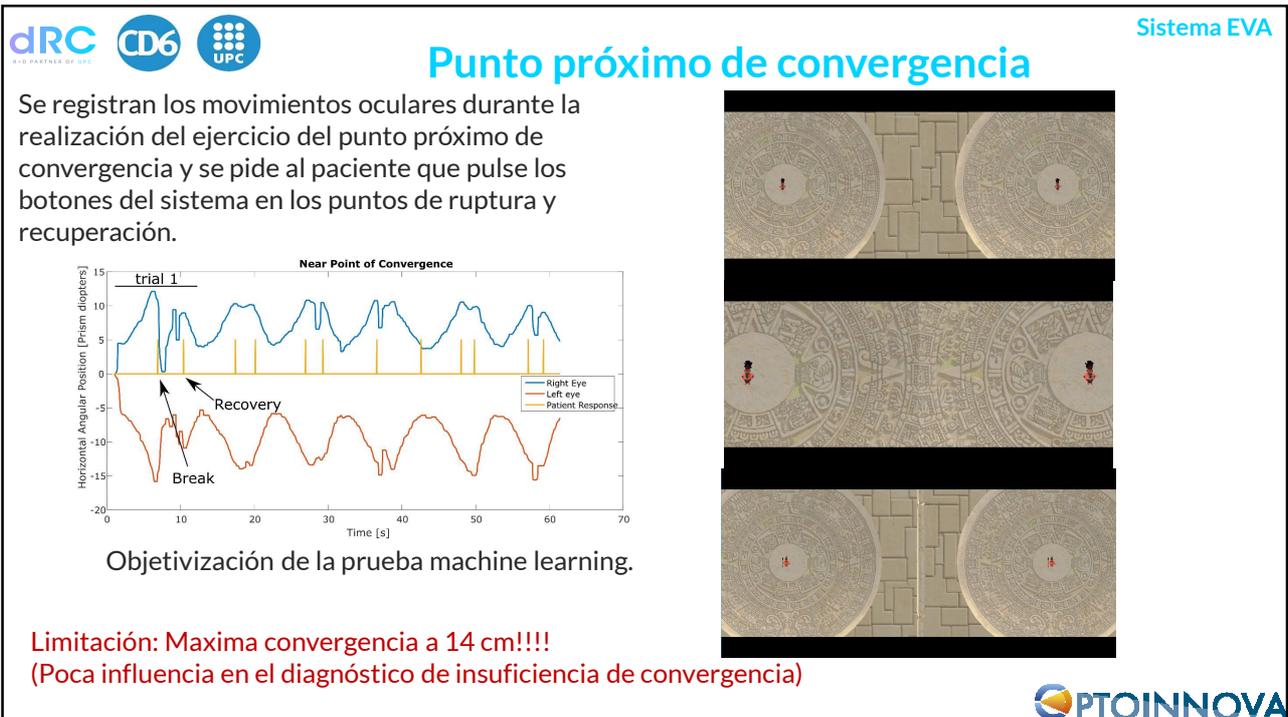
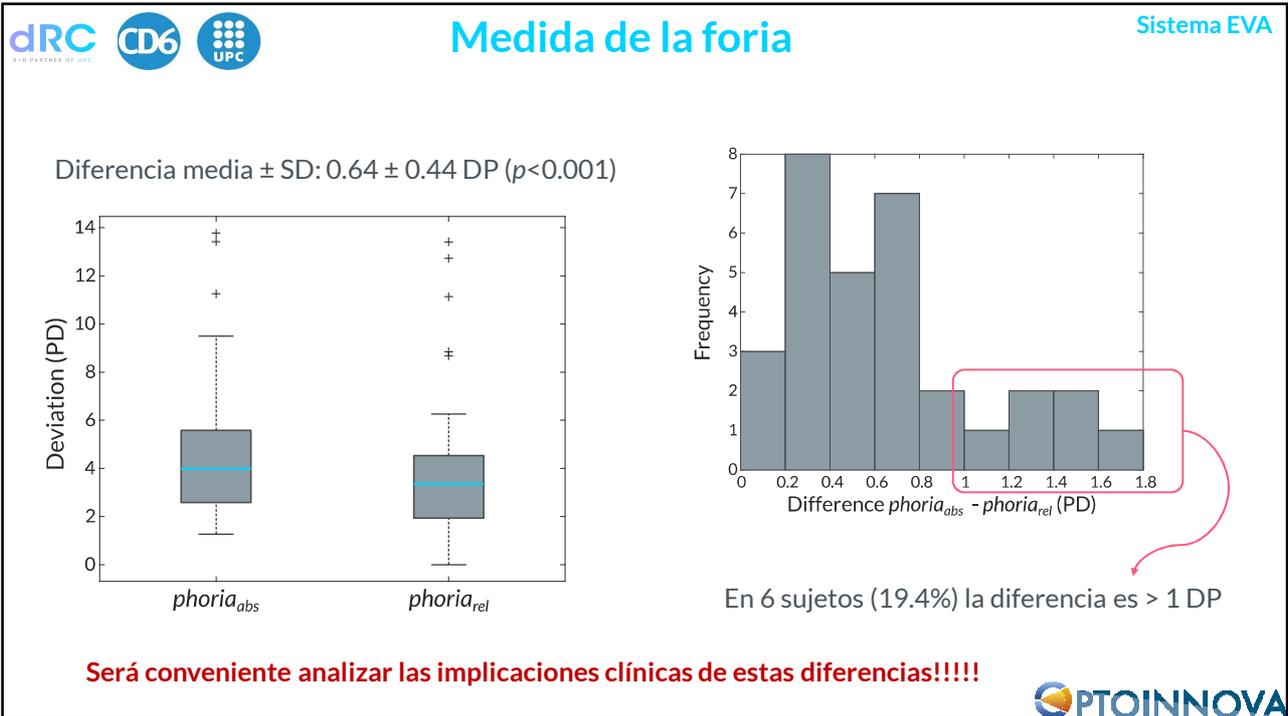


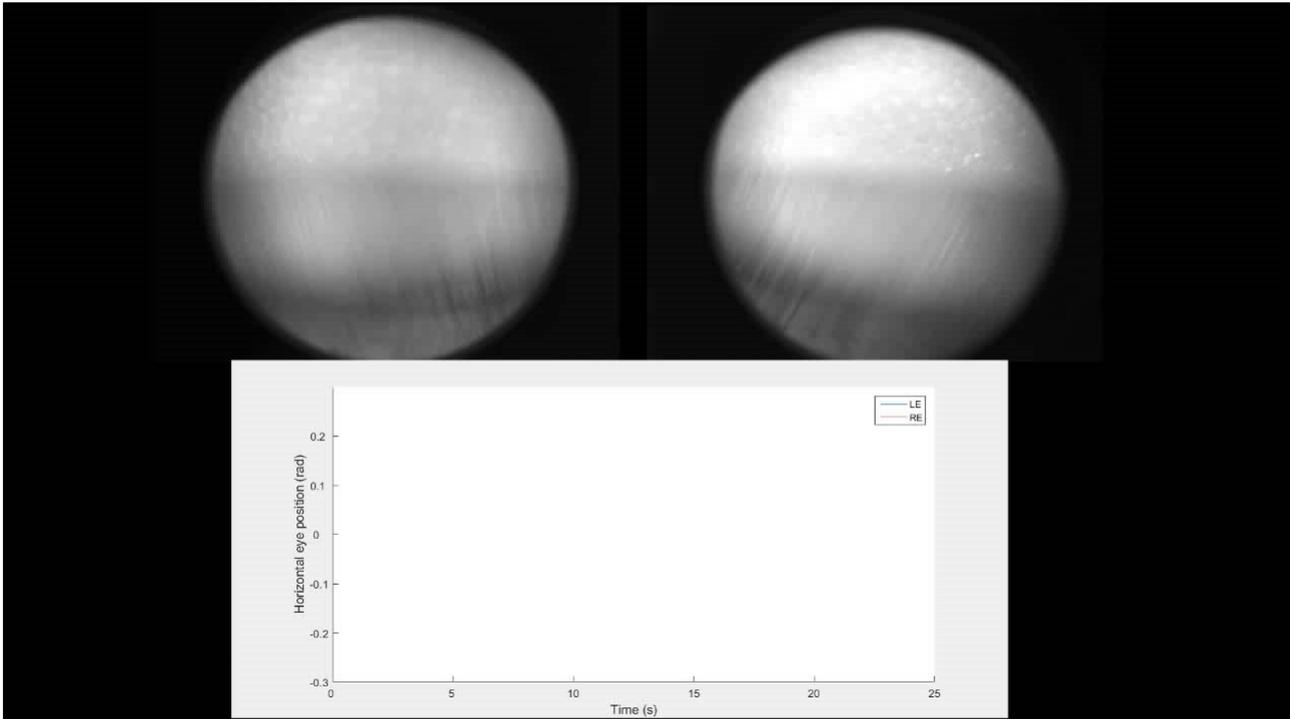
Mestre C., Otero C., Gautier J., Pujol J. "Does cover test overestimate systematically the phoria values?" ARVO annual meeting (Baltimore, May 2017)

Mestre C., Otero C., Gautier J., Salvador-Bernardí M., Pujol J. "Cover test might overestimate the phoria values" EOAA annual meeting (Barcelona, May 2017)

31 participantes:

- Media edad \pm SD de 22.6 ± 5.5 years
- Agudeza Visual Corregida igual o mejor que 0 logMAR
- Foria horizontal mayor que 1DP de acuerdo al test modificado de Thorington.
 - 14 sujetos exofóricos
 - 17 sujetos esofóricos
- Sin patología ocular
- Precisión media del eye-tracker \pm SD de $0.36^\circ \pm 0.16^\circ$ (0.62DP)



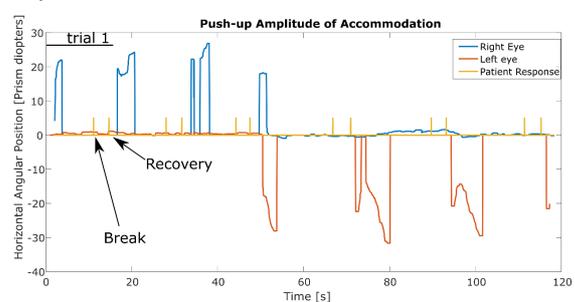




Sistema EVA

Amplitud de acomodación

Se registran los movimientos oculares durante la realización del ejercicio del punto próximo de acomodación y se pide al paciente que pulse los botones del sistema en los puntos de borrosidad y recuperación.



Push-up Amplitude of Accommodation

Horizontal Angular Position [Prism diopters]

Time [s]

trial 1

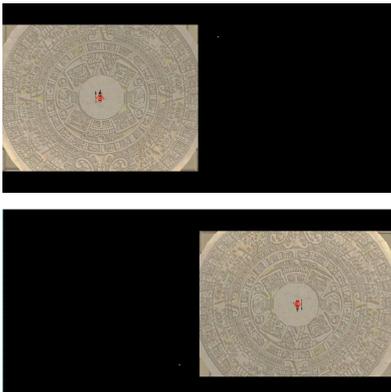
Right Eye (blue line)

Left eye (orange line)

Patient Response (yellow line)

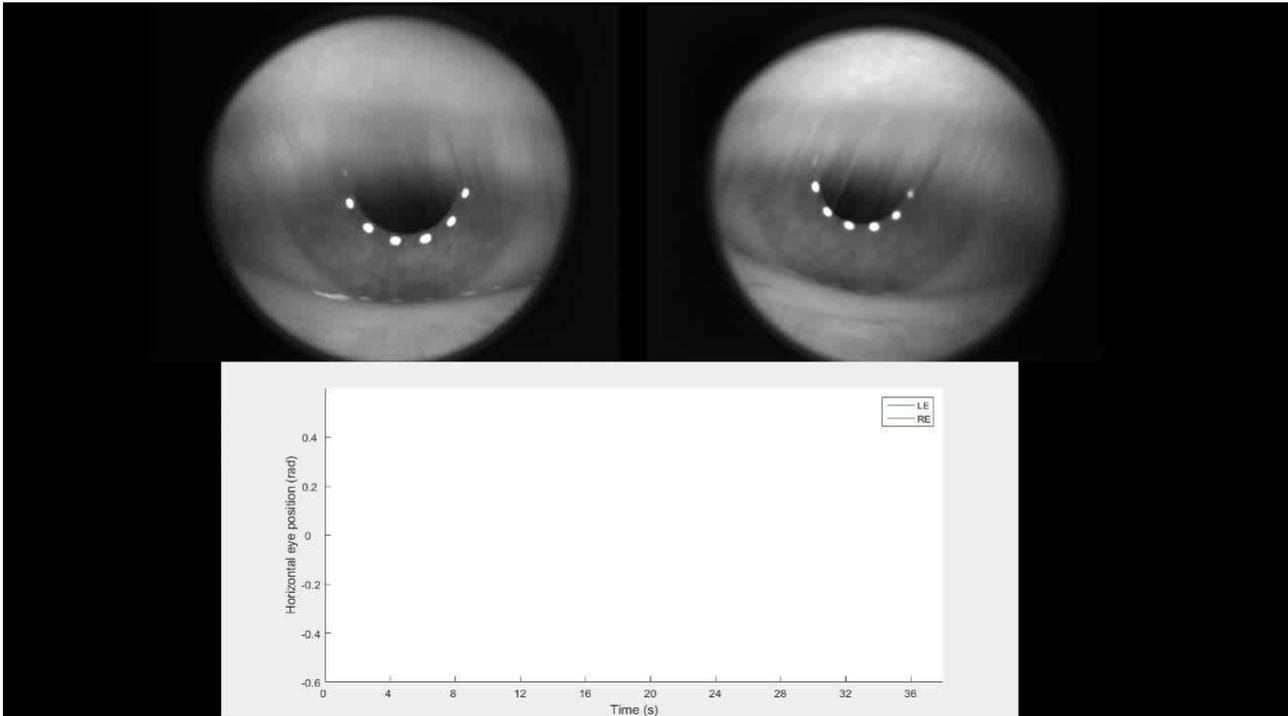
Break (pointing to ~15s)

Recovery (pointing to ~25s)



Objetivización de la prueba a partir de la medida objetiva de la acomodación (autorefractometro).





Acomodación en realidad virtual

Sistema EVA

Estado del arte

Muchos estudios concluyen

$$RA_{\text{CAMPO ABIERTO}} \neq RA_{\text{MEDIOS OPTICOS}}$$

(Optometro Badal o lentes negativas)

Interes

Medios opticos
(Optómetro de Badal)

→ presentes en →

Instrumentos Oftálmicos
Sistemas de RV
Sistemas experimentales

Pregunta de investigación

Estimulación de la acomodación en un optometro de Badal = Estímulos reales en campo abierto

Estimulación de la acomodación en un optómetro de Badal = Estímulos reales en campo abierto ?

Controlamos factores como:

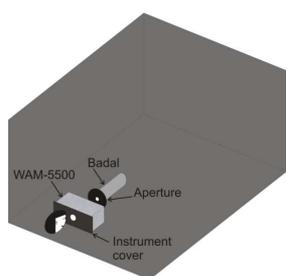
- Campo (de 2.5 a 33°)
- Proximidad del instrumento
- Constancia de tamaño angular
- Interposición de objetos periféricos a diferente profundidad



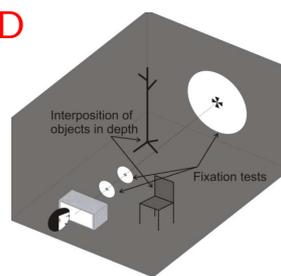
Caso peor:
Dif. Media en RA a 5D = 0.6 D

*Aldaba M, Otero C, Pujol J, Atchison DA. Does the Badal optometer stimulate accommodation accurately? Ophthalmic Physiol Opt 2017

Dif. Media a 5 D = 0.6 D



Optómetro
Badal
FOV=2.5°
Sin pistas de
profundidad
(Espacio 2D)



Estímulo real
FOV=33°
Pistas de
profundidad
(Espacio 3D)

La respuesta acomodativa utilizando optómetros de Badal **no es equivalente** a la respuesta en campo abierto.

El Sistema de Badal únicamente no puede explicar las diferencias.

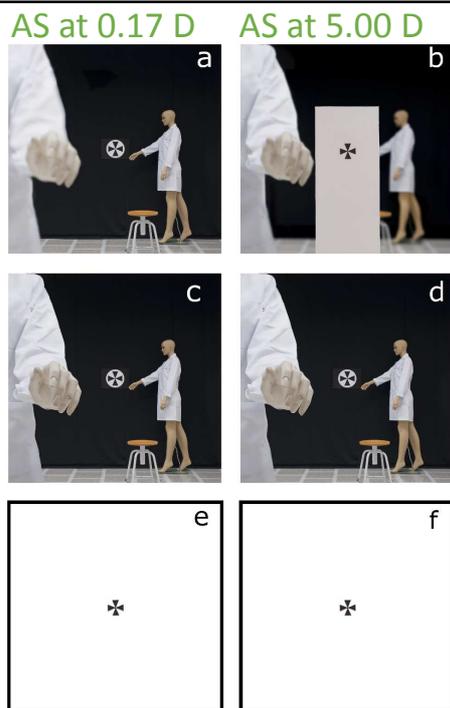
*Aldaba M, Otero C, Pujol J, Atchison DA. Does the Badal optometer stimulate accommodation accurately? Ophthalmic Physiol Opt 2017



Como podemos mejorar la RA en un optómetro de Badal?

Medimos la refracción a 0.17 D y 5.00 D en 4 configuraciones

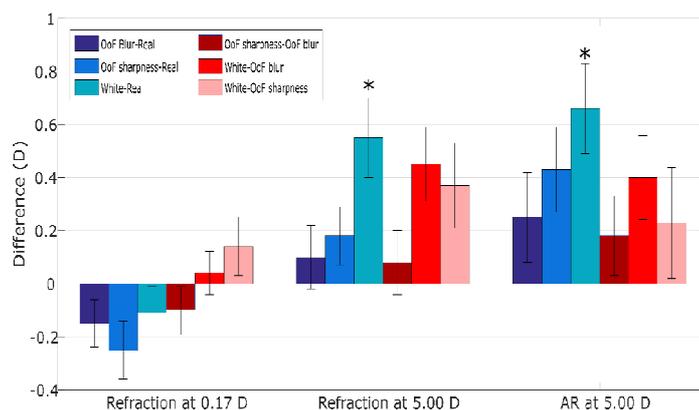
SM	Scene (label)	OoFB
Real	Real (Real)	Yes
Badal	Picture of the real scene (OoF Blur)	Yes
Badal	Picture of the real scene rendered with DOF to infinity (OoF Sharpness)	No
Badal	White uniform background (White)	No



Otero C, Aldaba M, Martínez-Navarro B, Pujol J. Effect of apparent depth cues on accommodation in a Badal optometer. Clin Exp Opt. doi: 10.1111/cxo.12534.



Sistema EVA



Un estímulo realista 2-D con pistas de profundidad + borrosidad fuera de foco puede incrementar la respuesta acomodativa significativamente.

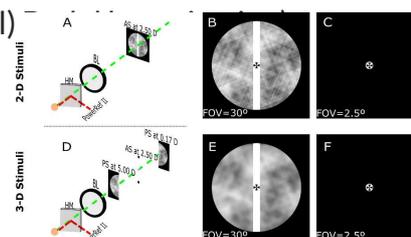
Otero C, Aldaba M, Martínez-Navarro B, Pujol J. Effect of apparent depth cues on accommodation in a Badal optometer. Clin Exp Opt. doi: 10.1111/cxo.12534.



Cuales son los factores mas importantes y sus interacciones comparando estimulación a campo abierto y con sistemas de Badal para la acomodación?

Medimos la RA en 9 EMM, 8 LOM y 9 EOM bajo 60 condiciones de estimulación diferentes resultantes de permutar los siguientes factores:

- (1) Método de estimulación (campo abierto o Sistema Badal)
- (2) Profundidad del estímulo (plano o volumétrico)
- (3) Campo de visión (2.5°, 4°, 8°, 10°, 30°)
- (4) Estímulo de acomodación (AS: 0.17 D, 2.50 D, 5.00 D)



Otero C, Aldaba M, Vera-Díaz FA, Pujol J. Effect of experimental conditions in the accommodation response in myopia. *Optom. Vis. Sci* [2nd revision]

Resultados para RA a 5.00 D. **Términos significativos:**

Efecto principal del Grupo refractivo	($p < 0.01$)
Efecto principal del Método de estimulación	($p = 0.03$)
Interacción <i>Método de estimulación</i> * <i>Profundidad</i> * <i>Error refractivo</i>	($p = 0.03$)

Controlando todas las interacciones:

LOM mostraban retardos significativamente mayores que EMM y EOM.

La RA no cambia significativamente para campos de vision de 4°, 8°, 10° and 30°.

La RA no difiere significativamente para los diferentes métodos de estimulación o para la profundidad del estímulo.

Las diferencias de RA reportadas en la bibliografía cuando se utilizan métodos ópticos frente a estimulación en campo libre pueden ser explicadas por el efecto de factores como el campo de visión, la profundidad del estímulo y el tipo de error refractivo.

Otero C, Aldaba M, Vera-Díaz FA, Pujol J. Effect of experimental conditions in the accommodation response in myopia. *Optom. Vis. Sci* [2nd revision]

dRC R&D PARTNER OF UPC CD6 UPC

Validation del sistema

Sistema EVA

Comparación de las medidas con EVA y utilizando tecnicas clínicas convencionales

- Refracción
 - Refracción objetiva
 - Refracción subjetiva
- Acomodación
 - Amplitud
 - Flexinilidad de acomodación
- Vergencia
 - Cover test
 - Punto próximo de convergencia
 - Reservas fusionales
 - Flexibilidad de vergencia

Número de pacientes: 98 (Edad \pm SD =39.28 \pm 14.81; Sin patología ocular)

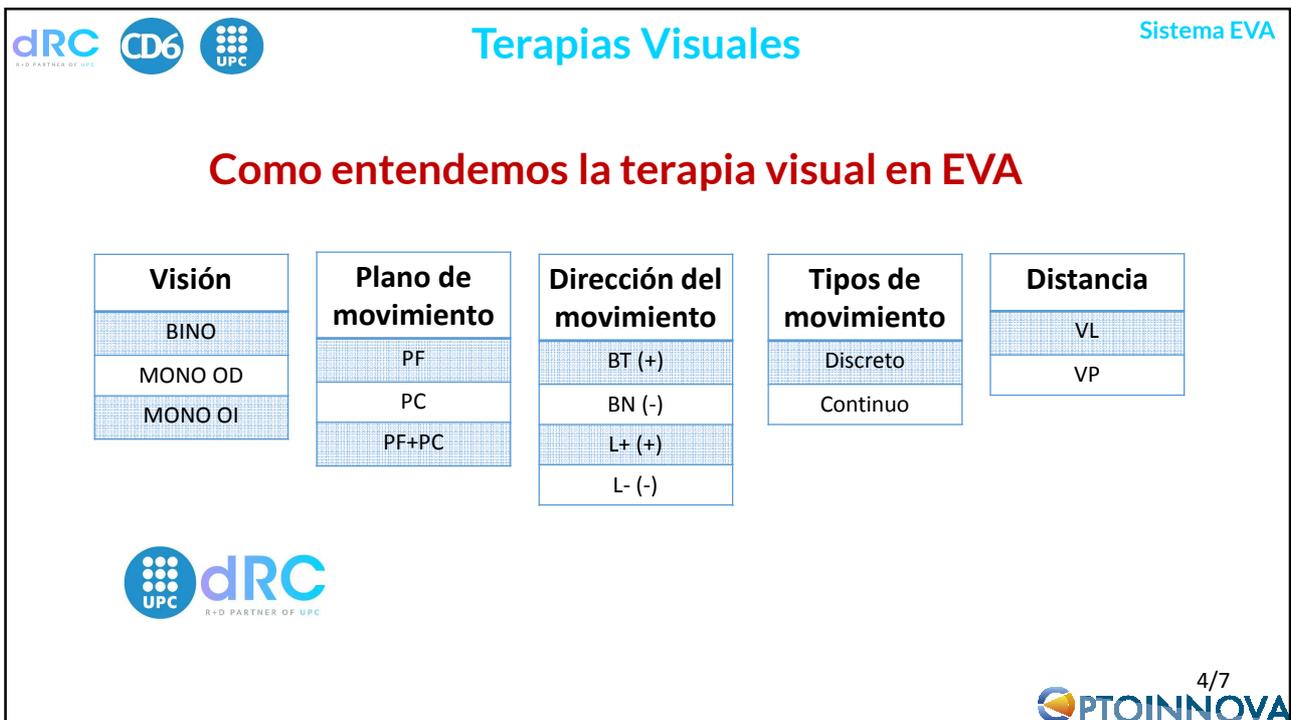
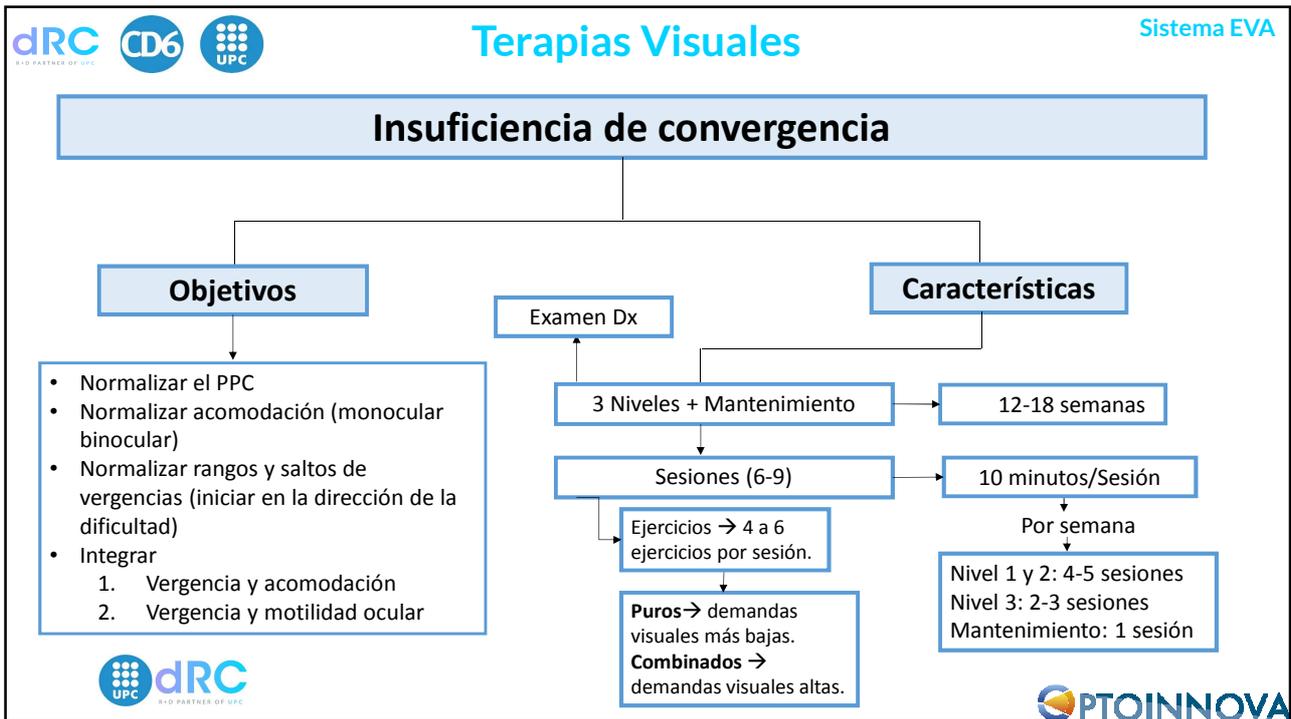


dRC R&D PARTNER OF UPC CD6 UPC

Sistema EVA

VARIABLE	Correlación de Pearson - r	Valor p
REFRACCION		
M	0.9790	<0.001
J0	0.7859	<0.001
J45	0.7804	<0.001
ACOMODACION		
Punto próximo de acomodación	0.8346	<0.001
Flexibilidad Acomodativa (Monocular)	0.8244	<0.001
Flexibilidad Acomodativa (Binocular)	0.8024	<0.001
VERGENCIA		
Punto próximo de convergencia	0.4864	<0.001
Flexibilidad de vergencia	0.9271	<0.001
Reservas fusionales positivas	0.5696	<0.001
Reservas fusionales negativas	0.6032	<0.001





dRC **CD6** **UPC** **Terapias Visuales** **Sistema EVA**

Ejemplo de ejercicio puro vergencias

Visión	Plano de movimiento	Dirección del movimiento	Tipos de movimiento	Distancia
BINO	PF	BT (+)	Discreto	VL
MONO OD	PC	BN (-)	Continuo	VP
MONO OI	PF+PC	L+ (+)		
		L- (-)		

dRC **UPC** **R+D PARTNER OF UPC**

5/7 **OPTOINNOVA**

dRC **CD6** **UPC** **Terapias Visuales** **Sistema EVA**

Ejemplo de ejercicio puro acomodación

Visión	Plano de movimiento	Dirección del movimiento	Tipos de movimiento	Distancia
BINO	PF	BT (+)	Discreto	VL
MONO OD	PC	BN (-)	Continuo	VP
MONO OI	PF+PC	L+ (+)		
		L- (-)		

dRC **UPC** **R+D PARTNER OF UPC**

6/7 **OPTOINNOVA**

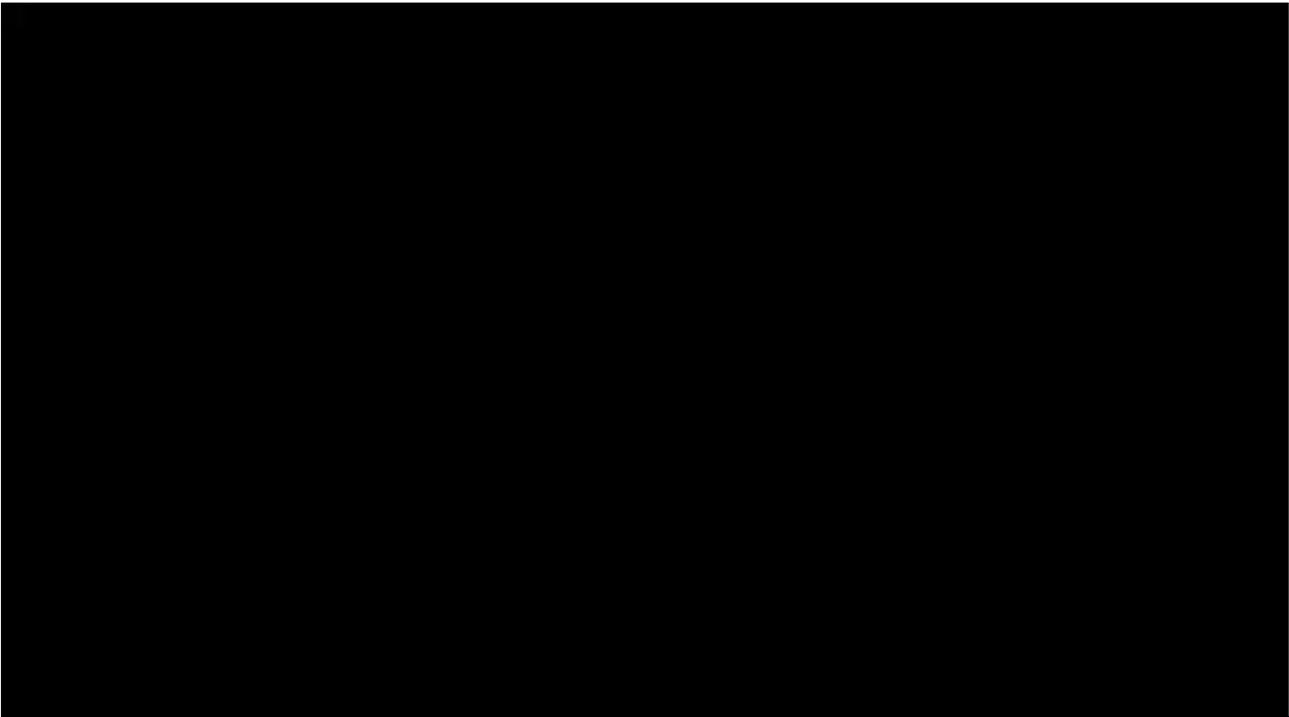
dRC **CD6** **UPC** **Terapias Visuales** **Sistema EVA**

Ejemplo de ejercicio combinado

Visión	Plano de movimiento	Dirección del movimiento	Tipos de movimiento	Distancia
BINO	PF	BT (+)	Discreto	VL
MONO OD	PC	BN (-)	Continuo	VP
MONO OI	PF+PC	L+ (+)		
		L- (-)		

dRC **UPC** **R+D PARTNER OF UPC**

5/7 **OPTOINNOVA**





OPTOINNOVA

Oportunidades y retos

EXÁMENES OPTOMÉTRICOS Y PRESENTACIÓN DE ESTÍMULOS

- Definición y control de todos los parámetros de los estímulos de las pruebas (tamaño, forma, velocidad de movimiento.....).
- Gammificación de pruebas.
- Estímulos realistas, que permitan realizar pruebas en condiciones más similares a las reales de visión.
- Evolución del examen como conjunto de pruebas a la medida conjunta de parámetros optométricos en condiciones realistas de observación (video juego clínico)



Oportunidades y retos

MEDIDAS

- Datos objetivos registrados, verificables y revisables (Movimientos oculares, Diámetro Pupilar, Refracción (Acomodación)).
- Datos no obtenibles (o difíciles de obtener) en optometría clínica convencional (Medida foria relativa, Relación ACA/A a partir de PPA.....)
- Objetivar las medidas (a partir de los datos objetivos registrados y/o a partir del análisis de patrones aplicando técnicas de machine learning).
- Monitorización en tiempo real de la precisión de las medidas.



Oportunidades y retos

INTERACCION CON EL PACIENTE

- Minimizar la subjetividad (objetivar medidas)
- Cuantificación de la colaboración del paciente
- Disminución del tiempo de examen
- Posibilidad de visitar sus datos

EXPLORACION Y DIAGNOSTICO

- Examen completo (y rápido) de la función visual.
- Nuevos diagnósticos a partir del análisis de gran cantidad de datos (big-data)
- Explicación del diagnóstico al paciente (profesional)





Oportunidades y retos

TERAPIAS VISUALES

- Flexibilidad en la definición de las sesiones de terapia (ejercicios y nivel de intensidad).
- Gammificación y variación de ejercicios.
- Registro objetivo de la evolución de los parámetros optométricos y habilidades visuales.
- Monitorización y automatización en tiempo real de la sesión.
- Nuevos ejercicios y nuevas terapias.



Oportunidades y retos

OTRAS APLICACIONES

- En el caso de EVA la integración de otros dispositivos (otros módulos ópticos) puede abrir múltiples nuevas aplicaciones.
- El análisis de una gran cantidad de datos objetivos registrados (BIG DATA) también permite desarrollar nuevo conocimiento y aplicaciones (diagnóstico de enfermedades neurodegenerativas...)





Francisco J. Burgos Tommaso Alterini Fernando Diaz-Doutón Josselin Gautier Jaume Pujol Carles Otero Carlos E. García

Meritxell Vilaseca Ana Rodriguez Clara Mestre Marta Salvador

Muchas gracias

jaume.pujol@upc.edu

