

# EL LADO OCULTO DE LO DIGITAL

Una huella energética insostenible

por Fabrice Flipo



FONDATION  
DE L'ÉCOLOGIE  
POLITIQUE





# EL LADO OCULTO DE LO DIGITAL

## Una huella energética insostenible



### Por Fabrice FLIPO

Fabrice FLIPO es profesor de filosofía, epistemología e historia de la ciencia y la tecnología en el Institut Mines-Télécom; investigador en el Laboratoire du changement social et politique de la Université Paris Diderot. Es miembro del consejo editorial de la revista *Écologie & Politique*.

Es autor, entre otros, de:

- *Écologie autoritaire*, ISTE, 2018.
- *Réenchanter le monde. Politique et vérité*, Le Croquant, 2017.
- *Decroissance, ici et maintenant*, Le Passager Clandestin, 2017.
- *Pour une philosophie politique écologiste*, Textuel, 2014.
- *Nature et politique. Contribution à une anthropologie de la modernité et de la globalisation*, Amsterdam, 2014.
- *La face cachée du numérique* [con M. Dobré y M. Michot], París, Éditions de L'Échappée, 2013



## Publicado originalmente como Les Notes de la FEP, N° 23. Julio 2020

Edición en español: febrero de 2023

### Green European Foundation

Rue du Fossé – 1536 Luxembourg

Brussels Office: Mundo Madou

Avenue des Arts 7-8, 1210 Brussels

Tel: +32 2 329 00 50

[info@gef.eu](mailto:info@gef.eu)

[www.gef.eu](http://www.gef.eu)

### La Fondation de l'Écologie Politique - FEP

31/33 rue de la Colonie 75013 Paris

Tél. +33 (0)1 45 80 26 07

[contact@fondationecolo.org](mailto:contact@fondationecolo.org)

[www.fondationecolo.org](http://www.fondationecolo.org)

La Fundación Verde Europea (Green European Foundation, GEF) es una fundación política de ámbito europeo cuya misión es contribuir a un intenso debate sobre Europa y fomentar una mayor participación de la ciudadanía en la política europea. La GEF se esfuerza por incorporar los debates sobre las políticas europeas tanto dentro como fuera de la familia política de los Verdes. La fundación actúa como laboratorio de nuevas ideas, ofrece educación política transfronteriza y una plataforma de cooperación e intercambio a nivel europeo.

La FEP está reconocida como entidad de utilidad pública. Su objetivo es fomentar el intercambio de ideas en torno al proyecto de transformación ecológica de la sociedad, contribuir a la elaboración del corpus teórico y práctico correspondiente a este nuevo modelo de sociedad y a los valores de la ecología política.

*Los trabajos publicados por la Fondation de l'Écologie Politique presentan las opiniones de sus autores y no reflejan necesariamente la postura de la Fundación como institución.*

Versión en español publicada por la Green European Foundation con el apoyo de Transición Verde.

Publicado con el apoyo financiero del Parlamento Europeo a la Fundación Verde Europea. El Parlamento Europeo no es responsable del contenido de esta publicación.

Traducción: Soledad García-Consuegra, Transición Verde

Maquetación: Silvia Comesaña

Puede descargar esta publicación en <https://transicionverde.es/informes/> o solicitar ejemplares gratuitos enviando un mensaje por correo electrónico a [info@gef.eu](mailto:info@gef.eu)



Este documento está disponible bajo los términos de la licencia Creative Commons 3.0, "Atribución - Sin uso comercial - Sin modificación".

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr>



**En la actualidad, la tecnología digital consume el 10% de la electricidad mundial y contribuye a entre el 3 y el 4% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI), a un ritmo creciente de más del 9% anual<sup>1</sup>. Un país como Francia dedica el 8% de su electricidad a lo digital<sup>2</sup>. Un estudio de la industria de semiconductores (2015) estima que, al ritmo actual de crecimiento de la potencia de cálculo, y dada la desaceleración gradual de las ganancias en eficiencia energética, la tecnología digital podría consumir antes de 2070<sup>3</sup> el equivalente a toda la energía mundial utilizada en 2010.**

## I. El consumo energético de lo digital

El sector digital se ha caracterizado siempre por consumir muchos recursos. La ENIAC, construida en 1945, considerada la primera computadora<sup>4</sup>, utilizaba 17.000 tubos de vacío, 70.000 resistencias, 10.000 condensadores, ocupaba 167 m<sup>2</sup>, pesaba 30 toneladas y consumía 150 kW. A menudo se estropeaba por culpa de las polillas («bug») que se freían con el calor<sup>5</sup>. Ciertamente se fabricaron solo unas pocas unidades de este modelo. El sistema SAGE, precursor de Internet, utilizado por el Departamento de Defensa estadounidense para seguir simultáneamente las trayectorias de 48 aviones, requería 50 máquinas, cada una de las cuales consumía 750 kW<sup>6</sup>. Los “miniordenadores” comercializados en los años 60 por DEC, IBM, HP y Texas Instruments son máquinas del tamaño de un armario ropero, que pesaban 100 kg y consumían unos 500 W por unidad<sup>7</sup>; un buen PC de sobremesa consume hoy entre 200 y 300 W; un portátil, entre 50 y 100 W. Cuando Pierre Nora y Alain Minc impulsaron la informatización de la sociedad en 1978, ya eran muy perceptibles los problemas energéticos que conllevaba el uso generalizado de máquinas digitales<sup>8</sup>, aunque las consecuencias

inmediatas fueran limitadas, debido al elevado coste y al hecho de que el número de aparatos era aún reducido: solo unos cientos de miles<sup>9</sup>.

El estudio propuesto recientemente por Shift Project<sup>10</sup> reconstruye el consumo actual e intenta cuantificar el consumo futuro, según diferentes escenarios. Incluye cuatro elementos: redes de comunicación, centros de datos, terminales (teléfonos, teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, ordenadores de sobremesa, “boxes”, tabletas, equipos audiovisuales, incluidos televisores) y sensores IoT («Internet of Things» o Internet de las cosas). El consumo mundial de equipos se ha estimado en base al estudio de Andrae y Edler<sup>11</sup>, y actualizado con datos más recientes del fabricante de equipos Cisco, así como de dos consultores líderes de la industria, IDC y Gartner. En la última década, Shift Project calcula una cifra del 14% del consumo mundial de electricidad<sup>12</sup>, con un aumento de alrededor del 9% anual, es decir, duplicándose cada 9 años: esto es más que el crecimiento global de la demanda de electricidad y energía, ya de por sí catastrófica para el clima. Debido al mix energético mundial, se calcula que las emisiones digitales de GEI se sitúan entre el 3 y el 4%, lo que significa que superan a las de la aviación, y con un crecimiento más rápido (+7% anual). Y Shift Project señala que Cisco ha sido cauteloso hasta ahora, a pesar de las asombrosas cifras de crecimiento: demuestra que cada año el fabricante de equipos ha subestimado el crecimiento del tráfico<sup>13</sup>.

A partir de los escenarios propuestos por Anders Andrae y Tomas Adler, el estudio de Shift Project (2018) actualiza las cifras y propone tres trayectorias principales, más una variante que dejaremos de lado, en la medida en que no parece aportar ninguna enseñanza adicional. La trayectoria “esperada” (“expected”) resulta ser ligeramente superior a la prevista por Andrae & Adler en 2015. A este ritmo, la cuota de emisiones sería del 4% en 2020, y aumentaría en un 60% adicional en términos absolutos para 2025. En términos de consumo reconstituido, la tecnología digital emitiría en 2020 tanto CO<sub>2</sub> como la India en 2015. La parte de la industria manufacturera se sitúa en torno al 45%, medida en energía

1 Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique. Rapport du Shift Project», 2018.

2 Campana, Mireille et al., *Réduire la consommation du numérique*. Informe al Consejo General de Economía, 2019.

3 Semiconductor Industry Association / Semiconductor Research Corporation, «Rebooting the IT revolution : A Call to Action», 2015.

4 Breton, Philippe, *Une histoire de l'informatique*, Paris, Points, 1990, p. 75.

5 Gille, Bertrand, *Histoire des techniques*, Paris, Pléiade, 1978, p. 921.

6 Breton, *Une histoire de l'informatique*, p. 130.

7 Ejemplo de PDP-8: <https://www.pdp8.net/straight8/pdp8.shtml>

8 Nora, Simon et Minc, Alain, *L'informatisation de la société*, Paris, La Documentation Française, 1978.

9 Breton, *Une histoire de l'informatique*, p. 213.

10 Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique. Rapport du Shift Project»

11 Andrae, Anders S.G. et Edler, Tomas, «On Global Electricity Usage of Communication Technology», *Challenges*, no. 6, 2015, p. 117-157

12 Consumo global de electricidad 22.000 tWh. <https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>

13 Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique. Rapport du Shift Project», part. Anexo 3.



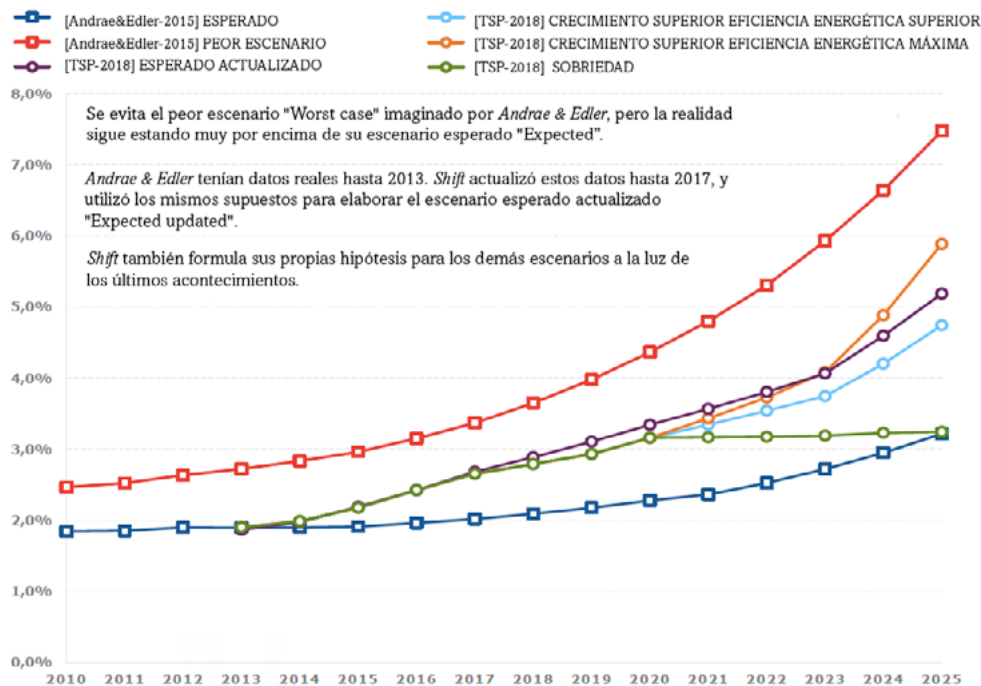
final (Shift Project<sup>14</sup>), o entre el 15 y el 20%, en energía primaria (negawatt<sup>15</sup>, Ademe<sup>16</sup>)<sup>17</sup>. Un segundo escenario prevé una tasa de eficiencia energética superior a la observada en décadas pasadas: una trayectoria de este tipo reduce la demanda final de electricidad sólo en un 10% en 2030. Finalmente, un último escenario, de “sobriedad”, limita los usos más costosos del vídeo e incorpora una ralentización de la eficiencia energética, lo que parece coherente con la observación. En este caso, el consumo crece lentamente y no se alcanza el 4% de las emisiones mundiales de GEI hasta 2025. Pero incluso en este escenario no hay garantías de que no se produzca un fuerte crecimiento del consumo después de 2030, ya que el estudio no se extiende más allá de esa fecha y la pendiente no es decreciente, sino ligeramente creciente (escenario de “sobriedad”) hasta fuertemente creciente (escenario “esperado”).

Las cuatro principales fuentes de crecimiento del consumo son el teléfono inteligente y, más concretamente, su ritmo de renovación, los periféricos, el Internet de las Cosas Industrial (IIoT) y la explosión del tráfico de datos (+25% anual según Cisco). El volumen se halla geográfica y políticamente diferenciado: la

proporción de miles de millones de terrícolas “poco equipados” permite prever un enorme potencial de crecimiento, desde todos los puntos de vista, aunque la cuestión primordial sea el aumento del consumo en los países desarrollados. Existen otros estudios en los que no parece cambiar la situación significativamente<sup>18</sup>.

La conclusión es que, en ausencia de un cambio significativo de rumbo, lo digital por sí solo podría acabar con al menos el 20% de las reducciones de emisiones necesarias para cumplir los objetivos del Acuerdo de París.

Predecir la evolución detallada del consumo es difícil, sobre todo en el caso de la red. Diversos factores actúan en sentido contrario: el crecimiento del tráfico y de la informática, por supuesto, pero también las mejoras en la eficiencia energética (de los servidores, de los centros de datos, de la refrigeración, etc.), las mejoras en el uso de los servidores (a través de la virtualización). A nivel de centro de datos, por ejemplo, las mejoras pueden ser la eficacia del hardware (discos duros SSD, fibra óptica), la optimización de los sistemas de gestión energética, el consumo en reposo, etc., el hecho de que estén situados en regiones frías (climatización natural) o, por el contrario, que el calor se reutilice para calefacción



## Evolución del consumo mundial de energía de las tecnologías digitales entre 2010 y 2025 en relación con el consumo total de energía a nivel mundial.

Fuente: escenarios y cálculos de The Shift Project 2018, basados en Andrae & Edler 2015

14 Ibid, p. 20

15 <https://decrypterenergie.org/la-revolution-numerique-fera-t-elle-explo-ser-nos-consommations-energie>

16 ADEME, «Modélisation et évaluation ds impacts environnementaux de produits de consommation et de biens d'équipement», 2018.

17 Que conste que la energía final es la consumida para fabricar los aparatos, mientras que la energía primaria es la producida por las centrales energéticas que abastecen a esas fábricas; entre ambas, las pérdidas son más o menos elevadas según el tipo de energía (hidroeléctrica, unas pocas pérdidas, y nuclear, pérdidas del 70%).

18 Lotfi Belkhir & Ahmed Elmelgi, «Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations», *Journal of Cleaner Production*, Volume 177, 10 Marzo 2018, p. 448-463



(casas o piscinas)<sup>19</sup>. Sin embargo, las ventajas comparativas de la computación de borde y la computación a hiperescala apuntan a la existencia de dilemas irresolubles: la primera reduce las pérdidas finales de transmisión, pero aumenta el tráfico entre las distintas partes de la red; la segunda agrupa los datos mejor que la computación de borde, pero aumenta los costes finales de transmisión. Aquí también interviene la economía de red. Estas múltiples posibilidades conducen a un complejo debate que explica en parte las incertidumbres entre los escenarios<sup>20</sup>.

El informe de Shift Project se basa en el escenario previsto por el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSMA), un consorcio de empresas de telefonía móvil<sup>21</sup>. Como era de esperar, los teléfonos inteligentes, los juegos, los coches autónomos y el Internet de las cosas se describen como “el futuro”. Echemos un vistazo a esta trayectoria que la GSMA piensa seguir sin preocuparse por la ecología. Para que conste, un hogar francés consume 5000 kWh al año, en total.

El teléfono inteligente consume 55 kWh / producto / año de uso<sup>22</sup>. Actualmente hay 5.500 millones de teléfonos inteligentes (2020), y unas ventas anuales de 1.500 millones (Statista). Casi el 90% de la energía se consume en la producción. Mientras que el contenido de CO<sub>2</sub> de los iPads tiende a estabilizarse después de haber aumentado bruscamente, no ocurre lo mismo con los iPhones, cuyo contenido de GEI no deja de aumentar: el iPhone X pesa 93 gramos frente a los 80 gramos del iPhone 6 (Shift Project según cifras de Apple). Es cierto que Apple se ha vuelto 100% renovable, pero esto sólo afecta a la sede de la empresa en Estados Unidos, no a la fabricación (China), ni a los usuarios, teniendo en cuenta que el contenido de carbono por kWh en Estados Unidos es de unos 500 gramos (en China: 700 gramos).

En el caso de la televisión, Ademe anuncia 333 kWh / producto / año de uso: 6 veces más que un teléfono inteligente. El peso de la fabricación es sólo del 15%. Esta cifra se debe a que el aparato consume mucho más en funcionamiento, comparativamente hablando, pero también a que dura de 8 a 10 años, o incluso más. Los aparatos de televisión están cambiando (son más grandes, etc.), pero no tiende a consumir más, por unidad, en la medida en que la eficiencia energética (LED, etc.) contrarresta el efecto del aumento del tamaño de la pantalla<sup>23</sup>. El número de aparatos instalados en el mundo está disminuyendo (alrededor de 1.500 millones de dispositivos), lo que no es necesaria-

mente una buena noticia si el vídeo se desplaza a los móviles, que consumen más energía.

En cuanto a los ordenadores, Ademe da una cifra más o menos igual para los de sobremesa y los portátiles: unos 280 kWh / producto / año de uso. El peso de la fabricación es ligeramente superior en el caso de los portátiles. Sin embargo, el PC fijo debe estar equipado con una pantalla, que equivale a 3 teléfonos inteligentes: alrededor de 140 kWh / producto / año de uso. La cuota de la industria manufacturera es del 30%. Hay 3.000 millones de PC en todo el mundo, una cifra estable. El portátil es más económico, al reducir la compra de pantallas, siempre que no todo el mundo compre pantallas adicionales, y siempre que no se imponga el multiequipo (teléfono inteligente + PC + multipantallas + televisión, etc.), que no es el caso ni en las empresas ni entre los CSP+ (pertenecientes a categorías socio-profesionales superiores).

Se calcula que las tabletas consumen algo más de 110 kWh / producto / año de uso, equivalente a 2 teléfonos inteligentes: una cifra nada desdeñable. Pero su uso sigue siendo más limitado: Statista anuncia 1.300 millones de usuarios, en cifras ya estabilizadas. Su papel en la ecuación general parece bastante pequeño, y debería seguir siéndolo. Lo mismo ocurre con la impresora doméstica: 220 kWh / producto / año, de los que más del 50% se utilizan en la fabricación. En Francia, las ventas están bajando, algo más de un millón cada año; pero el planeta está en gran medida “poco equipado”.

El módem consume más de 260 kWh/año/unidad, de los que casi el 20% se utiliza en la fabricación. En el planeta hay “sólo” 1.100 millones de conexiones fijas (frente a 6.600 en móviles): el margen de mejora es enorme. El crecimiento se acerca actualmente al 10% anual. ¿Detendrá el teléfono inteligente este crecimiento? La cuestión es que las instalaciones fijas son más eficientes energéticamente que las móviles, aunque su despliegue es más caro debido a la infraestructura de cables.

Fijémonos en los videojuegos, que están experimentando un rápido crecimiento: del 1% al 4% del tráfico mundial, entre 2017 y 2022, según Cisco. Y el responsable de la consola de videojuegos de Microsoft afirma: “No quiero perder el tiempo en la batalla de los formatos cuando empresas como Amazon y Google están intentando averiguar cómo conseguir que 7.000 millones de personas jueguen en todo el mundo. Ese es el objetivo”<sup>24</sup>. Así que ahí es donde irán las inversiones. Apple también está

19 Eric Masanet, Arman Shehabi, Nuoa Lei, Sarah Smith and Jonathan Koomey, «Recalibrating global data center energy-use estimates», Science 367 [6481], 984-986. DOI: 10.1126/science.aba3758

20 Shift Project, «Lean ICT. Pour une sobriété numérique. Rapport du Shift Project.», Anexo 1.

21 GSMA, *Device Ownership of a Typical Family of Four, 2012, 2017, 2022*. Adaptado de GSMA, *The Impact of the Internet of Things The Connected Home*, 2015.

22 ADEME, «Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation et de biens d'équipement», 2018.

23 Campana et al., *Réduire la consommation du numérique*. Rapport au Conseil Général de l'Economie, p. 32.

24 “No quiero entrar en una pelea sobre guerras de formatos con esos tipos mientras Amazon y Google se centran en cómo hacer llegar los juegos a 7.000 millones de personas en todo el mundo. En última instancia, ese es el objetivo”. Nuestra traducción. <https://www.digitaltrends.com/gaming/xbox-head-says-amazon-and-google-are-major-competition/>

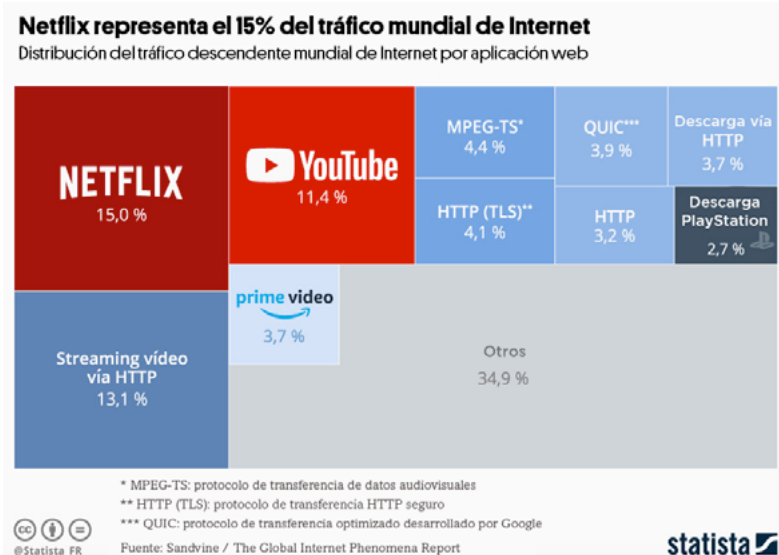


entrando en el sector de los juegos con “Apple Arcade”. ¿Con qué consecuencias? También en este caso son calculables, aunque complejas, en la medida en que las combinaciones son numerosas (pantalla / juego / nube, consola o PC, etc.). El ecosistema no está estabilizado: el estudio Green Gaming de Mills & al. analiza sistemas, clasificados en 4 familias (PC, consolas, portátiles, medios de streaming tipo box), 3 niveles de gama (básica, media, alta), 4 niveles de juego (ligero, moderado, intensivo, extremo -7h/día-) y 37 juegos, es decir, 206 combinaciones posibles. Si una Switch consume 10-15 W en funcionamiento<sup>25</sup>, un PC gamer “extremo” puede consumir hasta 2500 kWh al año, todo incluido (el consumo de un hogar por sí solo): 3 pantallas en 4K, 2 PC “inflados”... Los juegos en la nube son, con diferencia, los que consumen más recursos. En streaming, un terminal de 10 W puede provocar hasta 520 W de consumo previo en los centros de datos, según Mills. En California, el juego sólo es superado en consumo por la refrigeración y la iluminación: consume casi tanto como el aire acondicionado y la televisión<sup>26</sup>. Cisco se pregunta: “Si el “cloud gaming” (juego en la nube) se populariza, puede convertirse rápidamente en una de las principales categorías de tráfico de Internet”<sup>27</sup>.

El juego llama la atención sobre un punto ciego en la insistente comparación de lo digital con lo impreso: la imagen. La cantidad de información que requiere una imagen es mucho mayor que en el caso de un texto. Una cámara de 64 Mp (megapíxeles, millones de píxeles)

disponible en el mercado produce imágenes de 1 GB<sup>28</sup>; un vídeo realizado con esta cámara secuencia imágenes de 1 GB una tras otra a una velocidad de 10 a 60 por segundo. Un francés consume una media de 6 GB al mes en su teléfono inteligente y 140 en su terminal<sup>29</sup>. Tomemos un ejemplo más accesible: las cámaras de vigilancia, que representan un mercado que crece al 10% anual. Un modelo de 0,3 Mp<sup>30</sup> cuesta 100 euros, o incluso 200 por una cámara HD (de 1 a 2 MP). A una frecuencia de imagen típica de 8 a 15 fotogramas por segundo, la cámara produce fácilmente 50 MB por segundo, o 300 GB por hora. Puede equipar potencialmente unos cuantos miles de millones de edificios. Por supuesto, se puede argumentar que no hay obligación de hacerlo, que la imagen puede permanecer en su sitio, no conservarse, comprimirse (hoy en día la compresión lleva a velocidades de datos de 1 MB por segundo, no de 50<sup>31</sup>), etc. Ciertamente.

Esta preocupación debe figurar en la agenda. Y si esto está realmente entre las prioridades, prescindir de estas cámaras es aún menos consumista. Están surgiendo otros usos increíblemente voraces sin la menor preocupación por el medio ambiente. Un ejemplo es el “vídeo volumétrico”, basado en cámaras de 5K, que genera un flujo de ¡3 TB por minuto! Eso son 50 GB por segundo. Por tanto, una película “volumétrica” de 2 horas “pesaría” nada menos que 180 TB (180.000 GB). E Intel cree sin pestañear que este formato es “el futuro de Hollywood”<sup>32</sup>.



Fuente: Tristan Gaudiot, «Les principaux générateurs de trafic internet dans le monde », Statista, <https://fr.statista.com/infographie/15717/repartition-traffic-internet-descendant-mondial-par-application/>

25 Mills & al., *Green gaming : energy efficiency without performance compromise*, 2018, p. 9

26 Mills & al., *Green gaming : energy efficiency without performance compromise*, sept 2018, p.9

27 Cisco, *Visual Networking Index : Mobile Forecast Highlights, Global - 2020 Forecast Highlights*, 2016.

28 <https://www.cnetfrance.fr/produits/calculer-le-poids-de-ses-photos-1003101.htm>

29 <https://www.ariase.com/box/offres/4g-box>

30 Mp: millones de píxeles.

31 <https://www.securitel.fr/categorie-produit/peripheriques/>

32 <https://www.clubic.com/pro/entreprises/intel/actualite-848816-intel-dresse-futur-hollywood-dome-geant-1-000-capte-action-360.html>





Por tanto, no es de extrañar que el vídeo represente la mayor parte del consumo digital. Las estadísticas son claras: Netflix representa hoy el 15% del tráfico mundial de Internet, Youtube el 11,4%, Amazon Prime video el 3,7%. Sólo las descargas de Playstation representan un increíble 2,7% del tráfico total<sup>33</sup>. La web clásica (HTTP) alcanza un máximo de menos del 10%, lo que incluye, entre otras cosas, las consultas a Google. En los dispositivos móviles, Youtube acapara el 37% del tráfico. Las redes sociales también son un importante factor en el tráfico, ya que son pródigas en imágenes: Snapchat 8,3% del tráfico, Instagram 5,7%, Facebook 8,4%, Whatsapp 3,7%, Netflix 2,4%<sup>34</sup>. ¿Qué puede ser más fácil que publicar un vídeo o una imagen en WhatsApp? Todo está diseñado para hacerlo fácil. Según Cisco, el tráfico de vídeo pasará de 50 EB (exabytes, o mil millones de gigabytes) en 2017 a casi 300 en 2022: +33% anual, es decir, se triplicará cada 5 años.

The Shift Project estigmatiza los vídeos pornográficos<sup>35</sup>, pero ¿qué ocurre con las aplicaciones “inmersivas” que pueden llegar a crear comunidades totalmente desarticuladas físicamente, de forma muy “realista”, no sólo con la imagen (“volumétrica”), sino con datos táctiles y de otro tipo? La ciencia ficción lo anticipó, como las películas *Code Rouge* o *Matrix*. ¿Y la inteligencia artificial, los coches autónomos, etc.? ¿A cuánto ascenderá el tráfico informático? Sin duda se medirá en unidades aún desconocidas, ya que no hay nada, por el momento, más allá del yottabyte (1.000.000 de exabytes)...

yotta [Y]	$10^{24} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
zetta [Z]	$10^{21} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
exa [E]	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
peta [P]	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
tera [T]	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga [G]	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega [M]	$10^6 = 1\ 000\ 000$
kilo [k]	$10^3 = 1\ 000$
hecto [h]	$10^2 = 100$
deca [da]	$10^1 = 10$

Las pantallas planas e indefinidamente extensibles tienen la ventaja añadida de poder colocarse en cualquier lugar, no sólo en casa o en uso móvil. Las famosas

pantallas de Times Square, aunque ahora equipadas con LED, siguen consumiendo 160 MW: casi el 20% de una central nuclear<sup>36</sup>. Un panel digital urbano de dos caras consume 12 veces más que su equivalente en papel<sup>37</sup>, es decir, tanto como 3 hogares (12.000 kWh/año); y la factura parece subestimada porque la documentación de JCDecaux no parece prever un funcionamiento 24/7, aunque a menudo sea así<sup>38</sup>.

Unas palabras sobre el coche conectado. En 2016, Intel anunció que el objeto consumía 4 petabytes... al día<sup>39</sup>, es decir, 2 millones de veces más que los 2 GB que una persona genera o transmite de media al día en 2020. Recientemente, Thierry Breton, Director General de ATOS, reevaluó esta cifra en 30 petabytes de datos al día, y añadió: “*Es absolutamente gigantesca. Ninguna red puede soportar eso. La función de procesamiento de datos del vehículo eléctrico o autónomo consumirá probablemente más energía que su función de movilidad. Este es un tema del que no se habla hoy en día*”<sup>40</sup>. Otras fuentes apuntan a entre 4 y 10 TB diarios, equivalentes a 6.200 usuarios de Internet<sup>41</sup>. Los principales impulsores del consumo son las cámaras (entre 20 y 60 MB por segundo) y el LIDAR, un dispositivo basado en el eco de un láser (entre 10 y 70 MB por segundo).

Y el coche autónomo no es más que un caso especial de IA (inteligencia artificial) y “big data” (datos masivos o megadatos). Strubell, Ganesh y McCallum demostraron, a partir de una red neuronal común utilizada para procesar el lenguaje natural, que una sesión de entrenamiento de inteligencia artificial consumía 350 toneladas de CO<sub>2</sub><sup>42</sup>, es decir, el equivalente a 300 viajes de ida y vuelta entre Nueva York y San Francisco. También en este caso, el uso de imágenes e incluso vídeos es decisivo<sup>43</sup>. Además, la masa de datos y la complejidad de la arquitectura son tales que resulta difícil prever de antemano la parada de la máquina: hay que dejarla funcionar hasta que el resultado se estabilice<sup>44</sup>.

¿Podrá el ordenador cuántico tomar el relevo? Su consumo parece insensible a la potencia de cálculo requerida, por el momento, pero ésta es muy baja, en relación con la potencia de refrigeración necesaria, en la medida en que este tipo de ordenador funciona a una temperatura cercana al cero absoluto: -273°C. Varias

33 Sandvine, *The global Internet phenomena report*, 2018.

34 Sandvine, *The Mobile Internet phenomena report*, 2019.

35 Shift Project, «Climat: l'insoutenable usage de la vidéo en ligne. Un cas pratique pour la sobriété numérique», 2019.

36 <https://www.businessinsider.fr/us/the-cost-of-lighting-landmarks-around-the-world-2017-7>

37 [https://antipub.org/wp-content/uploads/2017/03/p82\\_ConsommationsNRJtotales.png](https://antipub.org/wp-content/uploads/2017/03/p82_ConsommationsNRJtotales.png)

38 <https://www.bastamag.net/Ecrans-publicitaires-a-Paris-l-afficheur-JCDecaux-veut-faire-taire-les>

39 <https://newsroom.intel.com/editorials/krzanich-the-future-of-automated-driving/#gs.v9g3jx>

40 15 mayo 2019. <https://www.usinenouvelle.com/article/l-edge-computing-est-une-plus-grosse-opportunité-que-le-cloud-affirme-thierry-breton-pdg-d-atos.N844360>

41 Accenture, *Autonomous vehicles: the race is on*, 2018, p. 5.

42 Emma Strubell, Ananya Ganesh et Andrew McCallum, *Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*, <https://arxiv.org/pdf/1906.02243>

43 <https://www.technologyreview.com/s/614005/ai-computing-cloud-computing-micro-chips>

44 <https://ecoinfo.cnrs.fr/2019/10/01/impact-environnemental-de-lia/>



publicaciones sugieren que el consumo de energía podría aumentar significativamente a medida que estas máquinas se vuelvan más potentes, sobre todo por consideraciones de física fundamental<sup>45</sup>. Además, la tecnología cuántica es invención, no innovación: ¿cuánto tardará en desempeñar un papel significativo en el “ecosistema” informático mundial?

## II. ¿Por qué hasta ahora no hemos hablado de ello?

El Conseil National du Numérique ha publicado su Hoja de Ruta<sup>46</sup>, ARCEP se hace preguntas. 2019 y 2020 verán surgir la cuestión de la sobriedad digital en el espacio público. Sin embargo, las cifras anteriores no son en absoluto sorprendentes. El Instituto Wuppertal ya lo advirtió en 2001<sup>47</sup>, y algunos agentes han intentado dar la voz de alarma: EcoInfo, GreenIt.fr, etc. Sin embargo, la tecnología digital ha escapado a (casi) todos los radares en cuanto a su huella ecológica. ¿Cómo es posible? Hay varias razones, seis de las cuales parecen fundamentales.

La primera es que las empresas digitales no se han apresurado a plantear la cuestión, y este sigue siendo el caso en 2019. En su lugar, han preferido encender contrafuegos como los informes SMART2020 (2008) y SMART 2030 (2015) de la Global e-sustainability Initiative<sup>48</sup>, que se centran en las ganancias potenciales que las tecnologías digitales podrían ofrecer a otros sectores, con enormes promesas: hasta un 20% de las emisiones globales. Las debilidades de estos informes se resumen en cuatro puntos, que ya habíamos identificado en 2009<sup>49</sup>: se subestiman las emisiones propias del sector, se sobreestima constantemente el potencial de ganancias en eficiencia energética, así como las supuestas ganancias para otros sectores, sin tener en cuenta que las mismas, al ser principalmente económicas (aumento de la productividad), contribuirán sobre todo al crecimiento de los sectores afectados, y no a la reducción de su huella ecológica.

Una segunda explicación es que los especialistas en transición ecológica no se han ocupado realmente de

esta cuestión hasta hace poco. El WWF llegó incluso a publicar un manifiesto conjunto con GeSI (Global e-Sustainability Initiative, una plataforma lanzada por empresas de tecnologías de la información y la comunicación para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible a través de la innovación tecnológica)<sup>50</sup>. Por todas partes, nos enfrentamos a la convicción, infundada pero profunda, de que la tecnología digital no sólo reduciría rápidamente su propia huella, sino que también serviría para reducir la de otros sectores. Cuando entrevistamos al comisario para la “sociedad digital”, Peter Johnston, allá por 2008, básicamente nos dijo que el sector digital sería el que más rápido reduciría su huella en la historia. A un interlocutor que señaló el consumo de tecnología digital, el propio André Gorz despejó la cuestión con una breve respuesta: el silicio es abundante<sup>51</sup>. El conocimiento sería ahora el motor del capitalismo, poniendo fin a su “era energética”<sup>52</sup>.

La tercera razón es que la llegada de la tecnología digital no se ha traducido en inversiones energéticas masivas y visibles: aunque en Francia se necesita el equivalente a seis reactores nucleares para funcionar, es decir, el 10% del total, no se ha construido nada en el sector. La explicación es sencilla: el crecimiento del consumo digital se ha visto eclipsado por el aumento de la eficiencia energética en otros sectores, sobre todo en los electrodomésticos. Lo mismo ocurre a escala europea<sup>53</sup>. En los hogares se ha producido el mismo fenómeno, que se han pasado a frigoríficos A+++, pero no han visto disminuir sus facturas. Por tanto, lejos de reducir el consumo en otros sectores, son éstos los que han enjugado en cierto modo el consumo adicional inducido por la tecnología digital.

Un cuarto factor son los extraordinarios avances en eficiencia energética de la tecnología digital, hasta el punto de que se llegó a hablar de la “Ley de Koomey”, según la cual la potencia de cálculo se duplicaría cada 1,57 años, con un consumo de energía constante<sup>54</sup>. En otras palabras, a potencia de cálculo constante, el consumo se dividiría por cuatro cada tres años, lo cual es enorme, admitámoslo. El problema es que estas ganancias son limitadas, y nos estamos acercando rápidamente a este límite. La información es entrópica. La “Ley de Koomey” no durará tanto como la Ley de

45 Jeremy Hsu, « How Much Power Will Quantum Computing Need ? » *IEEE Spectrum*, 5 octubre 2015. Joni Ikonen, Juha Salmilehto, Mikko Möttönen, *Energy-Efficient Quantum Computing*, arXiv:1609.02732, DOI: 10.1038/s41534-017-0015-5

46 [https://cnumerique.fr/environnement\\_numerique](https://cnumerique.fr/environnement_numerique)

47 Barthel, C. et al., «2001: GHG Emission Trends of the Internet in Germany», in Lan-grock, T., Ott, H.E. et Takeuchi, T., dir., *Japan & Germany: International Climate Policy & the ICT Sector*, Wuppertal Institute, 2001.

48 GeSI, *SMART 2020 Enabling the low-carbon economy in the information age*, 2008; GeSI, *#SMARTer2030. ICT solutions for 21st century challenges*, 2015.

49 Flipo, Fabrice et al., *Technologies numériques et crise environnementale : peut-on croire aux TIC vertes ? Rapport final Projet Ecotic.*, 2009.

50 WWF, *From risk to profit – The ICT sector as a winner in a low carbon economy*, [non daté]; WWF, *Becoming a winner in a low-carbon economy – IT solutions that help business and the planet*, [sin fecha]

51 *En le fil rouge de l'écologie*. Entretiens inédits en français, Paris, Ed. de l'EHESS, 2015, p. 53-54.

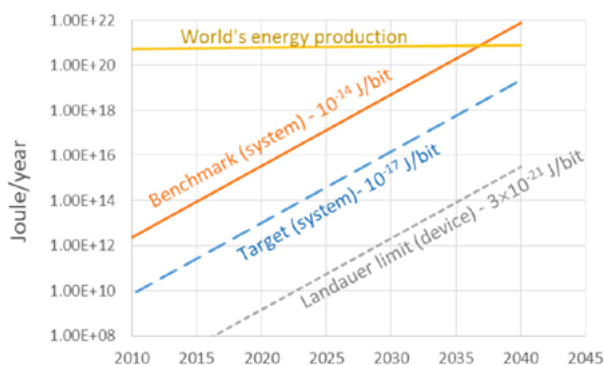
52 Gorz, André, *Misère du présent, richesse du possible*, Paris, Galilée, 1997, p. 17.

53 [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eia\\_status\\_report\\_2017\\_-\\_v20171222.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eia_status_report_2017_-_v20171222.pdf)

54 Koomey, J., et al. (2011). « Implications of historical trends in the electrical efficiency of computing ». *IEEE Annals of the History of Computing*, 33(3), 46–54. <http://doi.org/10.1109/MAHC.2010.28>



Moore (duplicación de la potencia de los microprocesadores cada dos años a coste constante), que llegó a su fin hace unos años, con lo que el número de “núcleos” (chips) de los ordenadores se ha multiplicado. La informática experimentó de inmediato ganancias espectaculares en eficiencia energética, lo que alimentó la fantasía de ganancias ilimitadas, ganancias que continúan hasta hoy. Pero el límite físico teórico fue señalado ya en 1961 por un investigador de IBM, Rolf Landauer<sup>55</sup>. Se ha verificado recientemente<sup>56</sup>. Es a esta barrera a la que apunta el citado estudio de la industria de semiconductores, según el cual la tecnología digital podría consumir antes de 2070 el equivalente a toda la energía mundial



**Fuente: Semiconductor Industry Association / Semiconductor Research Corporation, “Rebooting the IT revolution: A Call to Action”, 2015, p. 27.**

demandada en 2010<sup>57</sup>.

Existe una última explicación más reciente, relacionada con el hecho de que la tecnología digital se ha “impuesto”, como dice Credoc refiriéndose al teléfono inteligente<sup>58</sup>. El hecho de que se haya impuesto un uso significa que nos encontramos en una situación de “lock-in”, según el concepto acuñado por W. Brian Arthur en 1989<sup>59</sup>. El lock-in corresponde a lo que Illich llamaba un “monopolio radical”, es decir “el dominio de un tipo de producto más que de una marca”<sup>60</sup> para satis-

facer las necesidades más comunes. Este dominio no se ha producido de forma voluntaria, como una forma de elección: todos los datos disponibles, empezando por nuestro estudio de 2009<sup>61</sup>, muestran que los consumidores no han elegido la trayectoria en la que se fijan ahora los estilos de vida.

Sexta razón: un error sobre lo que es digital. A menudo comparado con la imprenta de Gutenberg<sup>62</sup>, siguiendo el trabajo de Elizabeth Eisenstein<sup>63</sup>, inspirada a su vez por McLuhan<sup>64</sup>, o incluso con una convergencia entre lo audiovisual, la informática y las telecomunicaciones (informe Nora-Minc), olvidamos que lo digital es logística. ¿Qué hizo Leonard Kleinrock<sup>65</sup>, el inventor de Internet? Aplicar el modelo logístico a la información: no se trata de señales que se propagan, sino de “paquetes” que toman distintos caminos, a la manera de los paquetes en camiones. Pascal Lamy dijo en 2011, cuando era director de la OMC, que Internet y los contenedores de mercancías son las dos innovaciones básicas de la globalización económica<sup>66</sup>. Desde este punto de vista, los 1.500 millones de teléfonos inteligentes que se venden al año representan sólo 300.000 toneladas (a 200 gramos cada uno). Esta cifra es pequeña en términos absolutos -el comercio mundial de mercancías a granel asciende a 13.000 millones de toneladas aproximadamente<sup>67</sup>- suponiendo alrededor del 0,00002% del flujo total. Pero el teléfono inteligente impulsa potencialmente todo lo demás. Al fin y al cabo, controlamos casi todo desde este pequeño dispositivo: la ropa, la música, la comida, y pronto incluso los coches (“autónomos”). Casi todo lo que nos rodea se puede obtener por este medio. Así de potente es este pequeño aparato. Casi te hace pensar que eres Dios. Ante semejante poder, el asombro suele primar sobre cualquier otra consideración. Con él, el campo de nuestra acción nunca ha sido tan grande, y ello en un momento en el que, evidentemente, tenemos más dificultades para asumir las responsabilidades que conlleva, a pesar de las tesis de Hans Jonas, ampliamente difundidas, sobre una ética tecnológica<sup>68</sup>.

55 Landauer, Rolf, « Irreversibility and Heat Generation in the Computing Process », *IBM Journal*, julio 1961, p. 183-191.

56 Bérut, A., Arakelyan, A., Petrosyan, A. et al. « Experimental verification of Landauer's principle linking information and thermodynamics ». *Nature* 483, 187-189 [2012]. <https://doi.org/10.1038/nature10872>. Frank, M. P. « The physical limits of computing », *Computer Science Engineering*, 4, 16-26 [2002].

57 Semiconductor Industry Association / Semiconductor Research Corporation, «Rebooting the IT revolution: A Call to Action», 2015.

58 Credoc, *Baromètre du numérique 2019*, p. 7.

59 Brian Arthur, W., « Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events », *The Economic Journal*, vol. 99, no. 394, 1989, p. 116-131; Bouvier-Patron, Paul, « L'application des concepts de «lock-in» et de «barrières à la mobilité» à une théorie des réseaux d'entreprises », *Revue française d'économie*, 1994, p. 205-232.

60 Illich, Ivan, *Oeuvres complètes - tome I*, Paris, Fayard, 2004, p. 513.

61 Flipo et al., *Technologies numériques et crise environnementale: peut-on croire aux TIC vertes?* Rapport final Projet Ecotic.

62 Por ejemplo, Boullier, *Sociologie du numérique*, p. 7.

63 Eisenstein, Elizabeth, *La révolution de l'imprimé: à l'aube de l'Europe moderne*, Paris, Hachette, 2003.

64 McLuhan, Marshall, *La galaxie Gutenberg* [1962], Paris, CNRS Editions, 2017.

65 Kleinrock, Leonard, « Information flow in large communication nets. Proposal for a PhD Thesis », 31 mayo 1961.

66 Lamy, Pascal, « La démondialisation est un concept réactionnaire », *Le Monde*, 30 junio 2011, [https://www.lemonde.fr/economie/article/2011/06/30/pascal-lamy-la-demondialisation-est-un-concept-reactionnaire\\_1542904\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2011/06/30/pascal-lamy-la-demondialisation-est-un-concept-reactionnaire_1542904_3234.html)

67 PNUM, « Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel », 2016, p. 15.

68 Jonas, Hans, *Le principe responsabilité: une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Le Cerf, 1990.



## Contacto:



GREEN EUROPEAN FOUNDATION

**GREEN EUROPEAN FOUNDATION**  
Rue du Fossé – 1536 Luxembourg  
Oficina de Bruselas: Mundo Madou  
Avenue des Arts 7-8  
1210 Brussels, Belgium

t: +32 2 329 00 50  
e: [info@gef.eu](mailto:info@gef.eu)

## Para contactar con nosotros:

Visita nuestra página web



[gef.eu](http://gef.eu)

Síguenos en las redes sociales para conocer nuestras últimas actividades y eventos en Europa



[GEF\\_Europe](https://twitter.com/GEF_Europe)



[GreenEuropeanFoundation](https://www.facebook.com/GreenEuropeanFoundation)



[GEF\\_Europe](https://www.instagram.com/GEF_Europe)