



PUCP

Residuos electrónicos generados por la transición a la televisión digital: análisis de flujos y stocks

Autores: Marco Gusukuma / Ramzy Kahhat_

Presentado por: Ramzy Kahhat



PELCAN
Red Peruana Ciclo de Vida
y Ecología Industrial

TV ANALÓGICA

VS

TV DIGITAL



¿Qué es la TDT?

Es la señal de televisión digital, que reemplazará a la analógica y permitirá que los ciudadanos accedan a mejor calidad de imagen, sonido, variedad de canales y disfrutar de los programas favoritos de señal abierta, de forma gratuita

Fuente: <http://www.tdt.pe/#/>

Televisión digital

- Más canales
- Mejor uso del espectro radioeléctrico
- Calidad de Imagen/Sonido
- Recepción portátil y móvil



Pantallas planas:

- CRT-TV: pesados y voluminosos
- Pantallas planas: amplias y ligeras

Sí, el cambio es positivo...

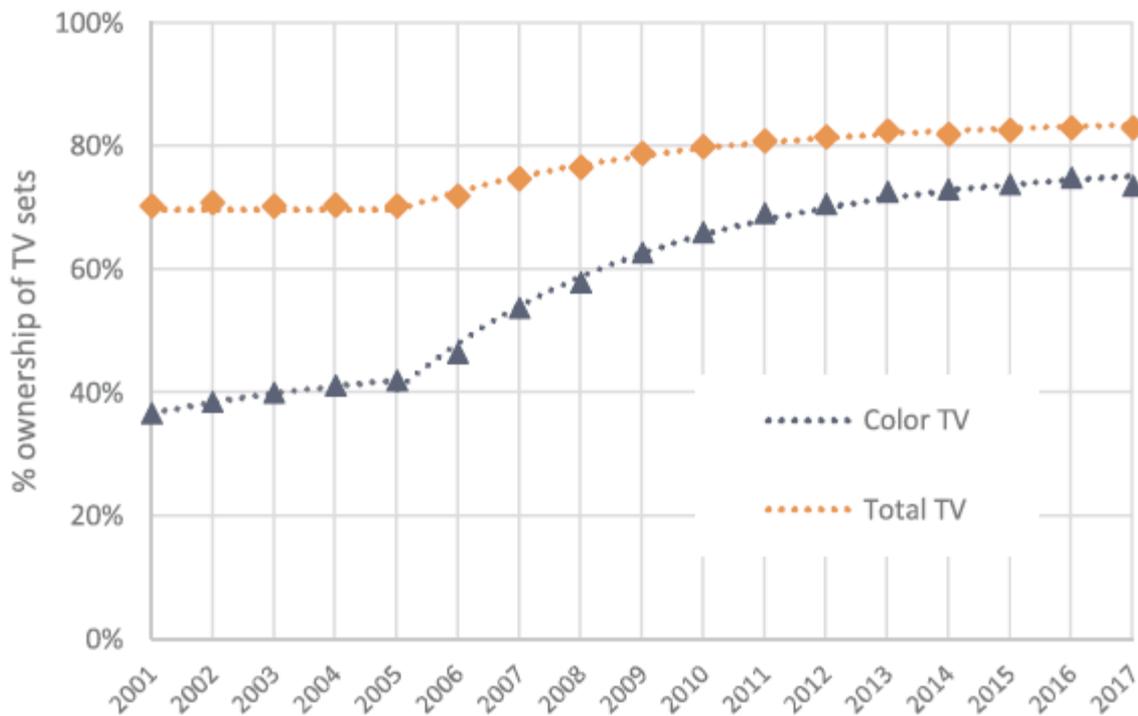
pero debe ir de la mano de una
estrategia de fin de vida de las TV
antiguas, las CRT-TVs (o de cubo o caja)



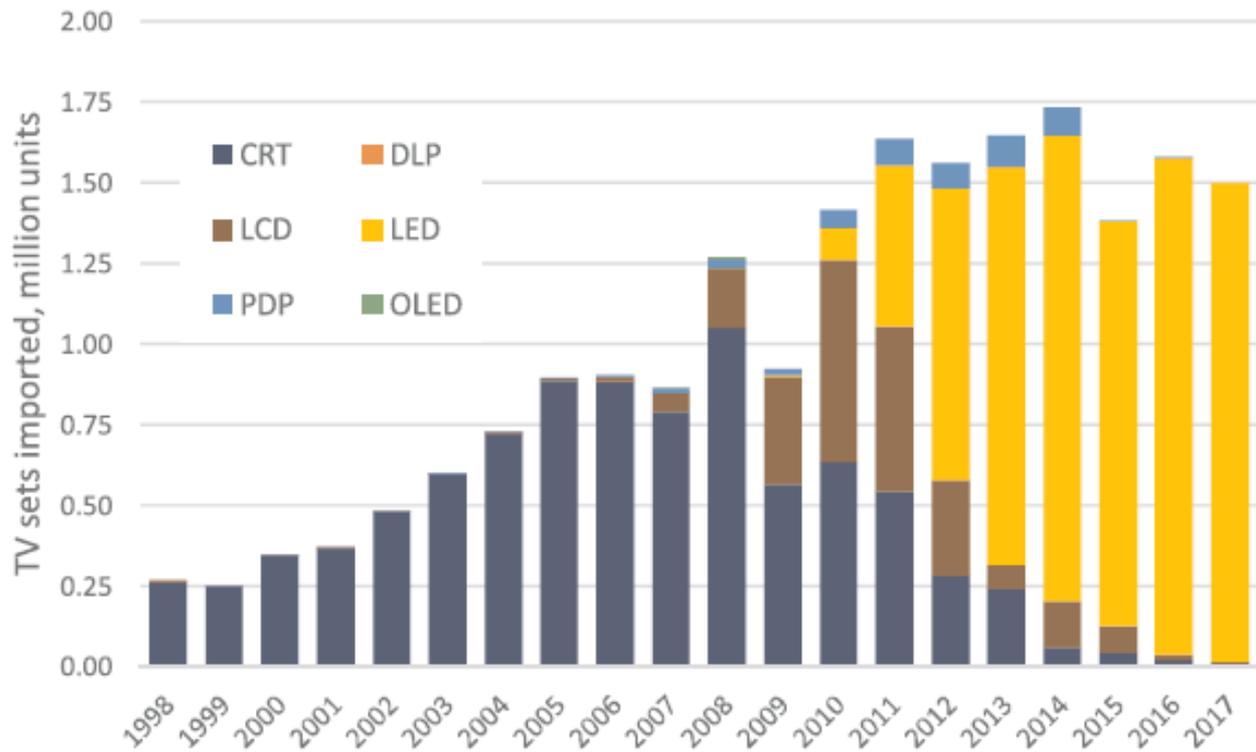
Contexto

- CRT-TV ha sido la **tecnología dominante** por mas de 70 años
- CRT-TV ha ido desapareciendo gradualmente de los mercados internacionales
- Cambio a TV digital genera un **reemplazo mas acelerado** de las TV antiguas

Porcentaje de hogares que cuentan con por lo menos una televisión



Importación de TV's en el Perú (1998-2016)



CRT: Cathode Ray Tube
DLP: Digital Light Processing
LCD: Liquid-Crystal-Display,
PDP: Plasma Display Panel
LED: Light-emitting diode backlighting
OLED: Organic light-emitting diode.

Existe un sector importante de Reuso, Reparación y Mantenimiento de CRT-TVs

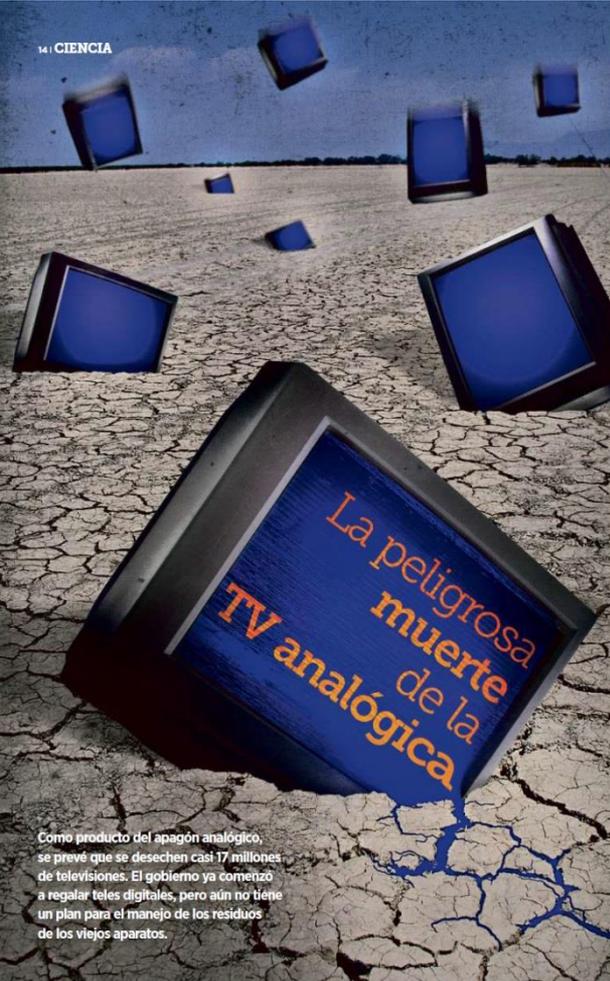
¿Lecciones del pasado?

Transición Digital en USA



Lagos-Nigeria. Source: National Geographic 2008

Transición en México



14 CIENCIA

Domingo 11 de enero de 2015 >> REFORMA REVISTA R

ESTHER DIAZ

A partir de ahora, y hasta el 31 de diciembre de 2015, cuando se producirá oficialmente el apagón analógico, cada vez será más frecuente encontrar televisores desechados en tiraderos a ciclo abierto o en esquinas donde se amontona la basura. A falta de un plan de manejo para estos aparatos, tirarlos podría parecer una solución simple.

El problema podría quedar en una cuestión de gestión de residuos si no fuera porque una parte del vidrio de estos televisores contiene óxido de plomo, una sustancia catalogada como insegura por la Organización Mundial de la Salud.

Además, es altamente contaminante para el medio ambiente si penetra en la tierra o termina en el agua.

"El óxido de plomo se encuentra en una parte del vidrio de las televisiones. Cuando el vidrio se rompe por accidente o para sacar el tubo de cobre que se sitúa detrás de él es cuando el óxido de plomo lixivia en la tierra o acaba en los ríos", apunta Sofía Chávez, coordinadora general de la asociación civil Proyecto Ecosía, Vías Verdes A.C., con sede en Guadalajara.

No obstante, el gobierno mexicano planea regalar 13.8 millones de televisiones nuevas, o digitales, a los hogares inscritos en el padrón nacional de beneficiarios de los programas de la Secretaría de Desarrollo Social ubicados en zonas de alta marginación, sin haber preparado un plan para el desecho de los viejos televisores.

De acuerdo con el Programa de Trabajo para la Transición a la Televisión Digital, "Terrestre de la SCT, esta medida tendrá un impacto positivo en el uso eficiente de la energía que beneficiará a 13.8 millones de hogares, al reducirse en más del 60 por ciento el consumo de electricidad por televisor de 21 pulgadas.

El documento añade que, al cambiar el televisor analógico por un televisor digital, las familias tendrán ahorros económicos anuales del orden de mil 638 millones de pesos al año y el gobierno federal dejará de erogar al año 3 mil 276 millones de pesos por concepto de subsidios.

"Considerando un horizonte de vida útil de un televisor (10 años), nos lleva a ahorros que ascienden a más de 30 mil millones de pesos", se asegura.

Hasta el 18 de diciembre de 2014, el gobierno ya había repartido un millón de televisores nuevos.

Pero el discurso gubernamental choca con una realidad, advierte la especialista Sofía Chávez: el impacto ambiental y de salud si no existe un manejo adecuado de los televisores.

Como producto del apagón analógico, se prevé que se desechen casi 17 millones de televisiones. El gobierno ya comenzó a regalar teles digitales, pero aún no tiene un plan para el manejo de los residuos de los viejos aparatos.

“Como producto del apagón analógico, se prevé que se desechen casi 17 millones de televisiones. El gobierno ya comenzó a regalar teles digitales, pero aún no tiene un plan para el manejo de los residuos de los viejos aparatos.”

Reforma, 2015

hhat, Ph.D.



PUCP

¿Perú?

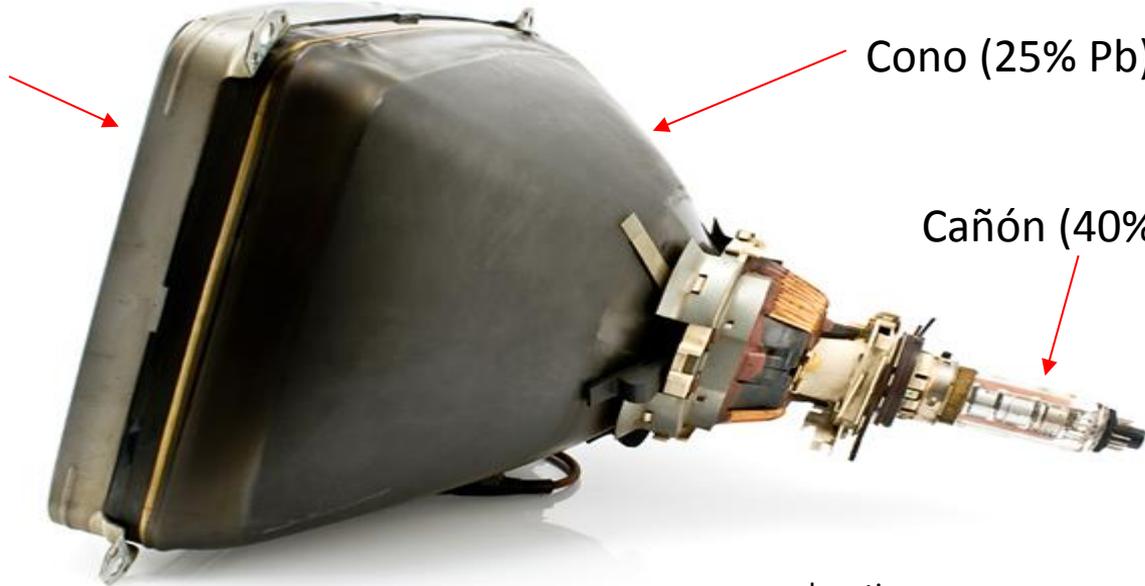
Objetivo

- Determinar el **inventario** de CRT-TV, vidrio y plomo en el Perú entre los años 2005 – 2016 de los usuarios utilizando como herramienta el Análisis de Flujo de Materiales
 - Identificación de actores
 - Estimación de flujos, inventarios y su variación en el tiempo

Estado del Arte

- Tubo de rayos catódicos (CRT)

Pantalla (0% Pb,
12%Ba,
14% Sr)



Cono (25% Pb)

Cañón (40% Pb)

recyclenation.com

Composición vidrio CRT:

| % | Pantalla | | | Cono | | | Frasco de vidrio |
|--------------------------------|----------|------|------|-----------|------|------|------------------|
| | Óxido | Min | Max | Variación | Min | Max | |
| SiO ₂ | 58.9 | 65.4 | 6.6 | 51.2 | 63.5 | 12.3 | 72.0 |
| Al ₂ O ₃ | 1.2 | 3.7 | 2.5 | 1.1 | 5.0 | 3.9 | 2.0 |
| Na ₂ O | 6.2 | 9.8 | 3.7 | 5.3 | 8.1 | 2.8 | 13.0 |
| K ₂ O | 6.0 | 9.0 | 3.0 | 7.2 | 10.3 | 3.2 | 1.0 |
| Li ₂ O | 0.0 | 0.5 | 0.5 | - | - | - | - |
| F | 0.0 | 0.8 | 0.8 | - | - | - | - |
| BaO | 1.9 | 14.2 | 12.3 | 0.0 | 3.0 | 3.0 | - |
| SrO | 0.0 | 11.6 | 11.6 | 0.2 | 0.7 | 0.5 | - |
| CaO | 0.0 | 4.6 | 4.6 | 1.6 | 4.5 | 2.9 | 10.0 |
| MgO | 0.0 | 2.0 | 2.0 | 0.9 | 3.0 | 2.1 | - |
| As ₂ O ₃ | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | - |
| Sb ₂ O ₃ | 0.2 | 0.7 | 0.5 | 0.0 | 0.4 | 0.3 | - |
| TiO ₂ | 0.0 | 0.6 | 0.6 | - | - | - | - |
| CeO ₂ | 0.0 | 0.6 | 0.6 | - | - | - | - |
| PbO | 0.0 | 3.3 | 3.3 | 11.6 | 24.6 | 13 | - |
| ZrO ₂ | 0.0 | 3.5 | 3.5 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | - |
| ZnO | 0.0 | 0.7 | 0.7 | - | - | - | - |
| Fe ₂ O ₃ | 0.0 | 0.1 | 0.1 | - | - | - | - |

Fuente: ICER (2004)

¿Reciclaje del Vidrio?

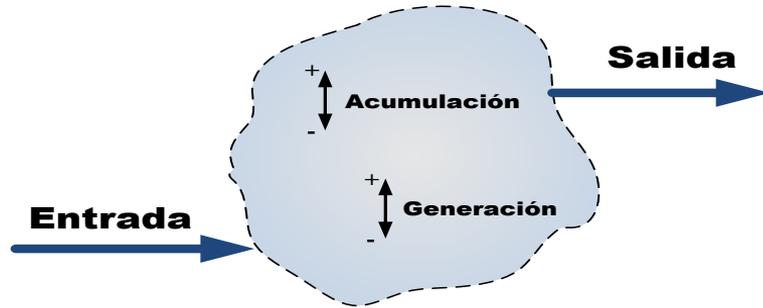
- Procesos glass-to-glass
 - Utilizados para fabricar nuevas pantallas de televisión
 - Cada vez es utilizado menos por el cambio tecnológico (Resource Recycling, 2015)
- Procesos glass-to-lead
 - El vidrio es materia prima para otro tipo de productos
 - Principal preocupación: Pb

¿Reciclaje del Vidrio?

- Procesos glass-to-lead

- | | |
|---|--|
| 1. Fabricación de gres | - Andreola et al, 2008 |
| 2. Fabricación de vidrio esponja | - Fernandes et al., 2014 |
| 3. Agregado para concreto | - Raschad, 2015 - Ling & Pong, 2014 |
| 4. Fundentes para la producción de Cu y Pb | - Xie, Liu, & Li, 2012 |
| 5. Recuperación de plomo por autorreducción | - Hiroyoshi, Prin, Takaya, & Ito, 2013 - Grause, Yamamoto, Kameda, & Yoshioka, 2014 - Xing, Wang, Li, & Xu, 2016 |

Análisis de Flujo de Materiales (MFA)



Influencias metodológicas para este estudio:

- Shipment-level trade analysis (SLTA) (Kahhat & Williams, 2009)
 - MFA para fin de uso de electrónicos (Kahhat & Williams, 2012)
 - Uso de estmadores (proxies) (Lepawsky & McNabb, 2010)
- Aplicaciones:
- Estimar flujos e inventarios en un lugar determinado (Graedel & Allenby, 2009; Miller et al, 2013)
 - Aplicar el principio de la conservación de la masa a un caso relacionado con el bienestar de la sociedad. (Haberl et al, 1998)
 - Pronósticos y análisis de comparación e influencia de parámetros en los flujos e inventarios (Augiseau & Barles, 2016)

Actores, Flujos e Inventarios

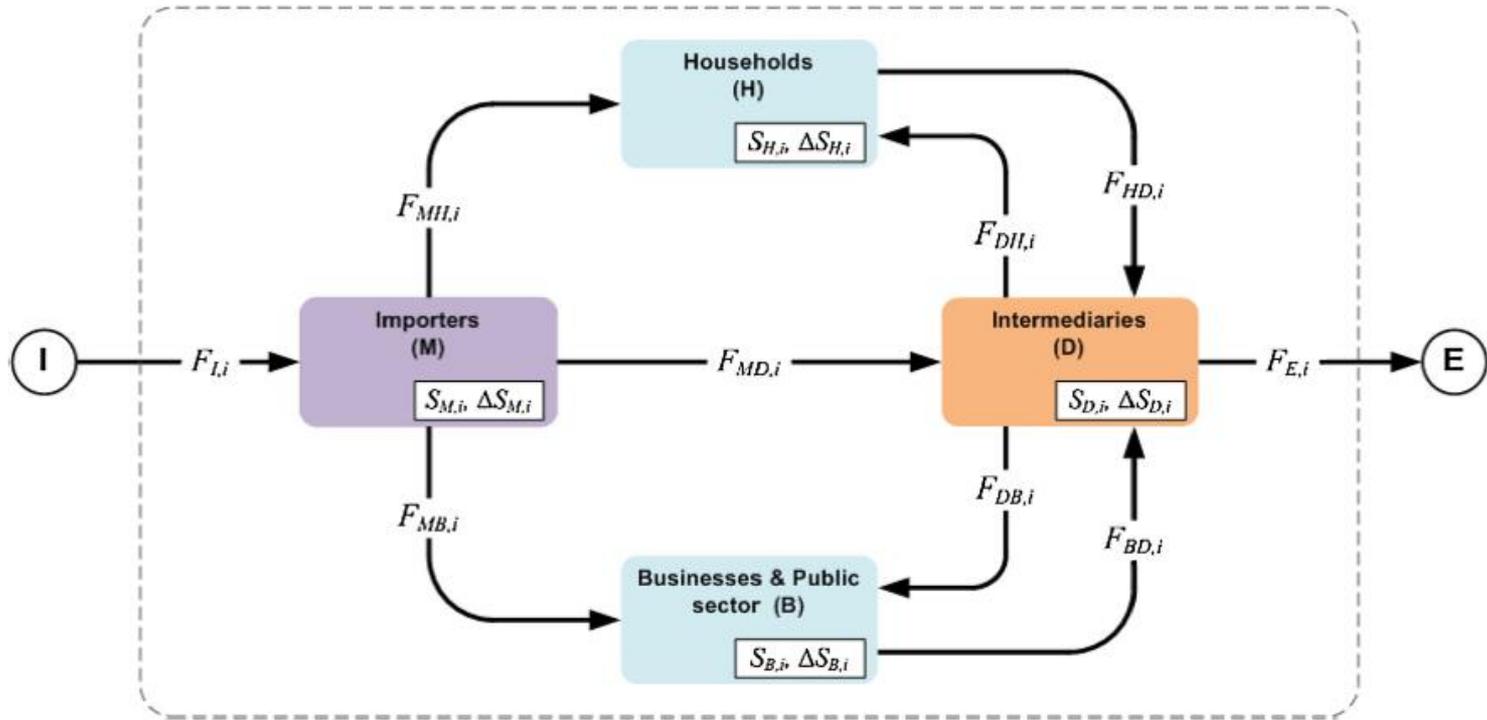


Table 1
Product equations, Flows and Stocks.

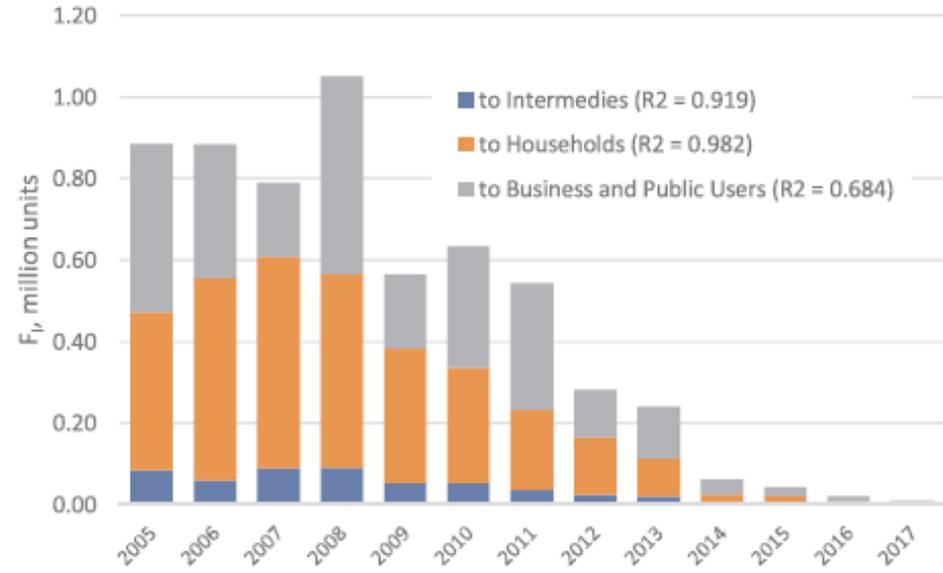
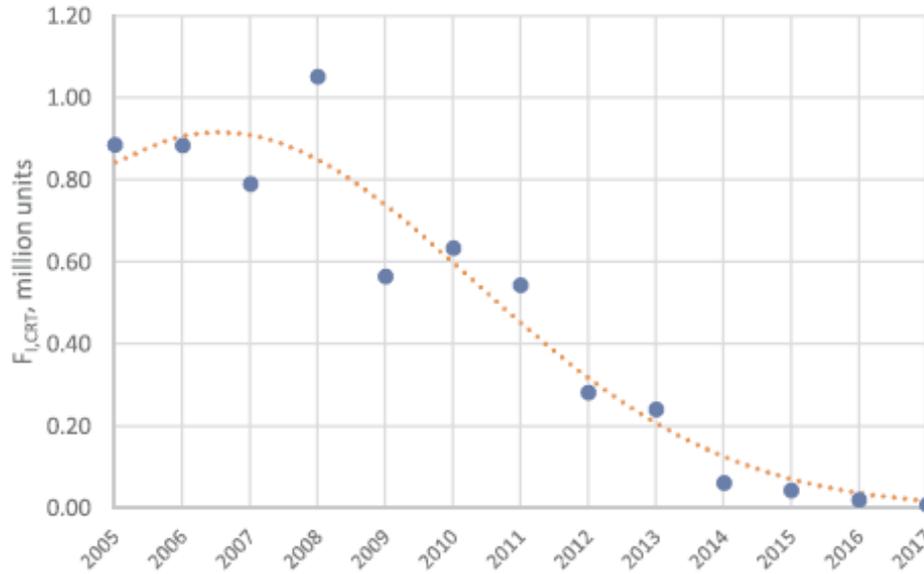
| Player | Balance Equations | Description of variables ^a | Main Data Sources |
|-----------------------|--|---|--|
| General | $t_{ac} = t_{in} - t_{out}(1)$ | t_{ac} : Stock variation t_{in} : Inflow t_{out} : Outflow | |
| Importers (M) | $F_{I,i} = F_{MH,i} + F_{MD,i} + F_{MB,i}(2)$ | $F_{I,i}$: Inflow, imports $F_{MH,i}$: Outflow, to "H" $F_{MD,i}$: Outflow, to "D" $F_{MB,i}$: Outflow, to "B" | SUNAT (Imports data), INEI (ENAHO) |
| Households (H) | $\Delta S_{H,i} = F_{MH,i} + F_{DH,i} - F_{HD,i}(3)$ $\Delta S_{H,i} = S_{H,i} - S_{H,i-1}(4)$ | $\Delta S_{H,i}$: Stock variation (H) $S_{H,i}, S_{H,i-1}$: Stock (H) $F_{MH,i}$: Inflow, from "M" $F_{DH,i}$: Inflow, from "D" $F_{HD,i}$: Outflow, to "D" | SUNAT (Imports data), INEI (ENAHO & Statistics of population) |
| Business & Public (B) | $\Delta S_{B,i} = F_{MB,i} + F_{DB,i} - F_{BD,i}(5)$ $\Delta S_{B,i} = S_{B,i} - S_{B,i-1} (6)$ | $\Delta S_{B,i}$: Stock variation (B) $S_{B,i}, S_{B,i-1}$: Stock (B) $F_{MB,i}$: Inflow, from "M" $F_{DB,i}$: Inflow, from "D" $F_{BD,i}$: Outflow, to "D" | SUNAT (Imports data), INEI (ENAHO & Statistics of population and local governments), MINCETUR (Statistics of hotel sector) |
| Intermediaries (D) | $F_{E,i} = (F_{BD,i} + F_{HD,i} + F_{MD,i}) - (F_{DB,i} + F_{DH,i})(7)$ | $F_{E,i}$: Outflow, end-of-life (EOL) $F_{BD,i}$: Inflow, from "B" $F_{HD,i}$: Inflow, from "H" $F_{MD,i}$: Inflow, from "M" $F_{DB,i}$: Outflow, to "B" $F_{DH,i}$: Outflow, to "H" | Balance |

Flows and stock variations are expressed in units per year. Stocks are expressed in units.

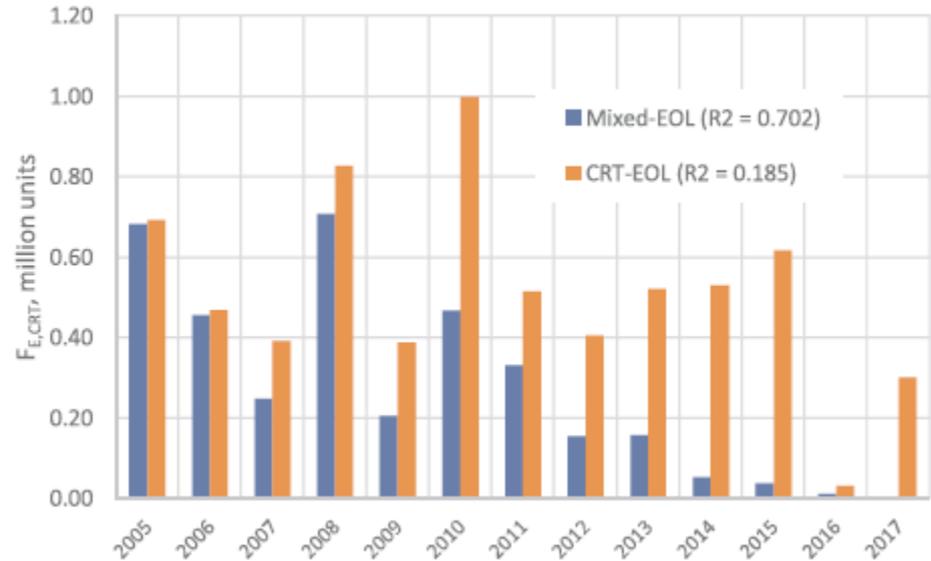
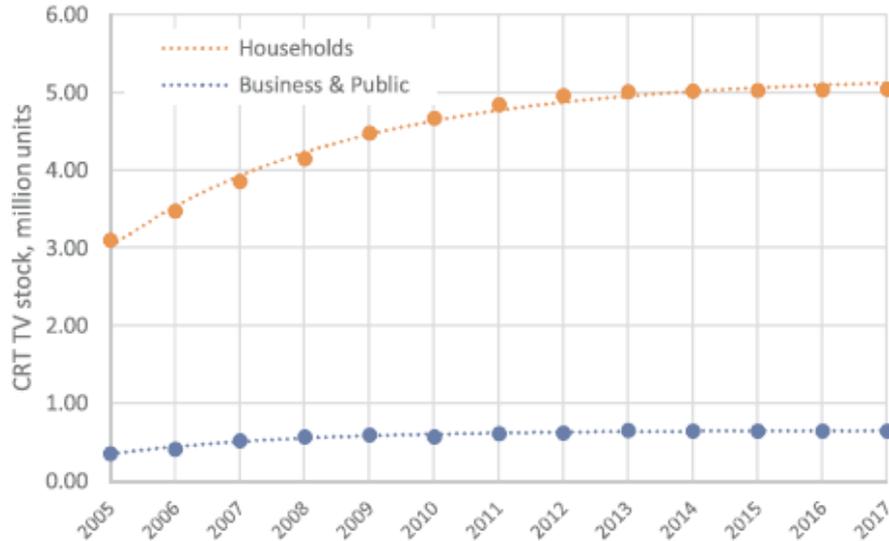
^a Additional information: "i": year "i"; "i - 1": previous year.

RESULTADOS

Importación de CRT-TV al Perú: 2005-2017



Stock de CRT-TV y Flujos de Fin de Vida (2005-2017)



“Mixed-EOL”: CRT y pantallas planas llegan al fin de vida indistintamente de su tecnología
“CRT-EOL”: Solo CRT-TV comprenden flujos de salida del sistema

El stock de CRT-TV en el 2017 fue de 2.6-5.7 millones de unidades, equivalente a 4800-8000 toneladas de plomo.

Stock en ambos sectores, 2017

| | Description | Households | B&P Users | Total |
|--------------------|-----------------------|------------|-----------|-------|
| Mixed-EOL Scenario | CRT TV, million units | 5.05 | 0.65 | 5.70 |
| | Leaded glass, ×1000 t | 60.70 | 7.46 | 68.16 |
| | Lead, ×1000 t | 7.10 | 0.88 | 7.98 |
| CRT-EOL Scenario | CRT TV, million units | 2.59 | 0.00 | 2.59 |
| | Leaded glass, ×1000 t | 41.14 | 0.00 | 41.14 |
| | Lead, ×1000 t | 4.83 | 0.00 | 4.83 |

Se estima que en el 2025 el stock será de alrededor de 0.3 - 5.9 millones de unidades o 910 - 8,100 toneladas de plomo

Table 3

Projected stock of CRT TV by 2025.

| Description | Lower Bound (CRT-EOL) | Upper Bound (Mixed-EOL) | Expected value |
|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| CRT TV (million unit) | 0.27 | 5.86 | 3.06 |
| Leaded Glass ($\times 1000$ t) | 7.80 | 69.55 | 38.68 |
| Lead ($\times 1000$ t) | 0.91 | 8.13 | 4.52 |

Ideas Finales

1. Herramienta valiosa para la toma de decisiones:
 - Diseño plan de gestión integral de CRT-TV antes del fin del apagón analógico
 - Evitar problemas similares a los ocurridos en México y los Estados Unidos

Ideas Finales

2. La incertidumbre en el MFA es inherente:
 - Uso de factores (distribución, escalamiento, proxies)
 - Definición de escenarios

Ideas Finales

3. La minería urbana: Existe un importante potencial de recuperación de recursos

El próximo paso:

- Diseñar un proceso para el tratamiento del vidrio de CRT



Contents lists available at ScienceDirect

Resources, Conservation & Recycling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/resconrec



¡Gracias!

ramzy.kahhat@pucp.edu.pe

Profesor Principal

Red Peruana de Ciclo de Vida y
Ecología Industrial (PELCAN)

Departamento de Ingeniería
Pontificia Universidad Católica del
Perú



Full length article

Electronic waste after a digital TV transition: Material flows and stocks

Marco Gusukuma, Ramzy Kahhat*

Department of Engineering, Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801, San Miguel, 15088, Lima, Peru

ARTICLE INFO

Keywords:

Analog switch-off (ASO)
Cathode Ray Tube television (CRT TV)
Dynamic MFA
Electronic waste (e-waste)
Material Flow Analysis (MFA)
Urban mining

ABSTRACT

As with every technology, televisions (TV) are prone to replacement due to technological evolution of the equipment itself (e.g. CRTs to flat panels) or the system (e.g. signal). While the former is commonly a gradual change that depends on the consumer, the latter could be sudden, as it depends on national regulations. When an abrupt change happens, it can generate an abnormal volume of equipment at the end of life. Thus, the principal motivation of this research is to estimate the amount of CRT TV sets that will be stored by users in 2025, the end of the analog switch-off (ASO) in Peru. Dynamic Material Flow Analysis (D-MFA) was applied to estimate flows and stocks of CRTs from residential, business and public sources between 2005 and 2017. Because of data constraints in the Business and Public (B&P) sector, two scenarios were modeled to lower the uncertainty of the estimated number of TV sets. Results show that between 2.6 and 5.7 million CRT TV units, equivalent to 41,100 and 68,200 metric tons of leaded glass and 4500 and 8000 metric tons of lead, were placed in residential and B&P facilities in 2017 and will have become obsolete at the end of ASO. Projections for 2025, the final ASO year, indicate that between 0.27 and 5.86 million CRT TV units will be stored in those places. If planned correctly, resources embedded in CRT TV could create an urban mining opportunity, but an inadequate waste management plan that excludes appropriate recycling technologies could generate significant environmental impacts.