

NTP 694: Pantallas de visualización: tecnologías (II)



Écran de visualisation: technologies (II)
Visual display terminals: technologies (II)

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

Alfredo Álvarez Valdivia
Ingeniero industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

La presente Nota Técnica de Prevención, que complementa a la anterior NTP 678, se dedica al análisis de los factores de ergonomía visual de los diferentes tipos de pantallas de visualización de datos.

Factores ergónomicos

La NTP 678 se dedicó al estudio del principio de funcionamiento de las tecnologías de tubo de rayos catódico (CRT), plasma (PDP), cristal líquido (TFT) y al análisis de los siguientes factores:

- Tamaño de la pantalla
- Resolución
- Píxeles muertos
- Frecuencia de refresco
- Tiempo de respuesta

En esta nota técnica se discuten el resto de factores que, en su mayoría, están relacionados con la visualización de las pantallas así como otros factores que no tuvieron cabida en la primera parte de la NTP. Estos factores son:

- Ángulo de visión
- Contraste
- Brillo
- Color
- Consumo energético
- Radiaciones

Ángulo de visión

Debido a que la luz trasera de las TFT debe pasar a través de filtros polarizadores, partículas de cristal líquido y otros sustratos físicos, ésta adquiere una cierta direccionalidad; es decir, la luz que sale de la pantalla lo hace con una orientación normal al plano de la misma. Cuando un usuario mira la pantalla desde un determinado ángulo relativo a la normal, su visión se verá afectada por una distorsión en el color y en la luminosidad. Aunque este comportamiento puede ser aceptable (e incluso deseado) en puestos de trabajo en los que es importante la privacidad de la información mostrada en la pantalla, en general es un efecto que se procura evitar. Aunque inicialmente el ángulo de visión era una limitación muy importante en las pantallas TFT actualmente es habitual encontrar pantallas con ángulos de visión de hasta 176° en sentido vertical y horizontal. Sin embargo, debido a los avances continuos que experimenta esta tecnología, actualmente es posible encontrar pantallas con ángulos de visión similares a los de las CRT. Este valor límite del ángulo de visión corresponde, en el caso de las TFT, al ángulo en el que el contraste cae hasta 10:1, según el criterio establecido por la norma [TCO'03 Flat Panel Displays](#).

Debe tenerse en cuenta que, en una pantalla TFT, la calidad del color se ve modificada a medida que el ángulo de visión aumenta (se desvía) respecto de la normal: presentan anomalías tales como reducción de contraste y cambios de color. Por el contrario, las pantallas CRT y PDP son aproximadamente emisores de tipo Lambert; es decir, su luminancia es esencialmente independiente del ángulo de visión por lo que el rango de ángulo de visión real es mucho mayor que el de las TFT.

Contraste

El contraste es un factor adimensional porque se obtiene como relación de luminancias máxima y mínima. Existen diferentes tipos de contrastes. En la "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización" (en adelante "Guía Técnica") se especifica que la relación de contraste entre los caracteres y el fondo de pantalla debe ser de 3:1 como mínimo. La norma UNE-EN 29241, en su parte 3, también establece el mismo valor de 3:1 para las pantallas CRT. En cambio la norma UNE-EN ISO 13406, parte 2, especifica un valor mínimo para las pantallas planas (TFT y PDP) que es una función potencial inversa de la suma del componente de la luminancia emitida en estado bajo más la componente de la luminancia reflejada a partir de la iluminación difusa. Por otro lado, la norma TCO'03 establece como contraste de luminancias entre caracteres un mínimo de 3,2:1 para pantallas CRT y 5,6:1 para las TFT.

Sin embargo, existe otro tipo de contraste de luminancias (de pantalla completa) que es el que los fabricantes de pantallas proporcionan en sus hojas de especificaciones técnicas. Se trata del estándar propuesto por la *Video Electronics Standards Association* (VESA). Según este estándar, el contraste de pantalla es la relación de luminancias pantalla-en-blanco respecto a pantalla-en-negro en una habitación oscura. Se considera que los valores aceptables de contraste de pantalla completa para el ojo humano son de 250:1.

Debe tenerse en cuenta que tanto la Guía Técnica y las normas UNE EN 29241-3 y TCO'03 (en sus versiones para pantallas CRT y TFT) sólo hacen referencia al contraste de caracteres y no mencionan en absoluto el contraste de pantalla completa, aunque éste es el dato que los fabricantes proporcionan.

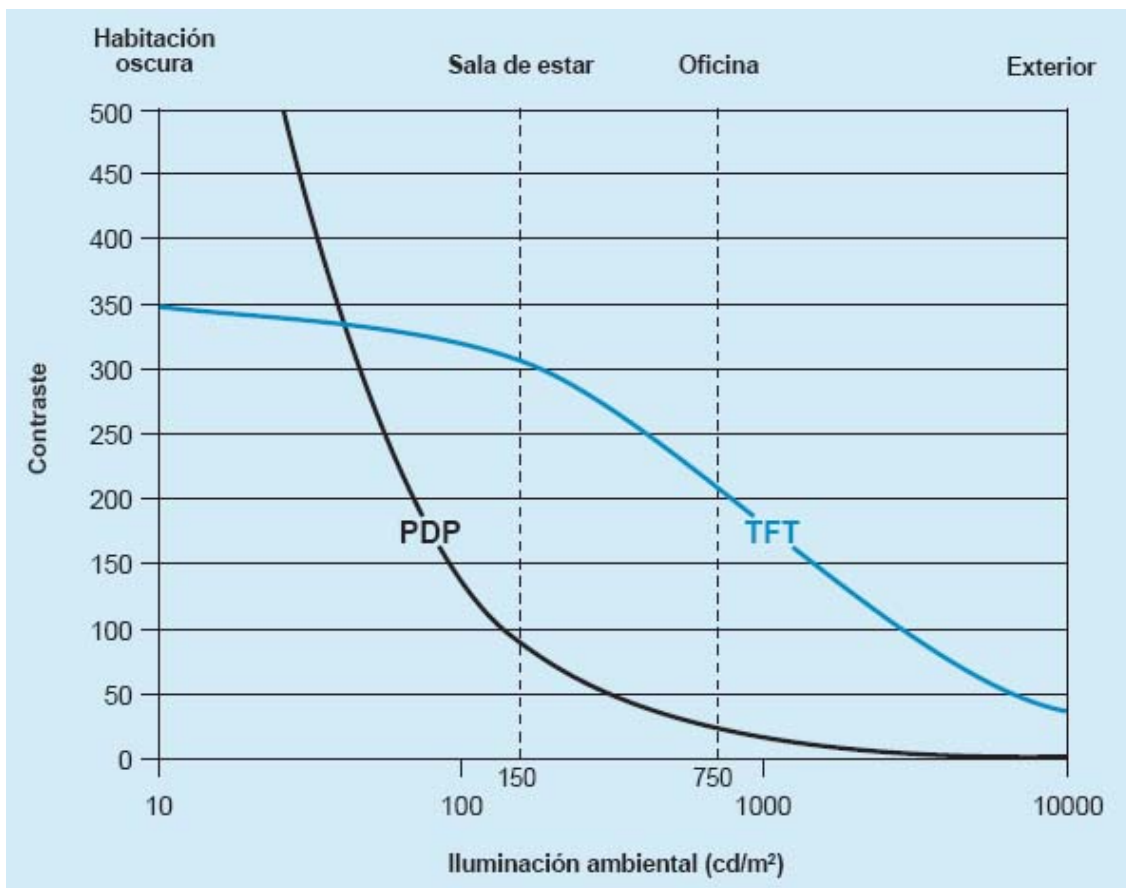
El contraste de pantalla completa tiene una significación propia, ya que proporciona información acerca de la calidad (global, total) de la imagen presentada en la pantalla. Cuanto mayor sea este valor, tanto mejor. En las pantallas CRT se alcanzan contrastes de 500:1 (calidad de imagen foto realista). Es posible alcanzar valores tan altos porque el color negro puro se consigue desactivando el haz de electrones y de esta forma la luminosidad es prácticamente cero. Lo mismo sucede en las PDP: un píxel negro no emite luz.

En el caso de pantallas TFT la situación es totalmente diferente. Las luces traseras de la pantalla permanecen siempre encendidas y su brillo no se puede variar. La forma de conseguir intensidades variables en cada píxel depende del nivel de enrollamiento de las partículas de cristal líquido. Así pues, para generar el color negro, los cristales líquidos deben bloquear totalmente la luz trasera. Sin embargo, no es físicamente posible hacer esto y algo de luz acaba pasando a través del cristal líquido. De esta manera, el contraste en pantallas TFT es menor que en las CRT y PDP. En experimentos llevados a cabo en habitación oscura, la luminancia del negro en TFT es unas 58 veces la del negro en CRT.

Respecto a las pantallas PDP, puede parecer que tienen valores de contraste muy superiores a las pantallas TFT. De hecho es cierto, pero sólo en habitaciones oscuras. En la figura 1, se muestra una comparativa del contraste en pantallas PDP y pantallas TFT en función de la iluminación ambiental.

En ambientes oscuros, el contraste de las PDP es muy superior a las TFT. Sin embargo, a medida que la iluminación ambiental aumenta, el contraste en las PDP disminuye drásticamente mientras que en las TFT la disminución es más suave: una pantalla PDP (al igual que una CRT) refleja toda la luz que incide sobre su superficie, de forma que a mayor luz ambiental, mayor es la luz reflejada y menor es el contraste. En cambio, las TFT tienen un recubrimiento que absorbe parte de la radiación visible incidente sobre la superficie. De esta forma, se refleja menos luz que en las PDP y, por lo tanto, la pérdida de contraste es menor.

Figura 1
Comparación de contrastes en pantallas de plasma (PDP) y pantallas LCD en diferentes ambientes



Brillo

El brillo (luminancia) es la relación entre la intensidad luminosa y el área de la superficie sobre la que incide. La Guía Técnica establece que, como mínimo, la luminancia de las pantallas de visualización debe ser de 35 Cd/m². Esta luminancia se refiere a los caracteres en polaridad negativa (caracteres blancos sobre fondo oscuro) o para el fondo de la pantalla en polaridad positiva (caracteres oscuros sobre fondo claro). En dicho texto, también se menciona que el nivel preferido de luminancia por los usuarios es de 100 Cd/m².

En cambio, la norma TCO'03 para las pantallas CRT establece que la luminancia máxima de la pantalla debe ser superior o igual a 120 Cd/m². Por lo que respecta a las pantallas TFT, la norma anterior establece que dicho máximo sea superior o igual a 150 Cd/m².

En la actualidad, los valores máximos de luminancia en pantallas CRT se sitúan alrededor de las 120 Cd/m², mientras que en las TFT los valores más habituales son de 250 Cd/m². Respecto a las PDP, se pueden obtener valores de más de 450 Cd/m² (algunos fabricantes aseguran que alcanzan luminancias de hasta 750 Cd/m²).

Color

Tanto en las pantallas CRT, como en las TFT y en las PDP, cada píxel de la pantalla se divide físicamente en tres subpíxeles uno de color rojo, otro verde y otro azul. La combinación del color de los tres subpíxeles determina el color final del píxel. Esta combinación puede hacerse de cuatro formas diferentes:

- Por integración espacial. Los 3 subpíxeles de cada píxel se iluminan de forma simultánea. Como cada grupo de 3 subpíxeles está junto, el pequeño ángulo visual que forman con respecto al observador hace que la impresión que producen (cada subpíxel) en la retina se mezcle y forme un único punto de color.
- Por adición. Se generan simultáneamente tres imágenes monocromáticas, una de cada color, que se superponen en la pantalla. Esta técnica es la que suelen emplear los proyectores.
- Integración temporal. Esta técnica a veces se llama campo secuencial. La pantalla genera tres imágenes: una roja, otra verde y otra azul en rápida secuencia durante un ciclo (durante un fotograma) y la visión humana las integra temporalmente para formar una imagen a color.
- Por sustracción. La luz blanca se hace pasar por tres paneles y cada uno de ellos regula cada uno de los tres colores.

El método más empleado para la generación del color en las pantallas CRT, TFT y PDP es el de integración espacial, aunque existen algunas CRT de integración temporal para aplicaciones específicas (las pantallas llamadas *Field Emission Display* también pueden generar color mediante integración temporal).

Otro factor a considerar relacionado con la calidad del color es que las pantallas TFT y PDP son digitales; es decir, trabajan con señales digitales mientras que las CRT sólo admiten señales analógicas. Esto implica que si la señal de entrada a una pantalla plana es analógica, se necesita una etapa previa de conversión analógico/digital (A/D) que conlleva la pérdida de información de la señal original y, consecuentemente, una disminución en la calidad del color.

Cuando se trabaja con ordenadores, la señal de vídeo que sale del ordenador y va hasta la pantalla, es una señal digital. Por lo tanto,

al utilizar una pantalla CRT, es necesaria una etapa de conversión D/A. Por el contrario, si se utiliza una pantalla plana (bien sea TFT o bien PDP) no es necesaria ninguna etapa de conversión de la señal. Como todas las etapas de conversión siempre conllevan una pérdida de información de la señal original, es importante tener en cuenta si las pantallas TFT y PDP disponen de entradas digitales o no (actualmente la mayoría sí las tiene). De esta forma, se evitan todas las conversiones intermedias que degradan la señal.

En cuanto a la calidad del color, las diferencias que existen entre las pantallas CRT, TFT y PDP son mínimas. Al comparar el espectro de color de pantallas CRT y TFT en el diagrama cromático CIE, se observa que la representación del color rojo es prácticamente igual en ambas, pero las CRT tienen un comportamiento algo mejor frente a los colores azul y verde. Respecto a las PDP, ofrecen una mejor representación del color verde que las TFT, pero estas últimas representan mejor los colores rojo y azul. No obstante, la calidad del color es objeto de una continua investigación y de forma paulatina se mejora el espectro que puede representar cada pantalla, reduciendo al mínimo las diferencias entre ellas.

Consumo energético

La norma TCO'03 para pantallas TFT establece que el consumo en modo "standby" (modo de bajo consumo energético) debe ser igual o inferior a 4 W, y en modo apagado (pantalla con interruptor cerrado pero todavía conectada a la red eléctrica) debe ser igual o inferior a 2 W. No se especifica ningún valor para el modo de encendido, dejando esa especificación para futuras versiones y revisiones de la norma.

Para pantallas CRT, la TCO'03 establece que en modo "standby" el consumo debe ser igual o inferior a 4 W y que en modo apagado, el consumo debe ser igual o inferior a 3W.

Las pantallas TFT consumen menos energía que las CRT, tanto cuando están encendidas como cuando están en "standby". En global, las pantallas TFT reducen el consumo en un 60% con respecto a las CRT. Por ejemplo, una pantalla TFT típica de 15 pulgadas (15") de diagonal consume unos 25 W cuando está funcionando y unos 3 W cuando está en "standby". Una pantalla CRT equivalente (en cuanto al tamaño de la imagen) de 17" consume 80 W en el primer caso y 5 W en el segundo. Por otro lado, las pantallas CRT disipan mucho más calor que las TFT, por lo que éstas últimas reducen el consumo energético asociado al aire acondicionado.

En cuanto a las pantallas de plasma, siguen teniendo un consumo superior al de pantallas TFT equivalentes. Una pantalla de plasma de 42" de diagonal consume, aproximadamente, 290 W mientras que una pantalla TFT de 40" consume 230 W.

Radiaciones

Todas las pantallas son una fuente potencial de diferentes radiaciones electromagnéticas. No todas presentan los mismos tipos de radiaciones porque las tecnologías empleadas son diferentes en cada caso. A finales de la década de los 70, surgieron preocupaciones acerca de los campos eléctricos y magnéticos generados por las pantallas CRT, estas preocupaciones se extendieron a las nuevas tecnologías de las pantallas planas.

Mientras que las pantallas CRT presentan una radiación asociada al haz de electrones, en las pantallas planas (dentro de las que se incluyen las TFT y PDP) no se da esta situación porque no emplean esa tecnología para formar la imagen. Según el *International Non-Ionizing Radiation Committee*, las pantallas TFT y PDP generan campos electromagnéticos menores que los de las CRT. Esto no quiere decir que las pantallas planas no emiten ningún tipo de radiación: las corrientes eléctricas siempre tienen asociadas un campo electromagnético.

Existen estándares internacionales que regulan la emisión de radiaciones de las pantallas. Los dos estándares más populares contienen límites de radiación que no se basan en criterios ni estudios biológicos sino que establecen los valores que se pueden obtener con las tecnologías actuales de fabricación. Estos estándares son:

- **Normas TCO.** Son normas publicadas por la Confederación General de Funcionarios y Empleados de Suecia (TCO). En el ámbito de la ergonomía en puestos de trabajo con pantallas de visualización de datos, la última versión publicada es la TCO'03 para pantallas CRT y la TCO'03 para pantallas TFT. Son normas que establecen estándares en todos los aspectos relacionados con el trabajo en pantallas. No existe ninguna versión para otros tipos de pantallas planas; es decir, no es aplicable a las PDP.

En la actualidad, la mayoría de pantallas comercializadas cumplen con las normas TCO. Aunque los modelos de pantalla más reciente cumplen con la versión TCO'03, todavía existen modelos que sólo se ajustan a la versión anterior: la norma TCO'99. En lo que a niveles de radiación se refiere, no existe ninguna diferencia entre ambas normas. En la tabla 1 se muestran los límites de radiación (medidos a 30 cm de distancia) establecidos por la norma TCO'03

Además se prohíbe explícitamente la emisión de rayos X en las pantallas CRT.

Tabla 1.
Valores de emisiones de radiación de la norma TCO'03

TIPO DE PANTALLA	FRECUENCIA	CAMPO ELÉCTRICO E (V/m)	CAMPO MAGNÉTICO B (nT)	POTENCIAL ELECTROSTÁTICO (kV)
CRT	5 Hz - 2 kHz	≤ 10	≤ 200	≤ ± 0.5
	2 kHz - 400 kHz			

TFT	5 Hz - 2 kHz	≤ 10	≤ 200
	2 kHz - 400 kHz	< 1	< 25

- **Normas MPR.** Es un estándar publicado por la Swedish Standards Institution (SIS). El más conocido y empleado es la norma MPR-II del año 1990 aunque la última versión MPR-III del año 1998 es la base de la norma EN 50279:1998 que todavía está en vías de aprobación. A diferencia de las normas TCO, las MPR se aplican en todos los ámbitos en los que existen campos electromagnéticos y no sólo a las pantallas, como ocurre en las normas TCO.

La diferencia entre ambas versiones, es que la última (MPR-III) no determina unos niveles máximos de radiación, sino que establece una clasificación de los objetos en función de la radiación emitida. En el nivel más restrictivo, los valores límite son muy similares a los propuestos por las normas TCO.

En general, los niveles de radiación permitidos por la MPR-II son menos estrictos que los fijados por las TCO. Por esta razón, es bastante habitual encontrar pantallas que cumplen con las TCO pero en lo que respecta a radiaciones se basan en el estándar MPR-II.

Los valores límites establecidos en la norma MPR-II (MPR 1990:8) y MPR-III (prEN50279:1998) categoría "A" (categoría más restrictiva) a una distancia de 50 cm de la pantalla se muestran en la tabla 2.

Al igual que en las normas TCO, las MPR prohíben explícitamente la emisión de rayos X en las pantallas CRT.

En el ámbito de la legislación española el RD 1066/2001, de 28 de septiembre (BOE de 29 de septiembre), por el que se aprueba el "Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas", establece unos valores de referencia muy superiores a los contemplados tanto en las normas TCO como en las MPR.

De igual manera, la Directiva 2004/40/CE (decimoctava directiva específica), por la que se establecen las disposiciones mínimas en materia de protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y sus seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) durante su trabajo, establece valores límite de exposición y valores que dan lugar a una acción que son superiores a los estándares TCO y MPR.

Es decir, cualquier pantalla que cumpla con los requisitos de las normas TCO o MPR en materia de emisión de radiaciones, estará dentro de los límites aceptados tanto por el RD 1066/2001 como por la Directiva 2004/40/CE.

Tabla 2
Valores de emisiones de radiación de las normas MPR-II y MPR-III.

	FRECUENCIA	CAMPO ELÉCTRICO E (V/m)	CAMPO MAGNÉTICO B (nT)	POTENCIAL ELECTROSTÁTICO (kV)
MPR-II	5 Hz - 2 kHz	≤ 25	≤ 250	≤ ± 0.5
	2 kHz - 400 kHz	< 2.5	< 25	
MPR-III	5 Hz - 2 kHz	≤ 10	≤ 200	≤ ± 0.5
	2 kHz - 400 kHz	< 1	< 25	

Análisis comparativo

Con el fin de resumir y de mostrar las diferencias entre las pantallas CRT, TFT y PDP, se presentan dos tablas que sintetizan las ventajas e inconvenientes de estas tecnologías respecto a los factores analizados en la presente nota técnica y en la NTP 678. Estas tablas deben interpretarse por filas; es decir, dan información sobre qué tecnología presenta un mejor comportamiento frente a un determinado factor. En ningún caso, están pensadas para hacer comparaciones entre factores ya que la importancia de cada factor es diferente y, además, el criterio de "mejor comportamiento" o "peor comportamiento" es diferente para cada factor.

En la tabla 3 se muestran los factores comentados en la NTP 678, y en la 4 los explicados en esta NTP. El color claro de las tablas indica que un tipo de pantalla presenta el mejor comportamiento en el factor de la fila correspondiente. Por el contrario, el color más oscuro indica el peor comportamiento. Cuando el color de la celda es intermedio, debe interpretarse que el comportamiento es intermedio.

Se observa que las pantallas CRT superan claramente a las TFT y a las PDP tanto en la resolución como en los píxeles muertos. En las CRT, al no ser pantallas de tipo matricial, los píxeles pueden hacerse muy pequeños en comparación con las TFT y PDP, lo que implica una mayor resolución. Además, no presentan píxeles defectuosos mientras que las pantallas planas sí pueden tenerlos.

De acuerdo a la tabla 4, la principal ventaja de las pantallas CRT frente a las TFT es el ángulo de visión. Aunque las TFT presentan ángulos de visión semejantes a los de las CRT, existen pérdidas de contraste y color que no se dan en las últimas.

Por el contrario, las pantallas TFT y las PDP tienen la ventaja de su pequeño tamaño en comparación (a igual tamaño de diagonal) con

los enormes volúmenes de espacio que ocupan las CRT. Sin embargo, las TFT presentan la característica única de ser fuentes libres de parpadeo y de no resultar afectada por la presencia de campos electromagnéticos externos.




Por otro lado, las principales ventajas de las TFT y las PDP son su alto brillo y unos niveles de radiaciones muy bajos. Además, las pantallas TFT son las que presentan un menor consumo energético.

Tabla 3
Comparativa de los factores ergonómicos de la NTP 678

	CRT	TFT	PDP
Tamaño de la pantalla	Mal comportamiento	Buen comportamiento	Buen comportamiento
Resolución	Buen comportamiento	Mal comportamiento	Mal comportamiento
Píxeles muertos	Buen comportamiento	Mal comportamiento	Mal comportamiento
Frecuencia de refresco	Mal comportamiento	Buen comportamiento	Mal comportamiento
Tiempo de respuesta	Buen comportamiento	Mal comportamiento	Buen comportamiento

Tabla 4
Comparativa de los factores ergonómicos de la presente NTP

	CRT	TFT	PDP
Ángulo de visión	Buen comportamiento	Mal comportamiento	Mal comportamiento
Contraste	Buen comportamiento	Mal comportamiento	Mal comportamiento
Brillo	Mal comportamiento	Buen comportamiento	Buen comportamiento
Color	Buen comportamiento	Buen comportamiento	Buen comportamiento
Consumo energético	Mal comportamiento	Buen comportamiento	Mal comportamiento
Radiaciones	Mal comportamiento	Buen comportamiento	Buen comportamiento

Buen comportamiento 
Comportamiento intermedio 
Mal comportamiento 

Bibliografía

1. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización
INSHT Madrid
2. HEDGE, A.
Ergonomics considerations of LCD versus CRT
Displays, 2003
3. KUBOTA, S.
Ergonomic comparison of liquid crystal display and cathode ray tube display
Display and imaging, 1997, 5(3), 181-190
4. MENOZZI, M., LANG, F, NAEPFLIN, U., ZELLER, C. AND KRUEGER, H.
CRT versus LCD: Effects of refresh rate, display technology and background luminance in visual performance
Displays, 2001, 22(3), 79-85
5. POST, D. L., TASK, H. L.
Visual display technology
International encyclopedia of ergonomics and human factors, 1999, 850-855
6. TCO'03 CRT Displays, Stockholm, versión 2, 2004
7. TCO'03 Flat Panel Displays, Stockholm, versión 2, 2004
8. UNE-EN ISO 13406-1
Requisitos ergonómicos para trabajos con pantallas de visualización de panel plano. Parte 1: Introducción, AENOR, 2000
9. UNE-EN ISO 13406-2
Requisitos ergonómicos para trabajos con pantallas de visualización de panel plano. Parte 2: Requisitos ergonómicos de las pantallas de panel plano, AENOR, 2002