

NTP 678: Pantallas de visualización: tecnologías (I)



Écran de visualisation: technologies
Visual display terminals: technologies

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida		Complementada por la NTP 694	
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: SI

Redactor:

Alfredo Álvarez Valdivia
Ingeniero industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

La presente nota técnica de prevención pretende dar a conocer las tecnologías más utilizadas hoy día en la fabricación de las pantallas de visualización de datos, centrándose en las más populares: tubo de rayos catódicos, plasma y TFT. A partir de esta base tecnológica, se discuten, a continuación, los factores más importantes desde el punto de vista de la ergonomía visual que deben considerarse para el trabajo con las pantallas de visualización de datos. Dada la cantidad de factores considerados, se prevé dedicar una futura nota técnica para la explicación de todos aquellos no incluidos en la presente.

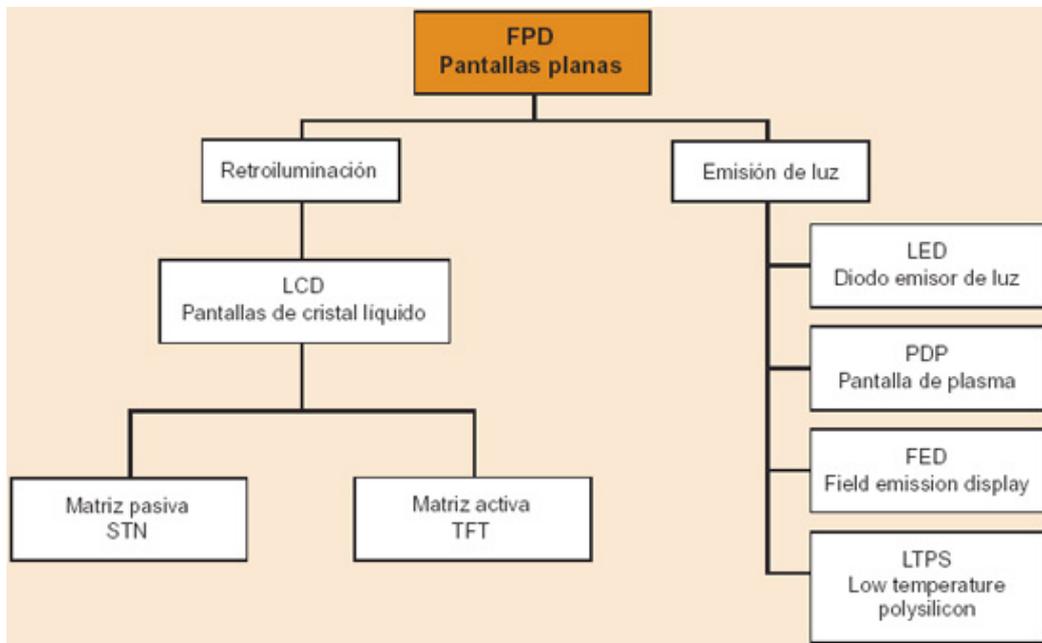
Introducción

Las pantallas de visualización de datos son un elemento indispensable en la mayoría de trabajos actuales ya que actúa como interfaz entre el trabajador y el ordenador. Durante mucho tiempo, las pantallas se han basado en la tecnología del tubo de rayos catódico, pero en la actualidad existen muchas alternativas con diferentes ventajas e inconvenientes para el trabajador.

Las pantallas de visualización pueden clasificarse en dos grandes grupos en función de la tecnología empleada para formar la imagen: las pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT, *cathode ray tube*) y las pantallas planas (FPD, *flat panel displays*).

Dentro de las FPD se engloban un gran número de pantallas muy distintas en cuanto a la tecnología empleada, pero que tienen la característica común de ser planas. La norma UNE-EN ISO 13406-1 define como pantalla plana "aquella que está formada por una superficie plana con un radio de curvatura mayor de 2 metros, destinada a la presentación de información; la superficie incluye una zona activa constituida por un conjunto regular de elementos pictográficos discretos eléctricamente alterables (píxeles), dispuestos en filas y columnas"; es decir, que tiene una estructura matricial. Las FPD pueden clasificarse en dos grupos (figura 1): las que emiten luz y las que utilizan un sistema de retroiluminación. Estas últimas son conocidas con el nombre de LCD (*liquid crystal displays*): pantallas de cristal líquido.

Figura 1
Clasificación de las pantallas planas (FPD)



De entre las FPD que emiten luz, cabe destacar las pantallas de plasma (PDP, *plasma display panel*) como las más importantes; mientras que las TFT LCD (*thin film transistor*) son las más representativas de las que utilizan retroiluminación.

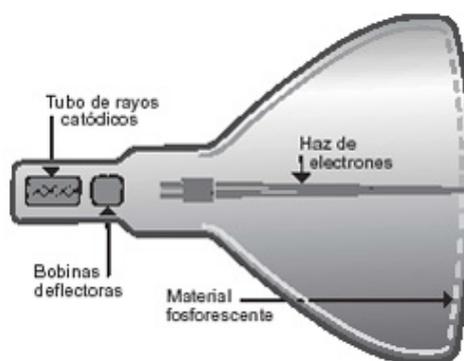
Pantallas. Principio de funcionamiento

Si bien es cierto que la pantalla CRT se sigue utilizando en muchos lugares de trabajo, las ventas de pantallas TFT y de plasma (PDP) han aumentado en los últimos años y se han hecho muy populares. Seguidamente, se explica el principio de funcionamiento de cada una de estas pantallas.

Tubos de rayos catódicos (CRT)

El tubo de rayos catódicos fue inventado en 1897. Las imágenes generadas mediante la tecnología de rayos catódicos se utilizaron en un principio (desde finales de los años cuarenta) en los aparatos de televisión. Las computadoras personales, en sus inicios, adoptaron esta tecnología para sus monitores, tecnología que se mantiene vigente hasta la presente fecha, aunque poco a poco está siendo desplazada por otras más modernas. El componente principal, que a su vez es el más costoso, es el tubo de rayos catódicos, cuyo cátodo genera electrones que son acelerados hacia la pantalla de material fosforescente (que actúa como ánodo). El flujo de electrones es concentrado en un haz que se desplaza a través del vacío e impacta en la pantalla (figura 2), al otro extremo del tubo. El haz de electrones es acelerado mediante un campo estático de alto voltaje cuya orientación se controla mediante unas bobinas deflectoras. Las bobinas generan campos magnéticos (controlados por la tensión que se les aplica) que actúan sobre los electrones emitidos, modificando su trayectoria.

Figura 2
Pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT)



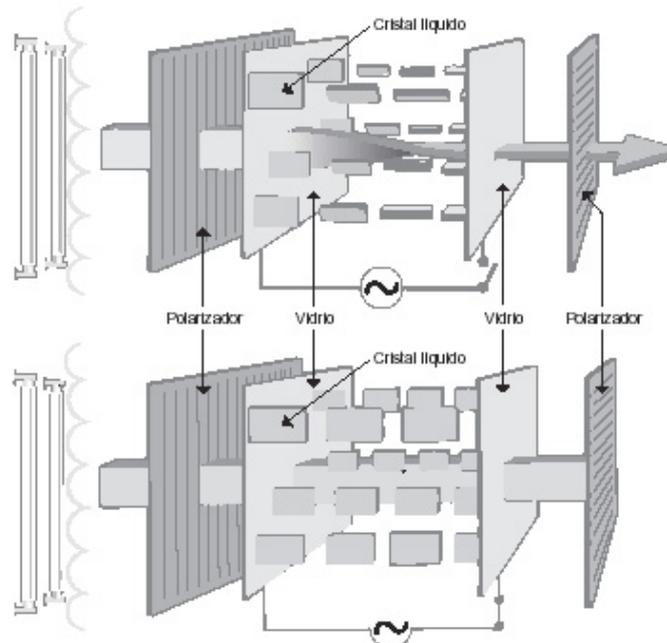
Debido a que el recubrimiento fosforescente, al impacto de los electrones, sólo emite luz durante un corto período de tiempo, es necesario que el haz de electrones generado por el tubo de rayos catódicos barra toda la pantalla muchas veces por segundo para que así se pueda percibir una sensación de continuidad de la imagen en el tiempo.

Pantallas TFT

Las pantallas TFT están formadas por uno o más tubos de neón que conforman la luz trasera que ilumina la totalidad de la pantalla. La pantalla está constituida por pequeñas celdas que, a su vez, forman los píxeles de la misma. Cada una de estas celdas tiene dos polarizadores orientados de tal forma que su dirección de polarización es perpendicular. Entre los dos polarizadores se sitúan dos capas de vidrio, llamadas sustrato, entre las que se encuentra el cristal líquido propiamente dicho. En función del voltaje aplicado, los cristales se orientan en el espacio y modifican el plano de oscilación de la luz (figura 3). De esta forma, cada celda puede dejar pasar la

luz o bien bloquearla, y el conjunto de todas ellas es el que genera la imagen visible.

Figura 3
Interacción de la luz con las partículas de cristal líquido en una pantalla TFT

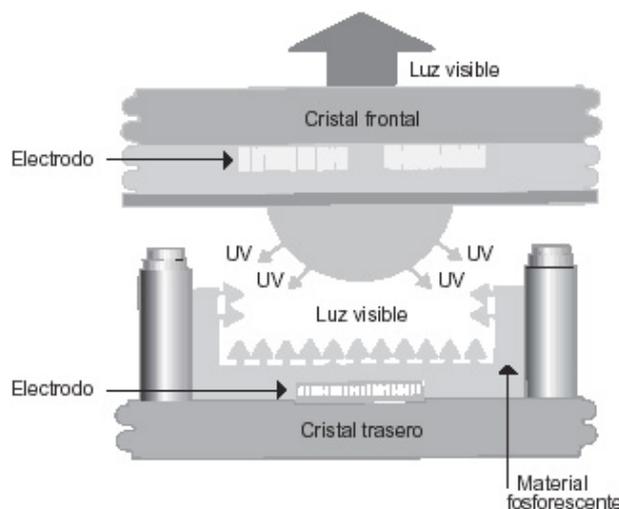


Cuando no hay diferencia de potencial (figura de arriba) el cristal líquido gira el plano de oscilación de la luz y ésta pasa a través del polarizador frontal. Al aplicar una tensión (figura de abajo) las partículas de cristal se ordenan de forma que el plano de oscilación no se ve alterado y la luz es bloqueada por el polarizador frontal.

Pantallas de plasma (PDP)

El principio de funcionamiento de una pantalla de plasma consiste en iluminar pequeñas luces fluorescentes de colores para conformar una imagen. Las pantallas de plasma funcionan como las lámparas fluorescentes, en que cada píxel es semejante a un pequeño foco coloreado. Cada uno de los píxeles que integran la pantalla está formado por una pequeña celda estanca que contiene un gas inerte (generalmente neón o xenón). Al aplicar una diferencia de potencial entre los electrodos de la celda, dicho gas pasa al estado de plasma. El gas así cargado emite radiación ultravioleta (UV) que golpea y excita el material fosforescente que recubre el interior de la celda. Cuando el material fosforescente regresa a su estado energético natural, emite luz visible (figura 4).

Figura 4
Esquema de funcionamiento de una celda de pantalla de plasma



Aspectos ergonómicos

En este apartado se analizan algunos de los factores de ergonomía visual que deben tenerse en cuenta en las tareas con pantallas de visualización de datos: tamaño de la pantalla, resolución, píxeles muertos, frecuencia de refresco y tiempo de respuesta.

Tamaño de pantalla

Las pantallas CRT son las más pesadas y las que más volumen ocupan. Esto es debido a que el haz de electrones necesita un

determinado espacio para poder formar las imágenes en la pantalla. Además, el peso de las CRT aumenta exponencialmente con el tamaño de la pantalla porque el cristal debe ser lo suficientemente grueso como para soportar la presión atmosférica. En comparación con las CRT, tanto las TFT como las PDP ocupan mucho menos espacio y son más ligeras.

Además, en relación con la geometría de la pantalla, debe tenerse presente la distorsión de la imagen formada. Las pantallas FPD no distorsionan la imagen en las esquinas de la pantalla porque tienen una geometría plana y todos los píxeles son activos. En cambio, en el caso de las pantallas CRT existe una distorsión periférica que se acentúa a medida que el haz de electrones se acerca a las esquinas. Este hecho es la causa de que las pantallas CRT tengan un borde negro alrededor de la imagen. Esto, sumado al radio de curvatura que presentan las CRT hace que el tamaño de la diagonal real (la que es vista por el usuario) sea siempre menor que la diagonal de la pantalla. Tanto en las TFT como en las PDP la diagonal real es igual a la diagonal de la pantalla.

Resolución

El término *resolución* se utiliza ampliamente para describir el nivel de detalle espacial de una pantalla. En su acepción más habitual, la resolución se especifica en píxeles por unidad de longitud. Además, generalmente se obvia la unidad de distancia porque se entiende, implícitamente, como el alto o el ancho de la pantalla. De esta forma, es habitual especificar la resolución como el número de píxeles en horizontal y el número de píxeles en vertical que tiene la pantalla.

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 explicita que el tamaño y la resolución de las pantallas CRT deberán adecuarse al tipo de tareas que se realice. Dicha Guía Técnica recomienda las características mínimas indicadas en la tabla 1.

Sin embargo las normas TCO'03 tanto en su versión para pantallas CRT como para pantallas TFT (tabla 2), establece unos mínimos de resolución que son mucho más estrictos que los fijados por la Guía Técnica.

La situación de máxima resolución se da cuando el tamaño de los píxeles es el más pequeño posible. Este tamaño mínimo está determinado por las características físicas de la pantalla. En las pantallas con estructura matricial (TFT y PDP) la resolución máxima es la que corresponde al número de píxeles físicos de la pantalla (es decir, al número de celdas que forman la estructura matricial de la pantalla). En este caso, cuando se desea trabajar a una resolución inferior, el tamaño del píxel debe aumentarse ya que la imagen que se muestra debe escalarse a la nueva resolución de la pantalla. Desde el punto de vista técnico, este escalado es más fácil de realizar en las pantallas CRT que no en las TFT ni en las PDP: estas últimas, al tener una estructura matricial, presentan problemas de representación de imagen cuando la relación de escalado no es un número entero (imágenes centrales de la figura 5)

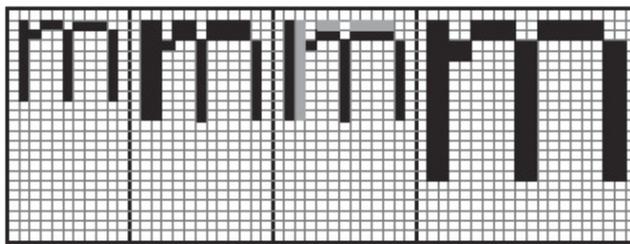
TABLA 1
Características mínimas de resolución y frecuencia recomendadas por la Guía Técnica del INSHT

Diagonal (pulgadas)	Resolución (píxeles)	Frecuencia (Hz)
14"	640 x 480	70
17"	800 x 600	70
20"	1024 x 768	70

TABLA 2
Resoluciones mínimas según la TCO'03 Flat Panel Displays (izquierda) y TCO'03 CRT (derecha)

Diagonal (pulgadas)	Resolución mínima	Diagonal (pulgadas)	Resolución mínima
15"	1024 x 768	14 -16"	800 x 600
16"	1024 x 768	17-18"	1024 x 768
17"	1280 x 1024	19 -22"	1280 x 1024
18"	1280 x 1024	> 22"	1600 x 1200
19"	1280 x 1024		
21"	1600 x 1200		

Figura 5
Escalado de una imagen en pantallas TFT y PDP



En la imagen de la izquierda se muestra la letra "m" a una resolución de 1600 x 1200. Al disminuir la resolución hasta 1024x768 (imágenes centrales con distintos tipos de escalado) el tamaño de los píxeles aumenta en un factor de 1.28. En la imagen de la derecha el factor de escalado es de 2 para una resolución de 800x600.

Píxeles muertos

Debido a la complejidad de la tecnología empleada en la fabricación de las pantallas TFT y PDP es posible que alguno de los píxeles que componen la pantalla pueda estar defectuoso. Aunque lo deseable es que todos los píxeles funcionen correctamente, esto no es viable desde un punto de vista económico. Por ello, se ha llegado a un consenso que establece como aceptable un número determinado de píxeles defectuosos. La norma UNE-EN ISO-13406-2 determina los tipos de error admisibles en las pantallas planas, estableciendo que todas ellas deberían pertenecer a la Clase I (tabla 3) o, en caso contrario, el fabricante deberá especificar la clase a la que pertenece. Por ejemplo, las pantallas con una resolución de 1024x768 y de clase II no alcanzan el millón de píxeles (786.432) por lo que se aceptarían 2 píxeles defectuosos de tipo 1, 2 y grupo de tipo 3, así como 5 píxeles de tipo 3. En cambio, en las pantallas con una resolución de 1280 x 1024 y de clase II, al pasar de un millón de píxeles (1.310.720), se aceptarían hasta 4 píxeles de tipo 1, 2 y grupo de tipo 3, así como 10 píxeles de grupo 3.

Por el contrario, en las pantallas CRT no tiene sentido hablar de píxeles defectuosos porque no tienen una estructura matricial.

TABLA 3
Clases de pantalla en función de la cantidad de errores de píxeles por cada millón de puntos según la norma UNE-EN ISO 13406-2

CLASE DE PANTALLA	NÚMERO MÁXIMO DE DEFECTOS, POR TIPO, POR MILLÓN DE PÍXELES				
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Grupo con más de un defecto de tipo 1 o tipo 2	Grupo de defectos de tipo 3
I	0	0	0	0	0
II	2	2	5	0	2
III	5	15	50	0	5
IV	50	150	500	5	50

Frecuencia de refresco

En una pantalla CRT la frecuencia de refresco vertical es un parámetro importante ya que se relaciona dicha frecuencia con la fatiga visual. En estas pantallas la imagen es creada siempre de nuevo línea por línea, aunque no cambie el contenido de la misma, ya que es necesario para así crear la sensación de continuidad en el tiempo. La frecuencia de refresco es el número de veces que se dibuja la imagen por segundo; es decir, es el número de veces que el haz de electrones barre por completo la pantalla.

Si la frecuencia de refresco no es lo suficientemente elevada, entonces se observa un efecto de parpadeo de la imagen. Aunque el hecho de que el ojo humano sea capaz de detectar el parpadeo no implica necesariamente que cause problemas visuales, muchos investigadores consideran que este parpadeo es uno de los causantes de la fatiga visual porque los músculos oculares trabajan más que cuando no existe parpadeo.

No obstante, con el fin de evitar el parpadeo, los fabricantes de pantallas se han esforzado en aumentar la frecuencia de refresco de las pantallas. En la actualidad, los valores típicos de frecuencia de refresco se sitúan entre 72 y 96 Hz. En condiciones normales de visualización, las frecuencias inferiores a 96 Hz no son suficientes para evitar la percepción del parpadeo. Alrededor del 50% de observadores son capaces de detectar parpadeo con frecuencias de hasta 72 Hz con una luminancia promedio de 80 cd/m². La misma pantalla con una frecuencia de 87 Hz será percibida con parpadeo por sólo un 5% de observadores.

La Guía Técnica del INSHT establece que la pantalla debería poder verse libre de parpadeos como mínimo por el 90% de los usuarios. Como la percepción de dicho parpadeo depende de numerosos factores, la Guía recomienda una frecuencia mínima de 70 Hz.

Las pantallas PDP también necesitan de un refresco continuo para crear la sensación de continuidad de la imagen mostrada. Sin embargo, el proceso de refresco no es línea a línea, como ocurre en las CRT, sino que toda la pantalla se actualiza a la vez, de forma similar a lo que ocurre en la proyección de una película de cine. Esto hace que la fatiga visual ocasionada sea menor que la asociada a las CRT.

Tiempo de respuesta

Las pantallas TFT carecen de parpadeo ya que los píxeles se crean nuevamente sólo cuando cambia la imagen; en caso contrario, la imagen queda fija y libre de parpadeo. Las TFT pueden considerarse como una fuente de luz sin variación temporal (es decir, frecuencia de refresco de 0 Hz). Por lo tanto la frecuencia de refresco no es un parámetro importante para las pantallas TFT. En su lugar, se suele hablar del tiempo de respuesta que, además, es uno de los parámetros característicos de las pantallas TFT. Se entiende por tiempo de respuesta aquel tiempo necesario para que un píxel se encienda y se apague.

La mayoría de pantallas TFT tienen tiempos de respuesta de entre 25 y 20 milisegundos. Estos valores limitan, en cierta medida, el número de imágenes por segundo que la pantalla puede mostrar. Por ejemplo, para un tiempo de respuesta de 25 ms podría pensarse que el número máximo de imágenes por segundo que pueden mostrarse son 40 (que es el valor inverso de 25 ms). Sin embargo, la anterior afirmación no es del todo cierta. Sí que es cierto que una pantalla de esas características sólo podría mostrar 40 veces por segundo la transición de pantalla negra-blanca-negra.

No obstante, ésta no es la situación más común que se da en el trabajo con pantallas de visualización de datos porque las transiciones no suelen ser entre los extremos (blanco-negro) y, en todo caso, no son a pantalla completa.

Por todo ello, en aquellas tareas en las que se requiere que los cambios de pantalla sean rápidos (en todas aquellas situaciones en las que se trabaje con secuencias de imágenes: industria del videojuego o tareas de edición de vídeo, por ejemplo), el trabajar con pantallas TFT puede causar que las imágenes no se vean tan nítidas como en las CRT o PDP. Sin embargo, en trabajos de oficina (y en todos aquellos en los que no es necesario que la pantalla cambie rápidamente) la calidad de la imagen mostrada por la pantalla no difiere de la de una CRT o PDP.

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
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Madrid, Madrid, 1997.
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: 2000
Requisitos ergonómicos para trabajos con pantallas de visualización de panel plano. Parte 1: Introducción,
9. UNE-EN ISO 13406-2: 2002
Requisitos ergonómicos para trabajos con pantallas de visualización de panel plano. Parte 2: Requisitos ergonómicos de las pantallas de panel plano