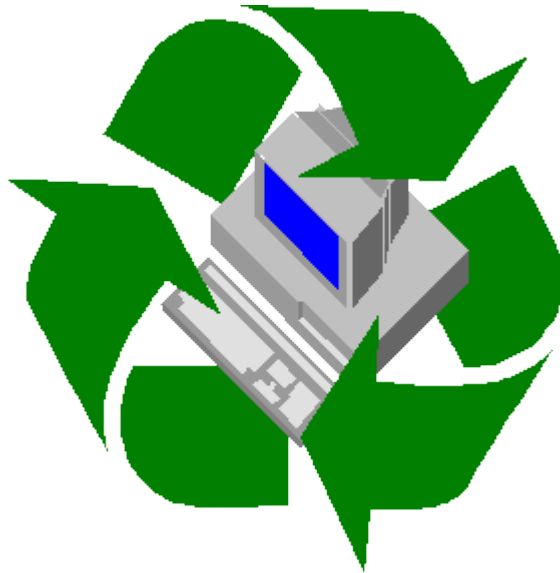


# **Material informático y contaminación medioambiental**



Alejandro Castán Salinas

[acastan@pie.xtec.es](mailto:acastan@pie.xtec.es)

Material informático y contaminación medioambiental  
revisión 1.0 - 15/7/2004

Copyleft © Alejandro Castán Salinas

Se otorga el permiso para copiar, distribuir y/o modificar este documento bajo los términos de la licencia de documentación libre GNU, versión 1.2 o cualquier otra versión posterior publicada por la Free Software Foundation.

Puedes consultar dicha licencia en <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>.

El contenido de este documento puede cambiar debido a ampliaciones y correcciones enviadas por los lectores. Encontrarás siempre la última versión del documento en <http://www.xtec.es/~acastan/>.

Este documento ha sido elaborado utilizando herramientas de software libre.

Me gustaría dar las gracias a toda la gente que dedica parte de su tiempo y talento a programar dichas herramientas. Me gustaría dar las gracias también a toda la gente que entrega algo de manera altruista, y a toda la gente que comparte.

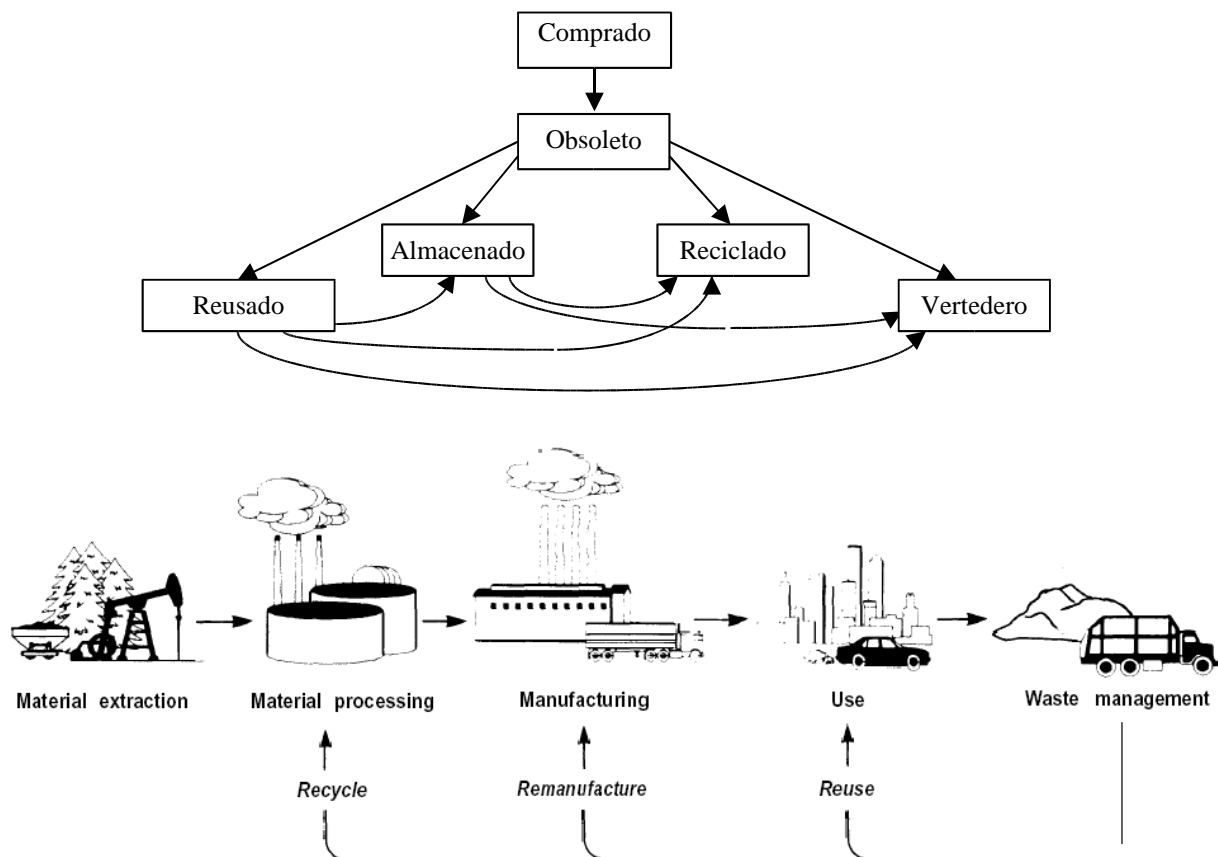
## Introducción

Existe muy poca información en el mundo acerca de la contaminación y problemas medioambientales producidos por el material informático, ya sea en su proceso de producción, uso diario, y gestión de los residuos cuando dicho material llega al final de su vida útil. Yo tan sólo he encontrado un libro en todo el mundo<sup>1</sup>, muy pocos estudios, y datos tan solo a escala local de algunos países.

Este informe tan solo pretende ser una breve recopilación de datos y consejos para llamar la atención sobre un tema tan desconocido como preocupante. En las siguientes líneas hablaremos de:

- El impacto ambiental de la producción de ordenadores.
- El consumo eléctrico en la fase de uso.
- El impacto ambiental de almacenar ordenadores en vertederos.
- Cómo el diseño de PCs “verdes”, las políticas de gestión de residuos respetuosas con el medio, la reventa, la actualización y el reciclado de ordenadores, pueden reducir los impactos ambientales.

Estoy seguro de que en los próximos años comenzarán a aparecer estudios sobre el efecto de las sustancias químicas del proceso de producción sobre los trabajadores y los ecosistemas locales, estudios sobre los impactos ambientales de los desechos informáticos, estudios sobre las actitudes de los usuarios, etc. Hasta entonces creo que el único lugar donde podéis ampliar información sobre el tema es la página web que algunos miembros de la ONU le dedican: <http://www.it-environment.org/>



<sup>1</sup> “Computers and the Environment: Understanding and Managing their Impacts”, Ruediger Kuehr & Enric Williams, Kluwer Academic Publishers, ISBNs 1-4020-1679-4 y 1-4020-1680-8.

## ***El proceso de producción***

Algunos datos:

- Para producir un chip de memoria de 2 gramos se utilizan 1'3 kg de combustible fósil y químicos.
- Para producir un PC de sobremesa se utilizan 240 kg de combustible fósil, 22 kg de químicos y 1500 kg de agua.
- De toda la electricidad que consume un ordenador a lo largo de su vida, el 80% se utilizó en el proceso de producción, y el 20% restante es la electricidad que consume en su uso diario.
- Para producir un PC de escritorio con su correspondiente monitor se requieren entre 5040 y 5600 millones de Julios de energía.
- El consumo de electricidad de una planta fabricante de chips representa alrededor del 40% de los costos de producción, sobretodo debido a los ventiladores, bombas de aire y aspiradores necesarios en las salas limpias, por lo que podrían conseguir un gran margen de ahorro en los costos si aplicaran técnicas de eficiencia energética.
- Una planta fabricante de chips consume 7 millones de litros de agua cada día.

Existen tres problemas medioambientales relacionados con la fabricación de ordenadores: el uso de muchas sustancias tóxicas en el proceso de producción, un consumo muy elevado de agua y energía, y el gran volumen de residuos (también tóxicos) que generan.

Los materiales más abundantes en un ordenador son plásticos, acero, silicio, aluminio y cobre. Pero en la fabricación de los chips y las placas se utilizan hasta un millar de sustancias químicas, algunas de ellas muy contaminantes y conocidos cancerígenos.

Una de las sustancias problemáticas son los retardantes de llama con que la ley obliga a cubrir los circuitos impresos, los cables y las carcasas para hacerlos poco inflamables. Los usados más habitualmente son halogenados: contienen bromo o flúor, lo que causa que durante la fabricación, el vertido o la incineración de los ordenadores se liberen dioxinas y otros contaminantes en el medio. Pero también se liberan al aire mientras los ordenadores se usan: algunos estudios han detectado una concentración de bromo en la sangre más elevada que la media entre la gente que trabaja en oficinas. Estas sustancias causan sobretodo desorden en el sistema hormonal (glándula tiroidea), pero posiblemente también cáncer y desordenes en el desarrollo neuronal. Se acumulan en los tejidos grasos (y por lo tanto, también en la leche materna) y se mueven hacia arriba en la cadena alimentaria.

También se utilizan metales pesados, sobretodo plomo, cadmio y mercurio. El plomo se utiliza para soldar los chips a las placas, y en las pantallas de rayos catódicos (las que no son planas) para absorber una parte de las radiaciones electromagnéticas que generan las pantallas. El cadmio y el mercurio también se utilizan en dichas pantallas. Durante el uso de los ordenadores no estamos expuestos a dichos elementos, pero se convierten en un peligro cuando se liberan al medio durante la fabricación y al lanzar el ordenador. Pasan a los seres vivos a través de la cadena alimentaria y, como no los podemos metabolizar, se acumulan en los tejidos y son una causa de cáncer.

Durante la fabricación de los chips se emiten al aire Perfluorocarbonos (PFCs), que son gases que

permanecen durante mucho tiempo en la atmósfera y contribuyen al efecto invernadero. Forman parte de los productos cuya emisión se acordó reducir en el Protocolo de Kyoto para frenar el cambio climático.

Otras sustancias tóxicas que utilizan los ordenadores son arsénico, benceno, tolueno y cromo hexavalente. Las carcasas se suelen proteger con pinturas que contienen disolventes orgánicos; durante la aplicación se liberan compuestos orgánicos volátiles, que provocan que se acumule ozono en las capas bajas de la atmósfera. El ozono al nivel del suelo causa problemas respiratorios y dificulta el crecimiento normal de los vegetales. Por otro lado, los cables suelen ser de PVC.

Los procesos más sencillos, como el montaje de placas y ordenadores, los suelen hacer empresas subcontratadas en Malasia, Tailandia, Filipinas, Vietnam, Indonesia, China, recientemente Europa del Este, y en menor cantidad Centroamérica, Brasil y Sudáfrica. En las plantas de montaje suelen trabajar mujeres jóvenes cobrando salarios bajos, con jornadas muy largas, presión por producir deprisa, y sin sindicatos. A diferencia de lo que pasa en el sector de los juguetes o del textil, las grandes empresas de material electrónico todavía no han comenzado a elaborar códigos de conducta que establezcan unas condiciones laborales mínimas en sus fábricas y empresas proveedoras.

Las empresas son reticentes a colaborar en estudios de las sustancias tóxicas sobre la salud. Parece claro que hay una tasa de abortos y malformaciones en bebés más alta de lo normal entre las mujeres que trabajan en salas blancas (los trajes especiales que usan evitan la exposición de las obleas de chips a las impurezas que puedan portar los trabajadores, pero no evitan la exposición de los trabajadores a los tóxicos). Durante la década de los 90, en EEUU y Escocia se ha demandado a algunas empresas porque la frecuencia de cáncer de cerebro entre los trabajadores de salas limpias es 25 veces más alta que la media, pero los casos todavía están pendientes por falta de evidencias concluyentes. En las plantas de montaje de placas, el peligro más grande es el plomo que se utiliza para soldar. A principios de los 90 murieron cuatro trabajadores en Tailandia: la autopsia les detectó un nivel de plomo en la sangre más alto de lo normal. El resultado fue negado por la empresa donde trabajaban y silenciado por el gobierno, el principal interés del cual es atraer inversores extranjeros.

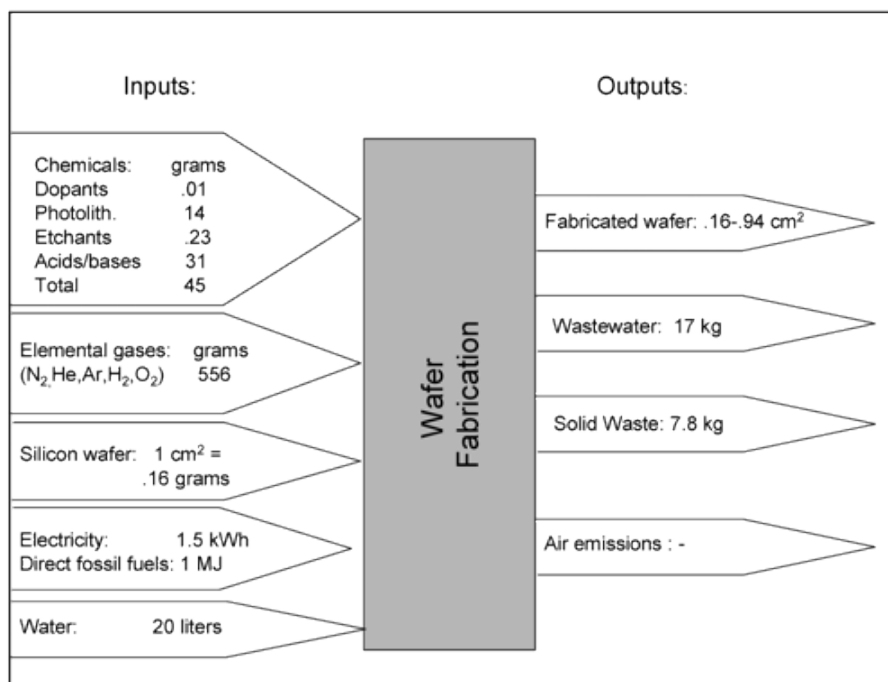


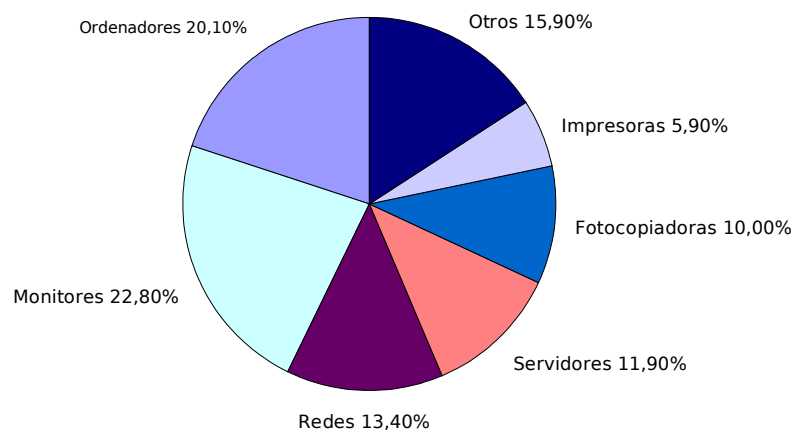
Figura: material y energías necesarios para fabricar 1 cm<sup>2</sup> (0.16 gramos) de microcircuitos sobre una oblea de silicio. Sería el equivalente, por ejemplo, de un chip de memoria DRAM de 20 Mbytes. Fuente: "The 1'7 Kilogram Microchip", <http://pubs.acs.org/cgi-bin/article.cgi/esthag/2002/36/i24/html/es025643o.html>

## **El consumo en el uso diario**

Algunos datos:

- El año 2000, en EEUU los equipos de oficina y telecomunicaciones ya consumían el 3% de la electricidad nacional. Los ordenadores representan el 43% de dicho consumo.
- Un PC de escritorio típico con su monitor usa aproximadamente unos 115 vatios de potencia en modo activo.
- Se calcula que tan solo el 25% de los ordenadores tiene correctamente configurado el modo de bajo consumo.
- Una pantalla de cristal líquido consume entre un 60% y un 70% menos que una pantalla de tubo de rayos catódicos. Los portátiles también son mucho más eficientes energéticamente que los PC de escritorio convencionales.

### Porcentaje de consumo de energía en equipos de oficina y telecomunicaciones



Existen bastantes datos sobre el consumo de los equipos de informática, tanto en modo “normal” como en modo “suspendido”, pero no he tenido tiempo de incorporarlos a este informe. Los iré añadiendo con el tiempo. Si los queréis consultar, una buena fuente es <http://enduse.lbl.gov/Projects/OffEqpt.html> y quizás también <http://eetd.LBL.gov/BEA/SF>.

## **La basura informática**

Algunos datos:

- Actualmente se venden 130.000.000 de ordenadores al año en el mundo. Al final del año 2002 se han vendido mil millones de PCs, desde que IBM puso en el mercado el primer PC el 1981.
- El sector dedicado a la fabricación de aparatos electrónicos crece rápidamente y constantemente lanza nuevos productos, que mejoran los introducidos en el mercado unos meses antes. El tiempo de vida de los ordenadores personales se está encogiendo considerablemente: mientras que el 1992 se cifraba alrededor de 4'5 años, se estima que en el 2005 será de tan sólo 2 años.
- La producción de los residuos electrónicos crece tres veces más rápido que la media de los residuos urbanos. Concretamente, el volumen de chatarra informática crece entre un 16% y un 28% cada cinco años.
- El 90% de los equipos informáticos viejos acaban en los vertederos, después de haber sido lanzados a un contenedor o abandonados en la calle, o se depositan en chatarrerías.
- Se calcula que el 2005 se lanzarán en EEUU 140.000.000 ordenadores. Actualmente, los PCs obsoletos en EEUU ocupan 5'7 millones de m<sup>3</sup> (el equivalente de un campo de fútbol de 1'5 km de altura).

Los aparatos electrónicos están constituidos por un conjunto de componentes de entre los cuales conviene destacar: aparatos de visualización como tubos de rayos catódicos y pantallas de cristal líquido, vidrio, plásticos con materiales ignífugos, circuitos impresos, cables, interruptores de mercurio y magnetotérmicos, pilas, condensadores, resistencias, relés, etc. Aproximadamente el 50% del peso de aparatos electrónicos y eléctricos son metales, principalmente aceros, aluminio, cobre, plomo, mercurio y metales preciosos. El resto de materiales quedan repartidos entre dos fracciones que se encuentran en porcentajes similares y que son plásticos y vidrios. Dependiendo del aparato considerado, estos datos pueden variar. Así, mientras los ordenadores contienen un 16% de peso en plásticos, en los equipos dedicados a telecomunicaciones puede llegar hasta un 50%.

El monitor posee el 50% del volumen y la masa del ordenador, y contiene plomo (cientos de gramos en el tubo de rayos catódicos), fósforo, cadmio y mercurio tóxicos.

Los compuestos más problemáticos desde el punto de vista medioambiental contenidos en los residuos eléctricos y electrónicos son los metales pesados, el PVC, los materiales ignífugos bromados y los compuestos binéfilos policlorados (PCB). Hablando de metales, que poseen el 70% del valor residual de un ordenador, podemos encontrar plomo en las soldaduras y los tubos de rayos catódicos, bario en los tubos de rayos catódicos, cadmio en las baterías, antimonio en el encapsulado de los chips, berilio en los PCs antiguos y las conexiones de teléfonos móviles, cromo en los metalizados, mercurio en baterías, interruptores y las bombillas que iluminan las pantallas planas, fósforo en monitores, arsénico y silicio en los microprocesadores, acero en las carcasas, aluminio en los discos duros, cobre en toda la electrónica, y metales preciosos en las placas de circuitería.

En la actualidad, en Europa la mayor parte de los residuos eléctricos y electrónicos se incorporan a los flujos de los residuos urbanos, lo que quiere decir que se desechan en vertederos o se incineran sin ningún tratamiento previo. En 1998 en los EEUU sólo se reciclaron un 11% de los ordenadores

personales y un 26% de los periféricos de los ordenadores obsoletos. Así, buena parte de los agentes contaminantes que se encuentran en los flujos de residuos urbanos proceden de dichos aparatos.

Trece países, la mayoría europeos, ya aprobaron normas que prevén la obligación de reciclar los ordenadores. En este aspecto, la directiva de la Unión Europea se puede leer en <http://www.dti.gov.uk/sustainability/weee/index.htm>

Un estudio entre los trabajadores que desmontan ordenadores en Suecia les ha encontrado una concentración de bromo en la sangre 65 veces más grande de lo normal. Gran parte de los residuos informáticos (más de la mitad en el caso de EEUU) se envían a países del Tercer Mundo, donde los materiales contaminantes acaban en campos y costas, ensuciando aguas y suelos, cultivos, animales y agua potable. El 2002 se trasladaron a Asia entre 6 y 10 millones de PCs obsoletos.

Se calcula que, con un tratamiento adecuado, se podría reaprovechar entre el 70% y el 90% de lo que se lanza, reusándolos cuando fuera posible o reciclándolos. En éste último caso, los equipos se desmontan y los componentes potencialmente peligrosos se aíslan y se entregan a gestores autorizados para su tratamiento. En la fase de trituración, los materiales se clasifican por tipos, se revalorizan, se tratan para ser recuperados y, finalmente, se venden a las industrias que los pueden aprovechar.



## Consejos

### Reducir:

- Como usuarios deberíamos preguntarnos si realmente necesitamos comprar un ordenador nuevo. Quizás con una ampliación del que ya tenemos o con la compra de un ordenador de segunda mano ya podemos realizar nuestras tareas informáticas.<sup>2</sup>
- Configurar al ordenador y dispositivos para que pasen a un modo de bajo consumo cuando lleven un cierto periodo de tiempo sin utilizarse.
- Sustituye tus sistemas de archivo en papel por sistemas de archivo en unidades de almacenamiento informático: disquetes, CD-ROMs, discos duros, ...
- Realiza tus copias de seguridad sobre CDs regrabables en lugar de los CDs de un sólo uso.
- Para imprimir documentos que no requieren una presentación perfecta, se puede reutilizar papel con sólo una cara impresa.
- Las pantallas planas gastan la mitad de electricidad y emiten menos radiación. (Por cierto, para evitar la exposición a campos electromagnéticos conviene ponerse a 30 cm. de distancia de la pantalla).

### Reusar:

- Intentar revender el ordenador en el mercado de productos usados.
- Entregar el ordenador a alguna asociación local o a alguna ONG que envía ordenadores a asociaciones de países del tercer mundo para paliar el problema de la brecha tecnológica.

### Reciclar:

- Dejar el ordenador en una chatarrería especializada en material electrónico. Actualmente los ayuntamientos están creando puntos de reciclado gratuitos en nuestras ciudades.
- Diseñar y fabricar aparatos con una vida útil lo más larga posible y restringir la utilización de determinadas sustancias peligrosas.

Como ciudadanos, debemos exigir a los gobiernos políticas que regulen el uso de sustancias nocivas y la gestión de los desechos informáticos. Concretamente, las directivas de la Unión Europea respecto estos puntos se encuentran en:

- <http://www.dti.gov.uk/sustainability/pdfs/finalweee.pdf> y

- <http://www.dti.gov.uk/sustainability/pdfs/finalrohs.pdf>.

---

<sup>2</sup> Revender ordenadores con software propietario presenta el problema de que, aunque la mayoría de licencias de programas preinstalados permiten transferir el derecho de uso junto con la propiedad del hardware original, para transferir el derecho de propiedad el usuario original debe transferir la copia impresa de la aceptación de la licencia que viene con el ordenador, y resulta que muchos usuarios lanzan dicho documento. Así nos encontramos que revender un ordenador sin software es poco atractivo, y revender un ordenador con software propietario sin la correspondiente licencia es ilegal. Por suerte, la posibilidad de vender dicho ordenador con software libre instalado salva dicho inconveniente.