

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA

**“DIAGNÓSTICO SOBRE LA GENERACIÓN DE
BASURA ELECTRÓNICA EN MÉXICO”**

**Estudio desarrollado por el
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**
Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios
sobre Medio Ambiente y Desarrollo

Borrador Final

México, D. F.
6 de julio de 2007

Dr. Guillermo J. Román Moguel

Contenido

RESUMEN

ABREVIATURAS

1 INTRODUCCIÓN

2 ANTECEDENTES Y BASES CIENTÍFICAS QUE SUSTENTAN LAS ACCIONES SOBRE DESECHOS ELECTRÓNICOS

2.1 Toxicidad de Retardadores de Flama y de Metales pesados utilizados en productos electrónicos

2.1.1. Éteres de bifenilos polibromados

2.1.2. Arsénico

2.1.3. Cadmio

2.1.4. Cromo

2.1.5. Mercurio

2.1.6. Plomo

2.1.7. Selenio

2.1.8. Transporte ambiental, Ecotoxicidad e isomerización

2.1 Situación Internacional del manejo de los desechos electrónicos

2.2.1 Convenio de Basilea

2.2.2 Convenio de Estocolmo

2.2.3 Convenio de Róterdam

2.2.4 Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte

2.2 Usos de sustancias tóxicas en productos electrónicos

2.3.1. Directivas de la Unión Europea

2.3.2. Otras iniciativas

3 GENERACIÓN DE DESECHOS ELECTRÓNICOS EN MÉXICO

3.1 Producción de equipos electrónicos en México

3.2 Uso de dispositivos electrónicos

- 3.3 Importación y exportación formal de productos electrónicos
- 3.4 Estimación de la importación clandestina de productos electrónicos
- 3.5 Generación de desechos electrónicos como subproductos de la producción
- 3.6 Estimación de generación potencial de desechos electrónicos
- 3.7 Final de Vida de los desechos electrónicos en México
- 3.8 Estimación de generación de dioxinas y furanos por la quema de desechos electrónicos
- 3.9 Posibles sustitutos de los retardadores de flama en los equipos electrónicos
- 3.10 Normatividad técnica sobre el contenido de sustancias tóxicas en productos electrónicos

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- 4.1 Análisis y validación de los datos
- 4.2 Implicaciones económicas del manejo de desechos electrónicos
- 4.3 Implicaciones sociales del manejo de desechos electrónicos
- 4.4 Propuesta de elementos de políticas

5 CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1. Datos de equipos electrónicos importados en México

ANEXO 2. Usuarios de Servicios de telecomunicaciones e informáticos en México y otros países

ANEXO 3. Equipos Electrónicos producidos en México

ANEXO 4. Producción de dispositivos electrónicos en años seleccionados y determinación de pesos promedio particulares

ANEXO 5. Componentes de una PC determinados experimentalmente

ANEXO 6. Determinación de Volumen de Importación Informal de aparatos electrónicos

ABREVIATURAS

APCPEL	Alianza de América del Norte para la Prevención de la Contaminación con Productos Electrónicos Limpios
BPCs	Bifenilos policlorados
CANIETI	Cámara Nacional de la Industria, Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, México
CCA	Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte
COFETEL	Comisión Federal de Telecomunicaciones, México
COPs	Contaminantes orgánicos persistentes
DHHS	Department of Health and Human Services, Estados Unidos
EMAS	Eco Management and Audit System
EPA	Environmental Protection Agency, Estados Unidos
g	Gramos
INARE	Instituto Nacional de Recicladores, México
INE	Instituto Nacional de Ecología, México
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PARAN	Planes de Acción Regionales, América del Norte
PBBs	Bifenilos polibromados
PBDEs	Éteres bifenílicos polibromados
PIB	Producto Interno Bruto
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
ppm	Partes por millón
PIC	Prior Informed Consent
PyMES	Pequeñas y medianas empresas
REP	Responsabilidad Extendida del Productor
RoSH	Restriction of the use of certain Hazardous Substances
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México
TBBPA	Bisfenol tetrabromado A
TLCAN	Tratado del Libre Comercio de América del Norte
ton	Toneladas
TPCs	Terfenilos policlorados
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de aparatos electrónicos constituye el sector de mayor crecimiento de la industria manufacturera en los países desarrollados. Paralelamente, la innovación tecnológica y la globalización del mercado contribuyen al proceso vertiginoso de sustitución o desecho de estos productos, lo cual genera, anualmente, toneladas de residuos electrónicos en el mundo, incluido México (UNEP, 2005). Simultáneamente, se ha incrementado la percepción pública en relación al manejo inadecuado y la posible toxicidad de los desechos electrónicos.

Entre los componentes de los dispositivos electrónicos existen sustancias y materiales tóxicos, como es el caso del Plomo, Mercurio, Cadmio, Bifenilos Policlorados (BPCs) y Éteres bifenílicos polibromados (PBDEs), entre otros; así como materiales que al incinerarse en condiciones inadecuadas son precursores de la formación de otras sustancias tóxicas como las dioxinas y los furanos. Estos materiales orgánicos son regulados por el Convenio de Estocolmo sobre Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) con el objeto de lograr su eliminación y prevenir su generación.

Este Convenio establece una serie de compromisos y oportunidades para los países signatarios, como México, quien, inclusive, le ha ratificado. Entre las obligaciones se incluye la formulación de un Plan Nacional de Implementación que dé cumplimiento a los objetivos del Convenio mediante un conjunto de acciones que conduzcan a la eliminación o reducción de los usos y de la liberación al ambiente de los contaminantes antes señalados.

Por otra parte, el Programa Inter-Organismos para el Manejo Adecuado de Químicos (IOMC), que desde 1995 agrupa a organismos como el PNUMA, ILO, FAO, WHO, ONUDI, OECD y UNITAR, ha desarrollado evaluaciones regionales periódicamente, no sólo de los COPs, sino que también de otros 16 compuestos químicos o grupos de sustancias, entre las que se encuentran los PBDEs. Cabe aclarar que aunque estos últimos no son objeto del Convenio de Estocolmo, su uso implica un riesgo potencial.

Con base en lo anterior, el Instituto Nacional de Ecología, como órgano de investigación que apoya a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en este caso

aportando al desarrollo del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo, consideró necesario el desarrollo de este **“DIAGNÓSTICO SOBRE LA GENERACIÓN DE BASURA ELECTRÓNICA EN MÉXICO”**. El diagnóstico servirá también para aportar elementos al plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN) referente al tema de Dioxinas, Furanos y Hexaclorobenceno y explorará los componentes que puedan servir de base a la elaboración de Planes de Manejo de los desechos electrónicos que, de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y a la Norma Oficial Mexicana correspondiente que al respecto se emita, se tendrán que implementar.

Así, el objetivo de este estudio, se define como sigue:

“Aportar la información necesaria para sustentar el apoyo que brindará el INE a la SEMARNAT en la elaboración del Plan Nacional de Implementación (PNI) del Convenio de Estocolmo, en lo referente a la formulación de políticas para la gestión ambientalmente adecuada de los residuos electrónicos; así como proveer elementos para el Plan de Acción Regional que se desarrolla en cumplimiento de la Resolución 95-05, “Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas”, del Consejo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, en lo que se refiere a Dioxinas, Furanos y Hexaclorobenceno”.

La información está basada principalmente en el desarrollo de un diagnóstico del estado que guarda la generación y el manejo de los desechos electrónicos. A su vez, parte importante del diagnóstico lo constituye el inventario de generación de desechos electrónicos y sus modalidades de manejo. El inventario desarrollado en este estudio podrá considerarse como “Inicial”, pero servirá para lo siguiente:

- Proveer información inicial útil a nivel nacional
- Invitar comentarios, participación y revisión de los Grupos Interesados
- Mostrar los intervalos potenciales de emisiones y, por tanto, de impacto al ambiente
- Encontrar los puntos en que se requiera un mayor esfuerzo para reunir información.

- Mostrar las áreas de oportunidad económica dentro del manejo adecuado de los desechos electrónicos

Los objetivos, alcances y justificación del estudio de acuerdo a los Términos de Referencia se presentan en el Anexo 1.

El trabajo se desarrolló por investigadores del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo y de otras áreas del Instituto Politécnico Nacional,. El trabajo consistió en la búsqueda y análisis de información, cálculo de cifras y talleres de trabajo con la mayoría de los actores implicados en el tema.

En este reporte se presentan los principales resultados obtenidos, los cuales, aún cuando no son exhaustivos, podrán servir de base para iniciar el desarrollo de políticas para el manejo ambientalmente adecuado de los desechos electrónicos en nuestro país.

2 ANTECEDENTES Y BASES CIENTÍFICAS QUE SUSTENTAN LAS ACCIONES SOBRE DESECHOS ELECTRÓNICOS

En los dispositivos electrónicos y, por tanto, en los desechos generados al concluir su vida útil, existen dos grupos de sustancias consideradas tóxicas al ambiente y a la salud humana. Primeramente, los compuestos orgánicos polibromados –conocidos también como Retardadores de Flama Bromados (BFR)–, entre los utilizados con mayor frecuencia se hallan: PBBs, PBDEs y el TBBPA. En segundo término, los metales pesados: Cadmio, Cromo hexavalente, mercurio y plomo, los cuales son también motivo de la Directiva de la Unión Europea que propone su eliminación total de los aparatos electrónicos.

Los retardadores de flama bromados se usan como aditivos de los plásticos de los compuestos siguientes:

1. Tabla de circuitería de TV
2. Chasis de Plástico de TV
3. TRC en TV
4. Chasis de Monitor en PC
5. Tarjeta de circuitos en Monitor
6. Plásticos y tarjetas de circuitos de Teclado y ratón de una PC
7. Gabinete plástico en PC
8. Tarjeta madre en PC
9. Pasta de adhesión en el microprocesador de PC
10. Memoria en PC
11. Plásticos de equipo de videojuego
12. Microprocesador de videojuego
13. Tarjetas de circuitos de VCR
14. Microcontroladores de VCR
15. Chasis de VCR

Adicionalmente, se encuentran metales pesados en las partes siguientes de los dispositivos electrónicos:

1. Plomo en tubos de rayo catódico y soldadura
2. Arsénico en tubos de rayo catódico más antiguos
3. Trióxido de antimonio como retardante de fuego
4. Selenio en los tableros de circuitos como rectificador de suministro de energía
5. Cadmio en tableros de circuitos y semiconductores
6. Cromo en el acero como anticorrosivo
7. Cobalto en el acero para estructura y magnetividad
8. Mercurio en interruptores y cubiertas

En esta sección se presentan los fundamentos en los que se justifica este trabajo, tanto desde el punto de vista de la toxicidad de los desechos electrónicos como desde su regulación en los Convenios Ambientales Multilaterales y Regionales, principalmente aquellos que son de carácter vinculante para México.

2.1 Toxicidad de retardadores de flama y metales pesados utilizados en productos electrónicos

Los elementos reportados en los desechos electrónicos como tóxicos son los compuestos polihalogenados y algunos metales pesados. En esta sección se presentan las principales características de toxicidad hacia humanos, muchas de ellas determinadas en animales a partir de estudios de laboratorio.

Cuando una sustancia se libera desde un área extensa, por ejemplo desde una planta industrial, o desde un recipiente como un barril o una botella, aquélla entra al ambiente; sin embargo, la liberación no siempre conduce a exposición, pues ésta implica inhalación, ingestión o contacto directo.

Adicionalmente, hay que valorar otros factores que determinan si la exposición a alguna sustancia tóxica es perjudicial. Estos factores incluyen la dosis (la cantidad), la duración (por cuánto tiempo), y la forma de exposición (cómo se entra en contacto con las sustancias). Así mismo, debe considerarse la posible interacción con otras sustancias químicas a las que se esté expuesto, la edad, sexo, dieta, características personales, estilo de vida y condiciones de salud de las personas.

2.1.1 Éteres bifenílicos polibromados

Los éteres bifenílicos polibromados (PBDEs, por sus siglas en inglés) son compuestos químicos manufacturados que retardan el fuego. Hay tres productos de PBDEs de uso comercial, los éteres del bifenilo pentabromado (pentaBDE), del bifenilo octabromado (octaBDE) y del bifenilo decabromado (decaBDE). Los productos comerciales de decaBDE y octaBDE son sólidos incoloros a blancuzcos; el decaBDE se usa principalmente en cubiertas plásticas de artículos electrónicos, como por ejemplo televisores; mientras que el octaBDE se emplea en plásticos para artículos de oficina. El pentaBDE es un líquido espeso que se usa en espumas para cojines de muebles (ATSDR, 2004).

Los PBDEs entran al aire, al agua y al suelo durante su manufactura y uso en productos de consumo. Eventualmente regresan a la tierra o al agua cuando el polvo es arrastrado por la nieve o la lluvia. Los cuerpos de agua, tales como ríos o lagos, generalmente actúan como reservorios de pequeñas cantidades de decaBDEs, las cuales se depositan en el fondo pudiendo permanecer ahí durante años. Algunos PBDEs con bajo contenido de bromo (por ejemplo, tetra-y pentaBDEs) pueden acumularse en bajas concentraciones en peces (aproximadamente desde 10 billonésimas de gramo hasta 1 millonésima de gramo de PBDE por gramo de pez [10×10^{-9} a 1×10^{-6} gramos de PBDE por gramo de pez]). Debido a que la degradación de los PBDEs es muy lenta, estas sustancias permanecen en el suelo por varios años; debido a que el agua de lluvia no las dispersa mucho bajo la superficie del suelo, es improbable que los PBDEs se filtren a los acuíferos subterráneos (ATSDR, 2004).

La concentración de los PBDEs con bajo contenido de bromo en la sangre, leche materna y grasa corporal indica que la mayoría de la gente está expuesta a bajos niveles de estos PBDEs. Los PBDEs con alto contenido de bromo, por ejemplo decaBDE, generalmente no se encuentran en el ambiente. La manera por la cual los PBDEs entran y abandonan el cuerpo depende de la estructura química de los componentes individuales. Los PBDEs con alto contenido de bromo, especialmente decaBDE (el principal PBDE en uso hoy en día), se comportan de manera muy diferente en el cuerpo a los PBDEs con bajo contenido de bromo. Si se respira aire que contiene PBDEs o ingiere alimentos, agua o tierra contaminados con PBDEs, los PBDEs con bajo contenido de bromo tienen una

probabilidad mucho más alta de pasar a través de los pulmones y el estómago a la corriente sanguínea. Si se toca tierra que contiene PBDEs, como podría suceder en un sitio de disposición de desechos peligrosos, es muy improbable que PBDEs con bajo o alto contenido de bromo pasen a la corriente sanguínea a través de la piel. Una vez dentro del cuerpo, los componentes individuales de los PBDEs pueden degradarse a productos llamados metabolitos. En unos cuantos días, el decaBDE puede abandonar el cuerpo inalterado o en forma de metabolitos a través de las heces y, en cantidades muy pequeñas, por la orina (ATSDR, 2004).

A la fecha, no se tiene certeza sobre los efectos de los PBDEs en la salud de los seres humanos. Prácticamente toda la información disponible proviene de estudios en animales, los cuales indican que las mezclas comerciales de decaBDE son, generalmente, mucho menos tóxicas que los productos que contienen PBDEs con bajo contenido de bromo (ATSDR, 2004).

Aunque no se sabe si los PBDEs pueden producir cáncer en seres humanos, las ratas y ratones que ingirieron de por vida cantidades sumamente altas de decaBDE desarrollaron tumores del hígado. Las cantidades de PBDEs que afectan la salud de animales son mucho más altas que las que se encuentran comúnmente en el ambiente. La exposición prolongada a los PBDEs es potencialmente más perjudicial para la salud que la exposición breve a niveles bajos de PBDEs debido a la tendencia de estas sustancias a acumularse en el cuerpo con los años. Basado en la evidencia de cáncer en animales, la *Environmental Protection Agency (EPA)*, de los Estados Unidos, ha clasificado al decaBDE como posiblemente carcinogénico en seres humanos. En lo que respecta a los PBDEs ni el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ni la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer de los Estados Unidos les han clasificado en cuanto a carcinogenicidad.

La forma más probable de exposición para niños pequeños es a través de la leche materna que contiene PBDEs con bajo contenido de bromo; también hay que considerar que durante el embarazo estas sustancias se liberan y son capaces de cruzar la placenta y entrar a los tejidos del feto. El cuerpo absorbe muy poco decaBDE, por tanto, es improbable que se encuentren cantidades significativas en la leche materna o en el feto. Los niños que viven cerca de sitios de disposición de desechos peligrosos pueden ingerir

PBDEs accidentalmente si se llevan las manos u otros objetos cubiertos con tierra a la boca o si comen sin lavarse las manos.

Los trabajadores involucrados en la manufactura y producción de resinas que contienen PBDEs están expuestos a concentraciones más altas de PBDEs. La exposición ocupacional también puede ocurrir en lugares de trabajo cerrados donde se reciclan plásticos y espumas que contienen PBDEs; donde se reparan monitores de computadores que contienen PBDEs y durante la producción de mezclas comerciales de PBDEs y de productos de plástico que los contienen. Las personas que viven cerca de sitios de disposición de desechos peligrosos pueden estar expuestas a PBDEs al respirar aire que contiene polvo contaminado con PBDEs; sin embargo, estas sustancias, eventualmente, se depositan sobre la superficie, de manera que la ruta de exposición por inhalación es poco importante (ATSDR, 2004).

2.1.2 Arsénico

El arsénico es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre. En el ambiente, se combina con oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico. El arsénico en animales y en plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico (ATSDR, 2005A).

Los compuestos inorgánicos de arsénico se usan principalmente para preservar madera. El cromato de cobre arsenado se usa para producir madera "presurizada." El uso residencial de este compuesto se discontinuó en los Estados Unidos, pero aún tiene usos industriales. Los compuestos orgánicos de arsénico se utilizan como plaguicidas, principalmente, en cosechas de algodón (ATSDR, 2005A).

El arsénico se encuentra naturalmente en el suelo y en los minerales, por tanto, puede entrar al aire, al agua y a los suelos a través del polvo que arrastra el viento; de los efluentes de lluvia o de filtraciones. El arsénico no puede ser destruido en el ambiente, solamente puede cambiar de forma. Muchos compuestos comunes de arsénico pueden disolverse en el agua; por lo que la mayor parte del arsénico se deposita en el suelo o el sedimento, pudiendo acumularse en los peces y mariscos; la mayor parte de este arsénico está en una forma orgánica llamada arsenobetaina (ATSDR, 2005A).

La exposición a niveles de arsénico más altos que lo normal ocurre principalmente en lugares de trabajo donde se produce o usa este elemento; por ejemplo, tratamiento de madera o aplicación de plaguicidas; también se presenta al habitar lugares cerca de sitios de disposición de desechos peligrosos o en áreas con niveles de arsénico naturalmente elevados. El arsénico puede ser ingerido en pequeñas cantidades en los alimentos y el agua o respirando aire que lo contiene; inhalando aserrín o quemando madera tratada con él (ATSDR, 2005A).

La exposición a niveles altos de arsénico puede producir dolor de garganta e irritación de los pulmones, inclusive, dependiendo de la dosis y tiempo de exposición, puede ser fatal; mientras que la exposición a niveles más bajos puede producir náusea y vómitos, disminución del número de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardíaco anormal, fragilidad capilar y una sensación de hormigueo en las manos y los pies. La ingestión o inhalación prolongada de niveles bajos de arsénico inorgánico puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso. El contacto de la piel con arsénico inorgánico puede producir enrojecimiento e hinchazón. En los niños la evidencia sugiere que la exposición prolongada al arsénico reduce su cociente de inteligencia (IQ); por su parte, el arsénico inorgánico se transforma a la forma menos perjudicial orgánica con menor facilidad que en los adultos. Por esta razón, los niños pueden ser más susceptibles a los efectos del arsénico inorgánico que los adultos (ATSDR, 2005A).

Hay evidencia, aunque no definitiva, de que la inhalación o ingestión de arsénico puede ser perjudicial para las mujeres embarazadas y el feto. Los estudios en animales han demostrado que dosis altas de arsénico –nocivas para animales preñados–, pueden producir crías con bajo peso y con defectos de nacimiento y también pueden causar la muerte de las crías. El arsénico puede atravesar la placenta, por lo que se ha detectado en los tejidos del feto; también se ha encontrado en la leche materna en bajos niveles. Varios estudios han demostrado que la ingestión de arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de cáncer de la piel, los pulmones, el hígado y la próstata. La inhalación de arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de cáncer del pulmón. El DHHS ha determinado que el arsénico inorgánico es un elemento carcinogénico reconocido. La

Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer y la *EPA* han precisado que el arsénico inorgánico es carcinogénico en seres humanos (ATSDR, 2005A).

La *EPA* ha determinado límites para la cantidad de arsénico que las industrias pueden liberar al ambiente y ha restringido o cancelado muchos de los usos del arsénico en plaguicidas. De igual forma, señaló un límite de 0.01 partes por millón (ppm) para arsénico en el agua potable. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos ha establecido un límite de exposición permisible para arsénico en el aire del trabajo de 10 microgramos de arsénico por metro cúbico de aire ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales (ATSDR, 2005A).

2.1.3 Cadmio

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre, generalmente se encuentra como mineral combinado con otras sustancias tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio), o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todo tipo de terrenos y rocas, incluso minerales de carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio; éste no se oxida fácilmente y tiene muchos usos incluyendo baterías, pigmentos, revestimientos para metales y plásticos (ATSDR, 1999).

El cadmio entra al aire de fuentes como la minería, industria, y al quemar carbón y desechos domésticos; las partículas de cadmio pueden viajar largas distancias antes de depositarse en el suelo o en el agua; el cadmio llega a los acuíferos y al suelo a través de derrames o escapes en sitios de disposición de desechos peligrosos; en el agua, parte de él puede disolverse, y aunque no se degrada en el ambiente puede cambiar de forma. También se incorpora el cadmio al ambiente por medio de las plantas, peces y otros animales; cuando ingresa al organismo permanece en él por largo tiempo y puede acumularse después de años de exposición a bajos niveles (ATSDR, 1999).

Respirar altos niveles de cadmio produce graves lesiones en los pulmones, inclusive, puede provocar la muerte. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy elevados produce seria irritación al estómago e induce vómitos y diarrea. La exposición por largo tiempo a bajos niveles de cadmio en el aire, los alimentos o el agua puede producir acumulación en el organismo y ésta, a su vez, provocar enfermedades renales.

Las lesiones en los pulmones y fragilidad de los huesos son otros efectos posibles causados por exposición de larga duración. En animales a los que se les dio cadmio en la comida o en el agua se observaron aumento de la presión sanguínea, déficit de hierro en la sangre, enfermedades del hígado y lesiones en los nervios y el cerebro. No obstante, se desconoce si estos efectos ocurren también en seres humanos expuestos a cadmio a través de los alimentos o del agua; el contacto de la piel con cadmio no parece constituir un riesgo para la salud ni en animales ni en seres humanos (ATSDR, 1999).

2.1.4 Cromo

El cromo es un elemento natural que se encuentra en rocas, animales, plantas, suelo, polvo y gases volcánicos. El cromo está presente en el ambiente en formas diferentes; las más comunes son: cromo (0), cromo (III) y cromo (VI), también llamado cromo hexavalente. No se ha asociado ningún sabor u olor a los compuestos de cromo. El cromo (III) se encuentra de forma natural en el ambiente, mientras que el cromo (VI) y el cromo (0) son producidos generalmente por procesos industriales. El cromo metálico, que es la forma de cromo (0), se usa para fabricar acero y los cromos (VI) y (III) se usan en cromado, tinturas y pigmentos, curtido de cuero y para preservar madera (ATSDR, 2001A).

El cromo (III) es un elemento nutritivo esencial que ayuda al cuerpo a utilizar azúcar, proteínas y grasas; sin embargo, respirar niveles altos de cromo hexavalente puede causar irritación de la nariz, moqueo, hemorragias nasales, úlceras y perforaciones en el tabique nasal; además, malestar estomacal, úlceras, convulsiones, daño al hígado y el riñón y hasta la muerte. El contacto con ciertos compuestos de cromo hexavalente puede causar ulceración de la piel. Cierta gente es extremadamente sensible al cromo hexavalente o al cromo (III); por lo que presentan reacciones alérgicas consistentes en enrojecimiento e hinchazón grave de la piel (ATSDR, 2001A).

La Organización Mundial de la Salud (WHO) ha determinado que el cromo hexavalente es carcinógeno en seres humanos; en el mismo sentido, el DHHS ha determinado que ciertos compuestos de cromo hexavalente producen cáncer en seres humanos y, la EPA ha establecido que el cromo hexavalente en el aire es carcinogénico en seres humanos. Es importante reducir el riesgo de exposición al cromo de los niños evitando que jueguen

en suelos cerca de sitios de disposición de desechos no controlados en donde puede haberse desechado cromo (ATSDR, 2001A).

2.1.5 Mercurio

El mercurio es un metal que ocurre naturalmente en el ambiente y que tiene varias formas químicas; es el único metal en la tierra que es líquido a temperatura ambiente. El mercurio metálico es la forma pura de mercurio; se caracteriza por ser un líquido brillante, de color plata-blanco, inodoro, mucho más pesado que el agua. Se utiliza en termómetros, barómetros, esfigmomanómetros (instrumentos empleados para medir la presión arterial), termostatos de pared para la calefacción y el aire acondicionado, bombillas y tubos fluorescentes, así como algunas baterías e interruptores de luz eléctrica; en algunas prácticas etno-religiosas y culturales, y en los laboratorios de química de las escuelas de educación media y superior (ATSDR, 2001B).

El sistema nervioso es sensible al mercurio metálico; la exposición a niveles muy altos del vapor de mercurio metálico puede causar daños en el cerebro, en los riñones y en los pulmones, y puede perjudicar seriamente un feto en desarrollo. La exposición a concentraciones de vapor de mercurio lo suficientemente altas como para producir tales efectos serios, puede causar también tos, dolores en el pecho, náusea, vómito, diarrea, aumentos en la presión arterial o en el ritmo cardíaco, erupciones de piel e irritación de los ojos. La exposición a niveles más bajos de mercurio en el aire, por períodos del tiempo prolongados, produciría efectos más sutiles, tales como irritabilidad, disturbios del sueño, timidez excesiva, temblores, problemas de coordinación, cambios en la visión o audición, y problemas de memoria. La mayoría de los efectos del mercurio que resultan de la exposición prolongada a niveles bajos son reversibles una vez que termine la exposición y el mercurio haya salido del cuerpo (ATSDR, 2001B).

Los niños de 5 y menos años de edad se consideran particularmente sensibles a los efectos del mercurio en el sistema nervioso, ya que su sistema nervioso central todavía está en desarrollo. Algunos niños expuestos a altos niveles de vapor de mercurio contraen una afección reversible conocida como acrodinia. En tales casos, las palmas de las manos y plantas de los pies a menudo se tornan enrojecidas y tiernas, antes de comenzar a pelarse. Cuando las mujeres embarazadas están expuestas al mercurio, éste puede

pasar del cuerpo de la madre al feto en desarrollo; también puede pasar a un infante lactante a través de la leche materna (ATSDR, 2001B).

2.1.6 Plomo

El plomo es un metal gris-azulado que se encuentra naturalmente en pequeñas cantidades en la corteza terrestre, por lo que está ampliamente distribuido en el ambiente. La mayor parte de este metal proviene de actividades como la minería, la manufactura industrial y la quema de combustibles fósiles (ATSDR, 2005B).

El plomo no se degrada, pero los compuestos de plomo son transformados por la luz solar, el aire y el agua. Cuando se libera al aire puede moverse a largas distancias antes de depositarse en el suelo; una vez que cae al suelo se adhiere a las partículas del suelo, desde donde se moviliza al agua subterránea (ATSDR, 2005B).

Los efectos del plomo son los mismos si se ingiere o se inhala, pudiendo afectar a casi todos los sistemas y órganos del cuerpo. El más sensible es el sistema nervioso tanto en niños como en adultos. La exposición prolongada de adultos puede causar un deterioro en los resultados de algunas pruebas que miden funciones del sistema nervioso; también puede producir debilidad en los dedos, las muñecas y los tobillos; así como un pequeño aumento de la presión sanguínea, especialmente, en personas de mediana edad y de edad avanzada. La exposición a niveles altos de plomo puede dañar seriamente el cerebro y los riñones de niños y adultos y causar la muerte; en mujeres embarazadas puede producir la pérdida del embarazo y en hombres alterar la producción de espermatozoides (ATSDR, 2005B).

A la fecha no existe evidencia definitiva de que el plomo produzca cáncer en seres humanos, aunque algunas ratas que recibieron dosis altas de un cierto tipo de compuestos de plomo desarrollaron tumores en los riñones. Es así como el DHHS ha determinado que es razonable predecir que el plomo y sus compuestos son carcinogénicos en seres humanos; mientras que para la EPA ello sólo es probable; por su parte, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer de los Estados Unidos ha establecido que el plomo inorgánico probablemente es carcinogénico en seres humanos y

que no hay suficiente información para determinar si los compuestos orgánicos de plomo pueden producir cáncer en seres humanos (ATSDR, 2005B).

2.1.7 Selenio

El selenio es un elemento mineral natural, ampliamente distribuido en la naturaleza en la mayoría de las rocas y los suelos. En forma pura existe como cristales hexagonales gris metálicos a negros, pero en la naturaleza generalmente está combinado con sulfuro o con minerales de plata, cobre, plomo y níquel. La mayor parte del selenio que se procesa es usado en la industria electrónica, pero también es usado como suplemento nutritivo, en la industria del vidrio, como componente de pigmentos en plásticos, pinturas, esmaltes, y tinturas, en la preparación de medicamentos, como aditivo nutricional en alimentos para aves de corral y el ganado, en formulaciones de pesticidas, en la producción de caucho, como ingrediente en champúes contra la caspa y como componente de fungicidas; además, el selenio radiactivo es usado en medicina de diagnóstico (ATSDR, 2003).

El selenio se encuentra naturalmente en el ambiente y puede ser liberado al ambiente por procesos tanto naturales como de manufactura. El polvo de selenio puede entrar al aire al quemar carbón y petróleo y se deposita eventualmente sobre la tierra y el agua; también entra al agua desde las rocas, el suelo y los desperdicios agrícolas e industriales. Algunos compuestos de selenio se disuelven en el agua y otros se depositan en el fondo en forma de partículas. Las formas de selenio insolubles permanecen en el suelo, pero las formas solubles son muy móviles y pueden entrar al agua superficial desde el suelo; de esta forma, puede ingresar en la cadena alimentaria (ATSDR, 2003).

El selenio tiene efectos tanto benéficos como perjudiciales; en principio, es necesario en bajas dosis para mantener buena salud; sin embargo, la exposición a altos niveles puede producir efectos adversos sobre la salud. La exposición breve a altas concentraciones de selenio puede causar náusea, vómitos y diarrea. La exposición crónica a altas concentraciones de compuestos de selenio puede producir una enfermedad llamada selenosis, cuyos síntomas son: pérdida del cabello, uñas quebradizas y anormalidades neurológicas (por ejemplo, adormecimiento y otras sensaciones extrañas en las extremidades). Las exposiciones breves a altos niveles de selenio elemental o de dióxido de selenio en el aire pueden producir irritación de las vías respiratorias, bronquitis,

dificultad para respirar y dolores de estómago; mientras que la exposición más prolongada a cualquiera de estas formas en el aire puede provocar irritación de las vías respiratorias, espasmos bronquiales y tos. Los niveles de estas formas de selenio necesarios para producir estos efectos normalmente no ocurren fuera del trabajo (ATSDR, 2003).

Es probable que los efectos del selenio sobre la salud de niños sean similares a los observados en adultos; sin embargo, un estudio encontró que los niños pueden ser menos susceptibles a los efectos del selenio que los adultos. No hay evidencia de que los compuestos de selenio causen defectos de nacimiento en seres humanos o en otros mamíferos (ATSDR, 2003).

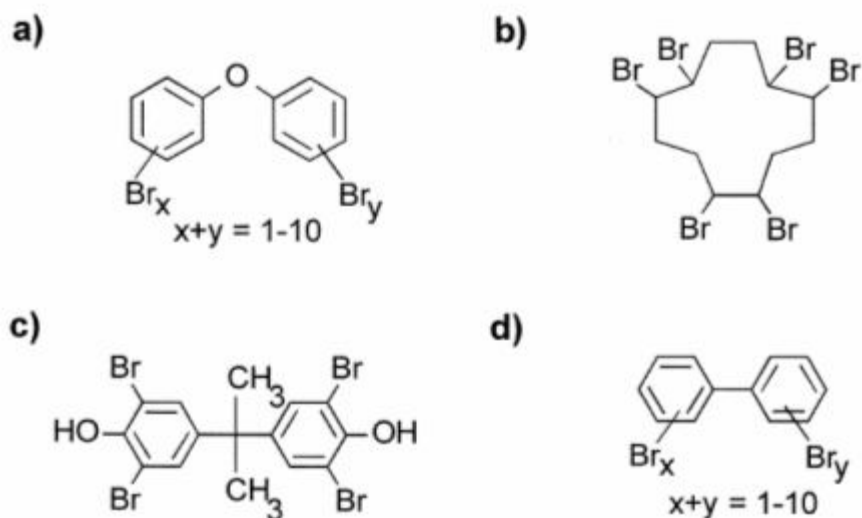
Los estudios en animales de laboratorio y en seres humanos demuestran que la mayoría de los compuestos de selenio no producen cáncer, aunque niveles bajos de selenio en la dieta pueden aumentar el riesgo de desarrollarlo. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer de los Estados Unidos ha señalado que el selenio y sus compuestos no son clasificables en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos; mientras que la *EPA* ha establecido que una forma específica de selenio, el sulfuro de selenio, es probablemente carcinogénica en seres humanos (ATSDR, 2003).

2.1.8 Transporte ambiental, Ecotoxicidad e isomerización

Los retardadores de flama bromados, como los PBBs, los PBDEs y el TBBPA, se presentan comercialmente en varios de sus isómeros. La estructura de algunos de ellos se muestra en la figura 1.

Estructuralmente estas sustancias consisten de dos anillos bencénicos unidos por un enlace éter, C-O-C, y con el resto de las posiciones, 1-10, están ocupadas por uno o más átomos de bromo. En consecuencia, teóricamente, el número total de isómeros relacionados asciende a 209. Los isómeros individuales se denominan de acuerdo con el sistema IUPAC utilizado para los bifenilos, con base en la posición de los halógenos en los anillos. Se encuentran en el mercado tres formulaciones comerciales principales: penta-, octa- y decaBDE.

Figura 1. Estructura química de los a) bifenílicos polibromados, b) hexabromociclododecano (HBCD), c) tetrabromobisfenol A (TBBPA) y d) bifenilos polibromados



Fuente: Barrera Cordero, 2004.

Los éteres bifenílicos polibromados (PBDEs) responden a la fórmula general:

$(C_{12}H_{(10-n)}Br_nO)$, donde $n = 1-10$.

Los PBDE con tres o más átomos de bromo son sólidos con bajas presiones de vapor, virtualmente insolubles en agua y muy lipofílicos. El valor del log Kow (coeficiente de partición octanol-agua) varía en el rango de 5.9-6.2 para el tetraBDE, de 6.5-7.0 para pentaBDE, 8.4-8.9 para octaBDE y hasta 10 para decaBDE (Watanabe y Tatsukawa, 1990).

Los PBDEs son muy persistentes y virtualmente inactivos químicamente, aunque algunos isómeros han sido reportados como fotodegradables, vía su exposición a la luz ultravioleta, presentan también una fuerte afinidad a unirse al material particulado; así como una tendencia a acumularse en los sedimentos. El 80% del total de PBDEs producido corresponde a la mezcla deca. El producto penta-bromado es el más tóxico y su producción, con datos de 1999, corresponde a cerca del 13% del total mundial: 8,500 ton (BSEF, 2000) producido, sobre todo, en los Estados Unidos (8,290 ton); sin embargo,

debido a que presenta las características tóxicas más acentuadas para los humanos y el ambiente, quedó prohibido en dicho país a partir del 1° de julio de 2003.

La formulación deca corresponde prácticamente a una sustancia única, empleada fundamentalmente en textiles y plásticos duros para la fabricación de carcasas de artículos electrónicos, especialmente televisiones y computadoras, 54,000 toneladas de ellos. El decaBDE también se utiliza ampliamente para el acabado de circuitos impresos (OECD, 1994). Debido a esta aplicación, el decaBDE es el PBDE de más amplia distribución y tiene particular importancia en el ciclo de vida de la chatarra electrónica.

En el bisfenol tetrabromado A (TBBPA) la molécula del TBBPA se adhiere covalentemente al plástico, por lo cual se utiliza en las tarjetas de los circuitos electrónicos; en todo el mundo se estima una producción de 50,000 ton/año.

Los bifenilos polibromados (PBBs), por su parte, son hidrocarburos bromados con estructura similar a la de los bifenilos policlorados (PCBs), pero con la diferencia de que pueden contar con átomos de bromo en la estructura del bifenilo. El contenido de átomos de bromo varía entre 2 y 10, siendo el decabromobifenilo (DeBB) el que tiene mayor uso comercial. La demanda del DeBB en 1992 en la parte sur de Europa se estimó en 2,000 ton/año, reduciéndose en 1998 hasta 600 ton/año.

Existen 209 congéneres de PBBs, siendo los más utilizados comercialmente el hexa-, octa-, nona-, y decabromobifenilos. Los PBBs son sólidos con baja volatilidad, prácticamente, insolubles en agua, solubles en grasas y ligeramente solubles en diversos solventes orgánicos; su solubilidad se reduce al incrementar el número de átomos de carbono.

2.2 Situación internacional del manejo de los desechos electrónicos

Los desechos electrónicos han sido motivo, en años recientes, de interés de Acuerdos Ambientales Multilaterales (Basilea y Estocolmo), así como de Directivas y acuerdos legales Regionales (Europa y Norteamérica). A continuación se presenta un resumen del estado que guardan estos acuerdos y cómo influyen en el manejo adecuado de los desechos electrónicos en el mundo. Al respecto, cabe aclarar que, debido a la fecha de su

adopción, 1989, el Convenio de Basilea es el que más desarrollo y logros ha tenido en lo que a desechos electrónicos se refiere.

2.2.1 Convenio de Basilea

El Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, en fuerza desde el 5 de mayo de 1992, tiene entre sus principales objetivos: a) reducir al mínimo la generación de desechos; b) establecer instalaciones adecuadas para la eliminación y manejo ambientalmente racionales de los desechos, procurando que sea lo más cerca posible de la fuente de generación; c) adoptar las medidas necesarias para impedir que el manejo de desechos provoque contaminación y, en caso de que se produzca, reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el ambiente; d) minimizar el movimiento transfronterizo de los desechos e impedir su tráfico ilícito (artículo 4.2).

De conformidad con el Anexo I del Convenio, denominado: “Categorías de desechos que hay que controlar”, existen algunas que se relacionan con los desechos electrónicos, a saber: sustancias y artículos de desecho que contengan o estén contaminados por BPCs, terfenilos policlorados (TPCs) o PBBs; desechos que tengan como constituyentes: berilio o sus compuestos, compuestos de cromo hexavalente, selenio o sus compuestos, cadmio o sus compuestos, mercurio o sus compuestos y plomo o sus compuestos. También se refiere a las categorías de desechos que requieren una consideración especial, entre los que se hallan los desechos recogidos de los hogares.

Como resultado de la ratificación del Convenio de Basilea por parte de México, existe la obligación de nuestro país de atender tanto sus disposiciones como las derivadas de su Protocolo, cuyo objetivo consiste en establecer un régimen global de responsabilidad e indemnización pronta y adecuada por daños producto de un incidente ocurrido durante un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, otros desechos y su eliminación, incluido el tráfico ilícito (UNEP, 1999).

Otro de los avances alcanzados en el marco de este Convenio es el desarrollo de las Directrices técnicas generales para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en COPs, los contengan o estén contaminados con ellos (PNUMA, 2004A y

PNUMA, 2004E), se refieren, entre otros: a los BPCs, TPCs y PBBs, en concreto, a montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitores de BPCs, o contaminados con constituyentes del Anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, BPCs), en tal grado que posean alguna de las características del Anexo III, el cual adopta el sistema de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas, entre los que se hallan las sustancias tóxicas (Naciones Unidas, 1988).

Los BPCs, TPCs y PBBs, que los contengan o estén contaminados con ellos se han encontrado históricamente en lugares diversos, por ejemplo: a) disyuntores, circuitos de carga y cables; b) Instalaciones industriales: transformadores, condensadores, reguladores de voltaje, disyuntores, circuitos de carga, líquidos para transmisión de calor, líquidos para maquinaria hidráulica y sistemas de supresión del fuego; c) Sistemas ferroviarios: transformadores, condensadores, reguladores de voltaje y disyuntores; d) Actividades mineras subterráneas: líquidos para maquinaria hidráulica y bobinas de conexión a tierra; e) Instalaciones militares: transformadores, condensadores, reguladores de voltaje, líquidos para maquinaria hidráulica y sistemas de supresión del fuego; f) Edificios residenciales/comerciales: condensadores, disyuntores, circuitos de carga y sistemas de supresión del fuego; piezas de relleno y juntas elásticas, cola de sellar; pinturas; hormigón y yeso; g) Laboratorios de investigación: bombas neumáticas, circuitos de carga, condensadores y disyuntores; h) Plantas de fabricación de productos electrónicos: bombas neumáticas, circuitos de carga, condensadores y disyuntores; i) Instalaciones de descarga de aguas residuales: bombas neumáticas y motores de pozo; j) Estaciones de servicio automotor: aceite reutilizado (PNUMA, 2004B).

Es importante destacar que, en ocasiones, ni siquiera técnicos experimentados pueden determinar la naturaleza de un efluente, una sustancia, un contenedor o la pieza de un equipo por su apariencia o sus marcas. De tal forma, los inspectores pueden determinar el contenido original a partir de otra información que figure en el rótulo de fábrica, utilizando manuales de orientación como las Directrices para la Identificación de BPCs y materiales que los contengan (PNUMA, 1999) o poniéndose en contacto con el fabricante (PNUMA, 2004B).

El Proyecto de directrices técnicas para el reciclado/regeneración ambientalmente racional de metales y compuestos metálicos (R4) se refiere a la chatarra obsoleta, que en ocasiones proviene de dispositivos electrónicos que han llegado al final de su vida útil, en algunos casos se trata de desechos sujetos a los controles del Convenio de Basilea (Anexo VIII) o a controles nacionales (PNUMA, 2004C).

Por lo que hace a la recuperación del Berilio, utilizado en algunos equipos electrónicos como sumidero de calor, es preciso recuperarlo y aislarlo del ambiente. En lo tocante al cadmio, alrededor del 75% de su consumo corresponde a baterías de níquel cadmio, y como éstas pueden recogerse fácilmente con fines de reciclado, la mayor parte del cadmio secundario proviene de baterías usadas (PNUMA, 2004C).

La séptima Conferencia de las Partes (COP 7) advierte que en materia de reciclaje se requieren consideraciones especiales para montajes eléctricos y electrónicos o chatarra que contienen componentes peligrosos. La incineración de chatarra eléctrica y electrónica, así como la de cables produce dioxinas, por lo que requiere de controles ambientales (PNUMA, 2004C).

Por virtud del Programa sobre modalidades de asociación del Convenio de Basilea, la Secretaría ha comenzado a establecer una modalidad de asociación en la industria informática con el título provisional “*e2e: Asociación Mundial en Materia de Informática y Medio Ambiente*”, que se apoya en otras iniciativas emprendidas en relación con el Convenio de Basilea, como la mesa redonda de alto nivel celebrada durante la sexta reunión de la Conferencia de las Partes (COP 6) sobre el manejo ambientalmente racional de desechos electrónicos y los trabajos sobre desechos electrónicos emprendidos por el centro regional del Convenio de Basilea en Beijing y financiados mediante el Plan estratégico (PNUMA, 2004C).

El Plan Estratégico para la aplicación del Convenio de Basilea hasta 2010, aprobado en la sexta reunión de la Conferencia de las Partes (COP 6), define las corrientes de desechos prioritarias, entre las que se incluyen los desechos electrónicos, BPCs y dioxinas/furanos, entre otros. Respecto de los desechos electrónicos, se han gastado 196,000 dólares de los fondos del Convenio de Basilea, con una pequeña cantidad de fondos procedentes de

otras fuentes. Todos los proyectos sobre desechos electrónicos se han realizado en Asia. Actualmente se ejecutan proyectos sobre COPs en las regiones de Asia, América Latina, Europa Central y Oriental con un costo aproximado de 50,000 dólares (UNEP, 2004).

En el marco de Basilea se ha desarrollado la iniciativa sobre teléfonos móviles mediante la cual grupos de proyectos temáticos presididos por las Partes y empresas llevan a cabo actividades de asociación relacionadas con varios aspectos de la gestión ambientalmente racional de los teléfonos móviles, incluidos: la reutilización (Australia), la recogida y los movimientos transfronterizos (Alemania, Samsung), la recuperación y el reciclado (Suiza) y el aumento de la concienciación y la capacitación (Estados Unidos de América) (PNUMA, 2004F).

A través de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible se logró definir el papel del Convenio de Basilea en la formación de alianzas para su implementación efectiva. Las alianzas son de diverso tipo y gran alcance; por ejemplo, cuando se relacionan con el enfoque de ciclo vital hacia la gestión de desechos químicos y peligrosos entrañan la colaboración sostenida del Convenio de Basilea con el Convenio de Estocolmo y el Fondo para el Ambiente Mundial para encarar el problema de los desechos de los COPs. Otro ejemplo, lo constituye la persecución de sinergias con los Convenios de Róterdam y Estocolmo y su relación con el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a nivel Internacional (*SAICM: Strategic Approach to International Chemicals Management*), impulsado por el Consejo de Administración del PNUMA (PNUMA, 2004F).

En la séptima conferencia de las partes (COP 7), del Convenio de Basilea, efectuada en noviembre de 2006, se desarrolló un Foro Mundial sobre desechos electrónicos, en el que se planteó una propuesta para elaborar una Declaración Ministerial sobre el Manejo Ambientalmente Adecuado de Desechos Electrónicos y Eléctricos. Ello dio lugar a la adopción de la Decisión VIII/6, en la octava reunión (COP 8), en la que la Conferencia de las Partes adoptó provisionalmente, sin perjuicio de la legislación nacional, el Documento de orientación sobre el manejo ambientalmente racional de teléfonos móviles usados y al final de su vida útil, como obligación de carácter voluntario (PNUMA, 2007); cuyo objetivo consiste en ofrecer información sobre el manejo ambientalmente racional de los teléfonos móviles usados y al final de su vida útil, desde su recogida hasta la reconstrucción, la

recuperación de materiales y el reciclado a fin de evitar que lleguen a formar parte de las operaciones de eliminación final, como los vertederos o incineradores. Este tipo de manejo es condición necesaria para reducir las emisiones al ambiente y las amenazas para la salud humana (UNEP, 2006).

En respuesta a estas orientaciones, el Grupo de Trabajo sobre teléfonos móviles elaboró su programa de trabajo con base en varios principios de gestión de desechos (PNUMA, 2007), a saber:

- Prevención y disminución de los desechos en la producción mediante la aplicación de tecnologías con niveles bajos o nulos de desechos.
- Reducción de las sustancias peligrosas en los procesos y productos.
- Reducción de los desechos que requieren eliminación final mediante la reutilización, recuperación y reciclado ambientalmente racional.
- Eliminación final ambientalmente racional de los desechos que no pueden recuperarse o reciclarse.

Además, se establecieron cuatro proyectos para llevar a cabo el programa de trabajo (PNUMA, 2007):

Proyecto 1: Reutilización de los teléfonos móviles usados, cuyo objetivo es alentar a las empresas que se dedican a la reconstrucción de teléfonos móviles usados a que apliquen prácticas ambientalmente racionales que protejan la salud humana y el ambiente. Las directrices deberán facilitar un proceso en virtud del cual los productos que vuelvan a incorporarse al mercado cumplan las normas correspondientes de desempeño técnico y los requisitos reglamentarios aplicables.

Proyecto 2: Recogida y movimiento transfronterizo de teléfonos móviles usados, enfocado a los planes eficaces de recogida, incluida la clasificación inicial de los teléfonos recogidos y la separación entre los que podrían reutilizarse (con o sin reconstrucción) y los que sólo podrían destinarse a la recuperación de materiales y el reciclado.

Proyecto 3: Recuperación y reciclado de los teléfonos móviles al final de su vida útil, referido al procesamiento ambientalmente racional de los teléfonos móviles para la recuperación de materiales y el reciclado; comenzando con la separación de

microteléfonos, baterías y dispositivos periféricos, y orientando esos materiales hacia instalaciones debidamente especializadas para el tratamiento y recuperación de componentes, como los plásticos y metales.

Proyecto 4: Consideraciones relativas al diseño, concienciación y capacitación, este último se ocupa de cuestiones como las mejoras ambientales introducidas en los teléfonos móviles desde su invención, las mejores prácticas actualmente creadas por los fabricantes y recomendaciones para incorporar consideraciones ambientales en el diseño.

Como puede advertirse, el Convenio de Basilea ha dedicado gran parte de sus esfuerzos a lograr sus objetivos, entre los que se encuentra el manejo ambientalmente racional de los desechos electrónicos, aunque muchas de sus acciones, en principio, carecen de fuerza vinculante, se avanza en el sentido de involucrar a los Estados para que todos participen y en un futuro próximo las decisiones en la materia puedan ser obligatorias.

2.2.2 Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes fue adoptado por 150 Estados, incluido México, en una conferencia que tuvo lugar en Estocolmo el 22 y el 23 de mayo de 2001. El Convenio tiene por objeto limitar la contaminación ocasionada por COPs. Entre sus disposiciones precisa las sustancias reguladas y deja abierta la posibilidad de añadir nuevas; también establece las reglas de producción, importación y exportación de estas sustancias.

Los COPs son productos químicos con ciertas propiedades tóxicas, resistentes a la degradación y acumulativos en el tejido humano, lo que los hace nocivos para la salud humana y el ambiente. Se trata de sustancias que pueden ser transportadas por aire, agua y especies migratorias, provocando su acumulación en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Así pues, debido a que el problema es transfronterizo, resulta indispensable tomar medidas a escala internacional.

El Convenio de Estocolmo sobre COPs, que privilegia el criterio precautorio contenido en el Principio 15 de la Declaración de Río, inicialmente determina prohibir la producción y uso de 12 COPs (aldrina, clordano, diclorodifeniltricloroetano (DDT), dieldrina, eldrina,

heptacloro, mírex, bifenilos policlorados (BPCs), toxafeno y hexaclorobenceno, dioxinas y furanos). El Convenio, en vigor a partir del 17 de mayo de 2004, se refiere a la reducción y eliminación de las liberaciones intencionales y no intencionales de los COPs señalados; estas últimas se generan a partir de procesos térmicos que comprenden materia orgánica y cloro como resultado de una combustión incompleta o de reacciones químicas.

El Convenio prevé la interrupción de la importación y exportación de los COPs prohibidos; no obstante, las sustancias químicas clasificadas como COP pueden importarse en ciertas circunstancias, a saber: a) con vistas a una eliminación ambientalmente racional y b) cuando se cuente con una exención para la producción y uso de una sustancia.

En lo que corresponde a la exportación, ésta se autoriza en los siguientes casos: a) para fines de una eliminación ambientalmente racional de los COPs existentes; b) hacia una Parte que disfrute de una exención, de conformidad con el Convenio, para el uso de la sustancia, y c) hacia un Estado no signatario del Convenio. En este último caso, el Estado importador debe proporcionar una certificación anual a la Parte exportadora, en la que especifique, entre otras, el uso previsto de la sustancia química; así como adjuntar una declaración por la que se compromete a proteger la salud humana y el ambiente, reduciendo los desechos al mínimo y tomando las medidas necesarias para su gestión adecuada, entre las que se incluyen las destinadas a la eliminación irreversible de la sustancia que constituye un COP.

A fin de atender la reducción, en la medida de lo posible, de la producción intencional de COPs, las partes en el Convenio deben elaborar un Plan de Implementación Nacional, regional o subregional; este último figura en el Plan de acción principal de aplicación del Convenio. A través de estos instrumentos deben preverse evaluaciones respecto a las liberaciones, la eficacia de la legislación y las políticas existentes de gestión de liberaciones, así como la elaboración de estrategias para cumplir los objetivos del Convenio.

Resulta indispensable fomentar el desarrollo y uso de materiales, productos y procedimientos modificados o de sustitución a fin de prevenir la emisión accidental de COPs; por ello, el Convenio incluye las Directrices sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales de prevención o reducción de las liberaciones y prevé

el establecimiento de medidas para reducir o eliminar liberaciones que contengan COPs procedentes de existencias y residuos.

El Convenio permite ciertas exenciones a la eliminación/reducción de la producción o uso de los COPs y, por tanto, a las normas relativas a la importación y exportación; aquéllas están en función de las características de cada COP y se especifican, cuando proceda, en los Anexos del Convenio. La vigencia de las exenciones es de cinco años y podrán renovarse por la Conferencia de las partes con arreglo a un informe presentado por la Parte interesada en el que se justifique que esa exención sigue siendo necesaria. No obstante, cuando ya no haya partes inscritas para un tipo particular de exención, no se pueden hacer nuevas inscripciones con respecto a ese tipo de exención.

Dado que los COPs representan un problema transfronterizo, además de la elaboración del Plan Nacional de Implementación, cada una de las Partes debe cooperar con el fin de facilitar la elaboración, aplicación y actualización de sus planes de aplicación, inclusive a escala regional o subregional.

Las Partes pueden solicitar al Comité científico examine una propuesta de COP para su inclusión en el Convenio. La solicitud debe ir acompañada de información específica que justifique la propuesta. Dicha información debe incluir las pruebas relativas a la persistencia, la bioacumulación, el potencial de propagación y los efectos nocivos para la salud humana y el ambiente. Una vez admitida la propuesta, por considerar que cumple los criterios de selección, el Comité deberá proceder a un nuevo examen de la misma teniendo en cuenta toda información adicional pertinente que se reciba y elaborará un proyecto de descripción de los riesgos y, si fuera necesario, una evaluación de la gestión de los riesgos. En función de estas evaluaciones, el Comité recomienda a la Conferencia de las partes la inclusión o no de la sustancia química; correspondiendo la decisión final a la Conferencia de las partes.

Resulta fundamental informar y sensibilizar al público, a los responsables políticos y a la industria química sobre los riesgos y disposiciones correspondientes a los COPs. A tales fines, se prevén medidas que incluyen la formación adecuada del personal.

Desde la ratificación de este Convenio por México, el 10 de febrero de 2003, existe la obligación de diseñar y poner en práctica un “Plan Nacional de Implementación”, deber adquirido por todos los países firmantes, por virtud del cual se pretende dar cumplimiento a los objetivos del Convenio mediante un conjunto de acciones que conduzcan a la eliminación o reducción de los usos y de la liberación al ambiente de los COPs.

Cabe apuntar que el gobierno de México restringió, desde 1992, el uso de los BPCs, uno de los compuestos objeto del Convenio de Estocolmo, cuya gestión inició en 1988 con la publicación de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y, más adelante, con la elaboración de la NOM-133-SEMARNAT-2000, Protección ambiental, especificaciones de manejo de bifenilos policlorados (BPCs).

Si nos referimos a los desechos electrónicos, tenemos que algunos de ellos contienen BPCs; además, su incineración libera al ambiente metales pesados como plomo, cadmio y mercurio, así como dioxinas y furanos, contaminando el aire, los suelos y, en ocasiones, llegando a los acuíferos e introduciéndose en las cadenas tróficas; por estas circunstancias, el Convenio de Estocolmo representa una gran oportunidad para los países signatarios de reducir los efectos a la salud y al ambiente a través del control de los COPs.

2.2.3 Convenio de Róterdam

La finalidad de Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional, en vigor desde el 24 de febrero de 2004, consiste en mejorar la normativa internacional del comercio de determinados productos químicos prohibidos o severamente restringidos y plaguicidas peligrosos con vistas a proteger la salud de las personas y el ambiente, así como para favorecer la utilización ambientalmente racional de estos productos.

El Convenio está basado en un vínculo jurídico denominado “Consentimiento Fundamentado Previo” (*PIC, del inglés Prior Informed Consent*). Esto significa que cualquier producto químico especificado en el Convenio sólo puede exportarse con el

consentimiento previo del importador. Así se crea un procedimiento para conocer y comunicar las decisiones de los países importadores, aplicando el principio *PIC* en el comercio internacional de productos químicos.

De la misma forma, el Convenio contiene disposiciones en las que se exige proporcionar a las Partes información detallada sobre los productos, de manera que puedan decidir sobre la autorización de las importaciones, una vez que se conozcan las propiedades y efectos de los productos, en particular para la salud humana y el ambiente; o bien, optar por excluir aquellos que no puedan manejar en forma segura. El Convenio promueve normas de etiquetado, asistencia técnica y otras formas de apoyo.

En la actualidad, el Convenio regula más de 30 productos químicos a los que se aplica el *PIC*, detallados en el Anexo III, entre los que se incluyen: PBBs (hexa-, octa- y deca-) y BPCs. En consecuencia, el Convenio es aplicable a los desechos electrónicos, en tanto se hallan entre sus componentes algunas de las sustancias peligrosas reguladas. Para coadyuvar al éxito de este acuerdo, debe garantizarse el acceso a la información adecuada y, entre otras, fomentar la participación pública.

2.2.4 Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte

El Acuerdo de Cooperación Ambiental, negociado paralelamente al Tratado del Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en 1994, por Canadá, los Estados Unidos y México, estipuló la creación de una Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), cuyo Consejo emitió la Resolución 95-05 sobre “Manejo Adecuado de Sustancias Químicas” (CCA, 2002), misma que incluyó el diseño y aprobación de “Planes de Acción Regionales” (PAR), los cuales están orientados a la reducción de los riesgos y, en la medida de lo posible, eliminación del uso de las sustancias seleccionadas, entre ellas, persistentes y bioacumulables: mercurio, BPCs, dioxinas y furanos.

En el marco del Comité Consultivo Público Conjunto de la CCA, se estableció, el 28 de marzo de 2006, la “Alianza de América del Norte para la Prevención de la Contaminación con productos electrónicos limpios” (APCPEL) con el objeto de definir una estrategia común para minimizar los riesgos asociados a estos productos en la región.

El proyecto consiste en fomentar la reducción y eliminación de materiales tóxicos, tales como plomo, cadmio, mercurio, cromo hexavalente, PBBs y PBDEs por parte de las empresas dedicadas a la fabricación e importación de aparatos electrónicos y equipo eléctrico en América del Norte. Esta iniciativa enlista los mismos materiales prohibidos por la Directiva *RoSH*, de la Unión Europea (apartado 2.3.1 infra), con la finalidad de lograr el cumplimiento de las normas de estas directrices a través de un programa voluntario en América del Norte (CCA, 2006).

Si la gestión de los residuos electrónicos se dimensiona realmente, es posible lograr su implementación voluntaria, principalmente, a través de compradores de equipo de grandes y medianos generadores –instituciones gubernamentales, empresas, centros educativos, asociaciones industriales y de consumidores– (CCA, 2006A).

La instrumentación de APCPEL incluye el diseño de una página de internet, la recopilación de información sobre prácticas de excelencia y la preparación de programas de capacitación; siendo fundamental el compromiso de difusión del plan de trabajo con las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES) (CCA, 2006A).

Para poder ejecutar la APCPEL en la región de América del Norte, es necesario:

- Realizar adquisiciones respetuosas con el ambiente, esto es, incidir en el diseño de los productos que disminuyan o eliminen los componentes peligrosos.
- Analizar la Directiva Europea *WEEE* (apartado 2.3.1 infra), y tratar de adaptarla a las necesidades de la región.
- Impulsar la gestión integral de los residuos, mediante la incorporación del compromiso de los productores para aceptar el retorno de los equipos al final de su vida útil.
- Fomentar las actividades de valorización de residuos.

También se debe señalar que como parte del Plan Operativo de la Comisión para la CCA 2006-2008, se han establecido algunas iniciativas enfocadas a reducir el riesgo que las sustancias tóxicas entrañan para los tres países, entre las que destaca la relativa a la prevención de la contaminación hacia una industria libre de desechos electrónicos (CCA, 2006B).

Por último, hay que considerar la vinculación existente entre el TLCAN y el Convenio de Basilea, ya que el primero dispone que de existir incongruencia de acuerdos previos al TLCAN con éste, las obligaciones ambientales prevalecen sobre él, lo cual significa que el Convenio de Basilea tiene aplicación preferencial respecto del propio TLCAN –artículo 104, TLCAN– (SICE).

2.3 Usos de sustancias tóxicas en productos electrónicos

2.3.1 Directivas de la Unión Europea

En el marco de la región europea se ha trabajado arduamente en la elaboración de instrumentos relacionados con el manejo de los desechos electrónicos a fin de lograr la protección de la salud humana y del ambiente; en tal sentido, y aunque se trata de acuerdos que carecen de fuerza vinculante para México, pues son aplicables únicamente a los Estados miembros de la Unión Europea, haremos alusión a un par de ellas para tener un marco de referencia de los avances de la región en materia de manejo ambientalmente racional de desechos electrónicos, lo cual nos permitirá tener una orientación para el desarrollo de la normatividad y las políticas públicas aplicables a esta clase de desechos en México.

La Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (*WEEE* del inglés *Waste Electrical and Electronic Equipment*), tiene por objeto prevenir la generación de desechos de aparatos eléctricos y electrónicos, así como fomentar la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización de dichos desechos, a fin de reducir su eliminación. Así mismo, pretende mejorar el comportamiento ambiental de todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos, por ejemplo, los productores, distribuidores y consumidores y, en particular, de aquellos agentes directamente implicados en el tratamiento de los desechos derivados de estos aparatos (artículo 1º).

La Directiva *WEEE* es aplicable a las categorías de aparatos eléctricos y electrónicos siguientes: grandes y pequeños electrodomésticos, equipos informáticos y de telecomunicaciones, aparatos electrónicos de consumo, aparatos de alumbrado, herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales

fijas de gran envergadura), juguetes y equipos deportivos y de tiempo libre, materiales médicos (con excepción de los productos implantados e infectados), instrumentos de mando y control, y máquinas expendedoras (artículo 2º y Anexo I A).

Los Estados miembros deben reducir al mínimo la eliminación de desechos de aparatos eléctricos y electrónicos con los desechos urbanos no seleccionados y establecer una recogida selectiva de desechos de aparatos eléctricos y electrónicos. En ese contexto, velarán por que:

- los poseedores finales y los distribuidores puedan devolver gratuitamente estos desechos;
- los distribuidores de un producto nuevo garanticen que tales desechos puedan serles devueltos de forma gratuita y uno por uno;
- los fabricantes puedan crear y explotar sistemas de recogida individual o colectiva;
- se pueda prohibir la devolución de los desechos que presenten un riesgo sanitario o de seguridad para las personas por estar contaminados.

Los fabricantes deben encargarse de recoger los desechos no procedentes de hogares particulares, mientras que los Estados miembros deben garantizar que todos los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos se transporten a instalaciones de tratamiento autorizadas. A tales fines, los fabricantes deben aplicar las mejores técnicas de tratamiento, valorización y reciclado disponibles. Los establecimientos que realicen operaciones de tratamiento deben obtener un permiso de las autoridades competentes; para ello, se fomenta su participación en el sistema comunitario de gestión y auditoría ambientales (*EMAS* del inglés *Eco Management and Audit System*).

El tratamiento de los desechos electrónicos podrá realizarse fuera del Estado miembro o fuera de la Unión Europea, siempre que se cumplan las disposiciones del Reglamento (CEE) No 259/93 del Consejo relativo a la vigilancia y al control de los traslados de desechos en el interior, a la entrada y a la salida de la Unión Europea (artículo 6º).

Para llevar a cabo la valorización de los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos recogidos de forma selectiva, los fabricantes deben organizar sistemas capaces de aumentar gradualmente el porcentaje de desechos electrónicos sometidos a los distintos

procesos de valorización. Corresponde a la Comisión Europea establecer normas sobre el cumplimiento de porcentajes, para ello, los fabricantes deben declarar el peso de los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos a la entrada y a la salida de las instalaciones de tratamiento y de valorización o reciclado (artículo 7º).

Conciernen a los fabricantes financiar la recogida, tratamiento, valorización y eliminación no contaminante de los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos procedentes de hogares particulares; por ello, al comercializar un producto, cada fabricante deberá dar garantías sobre la financiación de la gestión de sus desechos. La garantía podrá consistir en la participación del productor en sistemas adecuados de financiación de la gestión de los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos, un seguro de reciclado o una cuenta bancaria bloqueada. La financiación de los costes de gestión de los desechos de aparatos eléctricos y electrónicos procedentes de productos comercializados antes del 13 de agosto de 2005 ("desechos históricos") corresponde a los productores, que contribuirán de manera proporcional, por ejemplo, de acuerdo con su cuota de mercado (artículo 8º).

La financiación de los desechos no procedentes de hogares particulares y comercializados después del 13 de agosto de 2005 corresponde a los fabricantes y para el caso de los procedentes de productos comercializados antes de esa fecha, los gastos de gestión corresponderán a los fabricantes que suministren productos nuevos equivalentes o que desempeñen las mismas funciones. Ahora bien, los Estados miembros podrán disponer que los usuarios participen en su financiación, íntegra o parcialmente. En el caso de los desechos históricos que no se sustituyan, la financiación de los costes será asumida por los usuarios distintos de los hogares particulares (artículo 9º).

Para lograr los objetivos de la Directiva *WEEE*, los usuarios de aparatos eléctricos y electrónicos de hogares particulares deben recibir la información necesaria sobre la obligación de no mezclar este tipo de desechos con los desechos urbanos no seleccionados y de cumplir las disposiciones de la recogida selectiva, los sistemas de devolución y recogida de que disponen, sobre cómo pueden contribuir a la valorización de los desechos, sobre el efecto de dichos desechos en el ambiente y la salud y sobre lo que significa el símbolo que deberá figurar en el envase de esos aparatos (el contenedor de basura tachado) (artículo 10º).

Por su parte, los Estados miembros elaborarán un registro de productores y recabarán información sobre cantidades y categorías de aparatos eléctricos y electrónicos comercializados, recogidos, reciclados y valorizados en su territorio. De igual forma, deberán enviar a la Comisión Europea cada tres años un informe sobre la aplicación de esta Directiva (artículo 12).

Otro de los esfuerzos desarrollados por la Unión Europea en materia de desechos electrónicos cristalizó con la adopción de la 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 (*RoHS* del inglés *Restriction of the use of certain Hazardous Substances*), cuyo objetivo consiste en aproximar la legislación de los Estados miembros en materia de restricciones a la utilización de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos y contribuir a la protección de la salud humana y a la valorización y eliminación correctas, desde el punto de vista ambiental, de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (artículo 1º), fundamentalmente, a través de la reutilización y el reciclado de los desechos.

La Directiva es aplicable a los aparatos eléctricos y electrónicos pertenecientes a las categorías 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 10 del Anexo I A de la Directiva *WEEE*, a saber: Grandes electrodomésticos, pequeños electrodomésticos, equipos de informática y telecomunicaciones, aparatos electrónicos de consumo, aparatos de alumbrado, herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas, industriales fijas de gran envergadura), juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre, y máquinas expendedoras; además de las bombillas y luminarias de los hogares particulares incorporadas por la Directiva *RoHS* (artículo 2º).

Desde el 1º de julio de 2006 el plomo, el mercurio, el cadmio, el cromo hexavalente, los PBBs y los PBDEs contenidos en los aparatos eléctricos y electrónicos deben sustituirse por otras sustancias. Ahora bien, dado que no siempre es factible una supresión total de estas sustancias, la Comisión prevé una tolerancia del 0,1 % para el plomo, el mercurio, el cromo hexavalente, los PBBs y los PBDEs y una tolerancia del 0,01 % para el cadmio. Por otra parte, se toleran algunas utilidades mencionadas en el Anexo de esta Directiva (artículo 4º).

En lo que respecta al progreso científico y técnico se pretende: a) establecer, en la medida de lo necesario, valores máximos tolerables de concentración de las sustancias restringidas en materiales y componentes específicos de aparatos eléctricos y electrónicos; b) excluir determinados materiales y componentes de aparatos eléctricos y electrónicos de lo dispuesto en el artículo 4º cuando su eliminación o sustitución mediante cambios en el diseño o mediante materiales y componentes que no requieran ninguno de los materiales o sustancias mencionadas en el mismo sea técnica o científicamente imposible o cuando la sustitución tenga más efectos negativos que positivos para el ambiente, la salud y/o la seguridad del consumidor; c) llevar a cabo una revisión de cada exención del Anexo al menos cada cuatro años o cuatro años después de incluir un objeto en la lista a efectos de considerar la supresión de determinados materiales y componentes de aparatos eléctricos y electrónicos del Anexo de excepciones de aplicación del artículo 4º si su eliminación o sustitución mediante cambios en el diseño o mediante materiales y componentes que no requieran ninguno de los materiales o sustancias regulados por esta Directiva es técnica o científicamente posible, a condición de que los efectos negativos de la sustitución para el ambiente, la salud y/o la seguridad del consumidor no superen sus posibles efectos positivos.

La Directiva incluye un proceso de consulta a los productores de aparatos eléctricos y electrónicos, empresas de reciclado, operadores de tratamiento, organizaciones de defensa del ambiente y asociaciones de trabajadores y de consumidores, entre otros, antes de proceder a la modificación del Anexo relativo a las excepciones de aplicación del artículo 4º (artículo 5º).

Como se advierte, ambas directivas afectan a la totalidad del sector electrónico en todos los niveles, desde los fabricantes hasta los pequeños comerciantes, involucrando a los distribuidores y consumidores, cuestión que permite aplicar la responsabilidad compartida de todos los actores implicados.

2.3.2 Otras iniciativas

Son dignos de mención los esfuerzos realizados en otros lugares: por ejemplo, en Japón, la Regulación sobre la Responsabilidad Extendida al Productor entró en vigor en abril del 2001, cuando se pidió a los fabricantes hacerse cargo al final de la vida útil de cinco

aparatos electrodomésticos: refrigeradores, lavadoras, aires acondicionados, televisores y, más recientemente, computadoras personales. Aunado a ello, sus leyes de reciclaje han obligado a los fabricantes a modificar sus procesos para eliminar el plomo. De manera voluntaria, las compañías han sido proactivas al eliminar otros materiales peligrosos de sus procesos productivos, por lo que en la práctica sus productos cumplen con la Directiva *RoHS*.

En el estado estadounidense de California se ha adoptado una legislación, la denominada SB20/20, misma que entró en vigor el 1º de enero de 2007 y que ha utilizado la Directiva *RoHS* de la Unión Europea como referente.

Existen otros trabajos a nivel global adoptados por la industria, como son el Código de Conducta de la Industria Electrónica (*EICC* del inglés *Electronic Industry Code of Conduct*); el cual establece estándares para garantizar que las condiciones laborales de la cadena de suministro de la industria electrónica sean seguras, que los trabajadores reciban un trato respetuoso y digno y que los procesos industriales protejan el ambiente (*EICC*, 2005).

Son considerados como parte de la industria electrónica, para propósito de este código, los Fabricantes de Equipos Originales (FEO), las empresas de Servicios de Fabricación Electrónica (SFE) y los Fabricantes de Diseños Originales (FDO), junto con la mano de obra contratada para diseñar, comercializar, fabricar y/o suministrar bienes y servicios utilizados en la producción de productos electrónicos. El Código puede ser adoptado en forma voluntaria por cualquier empresa del sector electrónico y posteriormente aplicado a su cadena de suministro y subcontratistas (*EICC*, 2005).

Para que el Código sea exitoso, es recomendable que los Participantes le respeten como una iniciativa aplicable a toda la cadena de suministro; y que al menos, requieran su conocimiento e implementación por parte de sus proveedores en el nivel siguiente.

Por lo que se refiere a las condiciones ambientales, los participantes reconocen que la responsabilidad ambiental es esencial para lograr productos de nivel internacional; por lo que todo proceso industrial debe minimizar los efectos nocivos para el ambiente, así como proteger la salud y seguridad de las personas.

Sistemas de gestión reconocidos, como ISO 14001 y el Sistema de Gestión y Auditoría Ambiental (*EMAS*) se utilizaron como marco de referencia en la formulación del Código y pueden constituir una fuente útil de información adicional.

El Código incluye una serie de estándares ambientales (EICC, 2005), a saber:

1) Permisos e informes ambientales. Todos los permisos ambientales requeridos (por ejemplo, el control de las emisiones) y los registros se deben obtener, mantener y conservar actualizados y deben respetar los requerimientos en materia de operaciones e informes.

2) Prevención de la contaminación y el agotamiento de recursos. Los desechos de todo tipo, incluidos el agua y la energía, deben reducirse o eliminarse en la fuente o a través de medidas tendientes a modificar la producción, los procesos de mantenimiento e instalaciones, el reemplazo de materiales, la conservación, reciclado y reutilización de los materiales.

3) Materiales químicos y peligrosos. Los químicos y otros materiales que representen un riesgo en caso de ser liberados al ambiente se deben identificar y manejar para garantizar que su manipulación, transporte, depósito, reciclado o reutilización y desecho sean seguros.

4) Residuos líquidos y sólidos. Los residuos líquidos y sólidos generados en las operaciones, los procesos industriales y las instalaciones sanitarias deben monitorearse, controlarse y tratarse según sea necesario en forma previa a su evacuación o eliminación.

5) Emisiones a la atmósfera. Las emisiones gaseosas de químicos orgánicos volátiles, aerosoles, materiales corrosivos, partículas, químicos dañinos para la capa de ozono y derivados de la combustión generada en las operaciones se deben describir, monitorear, controlar y tratar según sea necesario en forma previa a su eliminación.

6) Restricciones sobre el contenido de los productos. Los Participantes deben cumplir con todas las leyes y disposiciones aplicables con relación a la prohibición o restricción de uso

de sustancias específicas, incluidas las leyes sobre etiquetado y las disposiciones sobre reciclado y desecho. Así mismo, los Participantes deben respetar los procesos para cumplir con cada lista acordada de materiales prohibidos y peligrosos.

Después de lo planteado se puede afirmar que tanto la iniciativa *WEEE* como la *RoHS* despliegan un efecto expansivo que rebasa su ámbito de aplicación formal para ser tomadas como guía o ejemplo por otros Estados que no pertenecen a la Unión Europea, pero que están preocupados por atender la situación vinculada a la prevención y manejo adecuado de los residuos eléctricos y electrónicos.

3 GENERACIÓN DE DESECHOS ELECTRÓNICOS EN MÉXICO

Es posible desarrollar inventarios de residuos de diferentes maneras, de acuerdo con alguno de los métodos siguientes:

- A partir de reportes oficiales de generadores (consideraciones: tamaño de universo, tamaño de muestra, tipo de reporte, Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) vs. manifiestos, tiempo de reporte, fallas al reportar).
- A partir de reportes de empresas tratadoras (consideraciones: no reciben todo lo que se genera, no reportan todo lo que reciben, análogo al caso de los residuos sólidos urbanos y otros residuos peligrosos).
- Estimaciones con base a indicadores económicos y en correspondencia con reportes de otros países (número de empleados, mismos procesos = mismos residuos).
- Proyecciones a todo el país con base en reportes de zonas o áreas geográficas.
- Cálculos basados en tecnologías.
- Cálculos basados en el consumo (uso) de los productos antes de su desecho.
- Cálculos basados en el balance de materiales en el país (producción + importación – exportación = acumulación o desecho potencial).

- Metodología y Validación del Inventario -

En esta sección se presentan elementos que permiten desarrollar el inventario de generación de desechos electrónicos basándose en una combinación de los métodos antes expuestos como una primera aproximación. Ello ilustra el orden de magnitud de la cantidad existente y del potencial de disposición de los desechos electrónicos, a pesar de que la información obtenida es fragmentada en su contenido y continuidad e, inclusive, en algunos casos inexistente o restringida (por ejemplo la Cámara Nacional de la Industria, Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI) reporta no contar con información estadística, excepto la que usa cada compañía en forma privada para sus proyecciones de negocios). Las fuentes de información principales son:

- Fuentes documentales oficiales de México (estadísticas de importación, consumo, permisos, etc.)

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)
- Secretaría de Hacienda
- Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL)
- Otras
- Fuentes estadísticas de asociaciones y empresas privadas
 - Datos de producción, importación, exportación, venta, etc.
 - Datos de procesamiento de desechos electrónicos (recicladores)
 - Datos de manejo de desechos electrónicos: “chatarreros”, rellenos sanitarios, etc.
- Fuentes documentales internacionales
 - Datos de consumo y tendencias en economías similares a la de México
 - Datos de características de equipos
 - Datos técnicos
 - Datos de manejo en otros países
- Trabajo en campo
 - Entrevistas y encuestas
 - Examen y mediciones de equipos desechados
 - Reportes periodísticos
 - Talleres

La metodología, basada en la Figura 2, consistió en la integración y el análisis de la información obtenida de diferentes fuentes:

- 1) Datos sobre la importación y exportación de equipos a partir de reportes de las Secretarías de Hacienda, de Economía y del INEGI; así como de consumo (Anexo 2).
- 2) Datos complementarios de uso de los aparatos electrónicos de las mismas fuentes del inciso anterior (Anexos 3 y 4).
- 3) Datos sobre el peso individual de cada uno de los dispositivos, estratificando, en algunos casos, los distintos tamaños a partir de información resultado de las investigaciones en tiendas de autoservicio (Anexo 5); así como de mediciones de equipos (Anexo 6).
- 4) Se estimó también la importación ilegal por medio de una encuesta informal en la Plazas de venta del centro de la Ciudad de México (Anexo 7).

Con la información anterior se determinó la cantidad de productos electrónicos dentro del país y una suposición que se estableció fue asignar una “Vida Útil Promedio” a los 5 dispositivos electrónicos seleccionados para este estudio, los cuales se consideraron también como los que engloban a la fracción de los dispositivos electrónicos más utilizados. Esta vida útil promedio se asignó con base a la experiencia y apoyado en algunos datos de uso en otros países, aun cuando solo existe información parcial de países europeos cuyos patrones de uso y consumo no pueden aplicarse directamente debido a la diferencia de condiciones económicas entre ellos y México. Se supuso también como una primera aproximación una “tasa de desecho” del 50% anualmente para los 5 residuos aun cuando podría variar según el tipo de cada uno, considerando que la otra fracción permanece en uso o se transfiere a un segundo usuario por lo que esta fracción no estará disponible como residuo e irá creando un “pasivo ambiental” creciente con el tiempo.

En las secciones que preceden, así como en los anexos respectivos se presentan detalles de las metodologías específicas aplicadas a cada etapa. Cabe apuntar que la única manera de validar los resultados es comparando los volúmenes finales de generación con los de otros países de tamaño o economía similares.

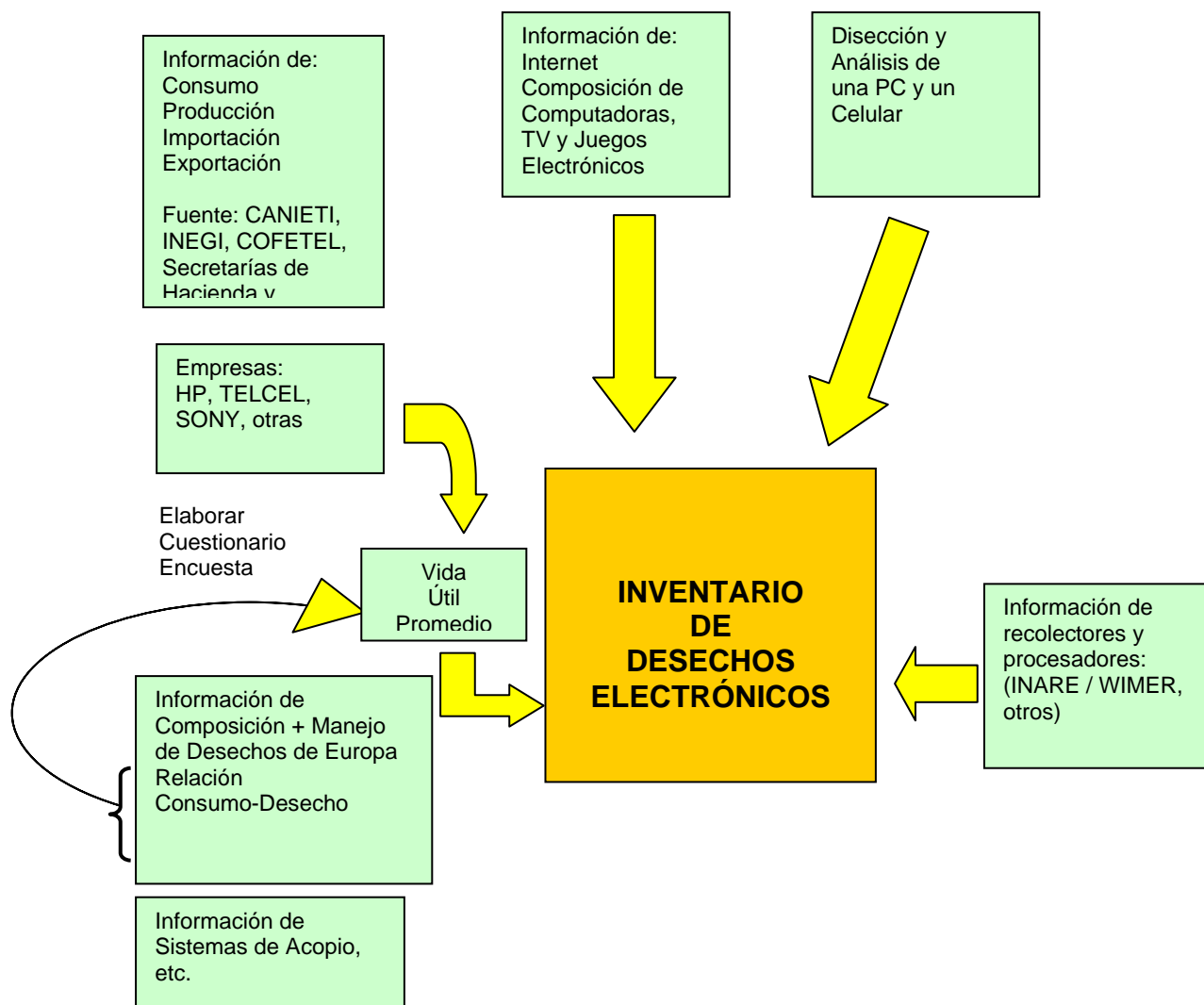


Figura 2. Estrategia para el desarrollo del inventario de desechos electrónicos en México

3.1 Producción de equipos electrónicos en México

Con objeto de poder desarrollar el inventario nacional de desechos electrónicos se definen y presentan, primeramente, los segmentos en los que se divide la Industria Electrónica, así como su localización geográfica en México.

Tabla 1. Segmentación de la Industria Electrónica

Cómputo	
Computadoras	Desktop, servers, mainframes y laptops
Impresoras	Inyección de tinta, láser y matriz de puntos
Unidades de memoria	Discos duros, unidades CD, procesadores y quemadores
Otros	Teclado, mouse, cámaras, multimedia y escáners
Telecomunicaciones	
Teléfonos	Teléfonos y contestadoras
Radio	Transmisores y receptores
TV Cable	Aparatos de transmisión/recepción
Celulares	Teléfonos celulares
Redes	Tarjetas de red, módems, fibra óptica, ruteadores, gateways y hubs
Otros	Fax, radares, instrumentos meteorológicos
Electrónica de consumo	
Video	TV, VCR, DVD, Proyector, video cámaras
Hogar y portátiles	Stereos, autostereos, home theater, walkman
Otros	Consolas de juego y sistemas de seguridad
Electrónica industrial	
Control y procesamiento	Control numérico, medidores de: temperatura, presión, humedad y viscosidad
Medición y prueba	Multímetros y osciloscopios
Automatización	Mecatrónica, robots, sistemas automáticos
Electromédico	Ultrasonido y endoscopia; desfibriladores y diálisis; láseres, sistemas cardiovasculares y rayos x
Electrónica automotriz	Sistemas de freno; computadoras, sistemas de seguridad, multimedia
Aeroespacial	Radar, radio comunicación, radio navegación, sistemas de seguridad, instrumentos meteorológicos, computadoras, multimedia
Otros	Equipo ultrasónico y láser
Componentes electrónicos	
Cinescopio y monitores	Color, B/N, LCD y plasma
Estado sólido	Transistores, diodos, rectificadores, circuitos integrados y otros semiconductores
Pasivos	Capacitores, transmisores, bobinas, transformadores, conectores, interruptores, antenas, relevadores y tablillas
Del listado de productos electrónicos se seleccionaron cinco, los cuales son representativos de los tipos, tamaños y mayor consumo actual y futuro por la sociedad, aun cuando se presenten datos de algunos otros productos como referencia, se trata de:	

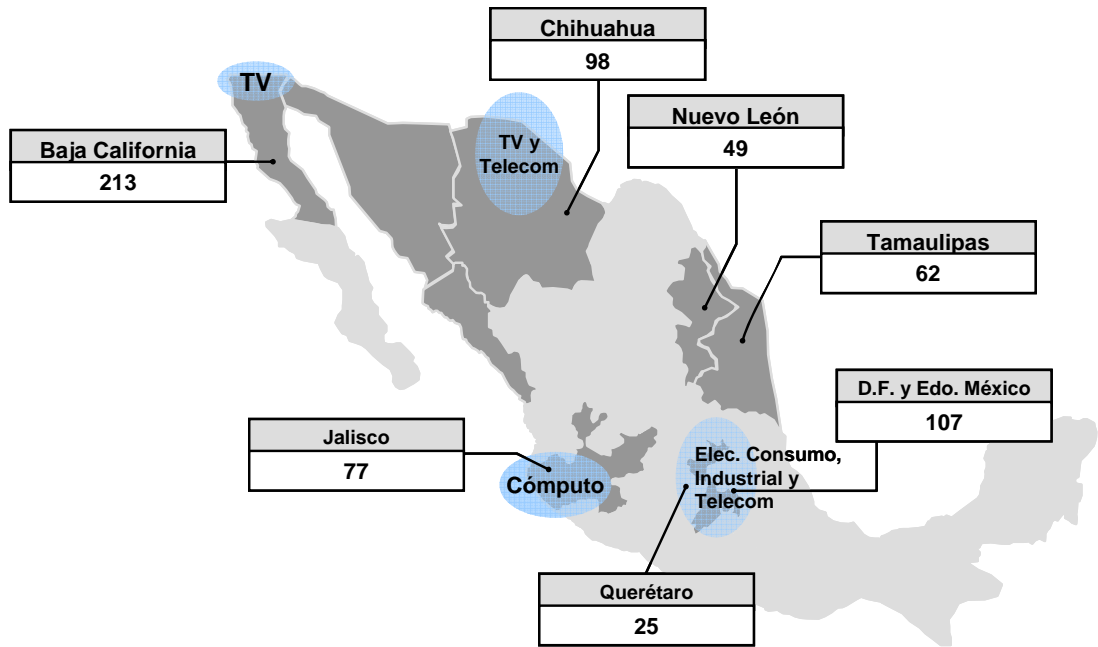
- Televisores

- Computadoras personales (de escritorio y portátiles)
- Aparatos grabadores/reproductores de sonido
- Teléfonos fijos
- Teléfonos celulares

La localización geográfica por regiones (“Agrupamientos”), la especialidad y el número de manufactureras de productos electrónicos son los datos que se presentan en la Tabla 2, así como en la figura 3 y en las 8 tablas subsecuentes.

Tabla 2. Principales plantas industriales de productos electrónicos finales en México

Ent	Cómputo y TI	Telecomunicaciones	Elec. Consumo	Elec. Industrial
Jal.	HP. TI IBM. IT Intel. Centro de diseño Sanmina-SCI. Servidores Yamaver. Lap Tops	Nec. T. Celulares		
Chih.	Acer. Monitores Tantung. Monitores	Motorola. T. Celulares y pagers Scientific Atlanta. Decodificadores de cable ADC. Conmutadores telefónicos	Thomson. Televisión y DVD Philips. TV y sonido Altec. Autoestereos Kenwood. Autoestereos	
N. L.			Pioneer. Autoestereos Celestica. Teléfonos Radson. Sonido	GE. Electromédico Torrey. Básculas electrónicas
B. C.	LG. Monitores		Panasonic, Sony, Hitachi, Mitsubishi, JVC, Samsung, Sharp, Sanyo y Daewoo: Televisión LG. Monitores Fender. Sonido	Lawrence. Sonares marinos Skill. Herramientas
D.F., Edo. Mex, Qro.		Alcatel. Conmutadores telefónicos Ericsson. Telefonía Marconi. Telefonía Siemens. Telefonía		Fluidita. Equipo neumático Siemens. Diversos Mexicana de Radiología CGR. Rayos X
Tam.	Keytronics. Impresoras	Nokia. T. Celulares	Delphi. Autoestereos Deltronicos. Sonidos LG. Televisión. Partes de Televisión Reynosa. Televisiones	



Fuente: Registro actualizado de la Industria Electrónica, FOA Consultores.

Figura 3. Número de Plantas de Procesamiento de dispositivos electrónicos por entidad federativa

Agrupamiento de Baja California

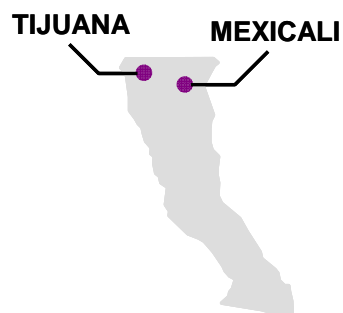


Tabla 3. Agrupamiento de Baja California

Características del agrupamiento

- El agrupamiento se orienta a la producción de televisores para su exportación a los Estados Unidos (30 millones de TV's anuales).
- La industria se concentra principalmente en Tijuana (65%) y Mexicali (21%).
- Constituye el agrupamiento mejor integrado de México, con alta participación de empresas orientales.

Plantas por localidad

Localidad	% Participación	Total
Rosarito y Ensenada	5.1%	213 plantas
Tecate	8.4%	
Mexicali	20.6%	
Tijuana	65.4%	

Segmentación de la Industria de Baja California

Segmentos	Plantas	% Participación
Cómputo	6	2.8%
Telecomunicaciones	5	2.3%
Electrónica de consumo	35	16.5%
Electrónica Industrial	12	5.6%
Componentes	141	66.3%
Otros	14	6.5%
Total	213	100%

Fuente: Elaboración FOA Consultores, con base en Industria Electrónica de Baja California, Directorio Primer Semestre, 2004 Producen. SEDECO de B.C.

Agrupamiento de Jalisco

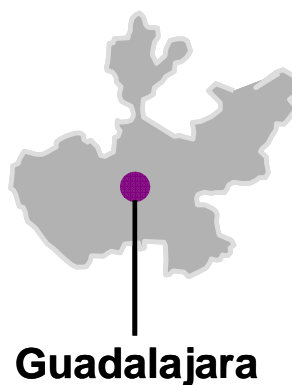


Tabla 4. Agrupamiento de Jalisco

Características del agrupamiento

- El agrupamiento se orienta principalmente al cómputo y TI.
- La manufactura se realiza por los principales CM's globales (Sanmina-SCI, Solectron, Flextronic, Jabil y Celestica).
- La industria se localiza en la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Plantas por localidad

Localidad	% Participación	Total
Tlaquepaque	6.6%	
Tlajomulco	6.6%	
El Salto	17.1%	77 plantas
Guadalajara	23.7%	
Zapopan	46.1%	

Segmentación de Industria de Jalisco

Segmentos	Plantas	% Participación
Componentes	47	60%
Cómputo	13	17%
Electrónica de consumo	7	9%
Electrónica Industrial	5	7%
Telecomunicaciones	5	7%
Total	77	100%

Fuente: Sistema Empresarial Mexicano, Secretaría de Economía.

Agrupamiento de Chihuahua

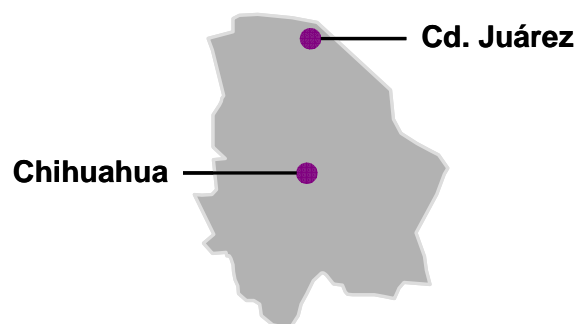


Tabla 5. Agrupamiento de Chihuahua

Características del agrupamiento

- El agrupamiento industrial se concentra en televisores, monitores y telecomunicaciones.
- La industria se concentra en Ciudad Juárez (75%) y Chihuahua (25%).
- El agrupamiento presenta algún grado de vinculación. Tienen presencia en Chihuahua los CM's Solectron y Jabil.

Segmentación de la Industria de Chihuahua

Segmentos	Plantas	% Participación
Componentes	60	62%
Electrónica de consumo	15	15%
Telecomunicaciones	9	9%
Cómputo	8	8%
Electrónica Industrial	6	6%
Total	98	100%

Fuente: Bases de Datos FOA Consultores

Agrupamiento de Nuevo León

Monterrey

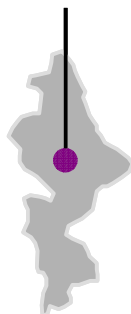


Tabla 6. Agrupamiento de Nuevo León

Características del agrupamiento

- El agrupamiento se da en torno a la electrónica de consumo, telefónica e industrial, sin una clara especialización.
- La industria se concentra en la Zona Metropolitana de Monterrey.
- La vinculación entre los componentes del agrupamiento es escasa.
- Se ubican en el agrupamiento los CM's Sanmina-SCI, Celestica e Invensys.

Plantas por localidad

Localidad	% Participación	Total
Santa Catarina	2%	49 plantas
Agualeguas	2%	
San Nicolás de los Garza	4.1%	
San Pedro Garza García	8.2%	
Escobedo	10.2%	
Guadalupe	12.2%	
Monterrey	22.4%	
Apodaca	38.8%	

Segmentación de la Industria de Nuevo León

Segmentos	Plantas	% Participación
Componentes	32	67.3%
Electrónica de consumo	5	10.2%
Electrónica Industrial	6	10.2%
Telecomunicaciones	5	10.2%
Cómputo	1	2%
Total	49	100%

Agrupamiento de Tamaulipas

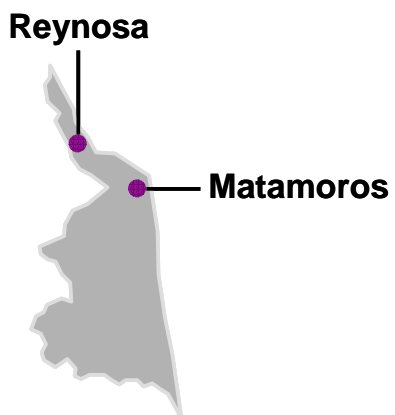


Tabla 7. Agrupamiento de Tamaulipas

Plantas por localidad

Localidad	% Participación	Total
Nuevo Laredo	4.8%	
Matamoros	37.1%	62 plantas
Reynosa	58.1%	

Segmentación de la Industria de Nuevo León

Segmentos	Plantas	% Participación
Componentes	25	39.7%
Electrónica de consumo	14	22.2%
Electrónica Industrial	10	15.9%
Cómputo	7	11.1%
Telecomunicaciones	6	11.1%
Total	62	100%

Fuente: Sistema Empresarial Mexicano, Secretaría de Economía.

Agrupamiento del Distrito Federal y Estado de México

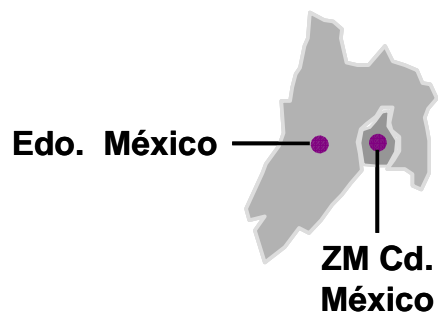


Tabla 8. Agrupamiento del Distrito Federal y Estado de México

Segmentación de la Industria del Centro (D.F. y Estado de México)

Segmentos	Plantas	% Participación
Componentes	52	50%
Telecomunicaciones	19	18%
Electrónica de Consumo	19	17%
Electrónica Industrial	11	10%
Cómputo	6	5%
Total	107	100%

Agrupamiento de Querétaro

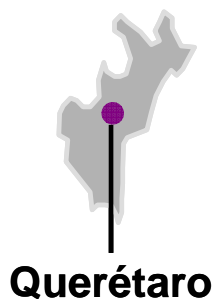


Tabla 9. Agrupamiento de Querétaro

Características del agrupamiento

- El agrupamiento es reducido y se da en torno a la electrónica industrial.
- La planta industrial está en Querétaro (68%).
- La vinculación es escasa.
- Existe una importante producción de electrodomésticos, principalmente, refrigeradores, cada vez con mayor contenido electrónico.

Plantas por localidad

Localidad	% Participación	Total
Corregidora		8
El Marques		12
San Juan del Río		12
Querétaro		68
		25 plantas

Segmentación de la Industria de Querétaro

Segmentos	Plantas	% Participación
Telecomunicaciones	1	3.2%
Electrónica de Consumo	2	25.8%
Electrónica Industrial	12	38.7%
Componentes	10	32.3%
Total	25	100%

Los datos sobre la producción nacional de equipos electrónicos (número, tipo y peso) permiten tener una idea de los desechos electrónicos que pueden ser generados potencialmente; considerando no sólo los desechos postconsumo, sino también los desechos de los procesos de producción; no obstante, los datos estadísticos que aparecen reportados en las bases oficiales no son completos para los distintos productos.

En lo relativo a la producción de televisores, hay que tener presente que no existen datos de la encuesta mensual del INEGI del sector manufacturero para el período comprendido entre 1995 y 2005; sin embargo, en 2004 se reporta una producción de 205,000 aparatos de TV; por tanto, la producción de televisores en 1996 debería estar en un intervalo de más de 300,000 unidades (Tabla 10).

Tabla 10. Producción de televisores en 2003

Medida (pulg.)	Producción (unidades)	Peso promedio (kg.)	Peso total (ton)
Hasta 14"	633,562	9.86	6,246
15" - 21"	3,007,812	19.89	59,825
22" - 27"	79,722	30.12	2,401
28" - 32"	748,233	40.61	30,385
33" - 45"	7,939	91	722
Total	4,476,768		99,579

En lo que respecta a computadoras personales, los datos de producción tanto de las de escritorio (desktops) como de las portátiles (laptops), únicamente corresponden a los años siguientes: 1994 a 1996, 1998 y 2003 (Tablas 11 y 12).

Tabla 11. Producción de computadoras de Escritorio (Desk-Tops) en 2003

Medida (pulg.)	(unidades)	Peso unitario (kg.)	Peso (ton)
15"	614,578	17	10,447
17"	737,496	21	15,487
Total	1,352,074		25,934

Tabla 12. Producción de computadoras portátiles (Lap-Tops) en 1998 y 2003

1998			
Medida (pulg.)	(unidades)	Peso unitario (kg.)	Peso (Ton.)
Hasta 10.6"	90,284	1.39	125
10.7" - 12.1"	270,851	1.78	482
12.2" - 14.1"	586,843	2.21	1,296
14.2" - 15.4"	677,127	3.05	2,065
15.5" o más	90,284	3.63	327
Total	1,715,388		4,295
2003			
Medida (pulg.)	(unidades)	Peso unitario (kg.)	Peso (Ton.)
Hasta 10.6"	49,910	1.39	69
10.7" - 12.1"	149,729	1.78	266
12.2" - 14.1"	324,412	2.21	716
14.2" - 15.4"	374,322	3.05	1,141
15.5" o más	49,910	3.63	181
Total	948,283		2,373

Tabla 13. Producción de equipo de audio en 1998

Categoría	Unidades	Peso unitario (kg.)	Peso (Ton.)
Microcomponentes	56,318	9.23	519
Minicomponentes	75,091	11.68	8,770
Radiograbadoras	56,318	5	281
Total	187,728		9,570

Tabla 14. Producción de teléfonos celulares en 1998

2003			
Categoría	Producción (unidades)	Peso unitario (g.)	Peso (Ton.)
65 g - 75 g	14,202	72.16 g	1.02
76 g - 85 g	85,211	82.19 g	7.00
86 g - 95 g	47,339	89.80 g	4.25
Más de 96 g	47,339	104.65 g	4.95
TOTAL			17.22

A partir de esta secuencia de tablas es posible conocer el total de la producción de aparatos en toneladas, y así determinar los potenciales desechos electrónicos a generarse en México.

3.2 Uso de dispositivos electrónicos

De acuerdo a la empresa “Select”, con cifras de mediados de 2005 proyectadas a fin de ese año, las computadoras personales existentes en México son 10.8 millones. Esto difiere sólo ligeramente de los datos reportados para México para ese año por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), correspondientes a 11.2 millones en 2004. De igual forma, “Select” cuenta con datos de los teléfonos celulares que reflejan el número en uso; de manera que se reportan 46.1 millones; mientras que los datos más recientes del INEGI relativos al año 2006, contabilizaron una cifra de 50.6 millones (Anexo 3). Por otro lado, existen 1.7 millones de asistentes personales digitales. De conformidad con la misma fuente, la distribución del uso de computadoras es la siguiente: 58% en hogares y 42% en empresas. Lo que significa que 4.5 millones de computadoras se encuentran en empresas y organizaciones y 6.3 millones son de uso personal (figura A1).

A continuación se presentan algunas cifras del uso de aparatos electrónicos en los hogares (tablas de datos completos en los Anexos 3 y 4).

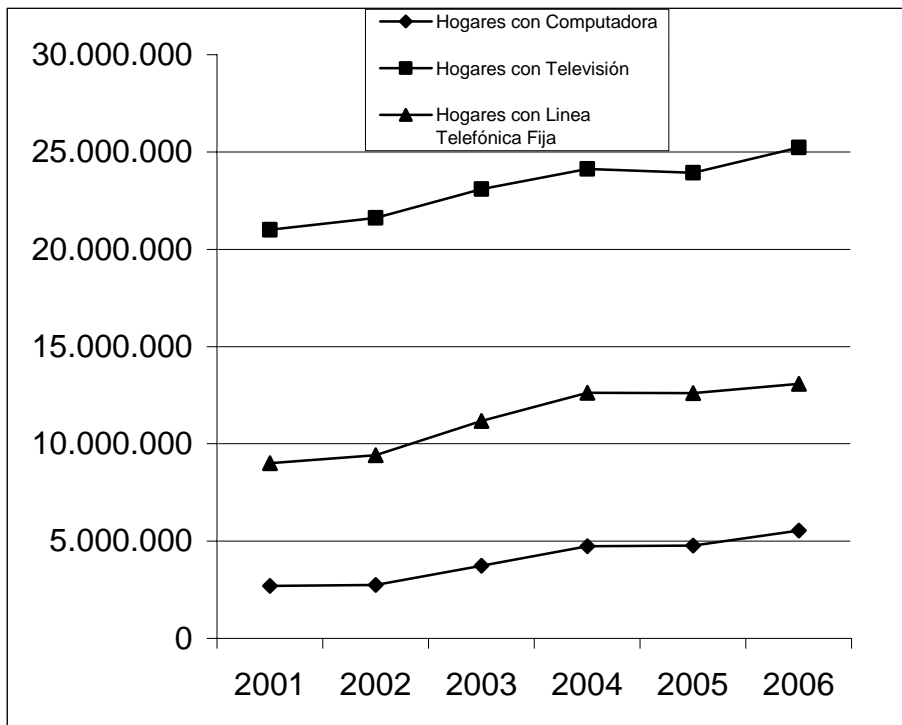


Figura 4. Datos de encuestas del INEGI para México para uso de aparatos electrónicos

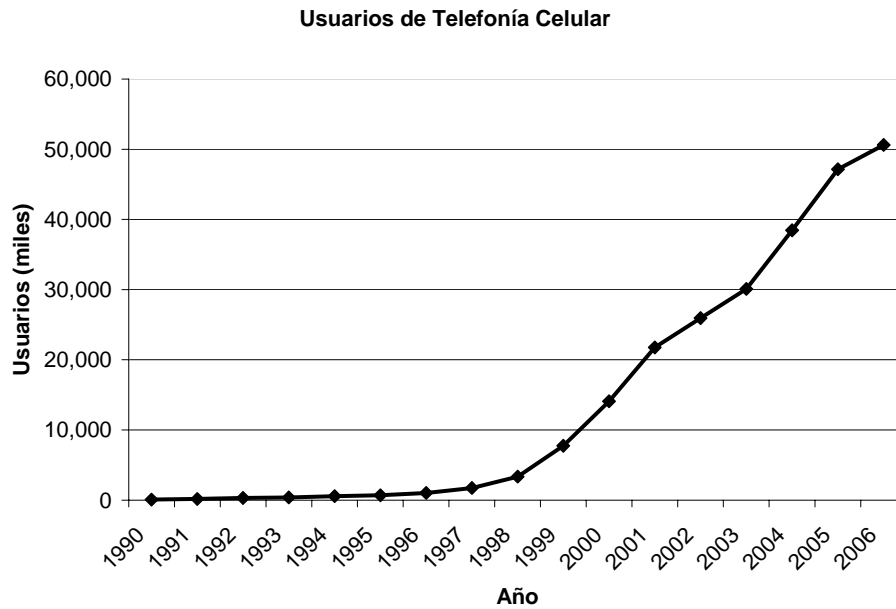


Figura 5. Datos de COFETEL, INEGI y Signals Telecom Consulting para telefonía celular por año

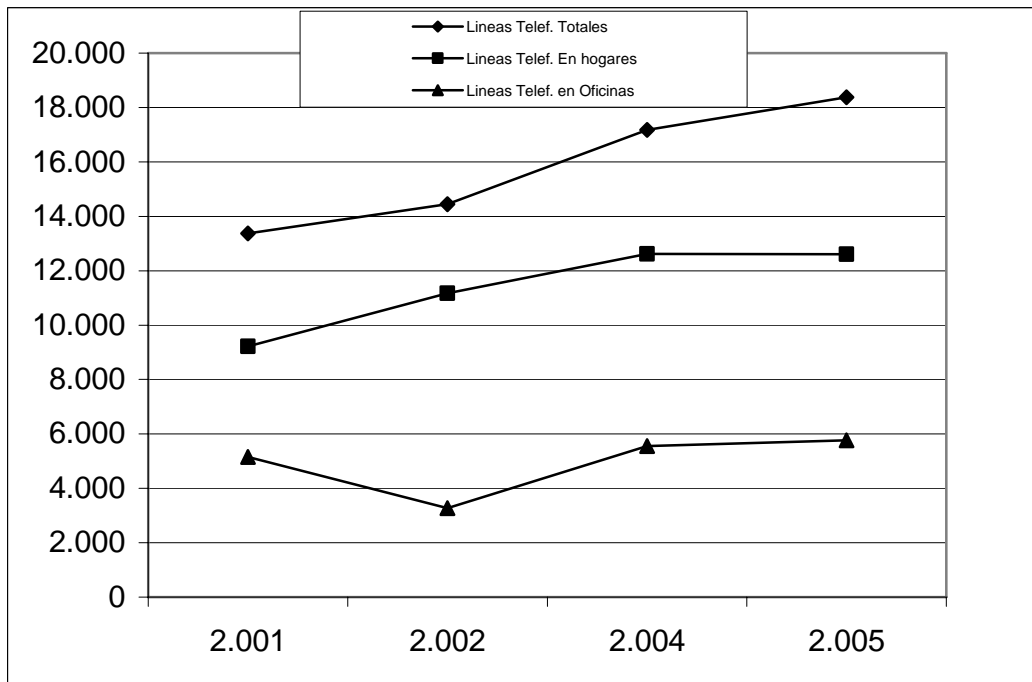


Figura 6. Datos de la Secretaría de Hacienda sobre el uso de teléfonos fijos, miles de líneas

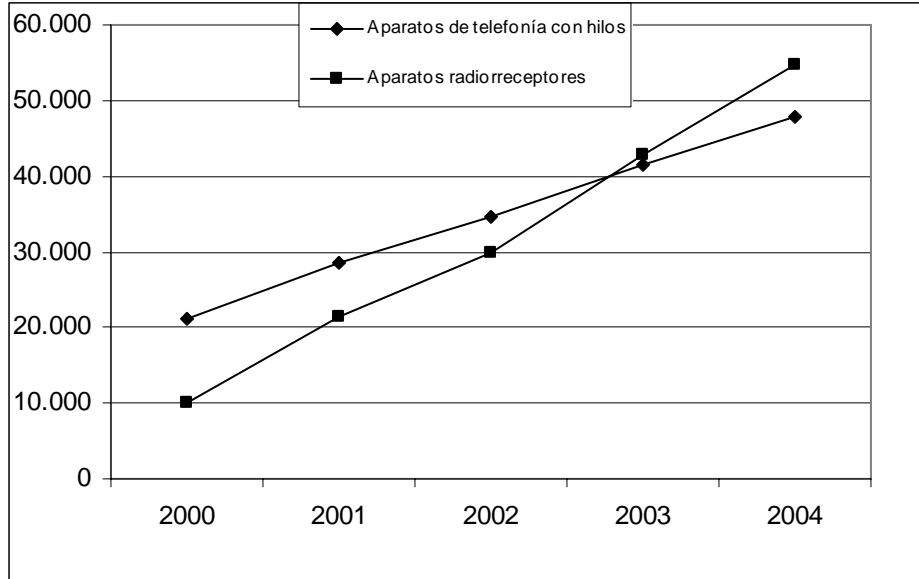


Figura 7. Datos del INEGI para uso de telefonía fija y aparatos radorreceptores

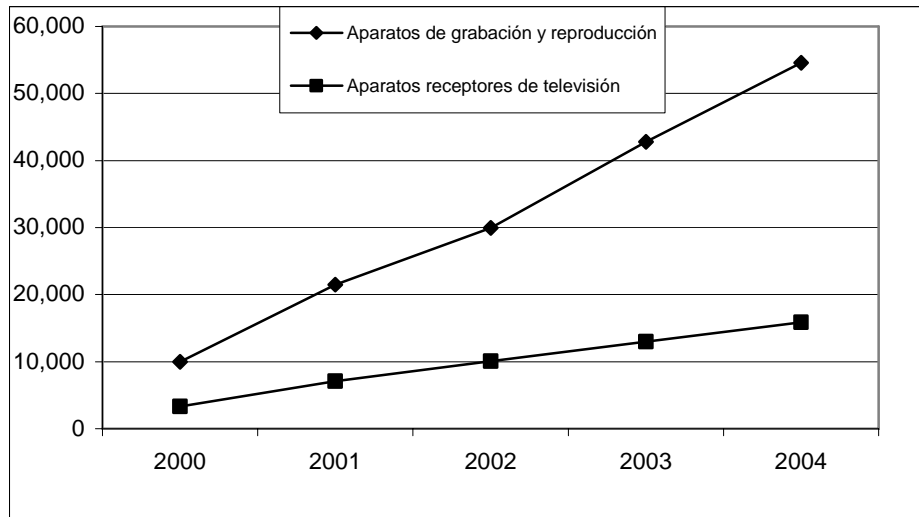


Figura 8. Datos de la Secretaría de Hacienda sobre aparatos receptores y de grabación

Enseguida se presenta, en la tabla 15, una primera estimación preliminar de la generación de desechos electrónicos en México, elaborada a partir de los datos obtenidos sobre la

producción, peso y uso de los aparatos electrónicos (Anexo 5); al respecto, se consideraron las suposiciones siguientes:

- Vida útil de computadoras: 5 años
- Vida útil de televisores: 10 años (las casas cuentan con un solo aparato televisor)
- Vida útil de teléfonos celulares: 3 años
- Vida útil de reproductores de sonido: 6 años
- Vida útil de teléfonos inalámbricos: 6 años
- Los datos de peso corresponden a los años más recientes (tablas 10 a 14), hay que tener presente que la producción de este tipo de componentes, regularmente, tiende a hacerlos más ligeros.

Tabla 15. Primera estimación de cantidad de desechos electrónicos en México

Aparato	Miles	% obsoleto	Miles por desechar en 2006	Peso unitario Kg.	Total a desechar Ton
Hogares con Computadora, en 2001	2 750	50	1375	20.0	27 500
Empresas con Computadora, en 2001*	2 000	50	1 000	20.0	20 000
Hogares con Televisor en 1996**	15 000	50	7 500	22.2	166,826
Teléfonos celulares, en 2003***	30 100	50	15 050	0.1	1 050
Reproductores de sonido, en 2000	13 300	50	6 650	5.0	33 250
Equipos de video, en 2000	3 340	50	1 670	0.5	835
Teléfonos inalámbricos, en 2000****	21 600	50	10 800	0.7	7 560
Total	88 090		44 045		257,021

* Basado en la proporción arriba expresada de 42/58 para computadoras en empresas con respecto a hogares. Peso estimado a partir del peso promedio de computadoras de escritorio.

** Estimando una vida útil de 10 años.

*** Estimado a partir de peso promedio de 10 teléfonos celulares.

**** Estimado por peso promedio de 12 teléfonos.

La cifra estimada de potenciales desechos electrónicos en el año 2006 corresponde a 257,021 toneladas, aun cuando se trata de una primera aproximación, encuadra en los valores de generación de economías similares; por ejemplo, en el año 2005, países como España y Canadá generaron 200,000 y 67,000 toneladas, respectivamente. Cabe aclarar

que la población de Canadá corresponde únicamente a la cuarta parte de la mexicana; sin embargo, tiene un Producto Interno Bruto (PIB) mayor. En realidad la cifra de México debe ser un poco menor, ya que se ha encontrado que la vida útil (incluyendo el almacenamiento en casa y oficinas) resulta mayor que los años considerados.

3.3 Importación y exportación formal de productos electrónicos

La importación total de aparatos electrónicos presentada en las tablas siguientes, incluye los aparatos importados temporalmente para maquila, los cuales generarán desechos solamente durante su procesamiento; mientras que los datos de la importación definitiva integra a los artículos electrónicos importados con fines de venta en México, por lo que generarán desechos al concluir su vida útil. Por su parte, los datos de exportación se encuentran incorporados dentro de los cálculos del apartado 3.5 sobre la estimación de de generación potencial de desechos electrónicos.

Tabla 16. Importación definitiva de Aparatos Electrónicos de 2000 a 2005

Electrónico	2000	2001	2002	2003	2004	2005	TOTALES
Cargadores y eliminadores de baterías	3,770,742	15,402,651	8,790,397	14,283,444	22,669,548	22,969,481	87,886,263
Hornos de microondas	1,109,176	1,451,387	1,321,503	991,745	921,384	912,085	6,707,280
Aparatos de telefonía c/hilos	4,262,070	3,401,511	4,020,465	3,636,006	4,132,002	3,527,631	22,979,685
Reproductores de audio sin grabador	923,385	1,720,280	1,936,885	1,793,660	2,053,159	2,152,449	10,579,818
Grabadores de audio y video	1,777,270	2,432,339	4,049,161	6,054,175	8,584,863	9,439,286	32,337,094
Receptores de radio con grabador o reloj	5,976,824	8,806,039	10,469,502	12,084,858	11,028,635	9,278,406	57,644,264
Televisores	3,073,516	3,474,988	3,441,288	2,640,517	2,521,668	2,719,800	17,871,777
Control remoto por r/infrarrojos	359,379	2,755,649	1,863,141	4,433,357	6,703,181	5,242,024	21,356,731

Unidades de Medida: Piezas

Fuente: Anuarios estadísticos del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos de los años 2001 a 2006, con temporalidad de los años 2000 a 2005

Nota: Los datos sobre la importación definitiva se tomaron de los Anuarios en Español de Importación en miles de pesos mexicanos.

Confiability Alta La información es tomada de los Anuarios Estadísticos elaborados por un Grupo de Trabajo integrado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el Banco de México, la Secretaría de Economía y el INEGI.

- ☒ Cargadores y eliminadores de baterías
- ☒ Aparatos de telefonía c/hilos
- ☒ Grabadores de audio y video
- ☒ Televisores
- ☒ Hornos de microondas
- ☒ Reproductores de audio sin grabador
- ☒ Receptores de radio con grabador o reloj
- ☒ Control remoto por r/infrarrojos

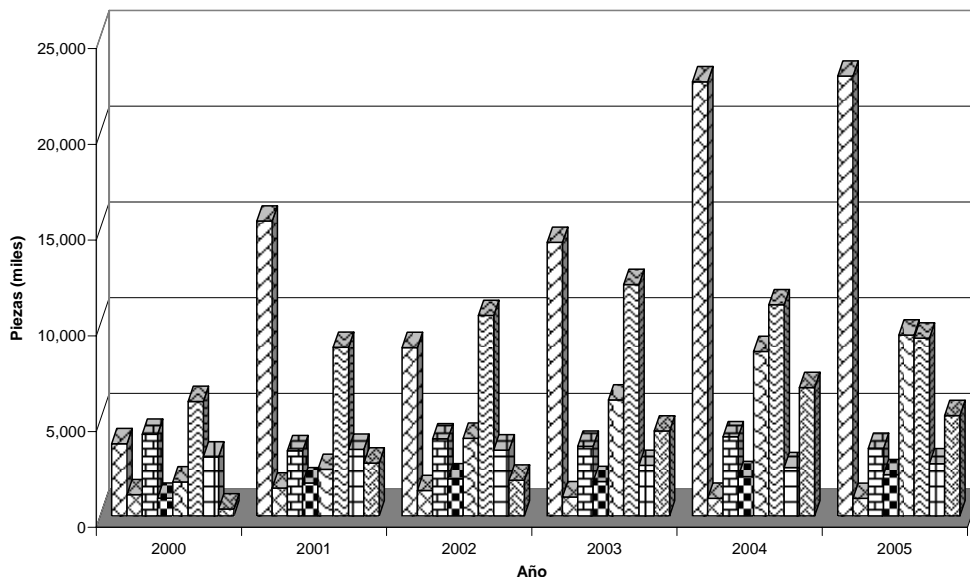


Figura 9. Datos de Importación de productos electrónicos

- ☒ Aparatos de telefonía fija
- ☒ Aparatos Radio Receptores con grabador y/o c/reloj

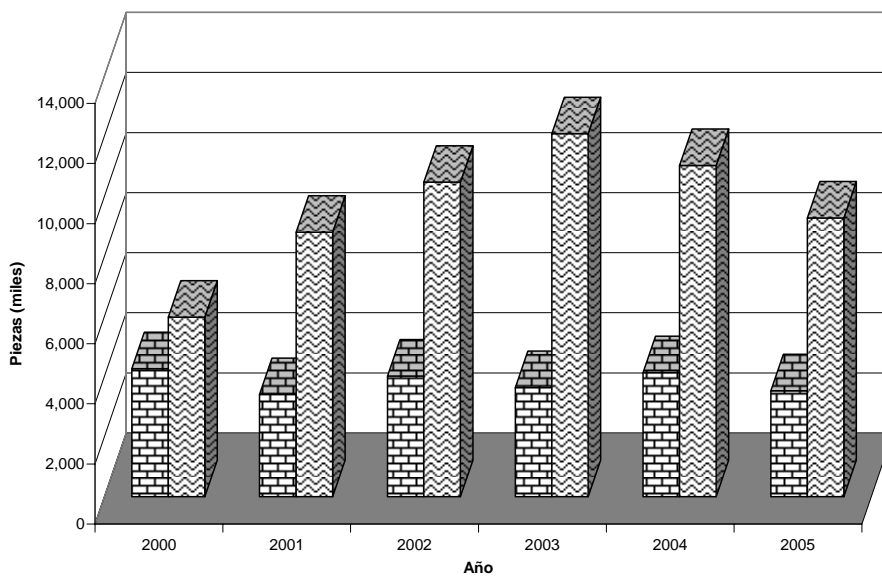


Figura 10. Datos de importación de aparatos telefónicos y radios

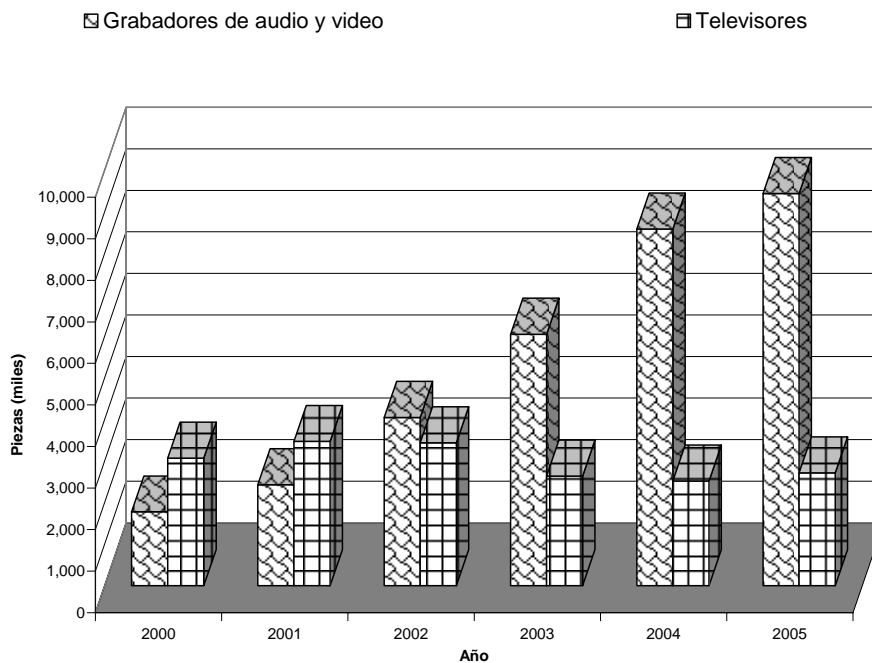


Figura 11. Datos de importación de grabadoras de audio y video y televisores

Tabla 17. Aparatos electrónicos Totales importados del año 2000 al 2005

Electrónico	2000	2001	2002	2003	2004	2005	TOTALES
Hornos de microondas	1,177,456	1,530,372	1,000,269	1,077,670	1,042,295	1,150,857	6,978,946
Aparatos de telefonía c/hilos	21,157,547	7,452,512	5,992,889	6,983,475	6,332,051	7,303,461	55,221,935
Reproductores de audio sin grabador	3,335,616	4,780,624	5,393,057	4,441,972	4,635,561	8,155,103	30,741,933
Grabadores de audio y video	3,565,133	5,807,646	5,404,831	6,983,230	11,090,881	18,271,389	51,123,110
Receptores de radio con grabador o reloj	9,974,395	11,527,863	8,452,483	12,832,543	11,799,979	10,438,359	65,025,622
Televisores	3,326,909	3,813,540	2,975,739	2,889,941	2,876,118	3,374,945	19,257,192
Control remoto por r/ Infrarrojos	1,623,326	15,649,499	11,729,132	17,480,382	27,171,084	29,701,725	103,355,148

Unidades de Medida: Piezas

Fuente: Anuarios estadísticos del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos de los años 2001 a 2006, con temporalidad de los años 2000 a 2005

Nota: Se tomaron los Anuarios en Español de Importación en miles de pesos mexicanos, de importación para maquila. Confiabilidad Alta. La información es tomada de los Anuarios Estadísticos elaborados por un Grupo de Trabajo integrado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el Banco de México, la Secretaría de Economía y el INEGI.

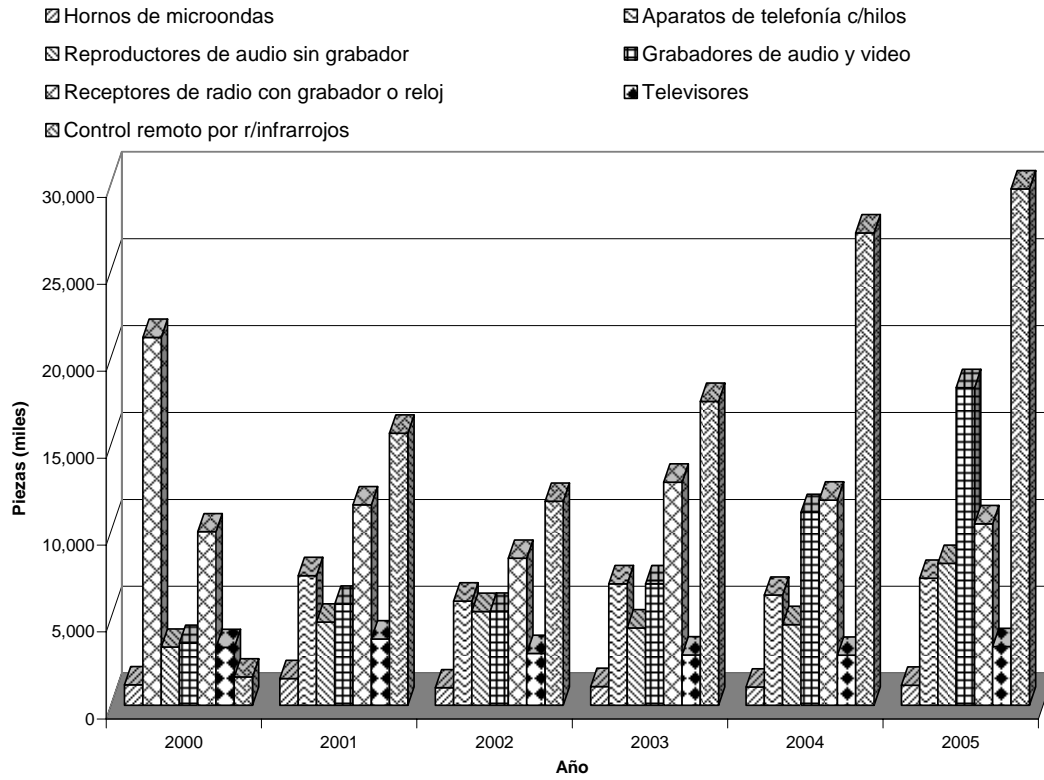


Figura 12. Importación total de Electrónicos por año

3.4 Estimación de la importación clandestina de productos electrónicos

La estimación de la importación informal o ilegal de aparatos electrónicos se aborda a partir de la cantidad de importación total y la fracción de ellos que puede representar los aparatos electrónicos. No se puede más que estimar la magnitud de estas importaciones y, en consecuencia, su venta y posterior generación de desechos electrónicos. Se parte de la base que el precio de los aparatos electrónicos, durante la vigencia del Tratado de Libre Comercio de América de Norte, ha tendido a equilibrarse con respecto a los aparatos importados ilegalmente. El diferencial existente no va más allá del 15 o 20%, por lo que ha resultado cada vez menos atractiva la importación ilegal; sobre todo si consideramos que en ésta las condiciones de garantía son prácticamente inexistentes.

Para tener idea del tamaño del mercado informal señalamos los datos siguientes: Sólo en el Distrito Federal operan entre 200,000 y 500,000 vendedores ambulantes de todos los productos; en todo el país el número rebasa el millón de personas. Por otra parte, ingresan al país más de 1,700 toneladas de artículos de contrabando (Presidencia de la República, 2001), de los cuales el 80% se comercializa en las calles.

El Administrador General de Aduanas informa que el movimiento promedio diario de importaciones es de 2,418 contenedores y 70,000 camiones, llenos y vacíos (Holohlavsky, 2005). Si tan solo el 0.1% de ellos fuera importación ilegal y, de éstos, a su vez, el 5% correspondiera a aparatos electrónicos, se tendría una cantidad de 7,500 toneladas de éstos, en comparación con 150 a 200,000 toneladas de los aparatos electrónicos importados legalmente. Aunado a lo anterior, hay que considerar los equipos importados libremente, esto es, cuando se va de viaje de placer o a trabajar al extranjero, fundamentalmente a los Estados Unidos, y se regresa trayendo consigo algunos aparatos electrónicos. Aunque podría realizarse una estimación del número de aparatos electrónicos ingresados por estas vías, lo cierto es que la cantidad no debe ser reveladora.

A fin de completar el diagnóstico, se realizó una investigación "in situ" en los locales que expenden aparatos electrónicos en el Distrito Federal; encontrándose alrededor de 2,500 de ellos en la zona centro, de los cuales, aproximadamente, la mitad sólo venden equipo y refacciones de cómputo. Con base en la encuesta practicada a este sector de comercio y

considerando una evaluación similar en el resto del país, se determina que son alrededor de 10,000 toneladas de aparatos electrónicos las que se venden de esta forma. Si de esa cantidad se considera un 20% ilegal, estaríamos hablando de 2,000 toneladas, cantidad que no resulta significativa (Anexo 7).

3.5 Generación de desechos electrónicos como subproductos de la producción

La determinación de la cantidad de desechos electrónicos generados en los procesos productivos se puede realizar a partir de dos fuentes: de la producción de artículos para consumo nacional y de la maquila; de esta última, en teoría, los desechos deberán retornarse al país de origen. En ambos casos no existen referencias sobre la cantidad de desechos sólidos por tonelada producida. En la industria manufacturera un índice puede ir de 1 a 2% de la cantidad del producto final. Los totales obtenidos a partir de las tablas 10 a 14 indican que la cantidad producida es de 140,000 toneladas anuales, por lo que los desechos de esta actividad serán de 2 a 3,000 toneladas, entre las que se incluyen los productos fuera de especificación y los desechos propios de la manufactura. A continuación se presentan solamente como referencia los datos de aparatos electrónicos maquilados en México en el período comprendido entre el año 2000 y el 2005.

Tabla 18. Aparatos electrónicos importados para maquila, 2000 a 2005

Electrónico	2000	2001	2002	2003	2004	2005	TOTALES
Cargadores y eliminadores de baterías	18,933,706	8,259,009	12,250,888	32,187,078	37,090,226	41,512,967	150,233,874
Hornos de microondas	68,280	78,985	19,157	85,925	120,911	238,772	612,030
Aparatos de telefonía c/hilos	16,895,477	4,051,001	3,637,503	3,347,469	2,200,049	3,775,830	33,907,329
Contestadoras telefónicas con casete	337,648	329,200	116,962	17,764	6,709	1,527	809,810
Reproductores de audio sin grabador	2,412,231	63,997	5,563,762	2,648,312	2,582,402	6,002,654	19,273,358
Grabadores de audio y video	1,787,863	3,375,307	3,242,241	929,055	2,506,018	8,832,103	20,672,587
Receptores de radio con grabador o reloj	3,997,571	2,721,824	484,464	747,685	771,344	1,159,953	9,882,841
Televisores	253,393	338,552	277,076	249,424	354,450	655,145	2,128,040
Control remoto por r/infrarrojos	1,263,947	12,893,850	9,865,991	13,047,025	20,467,903	24,459,701	81,998,417

Unidades de Medida: Piezas

Fuente: Anuarios estadísticos del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos de los años 2001 a 2006, con temporalidad de los años 2000 a 2005.

Nota: Se tomaron los Anuarios en Español de Importación en miles de pesos mexicanos, de importación para maquila.

Confiabilidad Alta. La información es tomada de los Anuarios Estadísticos elaborados por un Grupo de Trabajo integrado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el Banco de México, la Secretaría de Economía y el INEGI.

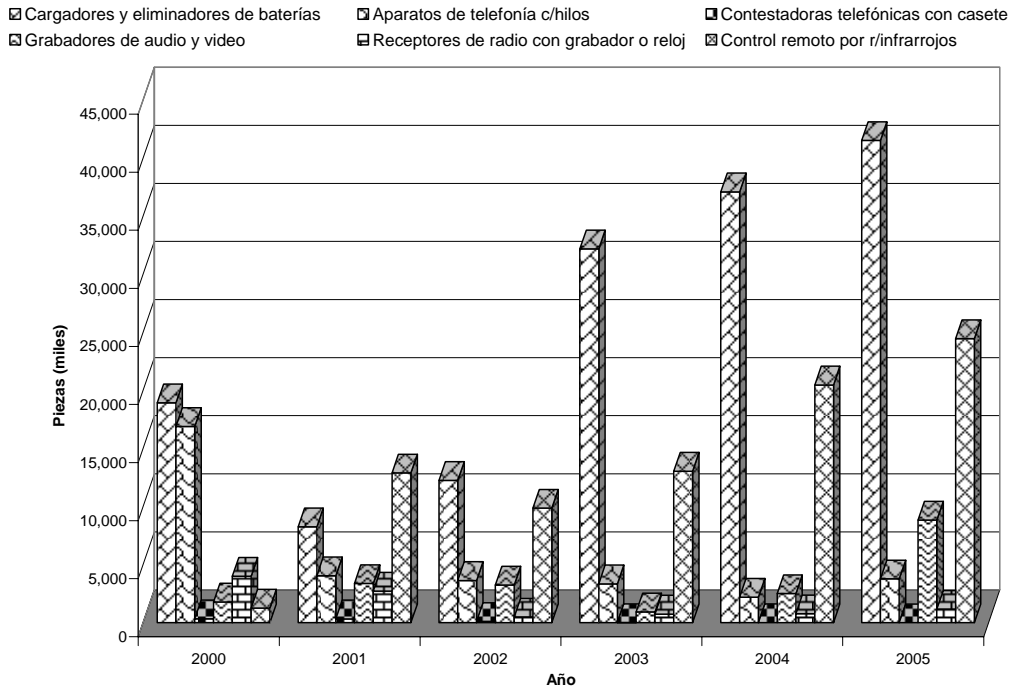


Figura 13. Importaciones de Electrónicos para maquila

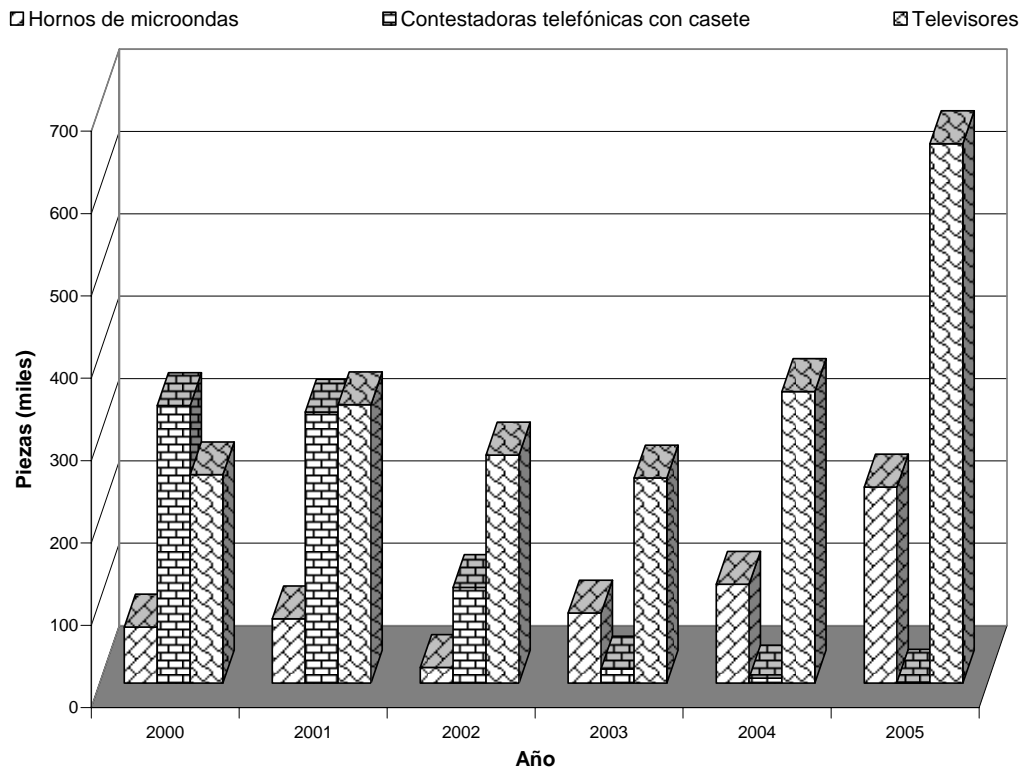


Figura 14. Importaciones de Otros Electrónicos para maquila

3.6 Estimación de generación potencial de desechos electrónicos

Con base en la integración de los datos de producción, importación y exportación de los aparatos electrónicos se puede estimar la cantidad de desechos electrónicos potenciales en México. Debido a que no se cuenta con todos los datos estadísticos sobre los cinco aparatos seleccionados (televisores, computadoras personales –de escritorio y portátiles–, aparatos grabadores/reproductores de sonido, teléfonos fijos y teléfonos celulares), se construyeron las tablas con los datos disponibles; en ellas se presentan las cantidades de aparatos electrónicos, habiéndose hecho un desglose por peso, dependiendo del tipo de aparato y considerando lo siguiente:

- La ecuación básica consiste en que los desechos electrónicos potenciales serán iguales al número de aparatos producidos más los aparatos importados legalmente menos los aparatos exportados.
- El peso que aparece como “Factor” en las tablas incorpora una ponderación de un peso promedio para cada tipo y número de aparatos.
- Se presentan los desechos acumulados en los 6 años reportados.

Tabla 19. Desechos Estimados de Televisores

Televisores							
Año	Producción (piezas)	Importación (piezas)	Exportación (piezas)	Desechos Potenciales Totales. (piezas)	Factor Kg./pieza	Desechos Potenciales (toneladas)	Desechos Acumulados (toneladas)
2003	4,477,268	2,640,517	7,104	7,110,681	22.60	160,701	160,701

Fuente: Elaboración propia

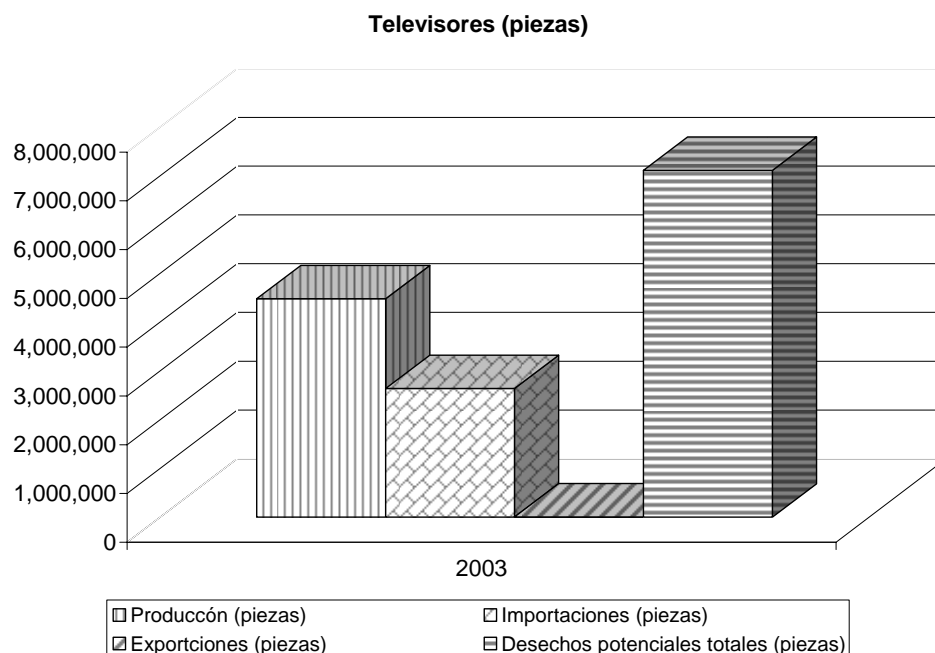


Figura 15. Desechos potenciales estimados de Televisores en el año 2003 (piezas)

Tabla 20. Desechos Estimados de Computadoras personales

Computadoras personales de escritorio y portátiles.

Año	Producción (piezas)	Importación (piezas)	Exportación (piezas)	Desechos Potenciales Totales (piezas)	Factor Kg./pieza	Desechos Potenciales (toneladas)	Desechos Acumulados (toneladas)
1996	953,711				27	25,750	25,750
1998*	1,715,388				2.5	4,295	30,045
2003	1,352,074				19.2	25,934	55,979
2003*	948,283				2.5	2,373	58,352

*Portátiles

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Desechos estimados de aparatos de sonido

Radios, equipos estereofónicos, conjuntos modulares y otros aparatos de sonido.

Año	Producción (piezas)	Importación (piezas)	Exportación (piezas)	Desechos Potenciales Tot. (piezas)	Factor (kg)	Desechos Potenciales (toneladas)	Desechos Acumulados (ton)
2000	1,352,402	6,900,209	3,111,110	5,141,501	5.10	26,222	26,222
2001	1,239,907	10,526,319	2,662,981	9,103,245	5.10	46,427	72,648
2002	1,914,521	12,406,387	46,143	14,274,765	5.10	72,801	145,450
2003	2,049,718	13,878,518	114,816	15,813,420	5.10	80,648	226,098
2004	1,968,907	13,081,794	179,358	14,871,343	5.10	75,844	301,942
2005	1,548,415	11,430,855	4,216,021	8,763,249	5.10	44,693	346,634

Fuente: Elaboración propia

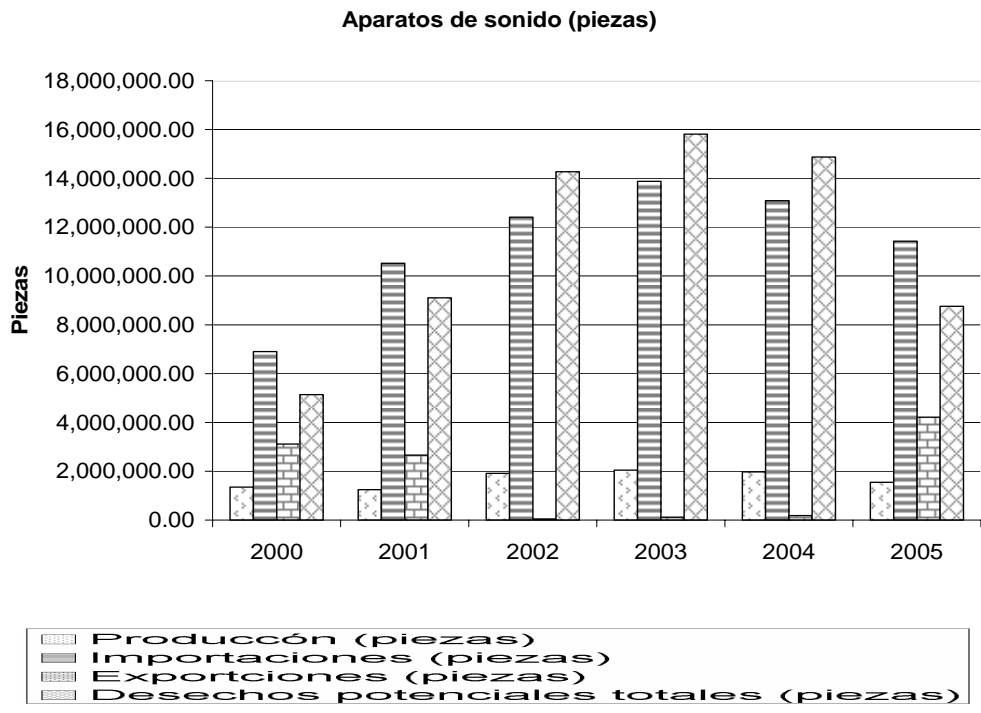


Figura 16. Desechos potenciales estimados de Aparatos de Sonido (Piezas)

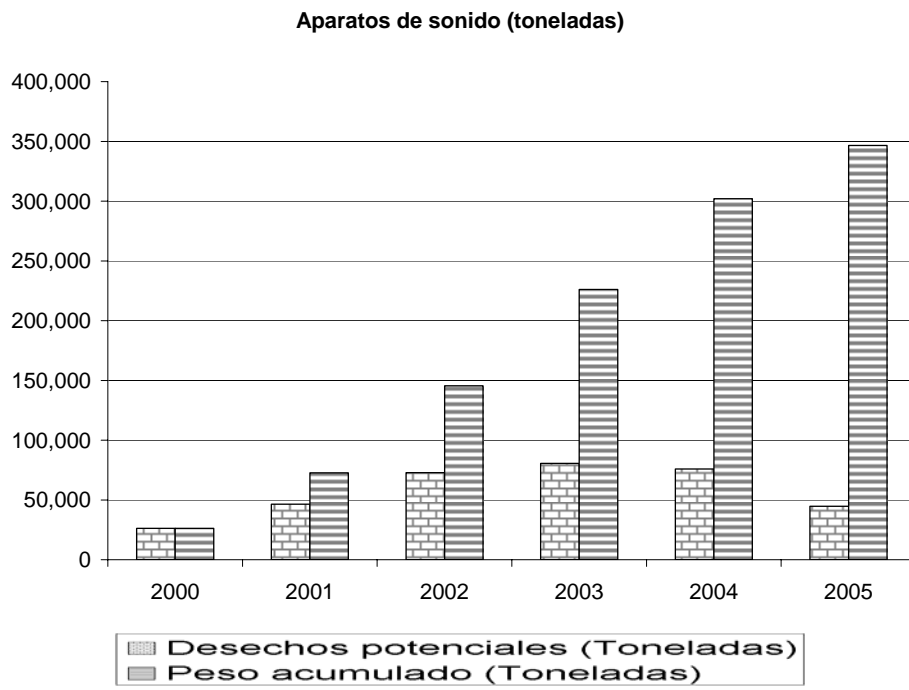


Figura 17. Desechos potenciales estimados de Aparatos de Sonido (Peso)

Tabla 22. Desechos Estimados de Aparatos para telefonía fija

Aparatos para Telefonía Fija

Año	Producción (piezas)	Importación (piezas)	Exportación (piezas)	Desechos Potenciales Totales (piezas)	Factor (kg)	Desechos Potenciales (toneladas)	Desechos Acumulados (toneladas)
2000	2,045,567	4,262,070	2,009,815	4,297,822	0.77	3,309	3,309
2001	1,642,646	3,401,511	495,861	4,548,296	0.77	3,502	6,811
2002	1,558,481	4,020,465	866,171	4,712,775	0.77	3,628	10,440
2003	1,542,773	3,636,006	797,017	4,381,762	0.77	3,373	13,814
2004	N/D	4,132,002	757,156	N/D	0.77	N/D	N/D
2005	N/D	3,527,631	956,446	N/D	0.77	N/D	N/D

Fuente: Elaboración propia

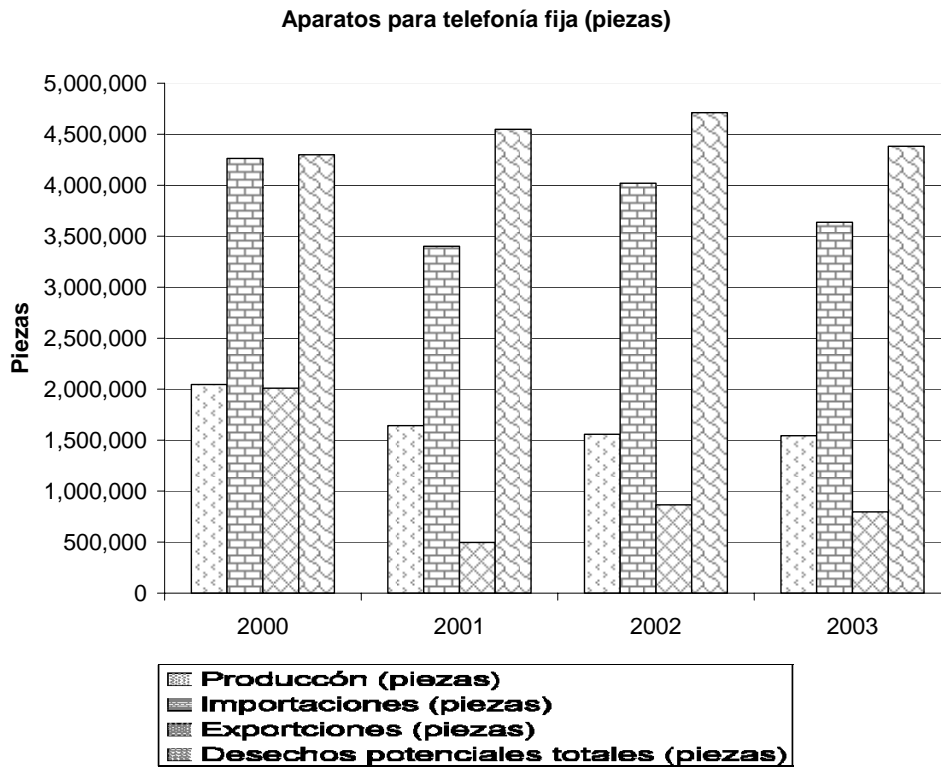


Figura 18. Desechos potenciales estimados de Aparatos para Telefonía Fija (piezas)

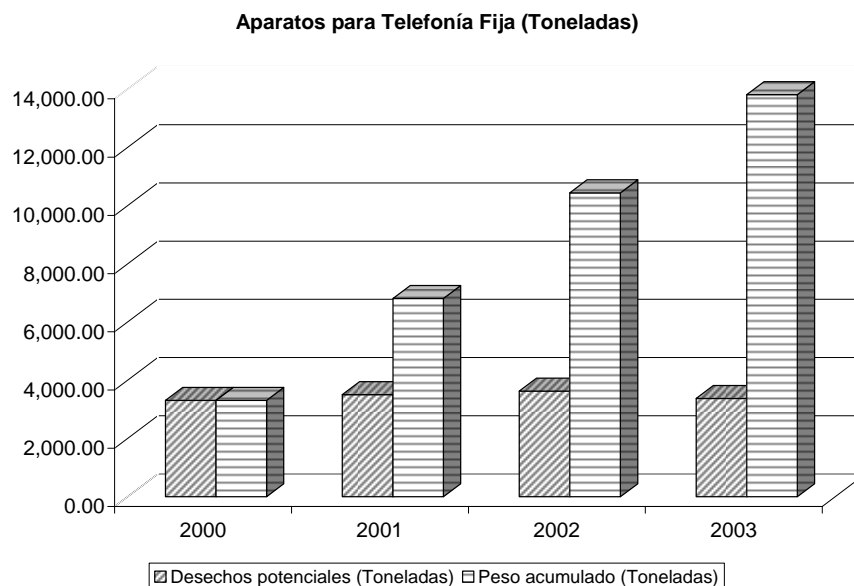


Figura 19. Desechos potenciales estimados de Aparatos para Telefonía Fija (Peso)

Tabla 23. Desechos potenciales estimados a partir de teléfonos celulares, 2003

Categoría	Producción (Unidades)	Peso Unitario (g)	Peso (g)	Peso (Toneladas)
De 65 g hasta 75 g	14,202	72.16 g	1,024,820	1
De 76 g hasta 85 g	85,211	82.1944 g	7,003,942	7
De 86 g hasta 95 g	47,339	89.8 g	4,251,124	4
Más de 96 g	47,339	104.65 g	4,954,122	5
TOTAL	194,094			17

El análisis de la información asentada permite sostener que desde el punto de vista de producción, importación, exportación y consumo de aparatos electrónicos, la cantidad total de desechos electrónicos potencialmente disponibles al sumar por año los cinco tipos de aparatos seleccionados (televisores, computadoras personales –de escritorio y portátiles–, aparatos grabadores/reproductores de sonido, teléfonos fijos y teléfonos celulares), asciende a 270,570 toneladas, considerando los datos del año 2003; mientras que con datos comprendidos entre los años 1998 a 2000, la cantidad es de 156,400 toneladas. Estas cantidades permiten proyectar los volúmenes de desechos electrónicos que se generarán en el futuro.

Ahora bien, si se toma como referencia la primera estimación de cantidad de desechos electrónicos en México (tabla 15), tenemos que la cantidad proyectada es de 453,200 toneladas, lo cual resulta congruente con las cantidades arriba apuntadas. Es preciso mencionar que las cantidades determinadas consideraron la vida útil de los aparatos electrónicos expuesta en el apartado 3.1.2. Enseguida, la tabla 24 muestra un resumen de las cantidades de desechos electrónicos potenciales bajo las consideraciones expuestas.

Tabla 24. Resumen de desechos electrónicos potenciales bajo distintas consideraciones					
# Est.	Desechos Potenciales (Ton)	Método de estimación	Temporalidad	Intervalo de Incertidumbre	Fuente en este documento
1	156,400	Prod + Imp - Exp	Datos de 1998- 2000	20%	
2	270,570	Prod + Imp - Exp	Datos de 2003	20%	
3	257,021	En Uso	Bajo los años de "vida útil" supuestos	20%	
4	453,200	En Uso	Datos de 2003	10%	
5	687,765	En Uso	Datos proyectados de 2006	10 %	

En conclusión, se puede afirmar que la cantidad potencial de generación de desechos electrónicos en el año 2006 se ubica entre las 150,000 y 250,000 toneladas; ello con base en datos de producción, importación y uso, de acuerdo a la vida útil supuesta para desecharse en 2006, estimaciones (1) y (3). Si se considera una "vida útil" más larga para cada componente, el intervalo sería más cercano al límite inferior de 150,000 toneladas. Al analizar el proceso de generación de desechos electrónicos en el tiempo, hay que destacar dos cuestiones, por una parte, la existencia de una cantidad indeterminada de equipos de desecho que está acumulada ("pasivos electrónicos"), misma que podrá ser varias veces la cantidad antes presentada y, por la otra, que la generación de desechos

electrónicos crece en forma más que lineal. Una tendencia de ello se presenta en la figura 20.

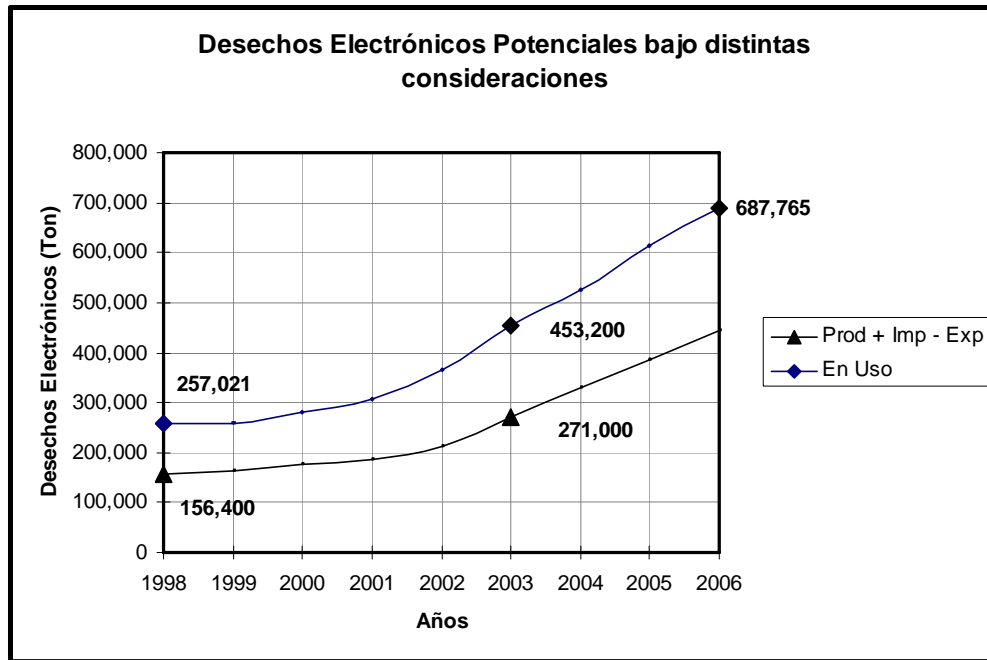


Figura 20. Tendencia de la generación de desechos electrónicos

3.7 Final de Vida de los desechos electrónicos en México

El “final de vida” de los desechos electrónicos en México presenta características análogas a otros desechos postconsumo y puede clasificarse en tres tipos: reuso, reciclado o relleno sanitario. Actualmente, existen dos “grupos de interés”, los cuales pueden estar entrelazados, que tienen fuerte injerencia en el destino final de los desechos electrónicos; se trata de los sistemas de recolección de residuos sólidos urbanos y de los recolectores (“acopiadores”) y comercializadores de “chatarra”.

Los sistemas de recolección de residuos sólidos urbanos intervienen en la disposición final como “final de vida” de los desechos electrónicos. Se trata de un grupo bien establecido en las distintas ciudades y municipios del país; sin embargo, es difícil tratar de establecer sistemas alternativos que permitan la recolección completa, de manera que los componentes electrónicos lleguen a los centros de transferencia y sean canalizados hacia acopiadores o recicladores de desechos electrónicos para lograr su valorización integral.

Investigaciones realizadas en los rellenos sanitarios del Distrito Federal, de Tlalnepantla, de Naucalpan y de Tijuana muestran que son, prácticamente inexistentes los desechos electrónicos que llegan a ellos; no obstante, por comunicaciones personales, se sabe que es posible solicitar a los “operadores” de los rellenos sanitarios cantidades de “basura electrónica” para comprarla, así como de muchos otros desechos.

El segundo grupo de interés está constituido por los acopiadores; también se trata de un grupo bien establecido en México, al igual que en otros países, como India. Este grupo tiene influencia en el reciclado como alternativa de disposición final de los desechos electrónicos. Funciona con base en el mercado de compra-venta, por lo que podría tener una fuerte influencia, bien positiva o negativa, sobre el posible establecimiento de algún sistema de manejo público o privado de los desechos electrónicos. Este grupo no facilitó información sobre las cantidades disponibles de dichos desechos, aunque se sabe que opera con desechos electrónicos y tiene interés sobre el desarrollo de un sistema de manejo. Los acopiadores poseen los canales de “recepción y concentración” de distintos desechos y conocen su manejo y comercialización. El mercado de compra de los acopiadores está constituido principalmente por empresas y organizaciones grandes que periódicamente desechan equipos de cómputo y otros electrónicos obsoletos.

La tercera alternativa de destino final de los desechos electrónicos es el reuso; a la fecha, es la que menos se practica y la que menor potencial de desarrollo presenta. Una de las opciones consiste en transferir equipos obsoletos desde empresas hacia escuelas o comunidades de bajos recursos, de esta manera se logra obtener un “uso extendido”. Otra forma se materializa a través de pequeños esfuerzos de personas que adquieren lotes completos de computadoras obsoletas para aprovechar las partes útiles de éstas en la reconstrucción de computadoras “nuevas”.

Cabe apuntar que existe en nuestro país una empresa “recicladora”, aunque en realidad es desmanteladora de dispositivos electrónicos. Esta se ubica en la ciudad de Guadalajara, cerca del cinturón de mayor producción de equipos electrónicos en México. También se cuenta con la presencia de la mayor empresa recicladora de metales del mundo. Finalmente, en noviembre del año 2006, se anunció por un fuerte grupo económico la creación de una empresa especializada en el reciclado de desechos electrónicos.

En suma, se desconoce a ciencia cierta la cantidad de desechos electrónicos que llegan al “final de vida” en sus distintas formas; sin embargo, por los volúmenes estimados de generación potencial de estos desechos, se considera que aún el mercado no ha sido captado más que en una fracción muy reducida, dado que sería notoria la entrada a las empresas de valorización de miles de toneladas de desechos electrónicos; además, en los registros de la SEMARNAT no hay empresas registradas para tales fines.

3.8 Estimación de generación de dioxinas y furanos por la quema de desechos electrónicos

Al revisar la posible aplicación de la Guía (*Tool kit*) del PNUMA para identificación y cuantificación de las emisiones de dioxinas y furanos durante el manejo de desechos electrónicos se observa lo siguiente. A partir del diagrama del ciclo de vida del producto (en este caso el desecho electrónico), las emisiones pueden surgir de 4 fuentes:

- 1) Procesos de producción química
- 2) Procesos térmicos o de combustión
- 3) Procesos biogénicos
- 4) Fuentes de depósitos históricos

En el caso de los desechos electrónicos, solamente podrían emitirse desde el segundo tipo de fuente, esto es, cuando estos desechos se tratan térmicamente para recuperar metales (Allsopp *et. al.*, 2001). Así, atendiendo al mismo diagrama, en caso de haber emisiones, éstas serían únicamente al aire, ya que al menos 3 de las 4 condiciones independientes requeridas para su formación están presentes durante el procesamiento térmico de los desechos electrónicos, aquéllas son:

- Procesos a alta temperatura (sobre 200° C) y/o combustión incompleta
- Carbón orgánico
- Cloro
- Productos conteniendo dioxinas y furanos

En consecuencia, hasta poder ubicar a las industrias que procesan térmicamente los desechos electrónicos, podría desarrollarse un inventario de fuentes generadoras de dioxinas y furanos, de acuerdo al procedimiento estandarizado en la Guía del PNUMA, conforme a los cinco pasos siguientes:

- 1) Aplicar la matriz de cribado para identificar las categorías de las fuentes principales.
- 2) Verificar subcategorías para identificar actividades y fuentes existentes en el país.
- 3) Resumir información detallada de los procesos y clasificar procesos a grupos similares aplicando un cuestionario estándar.
- 4) Cuantificar las fuentes identificadas con factores de emisión medido por “default”.
- 5) Aplicar a toda la nación para establecer el inventario completo y reportar los resultados utilizando la Guía del PNUMA en un formato estándar.

Tabla 25. Matriz de cribado de categorías de fuentes principales

No.	Categorías de Fuentes Principales	Ruta Potencial de Emisión				
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo
1	Incineración de Basura	■				■
2	Producción de Metales Ferrosos y no Ferrosas					■
3	Generación de Energía y Calefacción			■		
4	Producto de Minerales					■
5	Transporte					■
6	Proceso de combustión y no combustión	■				■
7	Producción y uso de químicos y bienes de consumo			■	■	
8	Misceláneos			■	■	
9	Confinamiento					■
10	Identificación de “Hot Spots” potenciales	¿?	¿?	¿?		

Al examinar cada una de las categorías de fuentes principales, la única en la que se podría incluir el manejo de desechos electrónicos sería la segunda, en la que se ubica el sector de producción de metales ferrosos y no ferrosos, el cual contiene lo que se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 26. Fuente Principal y Subcategorías

No.	Categorías Principal y Subcategorías	Ruta Potencial de Emisión				
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo
2	Producción metales ferrosos y no Ferrosos					■

3.9 Posibles sustitutos de los retardadores de flama en los equipos electrónicos

Los retardadores de flama actuales presentan características muy específicas que han sido desarrolladas a lo largo de investigaciones de las empresas. Adicionalmente, estos retardadores no son privativos de la industria electrónica, por lo que los desarrollos involucran a otros sectores industriales. De acuerdo a los instrumentos para su regulación, que se enfocan en el principio preventivo, principalmente, las Directivas Europeas, así como a la creciente concienciación de las grandes compañías productoras de artículos electrónicos, se han empezado a desarrollar sustitutos de los retardadores de flama actuales; sin embargo, los existentes no son públicos por lo que no es posible constituir esta sección. No obstante, debe seguirse una línea de trabajo permanente para las entidades encargadas de la protección del ambiente en todos los países.

3.10 Normatividad técnica sobre el contenido de sustancias tóxicas en productos electrónicos

Parte de esta normatividad ya ha sido cubierta en el apartado 2.3, fundamentalmente, a través de la Directiva *WEEE* de la Unión Europea y de la Regulación sobre la Responsabilidad Extendida al Productor de Japón.

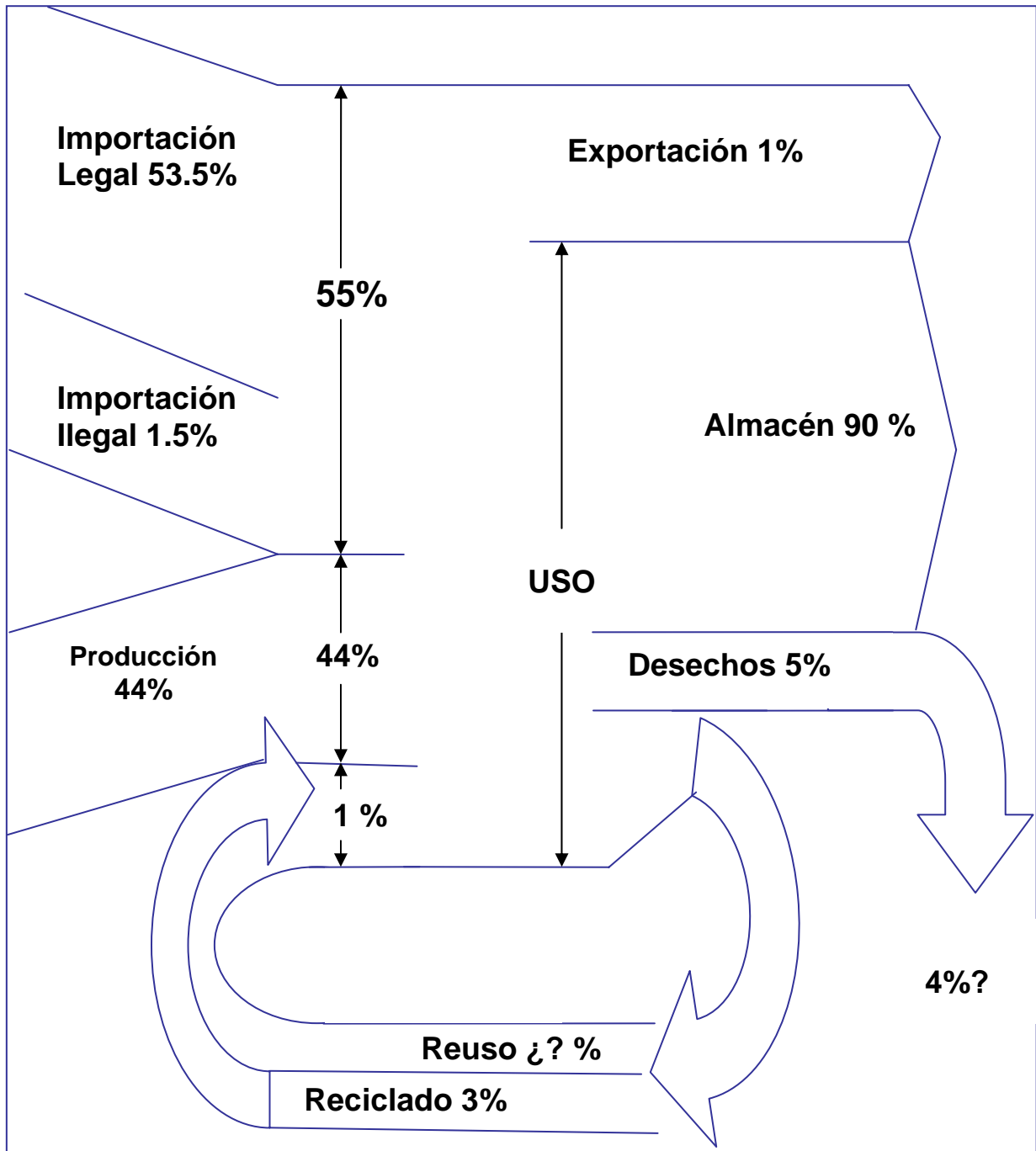
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Parte del análisis relativo al tamaño del inventario de generación de desechos electrónicos ya ha sido presentado; por ello, en esta sección se aborda lo relacionado con los aspectos sociales y económicos implicados en el manejo de esta clase de desechos.

Primeramente, es necesario establecer un marco del balance general de los productos electrónicos en nuestro país. Esto se presenta en forma esquemática en el diagrama de la figura 21, constituida con los datos presentados en las secciones de producción, uso, importación (legal e ilegal) y exportación de aparatos electrónicos. Es preciso mencionar que ante la falta de datos sobre reciclado y reuso, así como de algunos de exportación, la figura es sólo ilustrativa, por lo que deberá analizarse con precaución. El diagrama se integra con datos correspondientes al año 2003, en el que se transforma el peso de los cinco artículos definidos (televisores, computadoras personales –de escritorio y portátiles–, aparatos grabadores/reproductores de sonido, teléfonos fijos y teléfonos celulares) en toneladas, sin considerar las cantidades que entran y salen como maquila. Sin duda algo que puede establecerse es que de acuerdo a las proyecciones de generación presentadas en la Figura 20, el crecimiento será continuo y de la misma manera las cantidades que se irán reusando, y reciclando deberán también incrementarse, aun cuando esto suceda de manera no formal ni sistemática. Este final de vida hasta ahora ha sido con base puramente basado en las fuerzas del mercado, esencialmente informal. Se esperaría reusar y reciclar un 10 a 20 por ciento de esta misma manera mientras no se establezca un sistema de gestión adecuado y formal.

Enseguida se muestra el análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico de generación de desechos electrónicos. En primer término, se examina la validez de las cifras obtenidas para seguir con las implicaciones económicas y sociales del manejo del “final de vida” de los desechos electrónicos; finalmente, son señalados algunos de los elementos necesarios para apoyar el desarrollo de políticas públicas.

Figura 21. Esquema del balance de materiales de productos electrónicos en México, porcentajes estimados



4.1 Análisis y validación de los datos

Existen diversos métodos para estimar cantidades globales potenciales de desechos electrónicos. Entre los reportados en Europa se tienen los siguientes:

- Método de “Consumo y Uso” Toma el aparato electrónico promedio de una casa típica como base para la predicción de la cantidad potencial (usado en los Países Bajos).
- Método de “Suministro de Mercado”. Usa datos de la producción y venta en una región geográfica dada (utilizado en Alemania y en los Estados Unidos para equipo de cómputo, solamente).
- Método “suizo”. Basado en la suposición que los hogares ya están saturados y por cada aparato nuevo comprado uno usado llega a su “final de vida” (utilizado en Suiza).

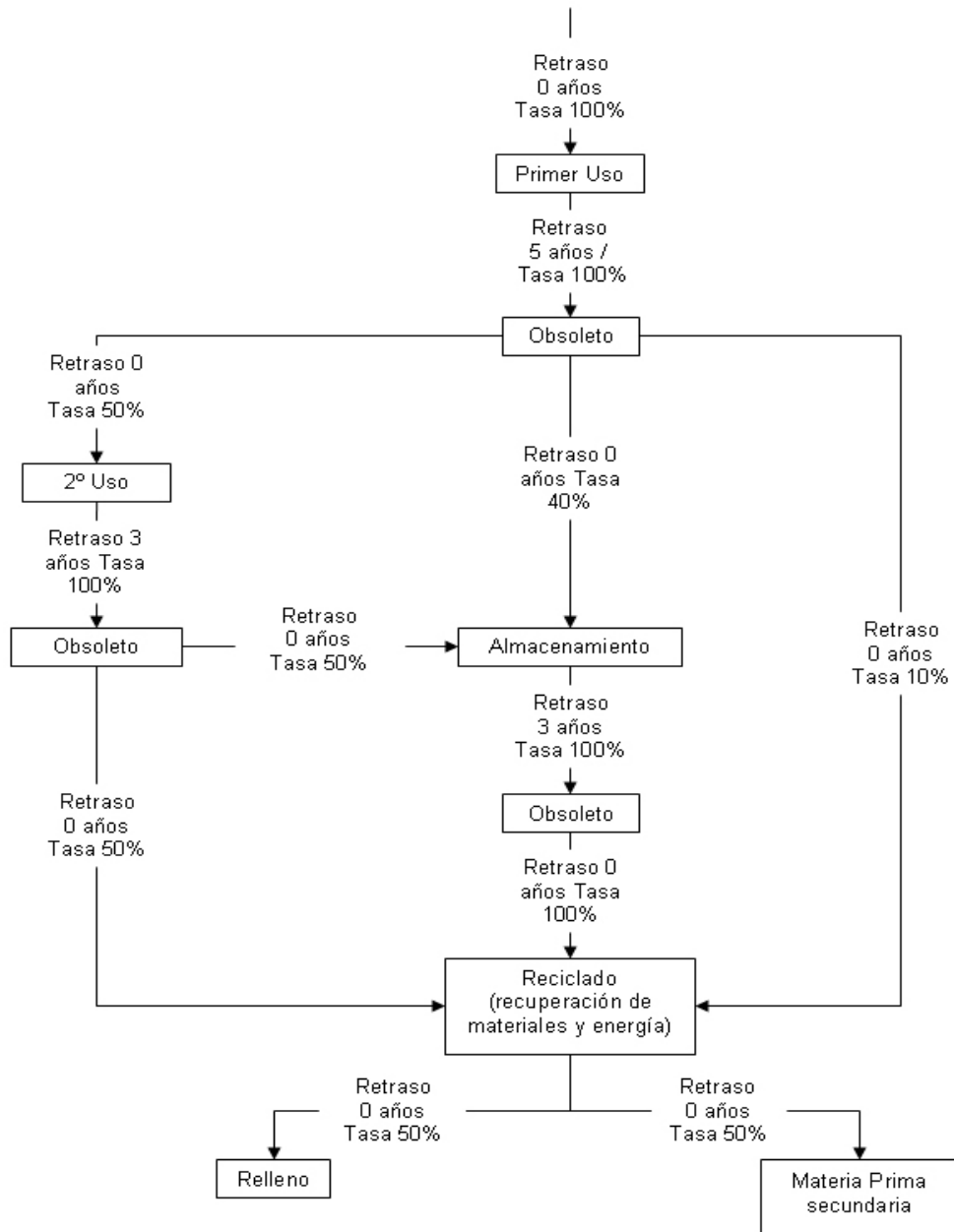
Los resultados de los estudios de estimación varían ampliamente y las comparaciones entre ellos son difíciles debido a las diferentes estimaciones. Adicionalmente, una suposición básica, que no aplicable a México, es que los datos estadísticos están completos y actualizados.

Por ello, con base en la información fragmentada, la determinación de cifras más precisas en las cantidades de desechos electrónicos generados no es tan factible; sin embargo, utilizando dos formas de aproximarlos: desde el enfoque de “producción y consumo” con una cantidad de 260,000 ton en números redondos y desde el punto de vista de “producción-importación-exportación”, que sería el equivalente a un balance total de materiales, se obtienen cantidades que son razonablemente cercanas: entre 160 000 y 270,000 ton por año entre 1998 y 2003. En ambos casos las cantidades pueden estar más bien cercanas al límite inferior, por lo que la cantidad real debe estar alrededor de 150 000 a 180,000 ton a desecharse en 2006. Lo anterior produciría un indicador de 1.5 a 1.6 kg/año *per cápita*, lo cual resulta congruente si se considera que en la Unión Europea este indicador está entre 6 y 8 kg/año, aunque se refiere a desechos totales, entre los que se hallan los desechos eléctricos (incorporando electrodomésticos y línea blanca); además hay que tener presente que el PIB *per cápita* en esa región es 4 o 5 veces mayor que el de México.

Las cifras aún pueden afinarse a partir de un análisis más detallado de los datos estadísticos, principalmente conociendo los de exportación. Las aproximaciones de peso promedio también pueden desglosarse hasta llegar a obtener con mayor precisión cuántos dispositivos se manejan de cada tipo (lo cual incluye su peso).

Adicionalmente, la vida útil de los aparatos es aún motivo de estudio en varios países. Una vez conocida esta extensión de la vida útil, se puede incorporar en la ecuación de los datos estadísticos de producción y ventas y determinar la cantidad anual. Un ejemplo de la forma en que se puede abordar esta cuestión se presenta en la Figura 22. El modelo fue elaborado para computadoras personales en los Estados Unidos, en 1997; éste permite advertir que la vida útil de una fracción de 90% de las computadoras es de 8 años, y el resto es de 5 años, aunque este tiempo se ha acertado desde entonces.

Figura 22. Estimación de vida útil y final de vida de computadoras



4.2 Implicaciones económicas del manejo de desechos electrónicos

Es evidente que en los países desarrollados el reciclado en forma directa no es viable económicamente. De ahí que, por ejemplo, del 50 al 80% de los desechos de los Estados

Unidos sea enviado a Asia, principalmente a China, para su procesamiento y que en general más del 50% de los metales de los desechos electrónicos no se recicle. Ello también obedece a que, en muchas ocasiones, los aparatos electrónicos permanecen guardados en las casas; son almacenados en bodegas de oficinas y empresas o se trasladan a otras personas. Ahora bien, hay que considerar que cuando se lleva a cabo el reciclado empíricamente, éste se caracteriza por una baja eficiencia y alta contaminación o, de lo contrario, mayores costos para contenerla; además el desmantelamiento no es óptimo, lo cual implica pérdidas de metales preciosos en subproductos y residuo final; por último, hay un aumento considerable del riesgo de exposición para la salud. Ante esta panorámica y para que el reciclado sea viable es necesario considerar la cadena completa, esto es:

- El desmantelamiento y preprocesamiento son importantes, pero sólo como etapas intermedias.
- El procesamiento final (recuperación de materiales), es crucial para la generación de valor y control de tóxicos. Las fundiciones integradas pueden lograr recuperaciones mayores de metales preciosos y de cobre.
- Todas las etapas deben estar interconectadas cercanamente.
- Eliminar el déficit estructural para productos de consumo (“ciclos abiertos”), aún a precios altos.

También se debe determinar:

- Un inventario más preciso que permita presupuestar cualquier tipo de sistema de manejo de los desechos electrónicos (tamaño del mercado). Hasta ahora, el interés que podría existir en sistemas de reciclado provendría de empresas recicladoras o tratadoras y no de las productoras e importadoras.
- El valor económico de los desechos.
- La viabilidad económica del reciclado (incluyendo las distintas etapas: desde el acopio hasta el procesamiento).

Por otra parte, es importante mencionar que existen algunas empresas, como HP, Epson, IBM y otros proveedores, que tienen políticas de canje de usados (reconocen 10-50 USD); esto ha motivado el surgimiento de empresas de recolección y reciclado que retiran de

empresas lotes mínimos y pagan 0.1–1 dólar por equipo (o cobran un cargo ínfimo) (Prince, 2006). Se tiene también información de los Estados Unidos que el precio de los desechos de cómputo se cotiza a 80 US\$/Ton.

Algunas estimaciones del “Final de Vida” de los desechos electrónicos en América Latina son los siguientes (Prince, 2006):

- 57-80% va a los basureros o se acumula en hogares y empresas sin procesar.
- 5-15% se destina a recuperación y reuso de partes y equipos en empresas usuarias y/o servicios técnicos de PyMEs y hogares. Los desechos de éstos van a rellenos o depósitos sin tratar.
- 10-20% se somete a reciclado primario (plásticos y metales ferrosos), el resto sin triturar ni tratar va a los basureros.
- 0-2% tiene una recuperación “social”.
- 0,1% ? es aislado y recibe tratamiento certificado de contaminantes.

Para tener una idea del valor económico contenido de los desechos electrónicos, puede tomarse como ejemplo a las computadoras. En la Tabla 27, se analiza la composición típica de una computadora de 6 años de antigüedad y en la Tabla 15 se estima la cantidad de 2,375,000 computadoras como potenciales a desechar.

Donde 3,000 ton de Plomo; 7,000 ton de aluminio; 10,000 ton de acero; 3,000 ton de cobre; 1,000 ton de zinc; 7 ton de tantalio; 7 ton de berilio; casi una tonelada de oro y 11,000 ton de vidrio representan un criterio básico para determinar la viabilidad de una planta de reciclaje capaz de procesar unas 8,000 computadoras diarias. En este proyecto tendrían que considerarse los costos de acopio, transporte y desmantelamiento.

Tabla 27. Composición de una computadora personal y cantidades totales a desechar

Nombre	Contenido (% peso total)	Peso unitario (Kg.)	Total a desechar (Ton)
Plásticos	22.9907	4.598	10920.58
Plomo	6.2988	1.260	2991.93
Aluminio	14.1723	2.834	6731.84
Germanio	0.0016	0.000	0.76
Galio	0.0013	0.000	0.62
Hierro	20.4712	4.094	9723.82
Laton	1.0078	0.202	478.71
Cobre	6.9287	1.386	3291.13
Bario	0.0315	0.006	14.96
Niquel	0.8503	0.170	403.89
Zinc	2.2046	0.441	1047.19
Tantalo	0.0157	0.003	7.46
Indio	0.0016	0.000	0.76
Vanadio	0.0002	0.000	0.10
Terbio	0	-	0.00
Berilio	0.0157	0.003	7.46
Oro	0.0016	0.000	0.76
Europio	0.0002	0.000	0.10
Titanio	0.0157	0.003	7.46
Ruthenio	0.0016	0.000	0.76
Cobalto	0.0157	0.003	7.46
Paladio	0.0003	0.000	0.14
Manganeso	0.0315	0.006	14.96
Plata	0.0189	0.004	8.98
Antimonio	0.0094	0.002	4.47
Bismuto	0.0063	0.001	2.99
Cromo	0.0063	0.001	2.99
Cadmio	0.0094	0.002	4.47
Selenio	0.0016	0.000	0.76
Niobium	0.0002	0.000	0.10
Yttrium	0.0002	0.000	0.10
Rhodium	0	-	0.00
Platino	0	-	0.00
Mercurio	0.0022	0.000	1.05
Arsenico	0.0013	0.000	0.62
Vidrio	24.8803	4.976	11818.14

Tabla de elaboración propia tomando en cuenta los datos de la tabla 3

4.3 Implicaciones sociales del manejo de desechos electrónicos

Las implicaciones sociales del manejo de desechos electrónicos se tienen que enfocar desde el concepto de “Responsabilidad Extendida del Productor” (REP). Esta se caracteriza por la transferencia de responsabilidad de las municipalidades (gobierno) para incluir el costo de tratamiento y destrucción en el precio del producto, reflejando los impactos ambientales del producto. De acuerdo con la OECD, legal y administrativamente existen diversas formas de abordar el problema para implementar los instrumentos de REP –desde los completamente voluntarios hasta los obligatorios–; los cuales se muestran en la Tabla 28 (OECD, 2001):

Tabla 28. Forma de abordar el problema de desechos electrónicos

Tipo de forma de abordar	Ejemplos
Programas de retorno del Pproducto	<ul style="list-style-type: none">▪ Retorno obligatorio▪ Retorno voluntario o negociado
Formas reglamentarias	<ul style="list-style-type: none">▪ Estándares mínimos para productos▪ Prohibición de ciertos materiales y productos peligrosos▪ Prohibiciones de disposición final▪ Reciclado obligatorio
Prácticas industriales voluntarias	<ul style="list-style-type: none">▪ Códigos de prácticas voluntarios▪ Alianzas público-privadas▪ Renta y “servicios”▪ Etiquetado
Instrumentos económicos	<ul style="list-style-type: none">▪ Esquemas de depósito-reembolso▪ Cuotas Anticipadas de reciclado▪ Cuotas para disposición final▪ Impuestos/subsidios en los materiales

Los esquemas voluntarios son los preferidos para implementar las estrategias de REP, principalmente para evitar la promulgación de reglamentación nacional. Por otra parte, los componentes importantes identificados en el establecimiento de un sistema de manejo de desechos electrónicos son:

- 1) Reglamentación

- 2) Cobertura del sistema
- 3) Financiamiento del sistema
- 4) Responsabilidad del productor
- 5) Cumplimiento

Desde el punto de vista social se tendrán que determinar también, entre otras cosas:

- Concepto de responsabilidad compartida de la sociedad, gobierno y empresas privadas.
- Patrones de consumo para el desarrollo del inventario.
- Redes informales de acopio.

4.4 Propuesta de elementos de políticas

Como se observa, a partir de las secciones anteriores, los esquemas que se pueden implementar en nuestro país están contenidos en los Planes de Manejo incluidos en nuestra Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), los cuales pretenden minimizar la generación y maximizar la valorización de los desechos, incluidos los electrónicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social; y con base en los principios de responsabilidad compartida y manejo integral que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno (artículo 5º, fracción XXI).

En los planes de manejo se incorpora desde el desarrollo de inventarios detallados y específicos por productos hasta las campañas de recolección y los métodos de tratamiento. Algunos de sus elementos son:

- Inventarios detallados: ayudan a desarrollar la oferta de servicios.
- Fortalecer y apoyar redes privadas de recolección en conjunto con los gobiernos municipales, además de los acopiadores establecidos.
- Campañas gubernamentales de concienciación social para la recolección más efectiva.

- Planes de Manejo por las asociaciones productoras e importadoras de aparatos electrónicos, en acuerdo y colaboración con el gobierno federal.
- Planes de Manejo por los estados que mayor producción de aparatos electrónicos tienen: Baja California, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas, Jalisco, Querétaro, Estado de México y Distrito Federal, en concordancia con las empresas productoras.
- Alianzas público-privadas para recolección y desmantelamiento.
- Lineamientos administrativos de obligación de enviar a un “final de vida” adecuado los aparatos electrónicos de las oficinas gubernamentales y grandes empresas privadas.
- Elaboración de una Norma Oficial Mexicana en la que se determinen los criterios a seguir para los Planes de Manejo de los desechos electrónicos (artículo 20, LGPGIR).
- Elaboración de una Ley nacional de reciclado de desechos en general, que incentive el de los desechos electrónicos.

5 CONCLUSIONES

Los desechos electrónicos constituyen una preocupación creciente en México, al igual que en el mundo, al irse incrementado la manufactura y el uso de los productos electrónicos sin desarrollarse, al mismo tiempo, esquemas de manejo adecuado para los desechos postconsumo. Las cantidades estimadas del inventario, a partir de fuentes secundarias, dan una idea de la generación potencial actual y futura de estos desechos, estimada entre 150,000 a 180,000 ton por año. Este primer inventario permite un acercamiento a la magnitud del problema; sin embargo, todavía existen lagunas con respecto a información más precisa sobre los patrones de consumo y, particularmente, de las alternativas de almacenamiento y “final de vida” para los desechos electrónicos. Así mismo, se carece de una infraestructura formal para el manejo de estos desechos en sus diversas etapas, aunque el mercado informal es una realidad.

Respecto a la normatividad existente, consideramos que es suficiente para poder desarrollar esquemas de manejo adecuado de desechos electrónicos; no obstante, falta cuantificar con mayor precisión el valor económico de los residuos; así como la delimitación de responsabilidades acerca de su manejo. Resulta fundamental impulsar e incentivar el mercado de valorización asociado a los desechos electrónicos, entre cuyas alternativas más recomendables, como ha quedado demostrado en países de condiciones similares al nuestro, se halla la conformación de alianzas público-privadas, que permitan incorporar de alguna manera los canales informales actualmente existentes para el manejo de los desechos electrónicos. Para ello es necesario establecer una participación concertada de los tres actores principales, gobierno-sector privado-sociedad, los cuales, apoyados en un Plan de Manejo y con conocimiento más preciso del inventario de generación de desechos electrónicos puedan desarrollar y hacer funcionar dichas alianzas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcock, R. E., Sweetman, A., Prevedouros, K., Jones, K. C., 2003, "Understanding levels and trends of BDE-47 in the UK and North America: An assessment of principal reservoirs and source inputs", *Environment International*, Vol. 29, núm. 6, September.
- Allsopp, M., Costner, P. y Johnston, P., 2001, *Incineration and Human Health: State of knowledge of the impacts of waste incinerators on human health*, United Kingdom, Greenpeace Research Laboratories-University of Exeter, disponible en <http://archive.greenpeace.org/toxics/reports/euincin.pdf>
- ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, Department of Health and Human Services), 2004:
- "Éteres de polibromobifenilos", (Polybrominated Diphenyl Ethers)", USA, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs68_pbde.html
 - , 2005A, "Arsénico", USA, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts2.html
 - , 1999, "Cadmio", USA, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html
 - , 2001A, "Cromo", USA, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html
 - , 2001B, "Mercurio", USA, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_mercmetal5.html
 - , 2005B, "Plomo", USA, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.html
 - , 2003, "Selenio", USA, disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts92.html
- Barrera Cordero, J., Castro Díaz, J. y Gavilán García, A., 2004, "Los retardantes de flama polibromados, ¿nuevas sustancias de prioridad ambiental?", *Gaceta Ecológica*, núm. 72, México.
- CCA (Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte), 2002, *Iniciativa Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (Resumen y actualización)*, Octubre, Canadá, disponible en http://www.cec.org/files/pdf/POLLUTANTS/SMOC-OverviewUpdate-2002_es.pdf
- , 2006A, *Sesión ordinaria del Comité Consultivo Público Conjunto 06-01, Reunión de trabajo sobre la Alianza de América del Norte para la Prevención de la Contaminación con Productos Electrónicos Limpios y Taller sobre Pequeñas y Medianas Empresas, Vancouver, Columbia Británica, 28-29 de marzo de 2006*, disponible en http://www.cec.org/files/pdf/JPAC/SR06-01_es.pdf
 - , 2006B, *Plan Operativo, Comisión para la Cooperación Ambiental 2006-2008*, Canadá, disponible en http://www.cec.org/files/pdf/PUBLICATIONS/OpPlan2006-Summary_es.pdf
- COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones), Dirección General de Tarifas e Integración Estadística, disponible en <http://www.cft.gob.mx>

- Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación de 1989, disponible en <http://www.basel.int/text/con-s-htm>
- DHHS (Department of Health and Human Services), 2003, *ATSDR's Toxicological Profiles*, USA, Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- 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, *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 37, 13 de febrero de 2003, disponible en http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2003/l_037/l_03720030213es00190023.pdf
- Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 37, 13 de febrero de 2003, disponible en http://europa.eu.int/eur-lex/pri/es/oj/dat/2003/l_037/l_03720030213es00240038.pdf
- EICC (Electronic Industry Code of Conduct), 2005, disponible en <http://www.sinergia.com.mx/downloads/EICCV20Oct102005.pdf>
- El Universal Online, 2005, *El ambulante, fuera de control: UNAM*, 01 de junio. Basado en el Padrón de Comerciantes en Vía Pública elaborado por las 16 delegaciones políticas y datos extraoficiales, México.
- FOA Consultores, Registro actualizado de la Industria Electrónica.
- Holohlavsky, A., 2005, "José Guzmán Montalvo, de cara a los mitos", Entrevista, *Inbound Logistics México*, Vol. I, núm. 7, agosto, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 2001, Anuario estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, disponible en <http://www.inegi.gob.mx>
- , 2002, Anuario estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, disponible en <http://www.inegi.gob.mx>
- , 2003, Anuario estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, disponible en <http://www.inegi.gob.mx>
- , 2004, Anuario estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, disponible en <http://www.inegi.gob.mx>
- , 2005, Anuario estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, disponible en <http://www.inegi.gob.mx>.
- , "Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares", disponible en <http://www.inegi.gob.mx>
- , "Encuesta Industrial Mensual", disponible en <http://www.inegi.gob.mx>
- , "La Ocupación en el Sector no Estructurado en México, 1995-2003", disponible en <http://www.inegi.gob.mx>
- ITU (Union Internacional de Telecomunicaciones), 2005, disponible en www.itu.int/net/home/index-es.aspx.
- Naciones Unidas, 1988, *Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas*, (ST/SG/AC.10/1/Rev.5), Nueva York, Naciones Unidas, disponible en: http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev13/Spanish/00c_Recomend.pdf
- OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development), 2001, *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*, OCDE, Paris.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), 1999, *Guidelines for the identification of PCBs and materials containing PCBs*, disponible en <http://www.chem.unep.ch>.

- , 2004A, *Recopilación de proyectos de decisión remitidos por el Grupo de Trabajo de composición abierta a la Conferencia de las Partes para su examen y posible adopción*, disponible en <http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/K04/723/68/PDF/K0472368.pdf?OpenElement>
- , 2004B, *Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en bifenilos policlorados, terfenilos policlorados o bifenilos polibromados, que los contengan o estén contaminados con ellos*, UNEP/CHW.7/8/Add.2/Rev.1, disponible en <http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/08a2r1s.pdf>
- , 2004C, *Proyecto de directrices técnicas para el reciclado/regeneración ambientalmente racional de metales y compuestos metálicos (R4)*, UNEP/CHW.7/8/Add.3, disponible en <http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/08a3s.pdf>
- , 2004D, *Programa sobre modalidades de asociación del Convenio de Basilea*, UNEP/CHW.7/13, disponible en <http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/13s.pdf>
- , 2004E, *Proyecto de programa de trabajo para 2005-2006 del Grupo de Trabajo de composición abierta*, UNEP/CHW.7/14, disponible en <http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/14s.pdf>
- , 2004F, *Actividades complementarias de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible; Informe sobre la marcha de los trabajos*, UNEP/CHW.7/30, disponible en <http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/K04/726/81/PDF/K0472681.pdf?OpenElement>
- , 2007, *Documento de orientación sobre el manejo ambientalmente racional de teléfonos móviles usados y al final de su vida útil de la Iniciativa sobre la modalidad de asociación en materia de teléfonos móviles*, UNEP/CHW.8/2/Add.3, disponible en <http://www.basel.int/meetings/cop/cop8/docs/02a3s.pdf>
- Presidencia de la República, 2001, "Primer Informe de Gobierno", disponible en <http://primer.informe.fox.presidencia.gob.mx/index.php?idseccion=7&pagina=3>
- Prince, A., 2006, "Descripción cualicuantitativa del problema de la basura informática en LAC; Análisis y Propuestas", en Segundo Taller Internacional: "Responsabilidades compartidas sobre la disposición final de las computadoras en Latinoamérica y El Caribe", Brasil, disponible en http://www.rrtic.net/archivos/talleres/segundoTaller/presentaciones/Alejandro_Prince_Descripcion_cualicuantitativa_del_problema_de_la_basura_informatica_en_LAC.ppt#34
- Secretaría de Economía, "Sistema de Información Empresarial Mexicano", disponible en www.siem.gob.mx
- SICE (Sistema de Información sobre Comercio Exterior), Tratado de Libre Comercio de América del Norte, disponible en http://www.sice.oas.org/Trade/nafta_s/indice1.asp
- Signals Telecom Consulting
- UNEP (United Nations Environment Programme), 1999, *Protocolo de Basilea sobre Responsabilidad e Indemnización por Daños Resultantes de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación*, disponible en <http://www.basel.int/meetings/cop/cop5/docs/prot-e.pdf>
- , 2004, *Plan Estratégico para la aplicación del Convenio de Basilea, Informe sobre los progresos realizados*, UNEP/CHW.7/3, disponible en <http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/03s.pdf>

- , 2005, *E-waste, the hidden side of IT equipment's manufacturing and use*, Europe, UNEP-Global Resource Information Database.
- , 2006, *Documento de orientación sobre el manejo ambientalmente racional de teléfonos móviles usados y al final de su vida útil*, UNEP/CHW.8/2/Add.3, disponible en <http://www.basel.int/meetings/cop/cop8/docs/02a3s.pdf>
- - FAO, "Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade", disponible en <http://www.pic.int>
- , "Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)", disponible en <http://www.pops.int/>
- Watanabe, I. y Tatsukawa, R., 1990, *Anthropogenic brominated aromatics in the Japanese environment. Workshop on brominated aromatic flame retardants*, Swedish National Chemicals Inspectorate.

ANEXOS

ANEXO 1. Datos de equipos electrónicos importados en México

Aparatos Electrodomésticos Importados por año del 2000 al 2004

Electrodomésticos	2000	2001	2002	2003	2004	TOTALES
Rectificadores cargadores y eliminadores de baterías	22,704,448	23,661,660	18,740,651	46,470,525	59,759,774	171,337,058
Hornos de microondas	1,177,456	1,530,372	1,000,296	1,077,670	1,042,295	5,828,089
Aparatos de telefonía con hilos	21,157,547	7,452,512	5,992,889	6,983,475	6,332,051	47,918,474
Contestadores telefónicos con casete	395,377	415,414	64,011	87,090	28,228	990,120
Reproductores de sonido, sin dispositivo de grabación de sonido incorporado	3,335,616	4,780,624	5,393,057	4,441,972	4,635,561	22,586,830
Aparatos de grabación o reproducción de imagen y sonido (videos)	3,565,133	5,807,646	5,404,831	6,983,230	11,090,881	32,851,721
Aparatos radiorreceptores, incluso combinados en el mismo gabinete con grabador o reproductor de sonido o con reloj	9,974,395	11,527,863	8,452,483	12,832,543	11,799,979	54,587,263
Aparatos receptores de televisión	3,326,909	3,813,540	2,975,739	2,889,941	2,876,118	15,882,247
Aparatos de control remoto que utilizan rayos infrarrojos para el comando a distancia de aparatos electrónicos	1,623,326	15,649,499	11,729,132	17,480,382	27,171,084	73,653,423

FUENTES:

Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos, Temporalidad 2000
 2001, Importación en miles de pesos
 Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos, Temporalidad 2001
 2002, Importación en miles de pesos
 Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos, Temporalidad 2002
 2003, Importación en miles de pesos
 Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos, Temporalidad 2003
 2004, Importación en miles de pesos
 Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos, Temporalidad 2004
 2005, Importación en miles de pesos

ANEXO 2. Usuarios de Servicios de telecomunicaciones e informáticos en México y otros países

Usuarios De Telefonía Celular Por Año

AÑO	USUARIOS
1990	64,000
1991	161,000
1992	313,000
1993	386,000
1994	572,000
1995	689,000
1996	1,022,000
1997	1,741,000
1998	3,349,000
1999	7,732,000
2000	14,078,000
2001	21,758,000
2002	25,928,000
2003	30,098,000
2004	38,451,000
Junio 2005	42,530,000
Diciembre 2005	47,141,000
Junio 2006	50,623,000

Fuente: COFETEL, Dirección General de Tarifas e Integración Estadística, información proporcionada por los concesionarios (años 1990 a junio de 2005).

Fuente: INEGI, datos de diciembre del 2005

Fuente: Signals Telecom Consulting , datos de junio del 2006:

Hogares con equipamiento de tecnología de información y comunicaciones por tipo de equipo, 2001 a 2005

TIPO	2001	%	2002	%	2004	%	2005	%
Con computadora	2,743,749	11.7	3,742,824	15.2	4,744,184	18	4,765,669	18.4
conexión a Internet	1,440,399	6.1	1,833,504	7.4	2,301,720	8.7	2,318,243	9
Televisión	21,602,234	91.8	23,092,909	93.6	24,131,830	91.7	23,919,829	92.7
televisión de paga	3,181,370	13.5	3,785,962	15.3	5,064,252	19.2	4,992,830	19.3
línea telefónica fija	9,419,825	40	11,171,798	45.3	12,614,295	47.9	12,603,633	48.8

Fuente: INEGI, Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares.

Computadoras personales por países seleccionados 1998-2004							
Países seleccionados	1998 miles	1999 miles	2000 miles	2001 miles	2002 miles	2003 miles	Dic 2004 miles
Total mundial	336,916	387,856	463,130	526,795	575,658	639,612	772,357
AMÉRICA							
Argentina	1,500	2,000	2,560	2,900	3,000	No Disp	3,000
Brasil	5,000	6,100	8,500	10,800	13,000	15,648	19,350
Canadá	10,000	11,000	12,900	14,200	15,300	16,485	22,390
Chile	714	1,154	1,420	1,640	1,796	2,000	2,138
Colombia	1,300	1,400	1,500	1,800	2,133	2,528	2,506
Estados Unidos de América	124,000	141,000	161,000	178,000	190,000	No Disp	223,810
México	3,500	4,300	5,700	6,900	8,353	10,000	11,210
Panamá	75	90	105	110	115	120	130
Perú	750	900	1,050	1,250	1,149	1,758	2,689
Uruguay	300	330	350	370	390	410	430
Venezuela	900	1,000	1,100	1,300	1,536	1,815	2,145
ASIA							
China	11,200	15,500	20,600	25,000	35,500	50,410	52,990
Corea	8,269	8,519	18,615	22,495	23,502	24,248	26,201
Japón	30,000	36,300	40,000	45,600	48,700	52,011	69,200
Malasia	1,300	1,800	2,200	3,000	3,600	4,200	4,900
Singapur	1,450	1,700	1,941	2,100	2,590	No Disp	2,590
EUROPA							
Alemania	22,900	24,400	27,640	31,317	35,600	40,000	46,300
España	4,300	4,800	5,800	9,000	7,972	9,346	10,957
Francia	13,560	15,680	17,920	19,500	20,700	25,000	29,410
Italia	7,600	9,000	10,300	11,300	13,025	15,480	18,150
Países Bajos	5,100	5,700	6,300	6,900	7,557	8,277	11,110
Reino Unido	15,900	18,000	20,190	22,000	23,972	26,121	35,890
Rusia	5,100	5,500	9,300	11,000	13,000	15,364	19,010
Suecia	3,500	4,000	4,500	5,000	5,556	6,174	6,861
OCEANÍA							
Australia	6,900	8,000	9,000	10,000	11,100	12,000	13,720
Nueva Zelandia	1,100	1,250	1,380	1,500	1,630	1,771	1,924

Fuente: ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), 2005.

Usuarios de telefonía móvil por países seleccionados 1998- 2005

Países seleccionados	1998 miles	1999 miles	2000 miles	2001 miles	2002 miles	2003 miles	2004 miles	2005 miles
Total mundial	318,484	489,952	737,831	964,568	1,165,730	1,414,156	1,756,746	2,137,069
AMÉRICA								
Argentina	2,530	4,434	6,050	6,742	6,567	7,842	13,512	22,100
Brasil	7,368	15,033	23,188	28,746	34,881	46,373	65,605	86,210
Canadá	5,366	6,911	8,727	10,649	11,872	13,228	14,984	16,600
Chile	964	2,261	3,402	5,272	6,446	7,520	9,567	10,570
Colombia	1,800	1,966	2,257	3,265	4,597	6,186	10,401	21,800
Estados Unidos de América								
Estados Unidos			109,478	128,374	140,767	158,722		
México	69,209	86,047	8	4	7	2	182,400	201,650
Panamá	3,350	7,732	14,078	21,758	25,928	30,098	38,451	47,141
Perú	86	233	410	475	526	834	856	1,352
Uruguay	736	1,013	1,274	1,793	2,307	2,930	4,093	5,583
Venezuela	154	316	411	520	514	498	600	NO DISP
ASIA								
China	2,010	3,785	5,447	6,473	6,464	7,016	8,421	12,496
Corea				144,820	206,005	269,953		
Japón	23,863	43,296	85,260	0	5	3	334,824	393,428
Malasia	14,019	23,443	26,816	29,046	32,342	33,592	36,586	38,342
Singapur	47,308	56,846	66,784	74,819	81,118	86,655	91,474	94,745
EUROPA								
Alemania	2,200	2,990	5,122	7,385	9,053	11,124	14,612	19,545
España	1,095	1,631	2,747	2,992	3,345	3,477	3,861	4,385
Francia	13,913	23,446	48,202	56,126	59,128	64,800	71,300	79,200
Italia	7,051	12,300	24,265	29,656	33,531	37,220	38,647	41,328
Países Bajos								
Bajos	11,210	21,434	29,052	36,997	38,585	41,683	44,552	48,058
Reino Unido	20,489	30,296	42,246	51,246	54,200	56,770	62,750	71,535
Rusia	3,351	6,746	10,755	12,200	12,100	13,200	14,800	15,834
Suecia	14,878	27,185	43,452	46,283	49,228	54,400	61,091	NO DISP
OCEANÍA								
Australia	747	1,371	3,263	7,750	17,609	36,500	74,420	120,000
Nueva Zelanda	4,109	5,165	6,372	7,178	7,949	8,801	9,775	8,436
Australia	4,918	6,315	8,562	11,132	12,575	14,347	16,480	18,420

Fuente: ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), 2006, para Cofetel, México.

Figura A.1 Distribución de Uso de computadoras en México



ANEXO 3. Equipos Electrónicos producidos en México

Sector manufacturero encuesta industrial mensual

Año	Televisores de color y blanco y negro. (Unidades)	Radios, equipos estereofónicos, conjuntos modulares y otros aparatos de sonido. (Unidades)	Teléfonos nuevos para usos diversos. (Unidades)	Impresoras de matriz. (Unidades)	Computadoras y equipos periféricos. (Pesos)	Computadoras de hasta 2 terminales portátiles y no portátiles. (Unidades)	Fotocopiadoras reductoras. (Unidades)
1994	423,300	473,928	1,959,848	8,256	N/D	539,038	101,742
1995	181,108	353,243	1,576,751	3,921	N/D	565,645	230,301
1996	205,437	392,183	1,095,619	312	N/D	953,711	144,877
1997	N/D	795,354	2,278,394	N/D	19,004,201	N/D	N/D
1998	N/D	941,688	2,106,570	N/D	20,690,636	N/D	N/D
1999	N/D	1,121,245	2,275,682	N/D	23,002,059	N/D	N/D
2000	N/D	1,352,402	2,045,567	N/D	24,839,107	N/D	N/D
2001	N/D	1,239,907	1,642,646	N/D	20,867,032	N/D	N/D
2002	N/D	1,914,521	1,558,481	N/D	16,310,724	N/D	N/D
2003	N/D	2,049,718	1,542,773	N/D	12,121,618	N/D	N/D
2004	N/D	1,968,907	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
2005	N/D	1,548,415	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
May 2006	N/D	654,005	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

Fuente: INEGI. Encuesta Industrial Mensual.

ANEXO 4. Producción de dispositivos electrónicos en años seleccionados y determinación de Pesos promedio particulares

Producción de Celulares en 2003

AÑO	PRODUCCIÓN (unidades)
2003	194,094

Principales Marcas, Modelos y Pesos

MARCA	MODELO	PESO
ALCATEL	332	77 g
	OT557	77 g
	C750	90 g
	C552	92 g
	E157	80 g
	S853	94 g
BENQ	A500	98 g
	M100	85 g
	M300	85 g
	S670C	75 g
	S88	105 g
	M350	85 g
LG	C1300	80.5 g
	MG101	73.5 g
	MG150	86 g
	MG200	96.5 g
	MG191	68 g
	MG300	88 g
	MG800c	83 g
MOTOROLA	C115	80 g
	C139	80 g
	C159	80 g
	C205	84 g
	C350	85 g
	C650	85 g
	C698p	107 g
	E308	85 g
	V172	85 g
	Rokr E1	107 g
	V220	95 g
	V3	90 g
NOKIA	1108	86 g
	1110	80 g
	2600	96 g
	3100	83 g
	3220	87 g
	6170	123 g
	6020	90 g
	6230	97 g
	6670	120 g
	6101	97 g
TOTALES	41 modelos	

A continuación se elaboran conjuntos de acuerdo al peso en gramos, puesto que si se obtuviera una media aritmética, existiría una variación muy importante, por lo cual se procede a establecer intervalos de pesos:

De 65 g hasta 75 g:

MARCA	MODELO	PESO
BENQ	S670C	75 g
LG	MG191	68 g
	MG101	73.5 g
TOTAL	3 modelos	216.5 g
PROMEDIO		72.16 g

Nota: Del total de 41 modelos consultados, sólo 3 entran en este rango representando así: 7.3171 %.

De 76 g hasta 85 g:

MARCA	MODELO	PESO
ALCATEL	332	77 g
	OT557	77 g
	E157	80 g
BENQ	M100	85 g
LG	M300	85 g
	M350	85 g
	C1300	80.5 g
	MG800c	83 g
MOTOROLA	C115	80 g
	C139	80 g
	C159	80 g
	C205	84 g
	C350	85 g
	C650	85 g
	E308	85 g
	V172	85 g
NOKIA	1110	80 g
	3100	83 g
TOTAL	18 modelos	1479.5 g
PROMEDIO		82.1944 g

Nota: Del total de 41 modelos consultados, 18 entran en este rango representando así: 43.9024 %.

De 86 g hasta 95 g:

MARCA	MODELO	PESO
ALCATEL	C750	90 g
	C552	92 g
	S853	94 g
LG	MG150	86 g
	MG300	88 g
MOTOROLA	V220	95 g
	V3	90 g
NOKIA	1108	86 g
	3220	87 g
	6020	90 g
TOTAL	10 modelos	898 g
PROMEDIO		89.8 g

Nota: Del total de 41 modelos consultados, 10 pertenecen en este rango representando así: 24.3902 %.

De más de 96 g:

MARCA	MODELO	PESO
BENQ	A500	98 g
	S88	105 g
LG	MG200	96.5 g
MOTOROLA	C698p	107 g
	Rokr E1	107 g
NOKIA	2600	96 g
	6170	123 g
	6230	97 g
	6670	120 g
	6101	97 g
TOTAL	10 modelos	1046.5 g
PROMEDIO		104.65 g

Nota: Del total de 41 modelos consultados, 10 pertenecen en este rango representando así: 24.3902 %.

Conociendo la participación de cada tipo de celular de una muestra de 41 modelos, podemos estimar ahora qué cantidad de la producción total 2003, es destinada para modelo:

AÑO	PRODUCCIÓN (unidades)	De 65 g hasta 75g (7.3171 %)	De 76 g hasta 85 g (43.9024 %)	De 86 g hasta 95 g (24.3902%)	Más de 96 g (24.3902 %)
2003	194,094	14202.0521	85211.9243	47339.9148	47339.9148

Ahora con los resultados obtenidos y haciendo uso del peso promedio obtenido para cada categoría, se realizan los cálculos para conocer la cantidad en Kg:

2003

CATEGORÍA	PRODUCCIÓN (unidades)	PESO UNITARIO (g)	PESO (g)	PESO (TONELADAS)
De 65 g hasta 75 g	14,202	72.16 g	1,024,820	1
De 76 g hasta 85 g	85,211	82.1944 g	7,003,942	7
De 86 g hasta 95 g	47,339	89.8 g	4,251,124	4
Más de 96 g	47,339	104.65 g	4,954,122	4.95 = 5
TOTAL				16.95

Anexo de televisores en 2003

De acuerdo a las principales empresas productoras de televisiones se tienen las siguientes características:

Hasta 14"

Marca	Modelo	Medida (pulg)	Peso (Kg.)
Sony	KV-14FV 300	14"	12
Panasonic	CT-G1460 M	21"	11
Daewoo	DTQ 14V9 SS	14"	9.5
	DTQ 14V1 SS	14"	9.5
Sharp	14MR10	14"	8.5
Toshiba	14AR26	14"	8.4
Rca		14"	11
Total			78.9
Promedio			9.86

Entre 15" – 21"

Marca	Modelo	Medida (pulg)	Peso (Kg.)
Sony	KV-21FA 515	21"	29
	KV-21FA 315	21"	28
	KV-21F5 120	21"	25
Panasonic	CT-F2131 M	21"	22
	CT-F2136 SP	21"	22
	CT-G2185 S	21"	22
	CT-G2180 M	21"	22
Samsung	CL-15K6 MN	15"	12.4
	CL-17K10 MJ	17"	14.6
	CL-21K40 MW	21"	21.8
Daewoo	DTQ 15U7 SS	15"	11.5
	DTQ 20V9 SS	20"	17.2
	DTQ 20V4 SS	20"	18.5
	DTQ 2134 SS	21"	27
Sanyo	CE 17 AR3	17"	13
	CE 17 AT3	17"	13
	CE 21 AT2	21"	19.5
	CE21 FV6	21"	20.5
Sharp	20MR10	20"	19
Total			378
Promedio			19.89

Entre 22" – 27"

Marca	Modelo	Medida (pulg)	Peso (Kg.)
Panasonic	CT-F2520 S	25"	36
Sanyo	CE 25FV6	25"	25.5
	CE 25GN4	25"	26
Sony	KV-25FS 120	25"	33
Total			120.5
Promedio			30.12

Entre 28" – 32"

Marca	Modelo	Medida (pulg)	Peso (Kg.)
Panasonic	CT G2995 S	29"	35
	CT-F2936 SP	29"	43
Sony	KV-29FA 315	29"	49
	KV-29FS 120	29"	45
	KV-29DRC 420	29"	44
Samsung	CL-29K5 MQ	29"	43.7
Daewoo	DTQ 29U1 SSF	29"	42
	DTQ 29F2 SSV	29"	49
LG	RP-29CC26	29"	37.6
	RP-29M30A	29"	37.6
Sanyo	CE 28FV7	28"	32
	CE 28GN4	28"	29.5
Total			487.4
Promedio			40.61

Entre 33" – 45"

Marca	Modelo	Medida (pulg)	Peso (Kg.)
Sony	KV-34FS 120	34"	75
	KV-36DRC 430	36"	99
	KV-38FS 120	38"	99
Total			273
Promedio			91

Con los promedios obtenidos anteriormente, es posible conocer un peso promedio para cada tipo de televisor.

Tabla Resumen:

Medida (pulg.)	Producción (unidades)	Porcentaje de participación	Peso promedio (kg.)	Peso total (Ton.)
Hasta 14"	633,562	14.15%	9.86	6,246
15" - 21"	3,007,812	67.18%	19.89	59,825
22" - 27"	79,722	1.78%	30.12	2,401
28" - 32"	748,233	16.71%	40.61	30,385
33" - 45"	7,939	0.18%	91	722
Total	4,477,268	100%		99,581

Esta tabla permite apreciar el total en toneladas de producción de televisores en México, a partir de la producción y, consecuentemente, con ayuda de los pesos de los televisores en cada categoría.

Anexo computadoras de escritorio (Desk-Tops) en 2003.

Año	Producción (unidades)
2003	1,352,074

De acuerdo con las principales empresas fabricantes de computadoras en México, las computadoras de escritorio cuentan con las siguientes características:

Marca	Modelo	Medida (pulg.)
Hewlett Packard <i>Pavilion</i>	A1600 LA	15"
	W5610 la	15"
	S7620 la	15"
	RB 30P4 HT	17"
Compaq Presario	SR 2020 LA	15"
	SR 2015 LA	17"
Lanix	LE 100	17"
E-Machines	L3010	17"
	L4027	17"
Dell	GX 520	17"
Total	11 modelos	

Clasificación de las computadoras por medida:

15 “

Marca	Modelo	Peso promedio
Hewlett Packard <i>Pavilion</i>	A1600 LA 115 m W5610 la S7620 la	Entre 16 y 18 Kg <u>Media 17 Kg</u>
Compaq Presario	SR 2020 LA	

17 “

Marca	Modelo	Peso promedio
Hewlett Packard <i>Pavilion</i>	RB 30P4 HT	
Compaq Presario	SR 2015 LA	
Lanix	LE 100	Entre 20 y 22 Kg <u>Media 21 Kg</u>
E-Machines	L3010 L4027	
Dell	GX 520	

De una muestra de 11 modelos de computadoras, 5 cuentan con un monitor de 15”, lo que representa el 45.4545% del total; 6 modelos tienen un monitor de 17”, lo que equivale a 54.5455% del total. Lo anterior puede ser tomando como base para estimar la cantidad del total de producción que se destina a cada sector (15” y 17”):

Por tanto:

Año	Producción (unidades)	15” (45.4545 %)	17” (54.5455 %)
2003	1,352,074	614,578	737,496

2003

Medida (pulg.)	Producción (unidades)	Peso unitario (kg.)	Peso (Ton.)
15”	614,578	17	10,447
17”	737,496	21	15,487
Total	1,352,074		25,934

Anexo de computadoras portátiles (Lap-tops) en 1998 y 2003

Año	Producción (unidades)
1998	1,715,388
2003	948,283

De acuerdo con las principales empresas fabricantes de computadoras en México, las computadoras portátiles cuentan con las siguientes características:

Marca	Modelo	Medida (pulg.)	Peso (kg.)
Sony Vaio	PCG TR2F	10.6"	1.41
	PCG V505FP	12.1"	1.97
	PCG V505NFP	12.1"	1.99
	PCG FR780	14.1"	3.3
	PCG GRZ270	15"	3.1
	PCG FR870	15"	3.5
	VGN S150F	13.3"	1.89
	VGN S170F	13.3"	1.89
	PCG K23F	15.4"	3.65
	VGN A190F	15.4"	3
	PCG K25F	15.4"	3.65
	VGN F330FP	10.6"	1.38
	VGN TX750FP	11.1"	1.54
	VGN TX650FP	11.1"	1.25
	VGN S560FP	13.3"	1.95
	VGN FJ230F	14.1"	2.4
	VGN FS630F	15.4"	2.8
Hewlett Packard HP	DV 2118LA	14.1"	2.41
	DV 2125LA	14.1"	2.41
	DV 2135LA	14.1"	2.41
	DV 6120LA	15.4"	3.12
	DV 9075LA	17"	3.66
Compaq Presario	V 3115LA	14.1"	2.41
	V 3117LA	14.1"	2.41
	V5200	15.4"	2.99
	C315 LA	15.4"	2.99
	C318LA	15.4"	2.99
Toshiba	M200	12.1"	1.99
	A100-SP2022	14.1"	2.72
	A6-SP3032	14.1"	2.49
	A8-SP4022	15.4"	2.9
Dell	XPS M1210	12.1"	1.98
	Inspiron 640m	14"	2.5
	Inspiron 6400	15.4"	2.8
	Inspiron 9400	17"	3.6
Lanix	Neuron LXAL 55	15.4"	2.81
	LXEL 81	15.4"	2.73
	Neuron LEXEL 80	15.4"	2.8
Total	38 tipos		

Con la tabla anterior es posible visualizar el peso en kg de las computadoras portátiles, el cual está en relación con la dimensión en pulgadas de la pantalla. Se tomó una muestra de 38 modelos de lap-tops, de diversas marcas, la cual se clasifica en función de su medida:

Hasta 10.6”:

Marca	Modelo	Medida (pulg.)	Peso (kg.)
Sony <i>Vaio</i>	PCG TR2F	10.6”	1.41
	VGN F330FP	10.6”	1.38
Total	2 Tipos		2.79
Promedio			1.39

Nota: Del total de 38 modelos, sólo 2 entran en este rango representando así: 5.2632 %

10.7” - 12.1”:

Marca	Modelo	Medida (pulg.)	Peso (kg.)
Sony <i>Vaio</i>	VGN TX750FP	11.1”	1.54
	VGN TX650FP	11.1”	1.25
	PCG V505FP	12.1”	1.97
	PCG V505NFP	12.1”	1.99
Toshiba	M200	12.1”	1.99
Dell	XPS M1210	12.1”	1.98
Total	6 Tipos		10.72
Promedio			1.78

Nota: Del total de 38 modelos, 6 entran en este rango representando así: 15.7895%

12.2" - 14.1":

Marca	Modelo	Medida (pulg.)	Peso (kg.)
Sony Vaio	VGN S150F	13.3"	1.89
	VGN S170F	13.3"	1.89
	VGN S560FP	13.3"	1.95
	PCG FR780	14.1"	3.3
	VGN FJ230F	14.1"	2.4
Hewlett Packard HP	DV 2118LA	14.1"	2.41
	DV 2125LA	14.1"	2.41
	DV 2135LA	14.1"	2.41
Compaq Presario	V 3115LA	14.1"	2.41
	V 3117LA	14.1"	2.41
Toshiba	A100-SP2022	14.1"	2.72
	A6-SP3032	14.1"	2.49
Dell	Inspiron 640m	14"	2.5
Total	13 Tipos		28.78
Promedio			2.21

Nota: Del total de 38 modelos, 13 entran en este rango representando así: 34.2105 %

14.2" - 15.4":

Marca	Modelo	Medida (pulg.)	Peso (kg.)
Sony Vaio	PCG GRZ270	15"	3.1
	PCG FR870	15"	3.5
	PCG K23F	15.4"	3.65
	VGN A190F	15.4"	3
	PCG K25F	15.4"	3.65
	VGN FS630F	15.4"	2.8
Hewlett Packard HP	DV 6120LA	15.4"	3.12
Compaq Presario	V5200	15.4"	2.99
	C315 LA	15.4"	2.99
	C318LA	15.4"	2.99
Toshiba	A8-SP4022	15.4"	2.9
Dell	Inspiron 6400	15.4"	2.8
Lanix	Neuron LXAL 55	15.4"	2.81
	LXEL 81	15.4"	2.73
	Neuron LEXEL 80	15.4"	2.8
Total	15 Tipos		45.83
Promedio			3.05

Nota: Del total de 38 modelos, 15 se encuentran en este rango representando así: 39.4737%

15.5" o más:

Marca	Modelo	Medida (pulg.)	Peso (kg.)
Hewlett Packard HP	DV 9075LA	17"	3.66
Dell	Inspiron 9400	17"	3.6
Total	2 Tipos		7.26
Promedio			3.63

Nota: Del total de 38 modelos, sólo 2 se encuentran en este rango representando así: 5.2632%

De la muestra tomada y considerando la participación de cada tipo de computadora, podemos estimar qué cantidad de la producción total en 1998 y 2003 corresponde a cada medida:

Año	Producción (unidades)	hasta 10.6" (5.2632 %)	10.7" - 12.1" (15.7895%)	12.2" - 14.1" (34.21 %)	14.2" - 15.4" (39.4737 %)	15.5" o más (5.2632 %)
1998	1,715,388	90,284	270,851	586,843	677,127	90,284
2003	948,283	49,910	149,729	324,412	374,322	49,910

Ahora bien, con los resultados obtenidos y haciendo uso del peso promedio obtenido para cada categoría, se realizan los cálculos para conocer la cantidad en Kg:

1998

Medida (pulg.)	Producción (unidades)	Peso unitario (kg.)	Peso (Ton.)
Hasta 10.6"	90,284	1.39	125
10.7" - 12.1"	270,851	1.78	482
12.2" - 14.1"	586,843	2.21	1,296
14.2" - 15.4"	677,127	3.05	2,065
15.5" o más	90,284	3.63	327
Total	1,715,388		4,295

2003

Medida (pulg.)	Producción (unidades)	Peso unitario (kg.)	Peso (Ton.)
Hasta 10.6"	49,910	1.39	69
10.7" - 12.1"	149,729	1.78	266
12.2" - 14.1"	324,412	2.21	716
14.2" - 15.4"	374,322	3.05	1,141
15.5" o más	49,910	3.63	181
Total	948,283		2,373

Anexo equipo de audio en 1998

Producción
(Unidades)
Conjunto de modulares con CD 187,728

De acuerdo a las principales empresas productoras de equipo de audio se tienen las siguientes características:

Microcomponentes

Marca	Modelo	Medida	Peso (kg.)
Sony		168 x 223 x 220 mm	4.55
Philips	MME 140/77	168 x 223 x 220 mm	5
	MCD 190/55	148 x 235 x 258 mm	8.43
	MCD 510/21	175 x 254 x 315 mm	12.9
LG	LXU 250	170 x 250 x 186 mm	9.8
	LF-U850	700 x 600 x 430 mm	15
	LX-M340	648 x 345 x 300 mm	8.96
Total	6 modelos		64.64
Promedio			9.23

Minicomponentes

Marca	Modelo	Medida	Peso (kg.)
Panasonic	SC-TM54	250 x 330 x 343 mm	7.1
	SC-AK 640	250 x 330 x 343 mm	7.1
	SC-TM44	250 x 330 x 343 mm	6.9
	SC-TM24	250 x 330 x 343 mm	6.9
Philips	FWD 792/55	265 x 310 x 355 mm	23
	FWD 570/21	265 x 310 x 355 mm	17.5
	FWC 5/21	267 x 298 x 254 mm	11.45
	FWD 182/55	265 x 310 x 355 mm	13.5
Total	8 modelos		93.45
Promedio			11.68

Radiograbadoras

Marca	Modelo	Medida	Peso (kg)
Sony	RXD 29PLS	40.8 x 16.3 x 27.3 cm	3.7
	CFDS 01	36 x 14.1 x 23.5 cm	2.8
	CFD G555	53 x 24.1 x 36.9 cm	8
Philips	AZ 2558/01	301 x 185 x 567 mm	5.5
	AZ 1310/01	169 x 243 x 400 mm	2.9
LG	LPX-M930	605 x 245 x 210 mm	7.5
Total	6 modelos		30.4
Promedio			5

En lo relativo al equipo de audio, se tomó una muestra de 20 modelos, la cual fue clasificada en microcomponentes, minicomponentes y radiograbadoras. Dichos equipos se encuentran en la siguiente proporción en tiendas de autoservicio y electrónica:

Equipo	Modelos	Proporción	Peso promedio (kg.)
Micomponentes	6	30%	9.23
Minicomponentes	8	40%	11.68
Radiograbadoras	6	30%	5
Total	20		

Lo anterior nos permite inferir que si dicho equipo se encuentra en las proporciones citadas, es debido a que en esa misma proporción pueden ser consumidos, y por tanto se guarda la misma proporción para la producción.

	Producción (unidades)	Microcomponentes (30 %)	Minicomponentes (40 %)	Radiograbadoras (30 %)
Conjuntos modulares con CD	187,728	56,318.4	75,091.2	56,318.4

Ahora con los resultados obtenidos y haciendo uso del peso promedio obtenido para cada categoría, se realizan los cálculos para conocer la cantidad en Kg:

Categoría	Producción (unidades)	Peso unitario (kg.)	Peso (Ton.)
Microcomponentes	56,318.4	9.23	519
Minicomponentes	75,091.2	11.68	8,770
Radiograbadoras	56,318.4	5	281
Total	187,728		9,570

ANEXO 5. Componentes de una PC determinados experimentalmente

Tubo De Rayos Catódicos Crt De Monitor				
Tarjeta de circuitos impresos con componentes				
CRT	1	5.2620	5262	24.26
PIEZA	CANTIDAD	PESO (Kg)	PESO (gr)	PESO (%)
Total	1	5.2620	5262	24.26
Tarjeta de Red	1	0.0914	91.40	0.42
Peso Total De Computadora	47	21.6894	21689.4	100.0
Tarjeta de expansión	1	0.1320	132	0.61
Tarjeta de memoria SIMM	1	0.0200	20.10	0.09
Tarjeta de memoria DIMM	1	0.0152	15.20	0.07
Microprocesador	1	0.0193	19.30	0.09
Tarjeta de circuitos para monitor	3	1.0960	1095.7	5.06
Tarjeta de circuitos para teclado	1	0.0224	22.40	0.10
Tarjeta de circuitos de "ratón"	1	0.0077	7.700	0.04
Total	10	1.4004	1404.1	6.47
Plásticos Que Conforman La Estructura De La PC				
Plástico para carcasa de monitor	2	2.5228	2522.5	11.63
Soporte de monitor	1	0.3643	364.3	1.68
otros plásticos de monitor	1	0.2787	278.7	1.28
Plástico "ratón"	1	0.0530	53	0.24
Plástico de teclado	1	0.6951	695.1	3.20
Plástico de estructura del CPU	1	0.2468	246.8	1.14
Total	7	4.1607	4160.7	19.18
Cables Con Aislante Y Conductor				
Cables De Circuitería Y Alimentación	20	0.6947	694.7	3.20
Total	20	0.6947	694.7	3.20
Metales Que Conforman La Estructura De La Computadora				
Lote de piezas metálicas (tornillos, soportes, abrazaderas etc.)	1	1.8635	1863.5	8.59
Estructura metálica del teclado	1	0.4274	427.4	1.97
metal estructura CPU	1	1.9393	1939.3	8.94
metal estructura CPU	1	2.6000	2600	11.99
Total	4	6.8302	6830.2	31.49
Dispositivos Completos Que Conforman Funcionalidad A PC				
Ventilador para CPU	1	0.1159	115.9	0.53
Disco Duro	1	0.4472	447.2	2.06
Unidad para disco "blando" "floppy disc"	1	0.4047	404.7	1.87
Unidad CD ROM	1	0.9078	907.8	4.19
Fuente de alimentación	1	1.4622	1462.2	6.74
Total	5	3.3378	3337.8	15.39

ANEXO 6. Determinación de Volumen de Importación Informal de aparatos electrónicos

Tabla 1. Ocupación en el sector No estructurado o Informal

AÑO	OCUPACIÓN TOTAL (%)
1999	25.7
2004	26.7

Tabla 2. Principales actividades en el sector No estructurado o Informal

ACTIVIDAD	OCUPACIÓN (%)
COMERCIO, RESTAURANTES, HOTELES	38
MANUFACTURA	22
SERVICIOS COMUNALES, SOCIALES	17
CONSTRUCCIÓN	17
OTROS	4
TOTAL	100

Fuente: INEGI, "La Ocupación En El Sector No Estructurado En México, 1995-2003".

- En el Distrito Federal operan alrededor de medio millón de ambulantes, pero en temporada decembrina la cifra alcanza los 550 mil, contra apenas 180 mil comerciantes formales.
- De acuerdo con información presentada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en coordinación con la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo, cada año ingresan a México más de mil 700 toneladas de artículos de contrabando (Presidencia de la República, 2001), de las cuales, 80% se comercializa en las calles de la capital del país.
- De ese número de toneladas, 40% ingresa al país durante el último trimestre del año, ya que se trata de productos solicitados en la temporada navideña, además del calzado, las prendas de vestir, los electrodomésticos, las herramientas y los juguetes.
- 60% de la mercancía que venden los ambulantes procede del contrabando y otro 40% se conforma por productos piratas, artículos robados, defectuosos o manufacturados en casa (fuente: Cámara Nacional de Comercio en Pequeño, Canacope)

- En el año 2003 el número de vendedores ambulantes aumentó en 53%, llegando a 1.6 millones de personas. Los vendedores ambulantes conforman uno de los grupos de ocupación con menores ingresos en el total del sector informal.

- De acuerdo con estudios del Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad de México de la UNAM y el Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, actualmente en la zona metropolitana del Valle de México existen, aproximadamente, 201,570 vendedores ambulantes. Los cuales están concentrados en las delegaciones Gustavo A. Madero, Cuauhtémoc, Álvaro Obregón e Iztapalapa, así como en los municipios conurbados de Coacalco, La Paz, Chicoloapan y Tlalnepantla. (Fuente: El Universal Online, 2005).

Movimiento promedio diario en las aduanas mexicanas de (Holohlavsky, 2005):

- 2 mil 418 contenedores.
- 70 mil camiones de carga llenos y vacíos.
- Mercancías por un valor de mil 233 millones de dólares.
- Un millón 150 mil personas cruzando las fronteras.

De toda la mercancía que llega al puerto de Veracruz, sólo se revisa el 10%; por lo que, en términos de estadística, la percepción es relativa. De ese 10%, el 86% de la mercancía se va en menos de tres horas (Holohlavsky, 2005).

Tabla 3. Número aproximado de locales establecidos en las calles de República del Salvador, República del Uruguay, Av. Eje central, Meave (México D.F. zona centro)

Comercio	Cantidad de locales (aproximadamente)	Artículos que ofrece
Plaza de la computación 1 y 2	Entre 450 y 550	En su mayoría refacciones para computadoras: monitores, procesadores, periféricos, memorias, impresoras, scanner, tarjetas de video, sonido, tarjetas madre, cartuchos para impresora, cables plano, fuentes de alimentación, gabinetes, reproductores de discos compactos, teclados, ratones, micrófonos, bocinas, cámaras para PC, programas de cómputo, equipos de redes de comunicación, cables y conectores. Computadoras armadas y de marca.
Plaza de la Electrónica	Entre 100 y 200	Equipos de medición y prueba, radios, teléfonos, transistores, resistores, semiconductores, capacitares, TRC para televisores, fuentes de alimentación, circuitos impresos para TV, radios, Antenas, circuitos integrados, diversas soldaduras, cables, bocinas para diversas aplicaciones, equipos de sonido, amplificadores y reproductores de música.
Bazar de la computación	100 y 200	Computadoras armadas y de marca además de refacciones
Plaza de la Tecnología	250 y 350	En su mayoría refacciones para computadoras: monitores, procesadores, periféricos, memorias, impresoras, scanner, tarjetas de video, sonido, tarjetas madre, cartuchos para impresora, cables plano, fuentes de alimentación, gabinetes, reproductores de discos compactos, teclados, ratones, micrófonos, bocinas, cámaras para PC, programas de cómputo, equipos de redes de comunicación, cables y conectores. Computadoras armadas y de marca.
Plaza del Celular 1 y 2	300 y 400	Teléfonos celulares, carcasas, baterías, cables, herramientas. Teléfonos fijos
Plaza Meave	300 y 400	Videojuegos, teléfonos celulares, videograbadoras, controles remotos, pantallas y televisores
Otros locales	400 y 500	Diversos (todo lo anterior)
Ambulantes	200 y 300	Teléfonos celulares, fijos, controles remotos, PC usadas.
TOTALES	2100 Y 2900	

Tan solo de locales que venden refacciones o equipos de cómputo hay entre 800 y 1300 locales.

En tres comercios que venden equipos de cómputo, “*arman*” computadoras completas y las venden. Sus ventas son de 6 aparatos al mes, equivalentes a 72 computadoras al año por cada local. Si hacemos la operación por los (800 y 1300) locales obtenemos aproximadamente entre 57600 y 93600 computadoras vendidas al año, y que se caracterizan por no haber pasado por ninguna frontera como equipo completo.

Tabla 4. Número aproximado de locales en el callejón Aztecas de la Colonia Morelos

Comercio Ambulantes	Cantidad de locales (aprox.) 200 y 300	Artículos que ofrece Televisores, radiograbadoras, dvd, video juegos, radios AM FM, telefonía celular, videograbadoras
------------------------	---	---

Según un puesto ambulante vende en promedio, 3 TV, 2Radiograbadora, 3 dvd, 1 video juego, 8 celulares cada 30 días. Al año: 36 TV, 24 radiograbadoras, 36 dvd, 12 video juegos, 96 celulares. Al multiplicar por los 200 y 300 ambulantes: 7200 y 10800 TV, 7200 y 10800 dvd, 4800 y 7200 radiograbadoras, 2400 y 3600 video juegos, 19200 y 28800 celulares

Datos Obtenidos en Noviembre 2006