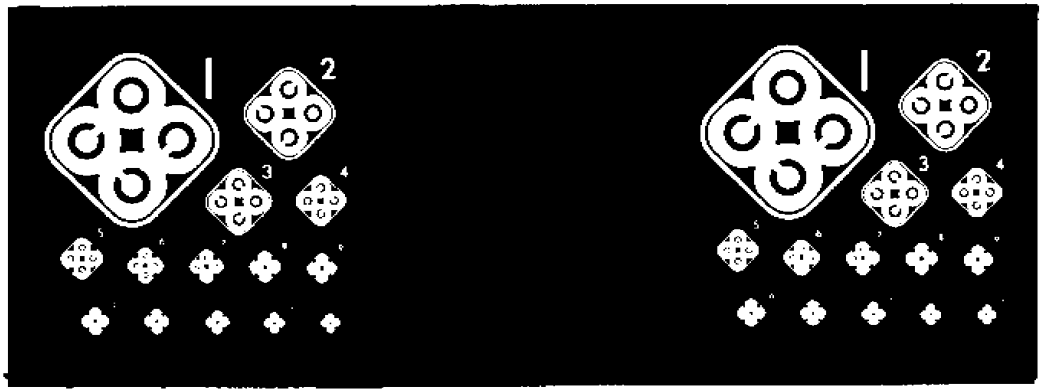


# Capacidad visual

... o el análisis de los factores generales que influyen en el rendimiento visual en el trabajo



# Sumario

- **Límites de visión:**
  - detección, reconocimiento y discriminación
- **Visibilidad de las tareas**
- **Rendimiento visual**
- **Métodos de análisis de la visión**
  - Diseño de un estándar visual laboral
  - Comparativa de analizadores de visión

## Bibliografía básica (I)



- NORTH, R.V.: *Trabajo y Ojo*. Barcelona: Masson, 1996.



- LILLO JOVER, J.: *Ergonomía. Evaluación y diseño del entorno visual*. Madrid: Alianza Editorial, Psicología y Educación, 2000.

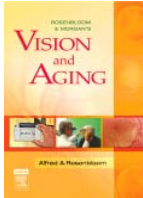


- SILVERSTONE, B.: *The lighthouse handbook on vision impairment and vision rehabilitation*. New York: Oxford University Press, 2000.

- CIE - Comisión Internacional de Iluminación y Color:  
<http://www.cie.co.at> , Divisiones 2, 3 y 5.



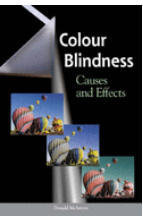
## Bibliografía complementaria (I)



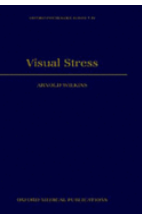
- ROSENBLOOM, A.A. Jr.: *Rosenblomm & Morgan's Vision and Aging*, Amsterdam: Elsevier, 2007.



- MOLLON, J.D., POKORNY, J., KNOBLAUCH, K.: *Normal and defective colour vision*. New York: Oxford University Press, 2003.

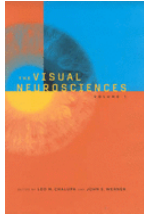


- MCINTYRE, D.: *Colour blindness: causes and effects*. London: Dalton Publishing, 2002.



- WILKINS, A.J.: *Visual stress*. Oxford: Oxford University Press, 2002.

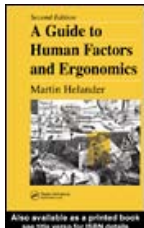
## Bibliografía complementaria (II)



- **CHALUPA, L.M.:** *The Visual Neurosciences*. Cambridge, MIT Press, 2004.



- **Van GOMPEL, R.P.G., et al.:** *Eye movements: a windows on mind and brain*. Oxford: Elsevier, 2007.



- **HELANDER, M.:** *A guide to human factors and ergonomics*, 2nd ed. London: CRC Press, 2005.



- **LEVIN, D.T.:** *Thinking and Seeing. Visual metacognition in adults and children*. Cambridge, MIT Press, 2004.

## Bibliografía complementaria (III)

- Boletín de Factores Humanos:  
<http://www.tid.es/html/boletin.html>
- Gaceta Óptica: <http://www.cnoo.es/index.php?modulo=gaceta&submodulo=actual&mostrar=page1>
- Ver y Oír: <http://www.puntex.es/puntex/productos.php?sector=1&tProd=2&id=vyo/>
- Optometry and Vision Science: <http://www.optvissci.com/>
- Ophthalmic and Physiological Optics  
<http://www.blackwellpublishing.com/journal.asp?ref=0275-5408>
- Etc (Journal of Vision, etc)

# Introducción (I)

- La habilidad para realizar la mayor parte de las tareas visuales depende de muchas variables, visuales y no visuales
- Factores que influyen en el rendimiento visual en el trabajo:
  - Capacidad visual del individuo
  - Visibilidad de la tarea
  - Factores psicosociológicos
    - Motivación, salud general, inteligencia, estrés, etc
- ¿Qué es y cómo se mide el rendimiento visual?



## Introducción (II)

- **Una tarea visual que obliga al sistema visual a funcionar al límite de sus posibilidades puede causar estrés general, astenopía, y disminución del rendimiento**
  - Factor de riesgo de accidentes
- **Las tareas visuales deben estar ajustadas a niveles supra-umbrales de visión, o sea, que sean confortables, visualmente hablando**
  - ¿Qué es confort en visión?
  - ¿Cuáles son los límites de la visión?
    - ¿Cómo funciona?
    - ¿Son los mismos a cualquier edad N?



# Límites de la visión (I)

- **Funciones básicas del sistema visual:**
  - **Detección:**  $\exists$  o no un estímulo en el campo visual
  - **Reconocimiento:** ¿qué es y dónde está?
  - **Discriminación:** en comparación con otros estímulos
  
- **Aspectos de detección visual:**
  - **Campo visual:**
    - Necesidades distintas de campo visual para profesiones diferentes
  - **Motilidad ocular:**
    - Límites de fijación binocular, relación C/A
    - Si amplitud-mirada  $> 15^\circ \Rightarrow$  movimiento cabeza/cuello

## Límites de la visión (II)

- **Aspectos de detección visual:**
  - **Adaptación luminosa:**
    - Curva de adaptación a la oscuridad depende de la edad
      - Iluminación óptima
      - Recuperación al deslumbramiento
  - **Sensibilidad al parpadeo:**
    - FCF ↓ con excentricidad retiniana
    - FCF ↓ con la edad N
  - **Sensibilidad al contraste (CSF):**
    - CSF ↓ para frecuencias medias-altas a partir de los 40 años

# Límites de la visión (III)

- **Aspectos de reconocimiento visual (I):**

- **Dirección visual (¿dónde está?)**

- **Efectos de forias y estrabismos**

- **Requerimientos de orto-visión en algunas profesiones**

- **Agudeza visual (AV) (¿qué es?)**

- **Detalle  $s$  y distancia  $d$**

- **$AV_{\text{cómoda}} \cong 2 \cdot AV_{\text{mín}}$**

- **La AV del sujeto debe ser superior al doble de la agudeza visual mínima marcada por la tarea**

- **AV vs. iluminación ( $E$  en lx,  $L$  en cd/m<sup>2</sup>)**

- **AV vs. contraste luminotécnico  $C$ :  $AV = kC^{1/2}$**

- **AV vs. tiempo de ejecución**

- **Tareas visualmente muy rápidas**

$$AV = \frac{2.910^{-4} d}{s} = \frac{1}{u[\prime]}$$

# Límites de la visión (IV)

- Aspectos de reconocimiento visual (II):

- Agudeza visual (AV) (¿qué es?)

- AV vs. refracción R:  $u[\prime] = \sqrt{1 + (k \phi_p R)^2}$ ,  $k = 0.8$ ,  $\phi_p$  en mm
- AV dinámica vs. edad N, vs. AV estática: si  $\omega \uparrow \Rightarrow \mathbf{AVC} \downarrow\downarrow$
- AV estática vs. edad N:

- C variable

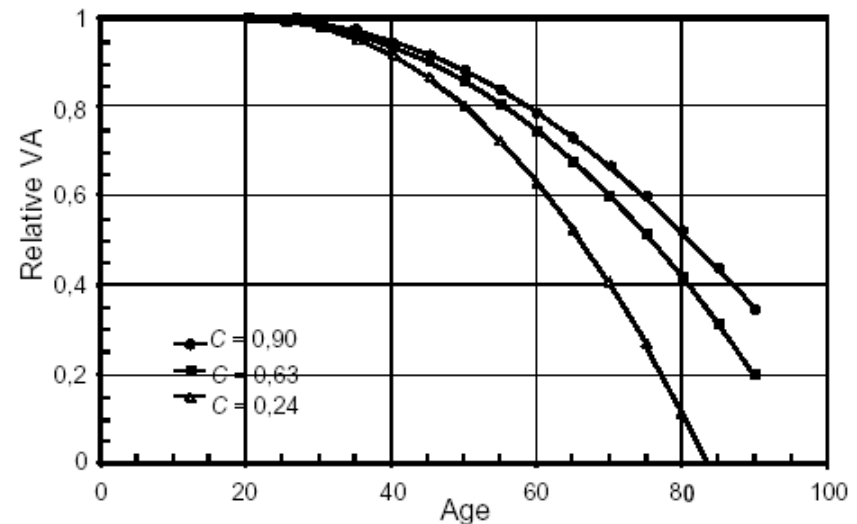
- $AV_{rel} = 1$  para  $N = 20$  años

$$AV_{rel} = 1 - \left[ 1.317 \cdot 10^{-4} (N - 20)^E \right]$$

$$E = (C + 0.199)^{-0.148} + 1.024$$

N en años

$$C = \frac{L_{fondo} - L_{test}}{L_{fondo}}$$



# Límites de la visión (V)

- **Aspectos de discriminación visual (I):**
  - **Hiperagudeza:**  $u_{\text{VERNIER}} = 1/21 \cdot u_{\text{AV}}$ 
    - sensibilidad diferencial de la visión espacial de formas
  - **Discriminación cromática:**
    - Defectos de visión del color
      - Requerimiento de visión cromática en algunas profesiones
      - Tests de detección, diagnóstico y gradación de las discromatopsias
        - » Ventajas de aplicar una batería de tests
  - **Percepción de la profundidad:**
    - Factores empíricos monoculares vs. estereopsis
    - Factores influyentes: aniseiconía, rivalidad, monovisión

# Visibilidad de las tareas (I)

- **Definición:**

- La relación de los factores externos que facilitan la ejecución de la tarea visual

- Si visibilidad  $V \uparrow \Rightarrow$  más fácil se realizará la tarea

- Listado de factores:

- Tamaño 5s

- Distancia  $d$

- Iluminación  $E$

- Deslumbramiento  $G$

- Contraste  $C$

- Color  $L^*a^*b^*C^*h^*$

- Tiempo disponible para ver la tarea  $t$

- Movimiento  $v$ ; condiciones atmosféricas (temperatura, humedad, etc)

**¿Existe una fórmula empírica que maneje todas las variables? NO**

## Visibilidad de las tareas (II)

- **Determinación de la visibilidad**
  - Disminuir la visibilidad de la tarea hasta un valor umbral y relacionar después la cantidad de disminución con una medida de visibilidad
  - Efecto de la luminancia de velo en el contraste

$$V = \frac{C}{C_{\text{umbral}}}$$

$$C = \left| \frac{L_{\text{TEST}} - L_{\text{FONDO}}}{L_{\text{FONDO}}} \right|$$

$$\text{si } \exists L_{\text{VELO}} = \frac{\rho_{\text{PANTALLA}} \cdot E_{\text{INCIDENTE}}}{\pi} > 0$$

$$\Rightarrow L'_{\text{FONDO}} = L_{\text{FONDO}} + L_{\text{VELO}}$$

$$\Rightarrow L'_{\text{TEST}} = L_{\text{TEST}} + L_{\text{VELO}}$$

$$\Rightarrow C' = \left| \frac{L'_{\text{TEST}} - L'_{\text{FONDO}}}{L'_{\text{FONDO}}} \right| = \left| \frac{L_{\text{TEST}} - L_{\text{FONDO}}}{L_{\text{FONDO}} + L_{\text{VELO}}} \right| < C$$

$$\Rightarrow V' < V$$

# Rendimiento visual (I)

- **¿Qué es y cómo se mide el rendimiento visual?**
  - **Depende de la tarea y la función visual implicada**
    - **Velocidad de ejecución → nº de errores (eficiencia)**
    - **Exactitud de la tarea**
  - **Rendimiento  $R \propto \{\text{velocidad-ejecución, exactitud}\}$** 
    - ***Visual Performance* = VP**
  - **¿Cómo afectan los factores de visibilidad en el rendimiento visual?**
    - **Estrategia: fijar todas las variables menos una**
      - **Iluminación es la opción más sencilla**
      - **Después otras combinaciones**



# Rendimiento visual (II)

- **Experiencia de Weston (1945):**

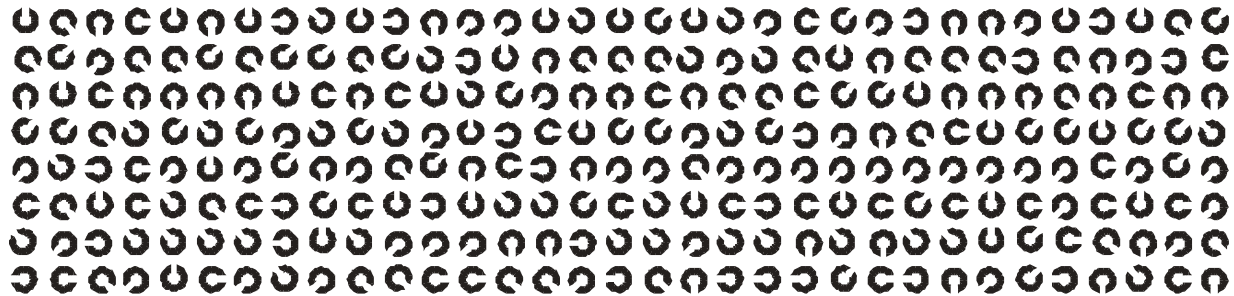
$$VP = \frac{(n^\circ \text{ anillos correctos})^2}{(\text{anillos totales}) \cdot \text{minuto}}$$

- **Estudio:**

- Valoración de los efectos de iluminación en una tarea de exploración de ritmo automático

- **Instrucción:**

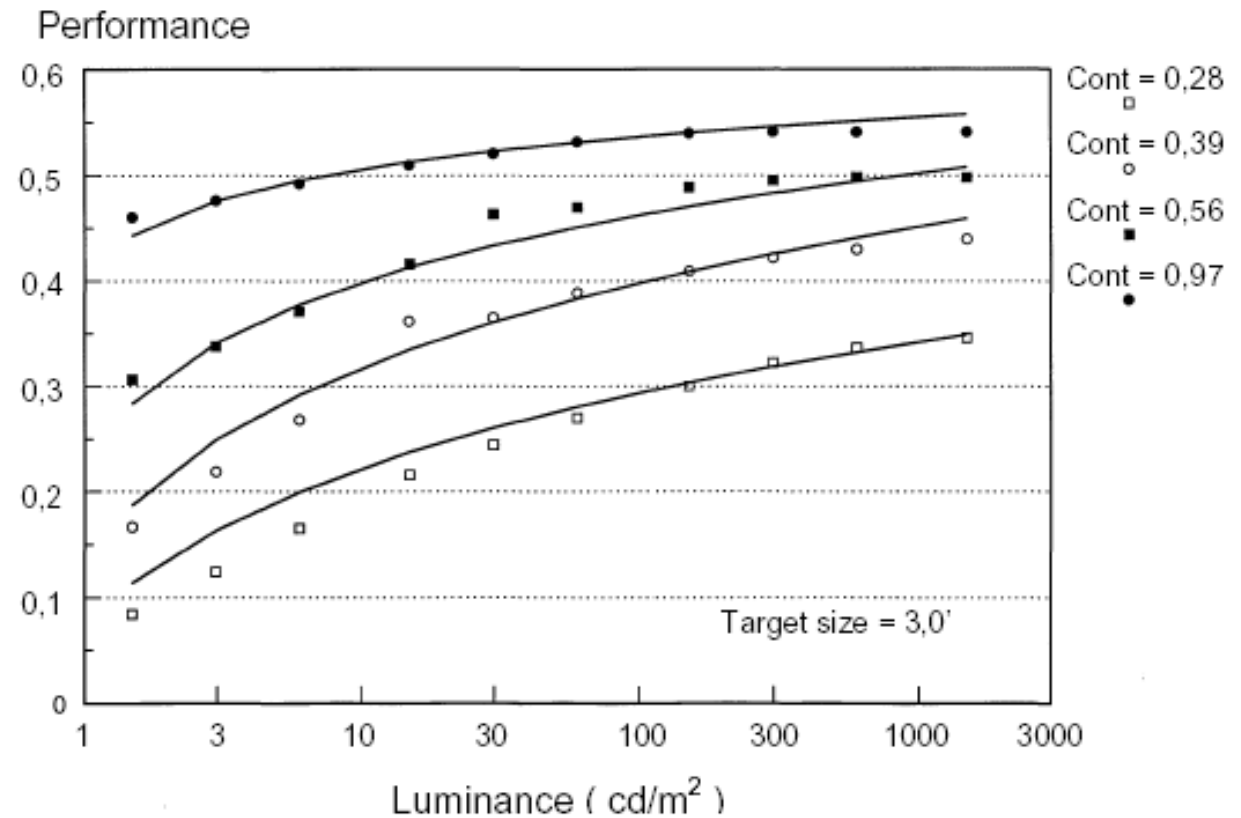
- Marcar en el menor tiempo posible anillos de Landolt con cierta orientación



- La prueba/tarea se efectuó variando la iluminación E, el contraste C y el tamaño 5s de los optotipos

## Rendimiento visual (III)

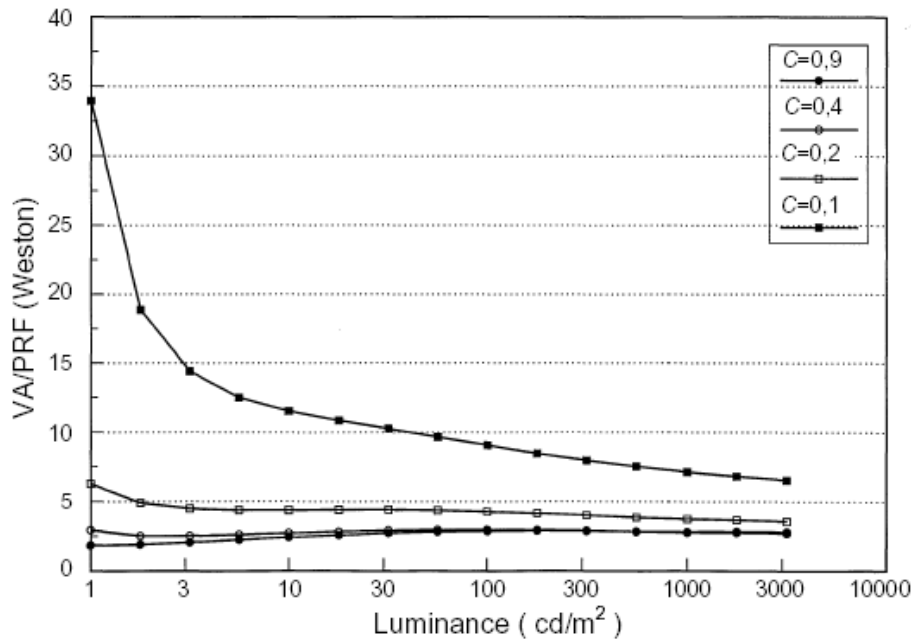
- Resultados:
  - VP vs. L ( $\text{cd/m}^2$ )
    - C variable
    - 5s constante



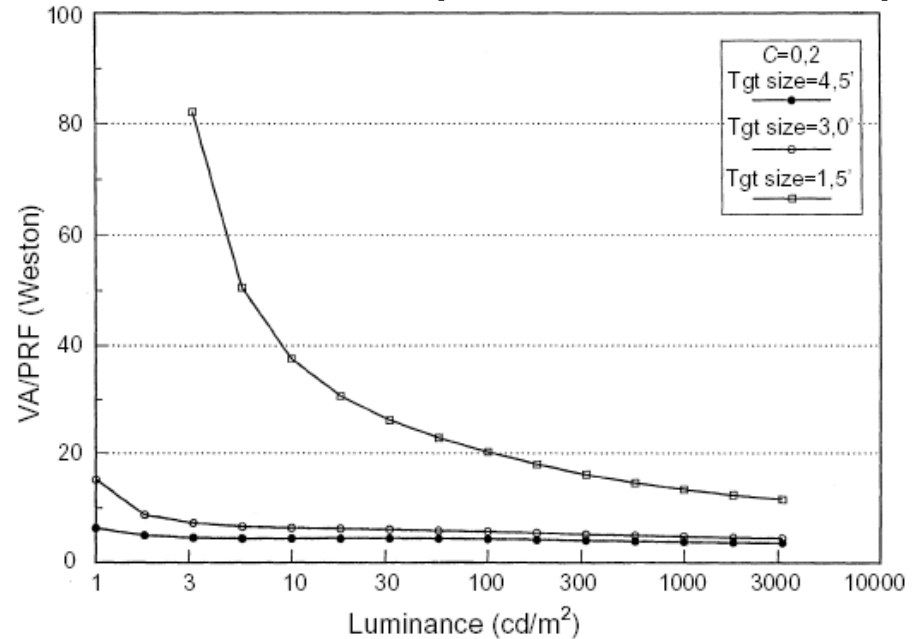
# Rendimiento visual (IV)

- Resultados: relación AV vs. VP (Weston)

AV / VP vs. L (C variable, 5s cte)



AV / VP vs. L (5s variable, C cte)



# Rendimiento visual (V)

- **Resultados de Weston (1945):**
  - Si  $E \uparrow \Rightarrow R \uparrow$  , pero si  $\exists G \Rightarrow R \downarrow$
  - R máxima diferente para varias configuraciones (5s, C)
    - Si  $5s \downarrow$  y  $C \downarrow \Rightarrow R$  máxima si  $E \uparrow$
  - Es más efectivo para que  $R \uparrow$  que  $5s \uparrow$  y  $C \uparrow$  que  $E \uparrow$
- **Conclusiones:**
  - Cuanto mayor es la dificultad visual de la tarea, mayor será el efecto beneficioso de la iluminación
    - Niveles recomendados de iluminación

# Rendimiento visual (VI)

- **Modelización de los datos de Weston (1945) por CIE:**

- **VP = Exactitud \* Velocidad**

- **Para alto contraste ( $C > 0.35$ ) y tamaños  $\alpha \geq 1.5$  min**

$$VP = 1.728 AV_{rel}(N) \cdot \left[ 0.5384(\alpha - 1.499)^X \cdot (\log L_{fondo} + 0.09196)^Y \cdot (C - 0.2534)^Z \right]$$

$$X = 0.1194 \cdot (\log L_{fondo} + 1.923)^{0.08403} \cdot (C + 1.516)^{-0.6549}$$

$$Y = 0.8135 \cdot (\alpha - 1.182)^{-0.7831} \cdot (C + 1.054)^{-3.062}$$

$$Z = 0.5745 \cdot (\log L_{fondo} + 0.2669)^{-0.3902} \cdot (\alpha - 0.8302)^{-0.7637}$$

- **Para bajo contraste ( $C < 0.35$ ) y tamaños  $\alpha \geq 1.5$  min**

$$VP = 1.728 AV_{rel}(N) \cdot \left[ 0.6577(\alpha - 1.4999)^X \cdot (\log L_{fondo} + 0.035)^Y \cdot (C - 0.08521)^Z \right]$$

$$X = 0.082 \cdot (\log L_{fondo} + 0.11339)^{-0.6378755} \cdot (C + 0.02243)^{-0.23}$$

$$Y = 0.1452 \cdot (\alpha - 0.00041)^{-0.18451} \cdot (C - 0.099)^{0.1168}$$

$$Z = 1.291 \cdot (\log L_{fondo} + 0.264)^{-0.38675} \cdot (\alpha - 0.218)^{0.523}$$

# Diseño de un estándar visual laboral (I)

- **Objetivo:**
  - Detectar a los trabajadores cuya capacidad visual esté por debajo del estándar visual requerido
  
- **Ventajas:**
  - Selección de personal, como parte de la entrevista
  - Identificación de los trabajadores con incapacidad visual
  - Mejora de la relación trabajador – empresario
  - Mejora de la eficiencia visual
    - Productividad ↑, costes ↓, accidentes ↓, absentismo ↓
  - Las reclamaciones por compensación pueden resolverse con facilidad

# Diseño de un estándar visual laboral (II)

- **Preámbulo:**
  - Tareas distintas requieren exigencias visuales diferentes (normativas nacionales)
    - Pilotaje / conducción de vehículos
- **Objetivo:**
  - Buscar la relación entre la capacidad visual y el rendimiento / competencia en el trabajo
  - Problemas iniciales:
    - Es fácil analizar la visión del trabajador, pero es muy difícil relacionarla con su competencia laboral
      - ∃ factores no visuales: edad, inteligencia, actitud, destreza manual, etc

# Diseño de un estándar visual laboral (II)

- **Fases:**
  - **Escoger un método para calificar la competencia laboral**
    - Supervisión de un especialista o profesional, calidad / cantidad de la producción, frecuencia de accidentes, absentismo, etc
  - **Analizar los factores visuales necesarios de la tarea**
    - Ficha optométrica para filtrar los factores clave
  - **Decidir los criterios de la competencia visual:**
    - AV, estereopsis, orto-visión, visión cromática, etc
  - **Analizar la visión de los “competentes” y “no – competentes”**
  - **Comparar la clasificación de la competencia visual con la de la competencia laboral**
    - Si el estándar visual es correcto, los visualmente incompetentes deben estar en el grupo de los “incompetentes”



# Métodos de análisis de la visión (I)

- **Técnica clínica modificada (I):**
  - **Acciones obligatorias:**
    - **Historial y síntomas**
    - **AV lejos / intermedia / cerca**
    - **Examen oftalmológico externo y oftalmoscopia**
    - **Retinoscopia**
    - **Am**
    - **Visión Binocular**
      - **Motilidad ocular, ZVBNH, estereopsis, forias, estrabismos**
    - **Campo visual**
    - **Visión cromática**
      - **Batería de tests**

# Métodos de análisis de la visión (II)

- **Técnica clínica modificada (II):**
  - **Ventajas:**
    - Flexibilidad según el tipo de tarea visual
    - Tipo y magnitud de la refracción
    - Detección de patologías oculares
    - Número reducido de falsas re-emisiones
  - **Inconvenientes:**
    - Costes elevados al utilizar profesionales e instrumental especializado
    - Tiempo de elaboración
    - Escasez de profesionales que deseen participar en programas de análisis de la visión → Clínica Optométrica
      - Profesiones interesantes: relojeros / joyeros, jugueteros, envasadores, tele-operadores con pantallas de datos, marmolistas, etc

# Métodos de análisis de la visión (III)

- **Analizadores de visión (I):**

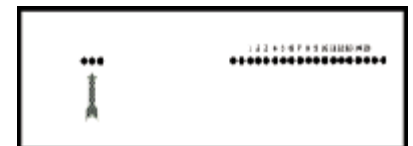
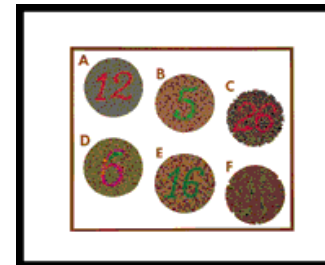
- **Diseño óptico:**

- Estereoscopio de Brewster – Holmes
- Iluminación interna o propia
- Las pruebas están insertadas dentro del instrumento
- Control manual o automático



- **Tipos de exámenes visuales**

- AV: lejana, intermedia, cercana
- Heteroforia: horizontal / vertical, lejos / cerca
- Estereopsis: lejos / cerca
- Fusión binocular, visión cromática
- Enturbamiento, campo visual
- Astigmatismo



# Métodos de análisis de la visión (IV)

- **Analizadores de visión (II):**

- **Ventajas:**

- **Bajo coste económico: contratación de una mutua laboral**
- **Manejables por NO profesionales**
- **Rápidos, siempre disponibles**
- **Mantenimiento bajo**

- **Inconvenientes:**

- **Falta de flexibilidad según el entorno de trabajo**
  - **No mide nivel de iluminación de la tarea**
- **No detectan patologías oculares ni estrabismos**
- **Presencia de endoforia relativa por C/A proximal o psíquica**
- **Presencia de casos falsos positivos, o viceversa**

