




# Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos como residuos

---

Taller sobre RAEE para Autoridades Ambientales

Bogotá, 11 y 12 de octubre de 2010



# Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

---

Taller sobre RAEE para Autoridades Ambientales

**Parte 3: La problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares.**

# Problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares

---

**¿Qué daño producen estos aparatos?**

**¿No nos llevan a un mundo más ecológico?:**  
**-Eliminan papel**  
**-Reducen los viajes...**

**Los ACV ¿pueden decirnos cuál es su impacto real?**

# Problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares

---

- Debe preocuparnos:
  - El impacto de los productos a lo largo de todo su ciclo de vida.
  - La cantidad de productos que se fabrican y desechan.

# Análisis de ciclo de vida de los ordenadores

---

- Gran incertidumbre sobre procesos
  - Un análisis de sistemas de producción de microchips mostró más de 400 procesos, relaciones muy diversas entre fabricantes y cadenas de suministro muy dinámicas (Nissen 2001).
- Mayor incertidumbre sobre el comportamiento ciudadano
  - Consumo eléctrico
  - Reciclaje/eliminación

# Problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares

---

- La fabricación.
  - Materias primas.
  - Residuos y emisiones generados en el proceso productivo.
- Su vida útil:
  - Reparaciones.
  - Consumos.
- Al términos de su vida útil:
  - Reutilización.
  - Reciclaje.
  - Eliminación (de acuerdo a estándares o no).

# Problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares

---

- **El mercado. Características.**
- El proceso de fabricación.
- El impacto durante su vida útil.
- Los ordenadores / teléfonos celulares como residuos.

# El mercado de los ordenadores.

---

- La vida media de los ordenadores en países desarrollados ha pasado de 6 años en 1997 a 2 años en 2005.
- En 2004 se vendieron 183 millones de ordenadores en el mundo: un incremento del 11,6% sobre 2003.
- Se estimaba que en 2010 habría 716 millones de ordenadores en uso, incluyendo 178 millones de nuevos usuarios en China y 80 millones en la India.

# Generación de residuos de ordenadores en Colombia.

---

- Crecimiento exponencial de las ventas de PC.
- Crecimiento exponencial de la generación de PC como residuos.
- 2007: entre 6.000 y 9.000 toneladas (0,10-0,15 kg/persona).
- En 2013 habrá instalados 9 MM de PC y se estima una generación de 80.000-140.000 toneladas de residuos.
- Unos 6 MM estarán obsoletos (alrededor de 140.000 ton).

# Características del mercado de los ordenadores (1/4)

---

- Productores locales (“clónicos”) vs grandes empresas multinacionales => problemática ligada al control de los productores.
- Cambio en la tecnología de las pantallas: de pantallas de tubo a las pantallas planas.
- Crece la cuota de mercado de los ordenadores portátiles (>30%)

# Características del mercado de los ordenadores (2/4)

---

- Ordenadores personales vs grande ordenadores corporativos (“main frames”).
- Difícil diferenciar los mercados doméstico y profesional:
  - Aparatos muy similares en su diseño.
  - Solape en el punto de venta.
  - Solape en la manera de deshacerse de los aparatos.

# Características del mercado de los ordenadores (3/4)

---

- Garantizar que la información del aparato es completamente eliminada.
- Gran potencial de reutilización.
- Residuo con valor de mercado:
  - Robos.
  - Canibalizaciones.

# Características del mercado de los ordenadores (4/4)

---

- Perspectiva histórica: Miniaturización
- Tendencia: Su extensión permite pasar de los ordenadores de sobremesa a los portátiles (porcentaje creciente del mercado en unidades).
- Pantallas: De las CRT (tubos de rayos catódicos) a las pantallas planas (LCD).
- A medio plazo: retroiluminación por LED, más eficiente energéticamente y no es un producto peligroso.

# Generación de residuos de teléfonos celulares en Colombia.

---

- 1997-2007: 15 MM de equipos (2.000 toneladas)
- 2013: 11.000-18.000 toneladas.

# El mercado de los celulares.

---

- La vida media de los teléfonos celulares es inferior a dos años en los países desarrollados.
- En 2004 se vendieron 674 millones de teléfonos móviles: un 30% más que en 2003.
- <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/toxic-transformers-briefing/>

# Evolución...

---



# Evolución...



# Peculiaridades del mercado de los teléfonos celulares.

---

- Entre 2004 y 2007 se triplicó el número de abonados.
- Se estima que en 2013 el mercado será básicamente de reposición.
- Con los celulares se produce el llamado “efecto tesoro”: muchos ciudadanos los guardan.
- El producto desechado tiene valor de mercado en sí mismo (reutilización) y por los materiales que contiene (reciclado).

# Problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares

---

- El mercado. Características.
- **El proceso de fabricación.**
- El impacto durante su vida útil.
- Los ordenadores / teléfonos celulares como residuos.

# Consumo de materias primas

---

- Fabricación de semiconductores: la fabricación de una memoria DRAM, de 32 MB (2 g) requiere:
  - 1,6 kg de combustibles fósiles
  - 27 g de compuestos químicos
  - 700 g de gases elementales
  - 32 kg de agua fresca
  - 41 MJ de energía
- (Williams *et al.* 2002). *For a complete personal computer including CRT-monitor, the input of abiotic raw materials is up to 1500 kg* (Turk 2003).

# Impacto del proceso de fabricación

---

- Las instalaciones modernas de fabricación hace tiempo que por motivos ambientales y económicos trabajan para reducir el impacto ambiental de sus procesos.
- Las más importantes han implantado procesos y tecnologías limpios.

# Problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares

---

- El mercado. Características.
- El proceso de fabricación.
- **El impacto durante su vida útil.**
- Los ordenadores / teléfonos celulares como residuos.

# Análisis de ciclo de vida de los ordenadores

---

- El impacto durante su vida útil está ligado sobre todo al consumo de energía.
- Datos asilados consultados indican un consumo del 1-3% en 2001-2004, en Alemania o Suiza, y una tendencia a llegar al 4-6% en 2012 (dependiendo de los avances en ahorro energético).

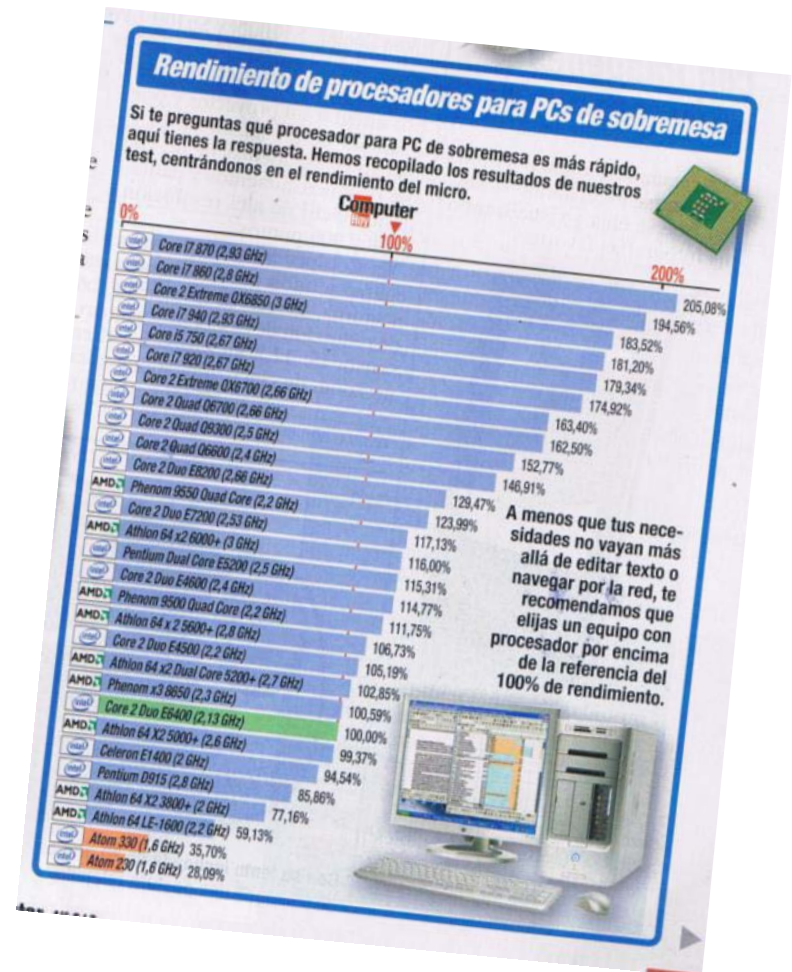
# Problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares

---

- El mercado. Características.
- El proceso de fabricación.
- El impacto durante su vida útil.
- **Los ordenadores / teléfonos celulares como residuos.**

# Los ordenadores como residuos

¿De verdad necesitamos cambiar el ordenador?



# Compuestos peligrosos

---

- Pantallas y circuitos.
- Contenido de plomo, cadmio y mercurio.
  - Riesgo al eliminar el ordenador.
- Eliminación progresiva de los compuestos bromados en los plásticos.
- CRT: el plomo incluido en el cristal no lixivía, pero sí lo hace el plomo de las uniones.

# Sustancias peligrosas en los componentes de ordenadores y teléfonos móviles

---

- Plásticos que contienen retardantes de llama bromados.
- Pantallas
  - CRT
  - Planas
- Circuitos
- Baterías

# Un desastre...

---



# Plásticos con retardantes de llamas bromados

---

- Los compuestos bromados son COP (Contaminantes orgánicos persistentes).
- Greenpeace critica la política de prohibiciones seguida “compuesto a compuesto”.
- El debate sobre la peligrosidad y persistencia de estos productos no está cerrado.

# Familias de retardantes de llama bromados:

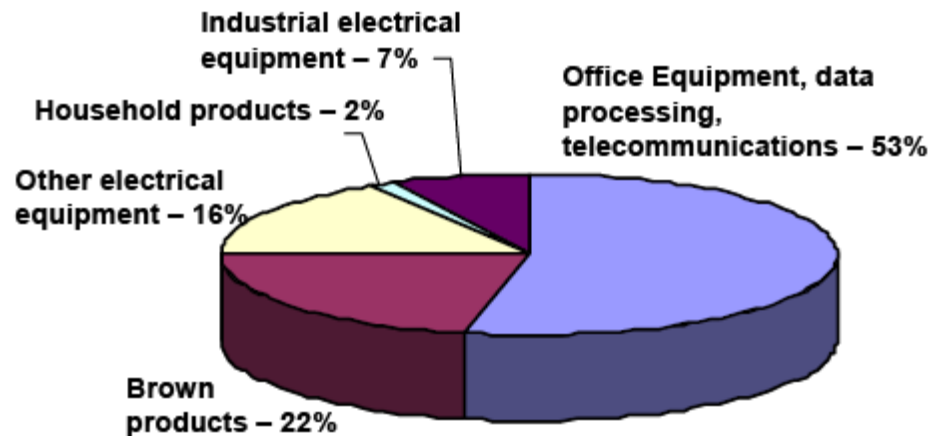
---

1. Polibrominados difeniles éteres (PBDPE):
  - Los más usados son el deca-BDPE (éter de decabromobifenilo) y el octo-BDPE.: carcasas de pantallas, ...
2. Fenólicos:
  - Incluye el TBBPA (tetrabromo-bisfenol A, también escrito como TBBA).
  - Usado sobre todo en circuitos impresos.

# Información de la industria

---

- Asociación Europea de Fabricantes de Plásticos
- Panel de la Industria Europea de retardantes de llama bromados (EBFRIP)



*Source: TN Sofres Consulting for APME*

# Usos del éter de decabromodifenilo

Porcentaje en el mercado	Tipo de plástico	Producto
30%	Poliestireno (HIPS)	Partes plásticas, paneles, teclados, carcasas, televisiones
20%	Terftalato (PBT, PET)	Partes plásticas, enchufes, interruptores
15%	Poliamidas (PA)	Piezas moldeadas por inyección, contactos de protección, bobinas, y electrodomésticos
10%	Estireno plástico (SBR)	Latex, alfombras reforzadas, , decoración interior
5%	Policarbonato (PC)	Partes plásticas, paneles, teclados, carcasas, ordenadores, aviones
5%	PP	Partes moldeadas por inyección, televisiones, condensadores, componentes eléctricos
15%	Otros: copolímero de acetato (EVA), resina de poliésteres insaturados (UPE)	EVA: extrusión, recubrimientos, cables, distribución eléctrica UPE: Partes plásticas, paneles, teclados, electrodomésticos.

Ref: *Brominated Flame Retardants. Substance Flow Analysis and Assessment of Alternatives.* Danish Environmental Protection Agency

# Contenido de retardantes de llama bromados en distintos equipos

RETARDANTES DE LLAMA EN PRODUCTOS [g/kg]	PentaBDPE		OctaBDPE		DecaBDPE		TBBPA	
	Nuevos	Antiguos	Nuevos	Antiguos	Nuevos	Antiguos	Nuevos	Antiguos
	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]
Ordenadores+monitores (domésticos)	0	0	0,17	1,91	1,8	2,74	10,09	10,36
Ordenadores+monitores (oficina)	0	0	0,17	1,91	1,8	2,74	10,09	10,36
Servidores	0	0	0,17	1,91	1,8	2,74	10,09	10,36
Portátiles	0	0	0,08	1,91	0,96	2,94	23,57	20,42
Impresoras laser	0	0	0,23	3,14	3,34	4,05	9,98	7,28
Impresoras de inyección	0	0	0,16	1,1	1,65	1,62	10,61	9,33
Fotocopiadoras	0	0	0,23	3,14	3,29	4	7,61	4,91
Calculadoras	0	0,18	0,08	0,48	1,71	2,45	4,74	4,38

Ref: *Selected polybrominated flame retardant. PBDE and TBBPA. Substance flow analysis.* Swiss Agency for the Environment, Forest and Landscape. (2002)

# Contenido de retardantes de llama bromados en distintos equipos

## Cuota de mercado y concentración de retardantes de llama en plásticos para carcasas

	OctaBDPE				DecaBDPE				TBBPA			
	Productos nuevos		Productos antiguos		Productos nuevos		Productos antiguos		Productos nuevos		Productos antiguos	
	(%)	(g/kg)	(%)	(g/kg)	(%)	(g/kg)	(%)	(g/kg)	(%)	(g/kg)	(%)	(g/kg)
ABS	10	154	50	200	0		0		10	190	20	200
PC/ABS	0		0		0		0		0		10	200
HIPS	0		0		10	115	30	110	10	170	10	135
PPE/HIPS	0		0		0		10	110	0		10	135

Ref: *Selected polybrominated flame retardant. PBDE and TBBPA. Substance flow analysis.* Swiss Agency for the Environment, Forest and Landscape. (2002)

# Contenido de retardantes de llama bromados en distintos equipos

## Analisis de dispositivos electricos y electrónicos

Porcentaje de dispositivos	Plasticos				Retardante de llama						
	ABS	HIPS	otros	total	octa-BDPE	deca-BDPE	TBBPA	BFR total	otros FR	sin FR	total
Cubiertas de monitores para PC 1990 (78 unidades)	44,00%	18,00%	38,00%	100,00%	10,30%	2,60%	12,80%	43,50%	34,60%	21,90%	100,0%
Carcasas de TV 1990 (108 unidades)	25,00%	69,00%	26,00%	100,00%	16,70%	17,60%	0,00%	48,00%	7,40%	44,40%	100,0%

Ref: *Selected polybrominated flame retardant. PBDE and TBBPA. Substance flow analysis.* Swiss Agency for the Environment, Forest and Landscape. (2002)

# Normativa Europea

---

- **Directiva 2002/95/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre **restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos**
  
- **Decisión de la Comisión de 18 de agosto de 2005** por la que se modifica la directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo con objeto de establecer los **valores máximos de concentración** de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos

# Perfil de riesgos del OctaBDE

---

## **Persistencia**

- Se predicen semividas para la reacción con radicales hidroxílicos atmosféricos superiores a 30.4 a 161.0 para la serie del hexa- al nonaBDE.
- En la atmósfera se espera que se adsorban fuertemente a partículas suspendidas en el aire y se eliminen mediante deposición húmeda, seca o ambas
- La fotodescomposición de varios BDE se ha estudiado en diferentes matrices. Se sugiere una semivida fotoquímica corta para el hexa BDE153 en sistemas acuáticos.

## **Bioacumulación**

- Se prevé que la exposición oral sea la vía de exposición más pertinente para estos productos químicos.
- Factores de acumulación en biota-sedimento entre 1 y 3 para el hexa- y heptaBDE en peces.
- Un elevado potencial de bioacumulación (incluido un potencial moderado de bioconcentración) y biomagnificación en la red alimentaria se ha demostrado para el hexaBDE, y el mismo concuerda plenamente con las tasas de eliminación notificadas.
- La biomagnificación en la red alimentaria también se ha demostrado para el heptaBDE,
- La presencia del octa y el nonaBDE en la biota está bien documentada, pero su potencial de bioacumulación a partir del agua y los alimentos es muy inferior

Ref: Comité de examen de COP del Convenio de Estocolmo

# Perfil de riesgos del OctaBDE

---

## Transporte a larga distancia

Se estima que la presencia de componentes del octa BDE comercial en zonas apartadas constituye la mejor demostración del potencial de transporte a gran distancia de estos productos químicos

## Toxicidad

- Para el agua parece lógico suponer que resulta improbable que en los organismos acuáticos tengan lugar efectos nocivos a concentraciones que lleguen hasta la solubilidad en agua de la sustancia.
- La supervivencia y el crecimiento de lombrices de tierra (*Eisenia fetida*), no se afectaron por una exposición durante 56 días a una formulación comercial de octaBDE en un suelo artificial a concentraciones de hasta 1470 mg/kg dw (concentración medida en sedimentos con 4,7% OC)
- En mamíferos y aves se han observado efectos neurotóxicos retardados en ratones, agotamiento dosis- dependiente de tiroxina T4 en suero de ratas, defectos de inmunomodulación en polluelos de cernícalo
- Afecta a la proteína quinasa C y la homeostasis del calcio en cultivos neuronales de manera similar a la de los PCB.

Ref: Comité de examen de COP del Convenio de Estocolmo

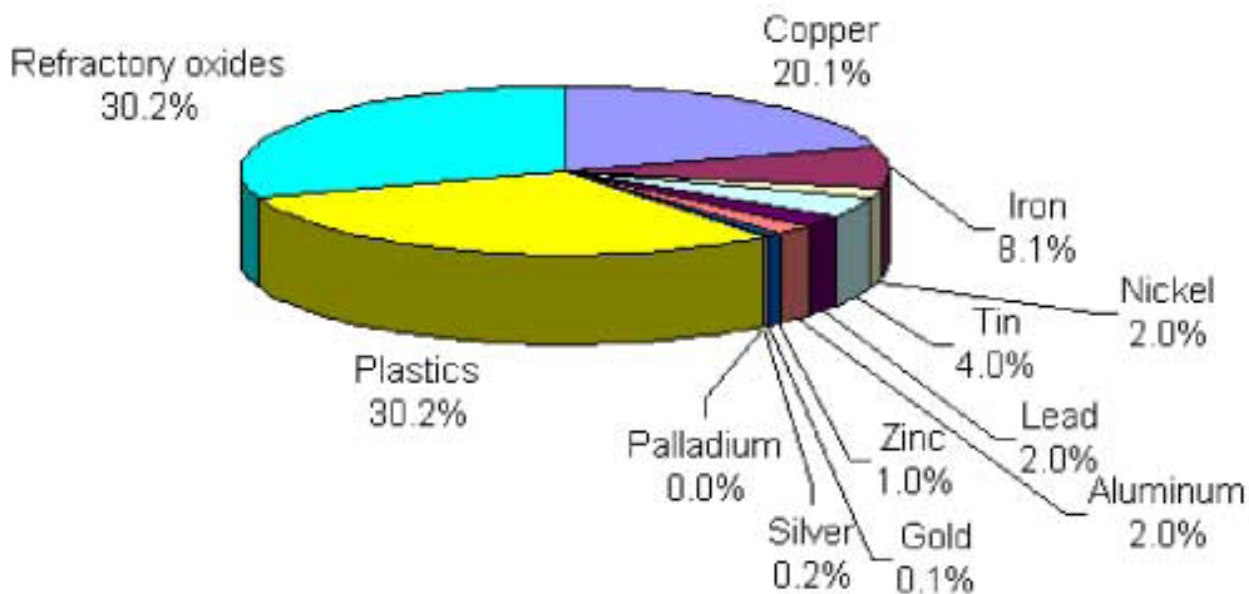
# Pantallas de cristal líquido

---

- El cristal líquido está embebido entre cristal y elementos de control eléctricos.
- Contenidos:
  - Teléfono celular: 0,5 mg
  - Ordenador portátil: 0,5 g
- La Directiva exige retirar las lámparas de descarga de gas de retroiluminación en LCD de más de 100cm<sup>2</sup>.
- ¿Es el cristal líquido peligroso para la salud?

# Composición típica de un contenedor de RAEE

---



# Circuitos integrados

---

- Composición:
  - 70% no metálico.
  - 16% cobre.
  - 4-6% soldadura.
  - 2% nickel.
  - Hierro, plata, paladio, tántalo, y oro.

# Circuitos integrados

---

- La placa base es de fibra de vidrio, reforzado con epoxi y retardante de llama.
- Las soldaduras son de Pb-Sn (4-6% en peso del circuito).
- Mercurio (el 22% del consumo mundial de mercurio se utiliza en AEE). Queda limitado a los fluorescentes en la iluminación de LCD.

# Circuitos integrados

---

## ○ Berilo:

- En aleaciones cobre-berilo, se utiliza en conexiones donde se requiere alta capacidad de conexión-desconexión (estas conexiones suelen ir recubiertas de oro).
- Como óxido de berilo, se utiliza para redistribuir el calor.

# Estudio del DEFRA sobre los RAEE

---

- DEFRA: Department for Environment, Food and Rural Affairs, Reino Unido,
- Fecha: 2004
- Objetivos:
  - Identificar productos y componentes peligrosos.
  - Determinar por qué tratamientos se puede lograr que estos productos pasen a ser no peligrosos.

# Estudio del DEFRA sobre los RAEE

---

- Analizados 80% de los RAEE. Indeterminación en el resto => problemas con RAEE históricos.
- Se corrobora el Anexo II de la Directiva (Tratamiento selectivo de materiales y componentes de AEE).
- Retirada de circuitos impresos, plásticos con retardantes de llama (compuestos bromados), condensadores, ...
- No incluidos en el Anexo:
  - Plásticos y gomas con ftalatos plastificantes , baterías de litio, y compuestos con lanas minerales (cancerígenos).

# ANEXO II de la Directiva: Tratamiento selectivo de materiales y componentes de AEE

---

- 1. Como mínimo, deberán extraerse los siguientes componentes, sustancias y preparados de todos los AEE recogidos por medios selectivos.
  - Condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB),
  - Componentes que contengan mercurio .
  - Pilas y acumuladores
  - Tarjetas de circuitos impresos para teléfonos celulares, en general, y otros dispositivos si la superficie de la tarjeta tiene más de 10 centímetros cuadrados
  - Cartuchos de tóner, de líquido y pasta, así como tóner de color
  - Plásticos que contengan materiales piroretardantes bromados
  - Residuos de amianto y componentes que contengan amianto
  - Tubos de rayos catódicos
  - Clorofluorocarburos (CFC), hidroclorofluorocarburos (HCFC), hidrofluorocarburos (HFC) o hidrocarburos (HC)
  - Lámparas de descarga de gas
  - Pantallas de cristal líquido (junto con su carcasa si procede) de más de 100 centímetros cuadrados de superficie y todas las provistas de lámparas de descarga de gas como iluminación de fondo
  - Cables eléctricos exteriores
  - Componentes que contengan fibras cerámicas refractarias
  - Componentes que contengan sustancias radiactivas,
  - Condensadores electrolíticos que contengan sustancias de riesgo (altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares)

## ANEXO II de la Directiva: Tratamiento selectivo de materiales y componentes de AEE

---

- Estos componentes, sustancias y preparados se eliminarán o se valorizarán de conformidad con el artículo 4 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo.
- 2. Los siguientes componentes de AEE recogidos por medios selectivos deberán someterse al tratamiento indicado.
  - Tubos de rayos catódicos: deberá eliminarse el revestimiento fluorescente
  - Aparatos que contengan gases que agotan la capa de ozono o tienen un potencial de calentamiento global superior a 15, como los contenidos en espumas o en circuitos de refrigeración; estos gases se extraerán y se tratarán adecuadamente.
  - Lámparas de descarga de gas: se eliminará el mercurio
- 3. Los puntos 1 y 2 se aplicarán de modo que no dificulte la reutilización y el reciclado correctos, desde el punto de vista medioambiental, de componentes o aparatos enteros.

# Estudio del DEFRA sobre los RAEE.

## Aspectos no resueltos:

---


- Contenido de retardantes de llama (bromados o no) en los circuitos y los plásticos, y cantidades a partir de las cuales son compuestos peligrosos.
- Idem con ftalatos plastificantes y/o estabilizantes de plomo en plásticos.
- Uso de fibras refractarias cerámicas y lanas minerales se utilizan en AEEE.
- ¿Las LCD son no peligrosas si se eliminan las luces de retroiluminación de descarga de gas? (peligroso)

# Estudio del DEFRA sobre los RAEE.

## Aspectos no resueltos:

---

- Análisis detallado de los circuitos electrónicos.
- Contenido de mercurio en termostatos, interruptores,...
- Capacitores electrolíticos. Aparentemente los usados en equipos actuales no son peligrosos.
- ¿Cuándo debe retirarse un circuito? (si es o si no es peligroso)



# Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

---

Taller sobre RAEE para Autoridades Ambientales

**Parte 3: La problemática de los ordenadores y los teléfonos celulares.**