

# Medida de la agudeza visual

M. Aldaba Arévalo<sup>1</sup>

E. Sanz<sup>2,3</sup>

R. Martín Herranz<sup>2, 4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6), Universidad Politécnica de Cataluña

<sup>2</sup>IOBA, Universidad de Valladolid

<sup>3</sup>Instituto Oftalmológico Salamanca

<sup>4</sup>Departamento de Física TAO, Facultad de Ciencias, Universidad de Valladolid

La agudeza visual es indicativa de la capacidad visual de un sujeto, y es por ello que su medida es importante tanto a nivel clínico como legal. Dado que la agudeza visual depende de factores externos tales como la iluminación o la distancia del test, es conveniente que a la hora de realizar su medida éstos no afecten al resultado. A lo largo de los años se han propuesto condiciones estándares bajo las cuales realizar el test de agudeza visual, y en el presente trabajo se hace una revisión de los puntos más importantes.

**Palabras clave:** Agudeza visual. Medida. Estándar. Revisión

*Visual acuity is the most useful test for assessing visual function. Its measurement depends on external factors such as illumination or test distance, so, due to its importance in clinic or legal fields, it's advisable to maintain those factors constant not to alter the results. All through the years several measuring conditions have been proposed, in this work the most recent ones are reviewed.*

La agudeza visual (AV), está relacionada con la capacidad de reconocimiento del sistema visual humano, y mide la capacidad de percibir y diferenciar dos estímulos, separados por una cierta distancia angular<sup>1,2</sup>. Matemáticamente se define como la inversa del ángulo con el que se resuelve el objeto más pequeño identificado.

La capacidad del sistema visual, está limitada tanto por factores intrínsecos del observador (límites de la retina, aberraciones ópticas...)

como por factores extrínsecos (luz, distancia al test, posición de paciente...). Asumiendo que los factores intrínsecos no se pueden modificar, son los factores externos los que pueden cambiar la AV medida.

En la práctica clínica, no es extraño que la AV varíe debido a que las condiciones de medida cambian por diferentes causas como pueden ser el hecho de medir la AV en distintos gabinetes o por distintos profesionales<sup>3</sup>. Por este motivo, y dada la importancia que tiene la AV no sólo a nivel clínico (control y detección de patologías o defectos refractivos) si no en otros muchos ámbitos (mínima AV para oposiciones y carné de conducir, grado de discapacidad...), es importante asegurar la repetibilidad de las medidas.

El objetivo de este trabajo es hacer una revisión de las condiciones estándares que

proponen diferentes trabajos y normativas para la medida de la AV en condiciones normales, presentando los principales puntos sobre los que se incide y que más fácilmente se puedan corregir.

## Optotipos

Hay varios sistemas para presentar los optotipos (impresos, proyectados, sistemas de video...) y todos ellos deben cumplir unos requisitos en cuanto a la presentación de los mismos: número de optotipos por línea, distancia entre optotipos, rango de progresión entre líneas, etc. Existen normativas<sup>4,5,6</sup> con las especificaciones a cerca de cómo deben ser presentados los optotipos, es por ello recomendable que a la hora de adquirir un test de AV éste cumpla con las normativas.

Una vez se tenga el test, requiere un mínimo cuidado de manera que los optotipos se muestren bien posicionados, sin inclinación y que el test se mantenga limpio, para lo cual es recomendable no tocarlo. Otros aspectos a tener en cuenta serán la nitidez y la AV que proporcionan.

Para verificar si los optotipos son suficientemente nítidos, un sujeto con AV igual o superior a la unidad debe acercarse a un tercio de la distancia del test y cerciorarse que los optotipos más pequeños se vean con nitidez y que no difieran con los de las otras líneas en cuanto a contraste y definición<sup>4,5</sup>. Una ventaja de los test proyectados, es la posibilidad de enfocar los optotipos en caso de que no estén nítidos, lo que no es viable en otros sistemas como son los test retroproyectados o impresos.

Una vez instalado el test, puede comprobarse que la AV de cada línea se corresponde con la indicada. La AV es la inversa del mínimo ángulo (en minutos de arco) reconocible. Este ángulo corresponde al mínimo detalle del optotipo, por lo que si los optotipos siguen las normativas<sup>4,5</sup> el mínimo detalle equivale a una quinta parte del tamaño del optotipo. De manera que para calcular la AV del optotipo basta con medir el tamaño del mismo y la distancia a la que se encuentra del observador (fig. 1) y calcular el ángulo que subtende el detalle mínimo.

$$\tan \alpha = \frac{\phi/5}{d} \rightarrow \alpha = \arctan \left[ \frac{\phi/5}{d} \right]$$

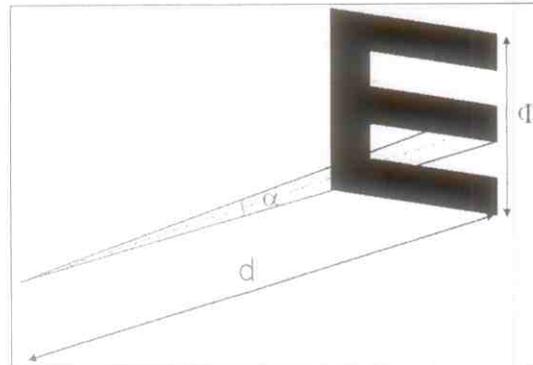


Fig. 1. Medidas necesarias para la verificación de la AV, donde  $d$  = distancia del test,  $\phi$  = tamaño del optotipo y  $\alpha$  = ángulo del detalle mínimo.

donde  $d$  es distancia del test en metros,  $\phi$  el tamaño del optotipo en metros y  $\alpha$  el ángulo del detalle mínimo en grados. El ángulo  $\alpha$  se convierte a minutos de arco y se calcula la AV:

$$\alpha = \arctan \left[ \frac{\phi/5}{d} \right] \cdot 60$$

$$AV = \frac{1}{\alpha} \rightarrow AV = \frac{1}{\arctan \left[ \frac{\phi/5}{d} \right] \cdot 60}$$

## Criterio para determinar la AV

Se considera que una línea ha sido leída correctamente cuando se acierta el 60% de los caracteres<sup>4</sup> o más del 50%<sup>7</sup>; lo que viene a ser lo mismo puesto que en un test con 5 optotipos por línea el 60% serían 3 aciertos y más del 50% consistiría en leer más de 2,5 optotipos, es decir un mínimo de 3.

El test se da por finalizado con la primera línea de optotipos que el paciente no es capaz de leer correctamente, siendo su AV la correspondiente a la de la línea anterior esto es, la última línea leída correctamente, como se muestra en la tabla I.

Algunos autores<sup>7</sup> recomiendan anotar el número de aciertos o errores de la última línea de optotipos, de esta forma la AV del paciente de la tabla I sería:  $AV = 0,5 + 2/5$ . En caso de no haber leído ningún optotipo de la línea de  $AV=0,6$ , la AV sería:  $AV=0,5^{1/5}$ .

En casos de pacientes con múltiples fallos en todas las líneas, se recomienda<sup>7</sup> anotar el número de aciertos de cada fila como se hace en el ETDRS (que se comentará más adelante).

También se recomienda animar al observador a seguir leyendo optotipos aun cuando diga que no los ve y evitar señalarlos individualmente<sup>7,14</sup>.

**Tabla I. Ejemplo del criterio para determinar la AV de un paciente en función del número de optotipos acertados**

AV	Nº de aciertos	% de aciertos	¿Leída correctamente?
0,4	5	100	Sí
0,5	4	80	Sí
0,6	2	40	No

Supóngase el caso de un paciente que lee un test con 5 optotipos por línea y muestra los siguientes aciertos por línea

La AV del paciente sería de 0,5

### Notación de la AV

La AV se puede anotar mediante diferentes notaciones aunque no proporcionen la misma información. En la tabla II, se comparan las distintas notaciones, que se presentan a continuación.

**Tabla II. Equivalencia entre notaciones para diferentes valores de AV**

Notación Snellen		Notación decimal	LogMAR
6 m	4 m		
6/60	4/40	0,10	+1,0
6/48	4/32	0,12	+0,9
6/38	4/25	0,16	+0,8
6/30	4/20	0,20	+0,7
6/24	4/16	0,25	+0,6
6/19	4/12,5	0,32	+0,5
6/15	4/10	0,40	+0,4
6/12	4/8	0,50	+0,3
6/9,5	4/6,3	0,63	+0,2
6/7,5	4/5	0,80	+0,1
6/6	4/4	1,00	0

### Notación Snellen

Es una fracción con la distancia al test en el numerador y la distancia a la que debería estar el optotipo para subtender un ángulo de 5' (mínimo detalle de 1' y por lo tanto correspondiente a una agudeza visual unidad) en el denominador.

$$\frac{m}{M} = \frac{\text{distancia del test}}{\text{distancia a la que el optotipo subtende un ángulo de } 5'}$$

Una ventaja de esta notación es que indica la distancia a la que se encuentra el test.

### Notación decimal

Es la fórmula decimal de la notación de Snellen y corresponde al valor de la inversa del ángulo que subtende el mínimo detalle del optotipo expresado en minutos. Tiene la desventaja de perder la información de la distancia a la que se realiza el test.

### Notación logMAR

Es el logaritmo del mínimo ángulo reconocible (en minutos de arco).

$$\log\text{MAR} = \log(\alpha) \quad \alpha = \text{Mínimo ángulo reconocible (minutos)}$$

Al igual que la notación decimal, tiene el inconveniente de no especificar la distancia.

### Notación ETDRS

Existen formas de anotar la AV, puntuando cada letra leída correctamente en vez de hacerlo línea a línea.

El test ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) empezó a utilizarse, como su nombre indica, para el estudio de pacientes con retinopatía diabética, pero hoy en día su uso se ha extendido a la práctica clínica. No es sólo una forma de notación si no una serie de especificaciones para medir la AV<sup>7</sup>.

La puntuación del test se hace letra por letra (aunque también existe la variante en que se puntúa por líneas); cada letra acertada suma un punto independientemente del número de aciertos por línea. De manera que leer 3 optotipos en una línea y 2 en la siguiente equivale a acertar todos los optotipos de una línea. A diferencia de los otros tests, se pide al paciente que siga leyendo optotipos aún cuando no supere el 50% de aciertos por línea. En la tabla III se muestra un ejemplo de puntuación con este test. Este método es considerado apropiado cuando se tienen que hacer medias, comparaciones o cálculos estadísticos de diferentes medidas.

Existen otras notaciones como el Visual Acuity Rating (VAR)<sup>10</sup>, que al igual que el ETDRS permiten puntuar sumando letras "sueltas".

### Distancia al test

#### Visión lejana

La distancia mínima entre la pupila del paciente y el test debe ser cuatro metros<sup>4,5,7</sup>, siendo aceptados sistemas de espejos cuando esta distancia es menor<sup>7,9</sup>.

**Tabla III. Ejemplo de notación con el test ETDRS**

AV	Número de aciertos	Puntuación
4/40	5	5
4/32	5	5
4/25	4	4
4/20	5	5
4/16	3	3
4/12.5	4	4
4/10	2	2
4/8	3	3
4/6.3	1	1
4/5	0	0
4/4	0	0
Puntuación total		32

Algunos autores<sup>9,10</sup> consideran esta distancia como escasa, argumentando que puede haber casos en los que miopes ganen una línea de AV. Además, a la hora de graduar, se puede hipocorregir (miopes) o hipercorregir (hipermétropes) a los pacientes en 0,25 dioptrías, porque con el test a 4 metros, la vergencia de los rayos es de -0,25D (tabla IV).

En cambio, los defensores de los 4 metros como distancia mínima, consideran que dado que ni 4 ni 6 metros representan el infinito óptico real, con los optotipos a 4 metros la vergencia de los rayos es de -0,25 dioptrías, que equivale al error aceptado en refracción. Asimismo la vergencia de los rayos para distancias al test de 6 metros es de -0,17 dioptrías, de manera que para disminuir el error de la vergencia 0,08 dioptrías tiene que alargarse el gabinete 2 metros, lo que no consideran justificado.

**Tabla IV. Error refractivo inducido graduando a 4 metros**

Defecto refractivo real (pto remoto en el ∞)	Refracción a 4 metros
-3,00	-2,75
+3,00	+3,25

### Visión cercana

En la medida de la AV de cerca se recomienda una distancia de los optotipos a la pupila del paciente de 40 centímetros<sup>4,6</sup>, por ser una distancia habitual de trabajo y por su

fácil relación con la AV de lejos medida a 4 metros, especificada en la notación Snellen (4/4 → 0,4/0,4).

### Posición del paciente

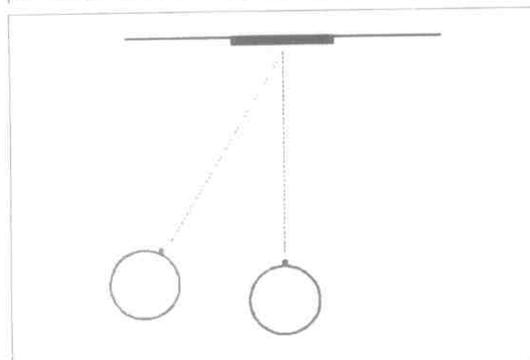
Es necesario que el paciente se sienta correctamente en la silla (con la espalda y cabeza apoyados al respaldo) y que los optotipos queden enfrente de él (sin desvíos laterales) y a la altura de sus ojos, como se muestra en las figuras 2 y 3. El paciente tiene que mantener esta posición durante toda la prueba, evitando giros de la cabeza o que se adelante, lo que produciría un acercamiento y cambio del tamaño relativo del optotipo que podría conllevar a un aumento de la AV.

En la tabla V se muestra la variación de la AV debido al acercamiento del paciente al test. Suponiendo un paciente con una AV de 0,9, el cuadro muestra la AV que puede conseguir, dependiendo del acercamiento del paciente y la distancia al test, gracias al aumento del tamaño relativo del optotipo. Como es lógico cuanto menor sea el desplazamiento del paciente y mayor la distancia al test, el error inducido es menor.



Fig. 2. Posición del paciente en la medida de la AV, vista lateral. En negro se muestra la posición correcta que debe adoptar el paciente durante la medida de la AV, y en naranja la incorrecta

Fig. 3. Posición del paciente en la medida de la AV, vista cenital. El diagrama muestra un paciente sentado en una silla, mirando hacia un optotipo situado directamente enfrente de él. Una línea vertical negra indica la posición correcta, y una línea diagonal naranja indica una posición incorrecta donde el paciente se gira la cabeza.



**Tabla V. Variación de la AV medida debida al aumento relativo del optotipo en función del acercamiento del paciente**

Acercamiento al test (m)	Distancia al test (m)		
	4	6	10
0	0,900	0,900	0,900
0,2	0,947	0,931	0,917
0,3	0,973	0,947	0,928
0,4	1,000	0,964	0,937

## Iluminación

En lo relativo a la iluminación el gabinete se divide en tres zonas: el test, los 10° centrales y el fondo, como se muestra en la figura 4.

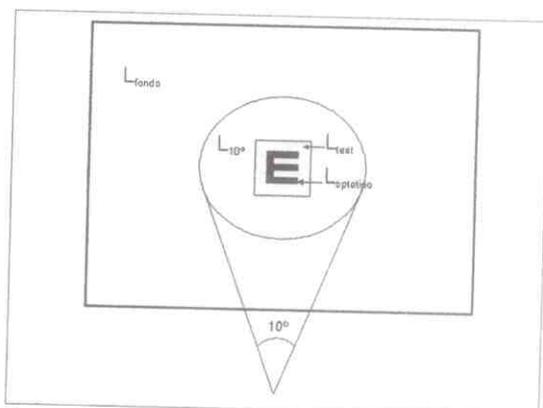


Fig. 4. División del gabinete en función de las luminancias que han de presentar las diferentes zonas.

En el test (en la zona blanca, donde no hay optotipos) tiene que haber una luminancia de entre 80 y 320  $\text{cd/m}^2$  (candelas por metro cuadrado)<sup>4,5</sup>, habiendo autores<sup>11</sup> que recomiendan rangos mayores, de entre 100 y 200  $\text{cd/m}^2$ . La luminancia de los optotipos en cambio debe ser la mínima posible para maximizar el contraste, no pudiendo ser la luminancia de los optotipos mayor que el 15% de la luminancia del test<sup>4,5,7</sup>.

En los 10° centrales de la visión del paciente (excluyendo el área del test) la luminancia debe estar en valores de entre un 10 y un 25% de la luminancia del test. En el fondo, la luminancia debe ser mayor que un 1% de la luminancia del test, pero nunca mayor que la luminancia de la zona de los 10° centrales<sup>4,5</sup>.

En la tabla VI, se muestra la relación de luminancias para cada zona del gabinete, así como un ejemplo de los valores de un gabinete que parte de una luminancia del test de 160  $\text{cd/m}^2$ .

El mejor método para controlar las luminancias del gabinete es sin duda la

**Tabla VI. Relación general de las luminancias de un gabinete en la columna central. En la columna derecha se muestra un ejemplo de las luminancias que han de tener las diferentes zonas, partiendo de una luminancia de test de 160  $\text{cd/m}^2$**

Zona	Luminancia ( $\text{cd/m}^2$ )	Luminancia ( $\text{cd/m}^2$ )
Test	$80 < L_{\text{test}} < 320$	160
Optotipos	$L_{\text{optotipos}} < 0,15 L_{\text{test}}$	< 24
10° centrales	$0,1 L_{\text{test}} < L_{10^\circ} < 0,25 L_{\text{test}}$	16-40
Fondo	$0,01 L_{\text{test}} < L_{\text{fondo}} < L_{10^\circ}$	1,6- $L_{10^\circ}$

utilización del luminancímetro, pero dado su elevado coste no es muy utilizado en gabinetes optométricos. Existe una alternativa, que aunque no sea tan precisa, da una aproximación de las luminancias, a partir de la iluminancia. El método se basa en la relación entre luminancia e iluminancia de superficies lambertianas

$$\rho \cdot E = \pi \cdot L$$

donde  $\rho$  es el factor de reflexión,  $E$  la iluminancia en lux, y  $L$  la luminancia en  $\text{cd/m}^2$ .

Suponiendo un factor de reflexión de 0,8 para test<sup>9,12</sup> y paredes<sup>13</sup> se calcula la luminancia a partir de la anterior fórmula:

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi} = \frac{0,8 \cdot E}{\pi}$$

Las medidas se realizan con un fotómetro, aparato sensiblemente más barato que el luminancímetro. La iluminancia del test se mide poniendo el fotómetro paralelo al test y apuntando a la posición donde se situaría el paciente, como se muestra en la figura 5. A la hora de medir la luminancia del test, el área sensible del fotómetro deberá estar cubierta por luz proveniente del test (y no del optotipo). De manera que una vez medida la iluminancia del test, si se obtienen 600 lux en el fotómetro, la luminancia del test sería:

$$L = \frac{0,8 \cdot E}{\pi} = \frac{0,8 \cdot 600}{\pi} = 153 \text{ cd/m}^2$$

Algunos autores<sup>7</sup>, hacen otras sugerencias en lo relativo a la iluminación como que se deje un tiempo adaptación a la luz del gabinete, evitar reflejos, anotar la luminancia del test, verificar la luminancia del fondo para evitar disminución del contraste (sobre todo en

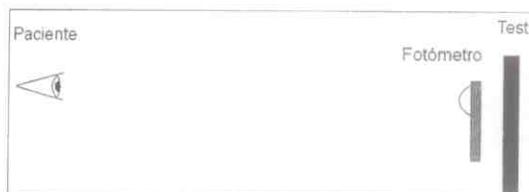


Fig. 5. Posición del fotómetro para la medida de la iluminancia.

optotipos proyectados), controlar la degradación del material del test para evitar pérdidas de contraste y disponer de un sistema de iluminación que permita luminancias altas y bajas para medir la AV en esas condiciones en caso de patologías que lo precisen.

La fuente de iluminación debe tener una temperatura de color que oscile entre 2500-7000K<sup>4</sup>, rango dentro del cual están la mayoría de lámparas que pueden encontrarse en los optotipos, halógenas, de mercurio, xenón o fluorescentes.

## Conclusiones

La medida de la AV tiene una gran importancia tanto clínica en los gabinetes de Optometría como desde un punto de vista legal. La revisión presentada permite verificar la técnica de exploración; forma de los optotipos, criterios de anotación, distancia al test, posición del paciente y las condiciones de iluminación para que un Óptico Optometrista pueda verificarlas de manera sencilla corrigiendo y evitando errores metodológicos, instrumentales o en las condiciones ambientales de medida que puedan afectar al resultado garantizando y asegurando la repetibilidad de las medidas clínicas de la AV.

## Agradecimientos

Mikel Aldaba recibe una beca predoctoral del Ministerio de Educación y Ciencia.

## Bibliografía

1. Pastor JC. Guiones de Oftalmología, McGraw-Hill, 1998.
2. Artigas JM, Capilla P, Felipe A, Pujol J. Óptica Fisiológica. Psicofísica de la visión. Interamericana-McGraw-Hill, 1995.
3. Leinonen J, Laakkonen E, Laatikainen L. Random measurement error in visual acuity measurement in clinical settings. *Acta Ophthalmol Scand* 2005;83:328-332.
4. ISO 8596:1994.
5. ANSI Z80.21.
6. UNE EN ISO 8596:1996.
7. Colenbrander A. Consilium Ophthalmologicum Universale Visual Functions Committee. Visual Acuity Measurement Standard. *Italian. J Ophthalmol* 1988;2:5-19.
8. International Council of Ophthalmology. Visual Standards Aspects and Ranges of Vision Loss, International Congress of Ophthalmology Sydney, 2002.
9. Grosvenor T. Optometría de atención primaria. Masson, Barcelona, 2004.
10. Eskridge JB, Amos FJ, Barlett JD. Clinical procedures in optometry. Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia, 1991.
11. Ricci F, Cedrone C, Cerulli L. Standardized measurement of visual acuity. *Ophthalmic Epidemiology* 1998;5:41-53.
12. Bennet AG, Rabbets RB. Clinical Visual Optics, 3ª edición. Butterworth-Heinemann Medical, 1998.
13. Kralj ME, González ML, Evans JM. Mediciones y simulación de iluminación natural en edificios con patio de la ciudad de Buenos Aires, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 2000 vol4.
14. Comunicación personal, Ian Bailey.
15. Menezo JL. España E. Técnicas exploratorias en oftalmología. Espaxs, Barcelona, 2006.