



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**MANEJO INTEGRAL DE PILAS EN MÉXICO
(SITUACIÓN ACTUAL Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA DE SISTEMAS – INDUSTRIAL

P R E S E N T A

JENARO NOSEDAL SÁNCHEZ



DIRECTOR DE TESIS
M. EN I. ANN WELLENS PURNAL

MÉXICO, D.F.

2006

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.C. Constantino Gutiérrez Palacios

Secretario: M.I. Soler Anguiano Francisca Irene

Vocal: M.I. Wellens Purnal Ann

1er Suplente: Dra. Flores de la Mota Idalia

2do Suplente: M.I. Hernández García Silvina

Lugar donde se realizo la tesis:

México, D.F.

TUTOR DE TESIS:

Wellens Purnal Ann

FIRMA

Dedicatorias

	<p>Para Gabriela, mi excepcional esposa.</p> <p>Gracias por el sueño, por la realidad, pero sobre todo por coincidir... te amo.</p>
	<p>Para Efrén, mi maravilloso hijo.</p> <p>Con la ambición de no heredarte un mundo en plena apocalipsis y con el anhelo de que te sientas orgulloso de papá.</p>
	<p>Para Víctor, Dolores, Benjamín y Alvaro, mi familia, bendiciones y joyas prestadas del cielo.</p> <p>Con la intención de honrarlos y dar gracias a Dios por la dicha de estar juntos; y por su inconmensurable apoyo.</p>

Agradecimientos

Hay tantas personas que han formado parte importante en la realización de este proyecto llamado "Maestría en Ingeniería", entre los precursores quiero mencionar a Leonor Gutiérrez y Maru Vargas, quienes me brindaron todo el apoyo y su confianza.

Para la realización de la campaña, que considero la parte de mayor impacto de este proyecto, hubo personas que transformaron las ideas en realidades, haciendo suya esta meta, familias: Ortega-Sánchez, Sánchez-Góngora, Hernández-Bohne, Nosedal Sánchez y Nosedal González. De manera particular, quiero agradecer a Juan Carlos Sánchez Góngora, por su apoyo esmerado, incondicional y pilar en este proyecto y muchos otros más.

Agradezco la intervención sobresaliente de Ann Wellens, por su compromiso, su confianza y dedicación en la dirección del trabajo de tesis.

De manera especial le agradezco a Rodrigo Carrillo, porque "Mejora de Procesos" enriqueció la ejecución y análisis de este proyecto.

A las 550 personas que sumaron sus voluntades y que participaron, millones de gracias.

Finalmente, le agradezco a Federico Medina, el apoyo y las facilidades para concluir este proyecto.

Índice

	Pág.
Introducción	vi
Resumen	ix
Abstract	x
1. Antecedentes y generalidades	
1.1 Ciclo de vida de un producto	1
1.2 Descripción del sistema de interés	3
1.3 Tipos de pilas	6
1.4 Potencial contaminante de las sustancias contenidas en las pilas	8
1.5 Resultados de análisis a pilas en la actualidad	13
1.6 Estadísticas de consumo y proyecciones nacionales	16
1.7 Manejo de pilas y baterías en México	20
2. Metodología	
2.1 Etapas	25
2.2 Herramientas	26
2.2.1 Modelo de Kano	26
2.2.2 Muestreo	30
2.2.3 Histogramas	31
2.2.4 Outlayers (observaciones atípicas)	31
2.2.5 Diagramas de pareto	32
2.2.6 Las 4 P's y las 2 F's	32
2.2.7 Las 7 M's	35
2.2.8 Prueba de hipótesis estadística	36
2.2.9 Prueba Anderson-Darling	36
2.2.10 Prueba Levene	37
2.2.11 Prueba Mann – Whitney	38
2.2.12 MINITAB	38
3. Desarrollo del diseño, implantación y evaluación de la campaña piloto	
3.1 Definición de objetivos y alcances de la campaña	40
3.2 Determinación de la percepción de la comunidad para determinar la factibilidad de realización	41
3.2.1 Encuesta para universitarios	42
3.2.2 Resultados de la encuesta	45

Tesis: **"Manejo integral de pilas en México" (Situación actual y alternativas de solución).**
Nosedal, 2006

3.3	Determinación de elementos y requerimientos de la campaña	64
3.3.1	Las 4 P's y las 2 F's para la campaña de recolección	65
3.3.2	Las 7 M's para la campaña de recolección	67
3.3.3	Elementos complementarios	68
3.4	Estimación de costos ambientales y económicos	70
3.4.1	Costos directos por la campaña piloto	70
3.4.2	Estimación de contaminantes captados traducidos en litros de agua que no se contaminarán	70
3.4.3	Costos sociales asociados	72
3.5	Realización de la campaña de recolección	73
3.6	Medición y evaluación de los resultados	77
3.6.1	Número de pilas recibidas	77
3.6.2	Comportamiento de los participantes	83
3.6.3	Caracterización de las pilas	86
3.6.4	Cálculo del potencial contaminante captado	90
3.6.5	Resultados de la campaña piloto de recolección	91
3.6.6	Propuesta de escalamiento	93
4.	Conclusiones y recomendaciones	95
5.	Anexos	97
A.	Efectos tóxico y contaminantes de los componentes de una pila	99
B.	Consumo de pilas en otros países	109
C.	Legislación concerniente al manejo de pilas y baterías	111
D.	México "Ponte las pilas"	119
E.	Programas y experiencias en distintos países en manejo de pilas y baterías descargadas	122
6.	Bibliografía	144

Índice de figuras.

	Pág.
Figura 1.1. Ciclo de vida de un producto.	1
Figura 1.2 Elementos constitutivos de una situación ambiental.	3
Figura 1.3 Actores y sus interacciones.	5
Figura 1.4. Componentes de una pila alcalina.	6
Figura 1.5. Componentes de una pila tipo botón.	7
Figura 1.6. Cuadro de clasificación por forma y composición de una pila.	7
Figura 1.7. Dinámica de los metales pesados en el suelo.	9
Figura 1.8. Índices de bioacumulación de los metales pesados.	10
Figura 1.9. Potencial contaminante de un pila expresado en l de agua que contamina.	11
Figura 1.10. Importaciones de pilas de Ni-Cd en México.	17
Figura 1.11. Distribución del consumo por tamaños.	17
Figura 1.12. Consumo acumulado de pilas en México (1960 a 2002).	18
Figura 1.13. Serie de tiempo y curva de ajuste para el consumo de pilas en México.	19
Figura 2.1. Etapas de la metodología	25
Figura 2.2. Atributos esperados.	27
Figura 2.3. Atributos proveedores de satisfacción.	27
Figura 2.4. Atributos proveedores de deleite.	28
Figura 2.5. Atributos en función del efecto para el cliente.	28
Figura 2.6. Diagrama de Ishikawa ampliado.	36
Figura 3.1. Porcentaje de usuarios de pilas con base en la encuesta.	45
Figura 3.2. Histograma del consumo anual de pilas con base en la encuesta.	46
Figura 3.3. Histograma del consumo anual de pilas con base en la encuesta (sin outlayers).	47
Figura 3.4. Diagrama de pareto para lugar de compra con base en la encuesta	48
Figura 3.5. Diagrama de pareto para la percepción como residuo con base en la encuesta.	49
Figura 3.6. Comparación entre varianzas entre compradores exclusivos de establecimientos vs el resto.	50
Figura 3.7. Comparación entre medias entre compradores exclusivos de establecimientos vs el resto.	51
Figura 3.8. Comparación entre medias de los compradores exclusivos de establecimientos vs el resto.	52
Figura 3.9. Diagrama de pareto para el manejo de pilas como residuos.	53
Figura 3.10. Comparación entre varianzas entre quienes las desechan con la basura domiciliaria vs el resto.	54
Figura 3.11. Comparación entre medias entre quienes las desechan con la basura domiciliaria vs el resto.	55

	Pág.
Figura 3.12. Diagrama de pareto para clasificación del atributo existencia de la campaña.	56
Figura 3.13. Porcentaje de la población dispuesta a participar con base en la encuesta.	57
Figura 3.14. Diagrama de pareto para clasificación del atributo temporalidad de la campaña.	58
Figura 3.15. Diagrama de pareto para clasificación del atributo cooperación económica de la campaña.	59
Figura 3.16. Histograma para cooperación económica con base en la encuesta.	59
Figura 3.17. Histograma para cooperación económica con base en la encuesta (sin outlayers).	60
Figura 3.18. Diagrama de pareto para clasificación del atributo estímulos para los participantes de la campaña.	61
Figura 3.19. Histograma para pilas a depositar durante "Ecotón".	62
Figura 3.20. Histograma para pilas a depositar durante "Ecotón"(sin outlayers)	62
Figura 3.21. Histograma para outlayers de pilas a depositar durante "Ecotón"	63
Figura 3.22. Elementos básicos de la campaña de recolección.	64
Figura 3.23. Folleto de información y promoción de la campaña de recolección piloto.	69
Figura 3.24. Stand 1 de la campaña de recolección (edificio principal).	73
Figura 3.25. Stand 2 de la campaña de recolección (edificio anexo).	74
Figura 3.26. Vaciado de las dos urnas en una sola para la rifa.	75
Figura 3.27. Extracción del boleto ganador de la rifa de las pilas Sony recargables y cargador.	76
Figura 3.28. Histograma de las pilas recibidas por depositante durante la campaña de recolección.	77
Figura 3.29. Histograma de las pilas recibidas por depositante durante la campaña de recolección (sin outlayers).	78
Figura 3.30. Histograma para outlayers de pilas recibidas por depositante durante la campaña de recolección.	79
Figura 3.31. Histograma de las pilas recibidas en el stand 1 por depositante durante la campaña de recolección.	80
Figura 3.32. Histograma de las pilas recibidas en el stand 2 por depositante durante la campaña de recolección.	81
Figura 3.33. Histogramas superpuestos de las pilas recibidas en ambos stands.	81
Figura 3.34. Comparación entre varianzas para las pilas recibidas en el stand 1 vs stand2.	82

Figura 3.35. Comparación entre medias para las pilas recibidas en el stand 1 vs stand2.	83
Figura 3.36. Histogramas superpuestos para las pilas recibidas de hombres vs de mujeres.	84
Figura 3.37. Comparación de varianzas para las pilas depositadas por hombres vs mujeres.	84
Figura 3.38. Comparación de medias para las pilas depositadas por hombres vs mujeres.	85
Figura 3.39. Diagrama de pareto para el origen de los depositantes (facultades o escuelas de procedencia).	85
Figura 3.40. Diagrama de pareto para los tamaños de las pilas recibidas.	86
Figura 3.41. Diagrama de pareto para los países de origen de las pilas recibidas.	87
Figura 3.42. Diagrama de pareto para las marcas de las pilas recibidas.	88
Figura 3.43. Diagrama de pareto para los tipos de las pilas recibidas.	88
Figura 3.44. Diagrama de pareto para la carga medida en las pilas recibidas.	89

Índice de tablas.

	Pág.
Tabla 1.1. Clasificación de pilas por forma, tipo y componentes específicos.	8
Tabla 1.2. Materiales básicos contenidos en pilas primarias.	12
Tabla 1.3. Contenido de mercurio y cadmio en pilas alcalinas de origen asiático comercializadas en México.	13
Tabla 1.4. Metales pesados totales contenidos en pilas de venta en Chile.	14
Tabla 1.5. Metales pesados totales contenidos como % del peso de la pila para pilas de venta en Chile.	15
Tabla 1.6. Contenido promedio de Cd. y Hg. en una pilas alcalina como % del su peso.	16
Tabla 1.7. Costo por confinamiento de pilas en México.	21
Tabla 2.1. Tabla de referencia para clasificación de atributos.	29
Tabla 3.1. Tabla de costos y patrocinadores para la campaña de recolección piloto.	70
Tabla 3.2. Costos por ciclo de tratamiento para pacientes con cáncer en México.	72
Tabla 3.3. Prospectiva de la evolución en manejo integral de pilas.	94

Introducción

Planteamiento del problema ambiental

En México, de acuerdo con datos oficiales, se consumen del orden de 500×10^6 unidades de pilas legales al año, sin que cuenten con un mecanismo de gestión eficaz para su manejo adecuado (Castro y Días, 2002). Esta situación aunada a las características particulares de estos residuos, tales como su contenido de sustancias altamente tóxicas para la salud humana y el medio ambiente como el cadmio, plomo y mercurio, la falta de información sobre el consumo de pilas ilegales, entre otras causas, hace de este tema una prioridad para la gestión ambiental en nuestro país.

La situación descrita se asume como una problemática relevante, sobre todo considerando los efectos sobre la salud. Varios estudios dejan patente el aumento de los metales pesados en el mundo. El contenido de plomo en las capas de hielo depositadas anualmente en Groelandia evidencia un aumento sostenido, la consecuencia es una presencia de ese metal cien veces superior a la natural.

Efectos sobre la salud humana y en el ambiente

En 1953, unas familias de pescadores que vivían a las orillas de la bahía de Minamata, Japón, sufrieron el azote de una misteriosa enfermedad neurológica. Perecieron 44 personas, y muchos sobrevivientes quedaron paralizados. El origen de la dolencia no se pudo esclarecer hasta que se reparó en síntomas parecidos en aves marinas y gatos domésticos. Esta observación dirigió la atención hacia los alimentos que compartían: peces y mariscos. Al final, se descubrió que la sustancia que produjo la enfermedad era el metilmercurio presente en la bahía, una sustancia que se concentró en peces y mariscos que acabó siendo ingerida por seres humanos. En marzo de 1970, en Noruega se descubrió la presencia de mercurio en los peces de los Grandes Lagos.

Manejo de pilas en países del mundo y en particular en México

Como respuesta a la problemática inicialmente descrita, en otros países han destinado recursos para programas permanentes de gestión de estos residuos, ya sea para recolectar y reciclar o bien para recolectar y confinar. Entre los esfuerzos con resultados más sobresalientes se pueden mencionar Canadá, que en algunos casos ha logrado la recuperación del 100% de las pilas consumidas y desechadas en un año, Dinamarca 75%, Austria 60%. En Alemania y otros países, además han emprendido acciones orientadas a la reducción de la cantidad de metales pesados adicionados en las pilas y baterías, a través de legislación ex profeso que regula los contenidos máximos permitidos para la fabricación y venta de estos productos.

En contraste en México, se carece por completo de legislación que regule explícitamente los contenidos permitidos para la venta de estos productos. En lo que respecta al manejo, la normatividad existe, pero es laxa y muy general, y no establece compromisos ni obligaciones por parte de los productores, vendedores y consumidores. Hoy en día, resultado de peticiones por parte de los ciudadanos, ya existe en el municipio de Cuautitlán un programa permanente de recolección – confinamiento, el cual ha operado durante un par de años, acopiando una cantidad creciente de estos residuos.

Justificación

Una característica importante, de la situación en México con respecto a la generación de estos residuos, es la existencia de pilas provenientes del contrabando, desafortunadamente en México no existen datos sobre la generación de estas pilas como residuos en zonas urbanas y rurales, toda vez que no se ha hecho un proyecto para determinar y caracterizar este comportamiento, y menos aún se ha elaborado un diagnóstico basado en observaciones en campo sobre su situación actual.

Objetivos y alcances

Con fundamento en la justificación anterior, con la finalidad de obtener información útil para elaborar un primer diagnóstico sobre la generación de estos residuos en zonas urbanas se propone la elaboración de un proyecto piloto urbano en la Zona Metropolitana del Valle de México, en específico en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

El objetivo principal de este proyecto es:

Diseñar e implantar a nivel piloto una solución eficaz para el manejo apropiado de pilas y baterías en México, y evaluarla considerando elementos ambientales, sociales y económicos.

Adicionalmente en este trabajo se busca evidenciar los riesgos y peligros potenciales que implica la disposición no controlada de estos residuos en México.

El proyecto deberá arrojar información sobre los volúmenes y características de las pilas desechadas por parte de la población de estudio. Proporcionar evidencia a través de datos para demostrar la factibilidad de implantar un programa a mayor escala para el manejo integral de pilas y baterías en México.

Resultados esperados

Los resultados esperados se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Estudio de mercado de la población de estudio para conocer sus características como generadores de pilas y baterías descargadas y desechadas.
2. Cálculo el volumen promedio de generación de pilas y baterías desechadas por año para la población de estudio.
3. Análisis de los resultados del estudio de mercado para el diseño de un programa de manejo integral pilas y baterías para la población de estudio.
4. Acopio de las pilas y baterías generadas como desecho de la población de estudio.
5. Separación, clasificación, selección y peso por tipo de pilas y baterías recolectadas.
6. Inferencias sobre el comportamiento de los consumidores y depositantes de pilas de la población de estudio.
7. Disposición final de las pilas acopiadas (RIMSA).
8. Evaluación de resultados.
9. Generación de información ambiental.
10. Recomendaciones y directrices para el diseño de un plan de manejo integral para pilas y baterías descargadas para la población de estudio.

Resumen

Aunque afortunadamente ya existen proyectos con el enfoque de ciclo de vida de producto, como es el caso de las botellas de plástico y vidrio, así como de papel y cartón, hay muchos productos que no cierran el ciclo de vida apropiadamente. Esto cobra particular importancia no solo económica, sino mayormente, en impactos social y ambiental cuando se habla de productos con contenidos de sustancias contaminantes.

Un ejemplo de esta situación es el caso de las pilas que se consumen de manera cotidiana y que se desechan sin el mayor cuidado hacia el ambiente, sin considerar el ciclo de vida del producto y sin contemplar las implicaciones ambientales negativos, sociales y económicas que conlleva este acto.

En términos generales las pilas, al ser desechadas, se oxidan con el paso del tiempo por la descomposición de sus componentes, y las sustancias de su interior se dispersan sobre los suelos y los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Adicionalmente, al permanecer junto con materia orgánica en descomposición, se encuentran sometidas al ataque de los lixiviados producidos, lo cual acelera el proceso de corrosión de sus carcasas. Otra causa de la liberación de sus componentes al ambiente, son los incendios en tiraderos a cielo abierto y quema intencional de basura, que trae como consecuencia la liberación de contaminantes a la atmósfera.

Este trabajo persigue el objetivo fundamental de diseñar e implantar a nivel piloto una solución eficaz para el manejo apropiado de pilas y baterías en México, y evaluarla considerando elementos ambientales, sociales y económicos. La motivación principal para el desarrollo de este trabajo es contribuir al desarrollo sostenible y mitigar en alguna porción el impacto ambiental negativo directamente relacionado con la problemática presentada.

Tesis: **"Manejo integral de pilas en México" (Situación actual y alternativas de solución).**
Nosedal, 2006

Abstract

Nowadays, different projects for waste and product management are based on the concept of life cycle analysis. Examples are plastic and glass bottles, paper and other materials, which are recovered and recycled to avoid unnecessary damage to the environment. Unfortunately, other products are thrown away without any ecological considerations.

The management of a product during its complete life cycle is economically important for all products, but socially and environmentally critical for products that contain hazardous substances. Electrical batteries are an example of these products, which in Mexico are disposed of without any action based on their life cycle analysis, or to avoid environmental, social or economic impacts. A battery is exposed to internal and external chemical processes that may affect its packaging; after some time its internal material leaks out to soil or ground water, while incineration of batteries in trash adds hazardous materials to the atmosphere.

The major objective of this research is to design and implement a highly effective pilot scheme solution for the management of batteries in Mexico, and to include a review based on environmental, social and economic criteria. This research is basically focused on sustainable development and reduction of negative assessments associated with handling of worn-out batteries.

1. Antecedentes y generalidades

1.1 Ciclo de vida de un producto

Los sistemas de producción proporcionan los diversos productos que la sociedad demanda e interactúan con el ambiente en función del ciclo de vida de los productos (Jorgensen, 2002), como se muestra a continuación:

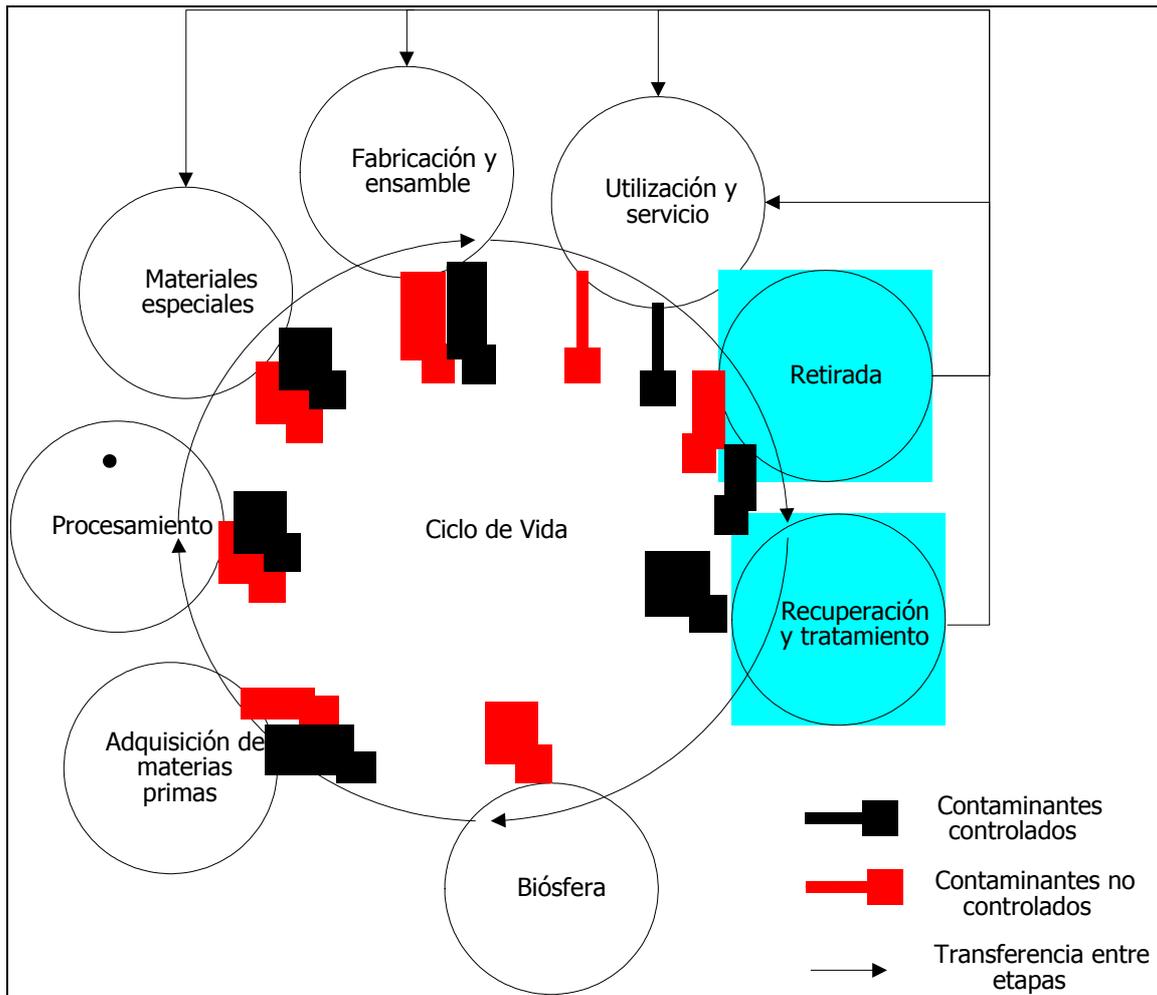


Figura 1.1. Ciclo de vida de un producto.

De esta interacción se puede decir que algunos sistemas productivos han comenzado a tomar en cuenta la parte ambiental desde la adquisición de las materias hasta el empaque y embalaje de los productos; sin embargo, la eficiencia del sistema completo tiene mermas o deficiencias tanto desde el punto de vista ambiental como de la economía y la sociedad. Al no llevar a cabo la recuperación y disposición de los productos ya utilizados o consumidos, se tienen consecuencias e implicaciones de costo en los productos hacia la sociedad y de sobre explotación de los recursos ambientales, con efectos directos hacia la economía.

Así que todo esfuerzo que busque completar el ciclo de vida de los productos, tiene la finalidad de que la productividad del sistema sea mayor y mitigar los impactos ambientales asociados.

Aunque afortunadamente ya existen algunos proyectos con el enfoque de ciclo de vida de producto, como es el caso de las botellas de plástico y vidrio, así como de papel y cartón, hay muchos productos que no cierran el ciclo de vida apropiadamente. Esto cobra particular importancia no solo económica, sino mayormente, en impactos social y ambiental cuando se habla de productos con contenidos de sustancias contaminantes.

Un ejemplo de esta situación es el caso de las pilas que se consumen de manera cotidiana y que se desechan sin el mayor cuidado hacia el ambiente, sin considerar el ciclo de vida del producto y sin contemplar las implicaciones ambientales, sociales y económicas que conlleva este acto. En México, el consumo de pilas es un problema significativo, ya que conlleva una importante generación de residuos, que dada la naturaleza de las pilas consumidas, implica un alto riesgo de impacto negativo para el ambiente.

Con base en el anterior planteamiento, se hace patente la necesidad de realizar un trabajo que aborde el tema de manejo integral de pilas descargadas; la motivación principal para el desarrollo de este trabajo es contribuir al desarrollo sostenible y mitigar en alguna porción el impacto ambiental negativo directamente relacionado.

Para facilitar la comprensión del potencial contaminante de las pilas, es fundamental conocer su funcionamiento y configuración básica. En función de sus características se tendrá la información necesaria para clasificarlas y analizar con mayor acierto las opciones de manejo apropiadas.

1.2 Descripción del sistema de interés

Para el análisis del ambiente, de las interacciones entre la sociedad y los elementos naturales, es fundamental realizar un abordaje sistémico que permita ahondar en el conocimiento de las interacciones y que apoye las posibilidades de comprensión de los procesos dinámicos correspondientes.

El ambiente es un conjunto dinámico de relaciones entre elementos sociales y naturales, que interactúan de manera permanente y producen cambios en las condiciones previas existentes en un lugar y en un momento determinados. Las interacciones entre los seres humanos y la naturaleza dan lugar a ciertos impactos ambientales, que pueden ser positivos o negativos (constituirse en problemas ambientales) en función de los resultados y de los procesos en curso.

Esta concepción del ambiente asume, por un lado, la característica dinámica de las interacciones entre elementos naturales y elementos sociales y; por otro, desde un punto de vista holístico e integrador, que el ser humano y sus diferentes niveles de organización social con sus necesidades y potencialidades creativas (y destructivas), es parte indisoluble de esa red de interacciones, las cuales apoyan la comprensión temporal y espacial del ambiente y sus modificaciones.

En una situación ambiental cualquiera, considerada como un sistema, puede identificarse la presencia de tres elementos principales, cada uno de los cuales es, en sí mismo, un sistema de interacciones muy complejo, con una dinámica resultante del mutuo impacto entre los elementos constitutivos del sistema. Esos elementos son:

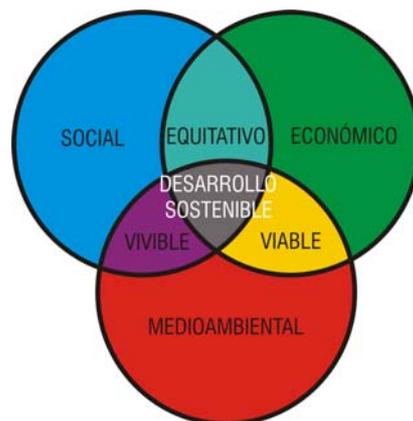


Figura 1.2. Elementos constitutivos de una situación ambiental.

Las interacciones que guardan estos elementos son de carácter dinámico. Una de tantas es la relación que hay entre la producción de bienes y la adquisición y uso de los mismos, de tal forma que con los recursos del ambiente la sociedad realiza actividades para la satisfacción de sus necesidades, y estas actividades además

forman el punto de encuentro con la economía. Adicionalmente, durante la producción, el uso y el desecho de estos productos, de manera sistemática se agregan sustancias y desechos al ambiente.

Para elevar la eficiencia ambiental, económica y social de los sistemas productivos es necesario diseñar e implantar procesos de retirada, recuperación y tratamiento, así como de disposición, tomando en cuenta que estas soluciones deben responder a las necesidades y requerimientos ambientales, económicos y sociales de manera integral.

Con la finalidad de entender las interacciones en el sistema de interés se debe establecer los actores que participan. Estos son los productores de pilas, sus distribuidores y vendedores, sus consumidores, así como las personas que recolectan las pilas (conjuntamente con el resto de los residuos) al término de su vida útil.

- Productores de pilas

En este contexto se tiene a las empresas fabricantes de todo el mundo como son: Duracell, Energizer, Vanta, Sony, Kodak, Samsung, Daewoo, Panasonic, Toshiba, Renata, Motorola, Nokia, Swatch, Nivada, Casio, Timex, etc., así como todos aquellos que fabrican o ensamblan pilas para su venta individual o bien para vender productos, que incluyen o requieren estas baterías para su funcionamiento como son: teléfonos celulares, cámaras fotográficas y de video, herramientas de mano automáticas, juguetes, relojes, aparatos para sordera, etc. Para el caso de México, entre estos productores existen además proveedores de pilas que colocan en el mercado pilas de manufactura china y coreana a través del contrabando; de modo similar ingresan de manera clandestina los productos que se fabrican en Asia (marca Rocket, Tectron, etc.). La cantidad y calidad de estas pilas son difíciles de determinar con precisión, por la escasa información que proporcionan los fabricantes para la caracterización de esos productos, información que para los productos de ingreso legal se tiene que incluir de manera obligatoria en las etiquetas y cuerpo de las pilas y baterías.

- Distribuidores y vendedores de pilas

En México la distribución y venta se da a través de las cadenas de supermercados como Wal Mart, Comercial Mexicana, Soriana, Chedraui, así como relojerías y joyerías, tiendas de equipo de cómputo, fotografía, video, telefonía, así como tiendas de abarrotes. Además de estos actores también participan los comercializadores de contrabando y por supuesto los vendedores ambulantes.

Cabe mencionar que el comercio formal vende productos legales, mientras que el comercio informal vende casi exclusivamente pilas de dudosa calidad y procedencia, o equipo y juguetes con pilas de las mismas características.

- Consumidores

Personas que adquieren pilas, o bien equipo de cómputo, telefonía, juguetes, herramientas, relojes, calculadoras, traductores, agendas, que incluyen y requieren de pilas para su funcionamiento.

- Recuperadores de residuos

Principalmente servicio de limpia público o la recolección realizada a través de los trabajadores voluntarios del servicio de limpia (quienes generalmente no realizan la separación de estos residuos) y en algunos casos organismos especializados en recolección de pilas, o en otros casos muy particulares los mismos productores o distribuidores (este último escenario es exclusivo de algunos países cuya legislación hace hincapié en la responsabilidad de los productores para la recuperación de estos residuos).

Las interacciones entre estos actores se ilustran en la figura 1.3, que se presenta a continuación. Con el fin de evaluar, analizar y proponer cambios que permitan elevar la eficiencia ambiental, económica y social del sistema que conforman, es importante determinar la cantidad de pilas que se generan como desecho, resultado de las interacciones que llevan a cabo los actores en el caso particular de México.

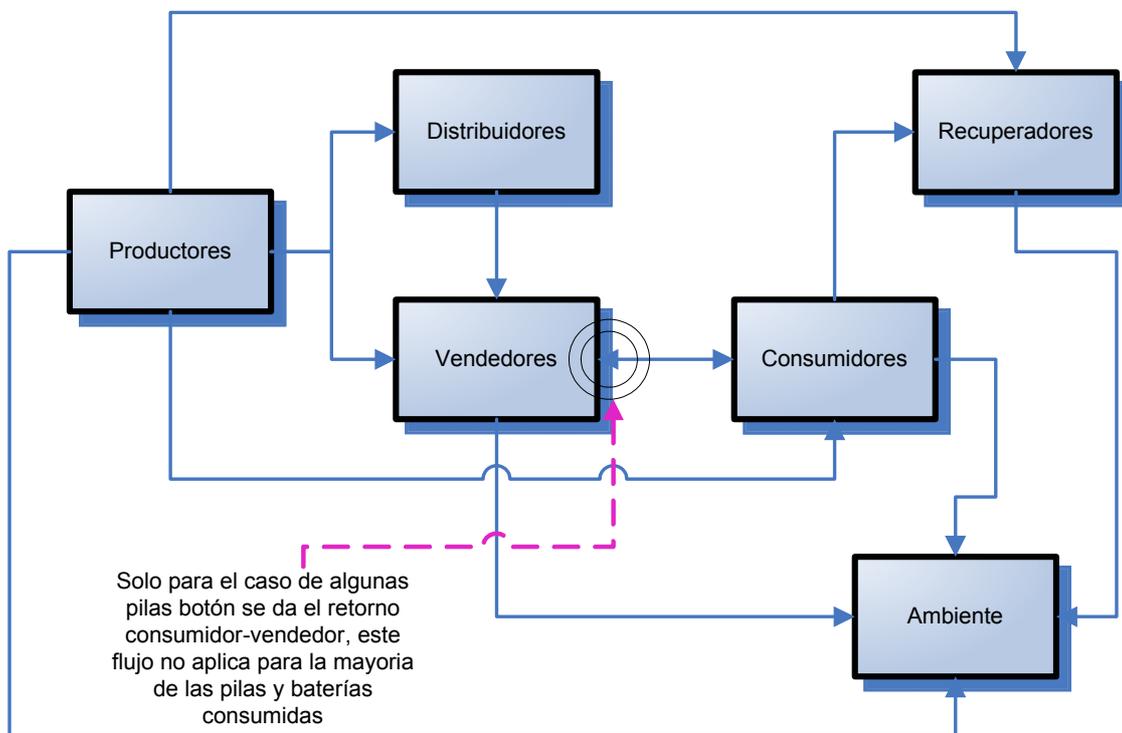


Figura 1.3. Actores y sus interacciones.

1.3 Tipos de pilas

Las pilas son dispositivos que transforman energía química en energía eléctrica. Contienen típicamente las siguientes partes internas: electrodos positivo y negativo, y electrolito.

Existen varias características que permiten diferenciar los distintos tipos de pilas; no obstante, la más importante es el sistema químico, asociado en gran medida a la configuración interna de sus componentes, que a su vez depende de su aplicación.

En función de su tiempo de vida útil, se pueden definir dos tipos: las pilas primarias, que son desechables y las pilas secundarias, que son recargables, por lo que su vida útil es más larga que las desechables o primarias.

La capacidad o potencial contaminante de las pilas está asociado directamente con los componentes internos y externos de éstas.

En las figuras 1.4 y 1.5 se incluyen esquemas de los componentes de algunos tipos de pilas (Varta, 2006).



Figura 1.4. Componentes de una pila alcalina.

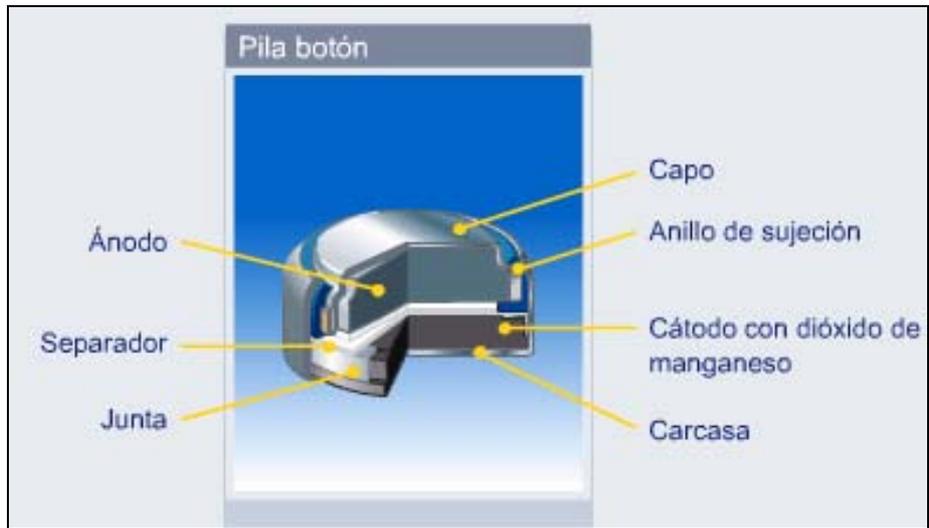


Figura 1.5. Componentes de una pila tipo botón.

A continuación se presenta la figura 1.6, que agrupa los distintos tipos de pilas bajo los criterios de vida útil, forma, sistema químico y componentes.

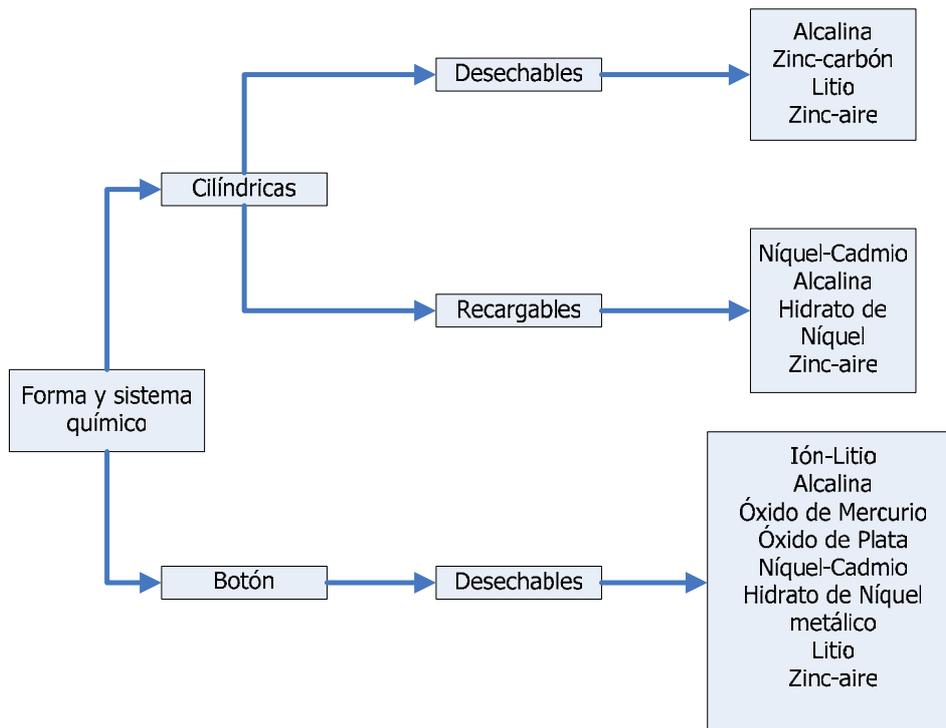


Figura 1.6. Cuadro de clasificación por forma y composición de una pila.

La tabla 1, que se muestra en la página siguiente, menciona los componentes básicos de diferentes tipos de pila (Lemke, 2004).

Forma o duración	Sistema o tipo	Componentes	
		Metales	Electrolito
Desechable	Zinc-carbono	Manganeso, zinc, hierro, mercurio	Amoniaco y clorato de zinc
Desechable	Alcalina	Manganeso, zinc, hierro, mercurio	Hidróxido de sodio Hidróxido de potasio
Desechable	Zinc-aire	Hierro, zinc, níquel, mercurio	Hidróxido de potasio
Desechable	Litio	Hierro, manganeso, litio, níquel	Soluciones salinas
Recargable	Níquel-cadmio	Hierro, níquel, cadmio	Hidróxido de sodio Hidróxido de potasio
Recargable	Hidrato de níquel metálico	Níquel, hierro, cobalto	Hidróxido de potasio
Recargable	Ión litio	Cobalto, litio	Soluciones salinas
Botón	Óxido de mercurio	Hierro, mercurio, zinc, manganeso	Hidróxido de zinc Hidróxido de potasio
Botón	Óxido de plata	Hierro, mercurio, zinc, manganeso, plata	Hidróxido de sodio Hidróxido de potasio
Botón	Óxido de plomo	Plomo	Ácido sulfúrico

Tabla 1.1. Clasificación de pilas por forma, tipo y componentes específicos.

1.4 Potencial contaminante de las sustancias contenidas en las pilas

En términos generales, las pilas, al ser desechadas, se oxidan con el paso del tiempo por la descomposición de sus componentes, y las sustancias de su interior se dispersan sobre los suelos y los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Adicionalmente, al permanecer junto con materia orgánica en descomposición, se encuentran sometidas al ataque de los lixiviados producidos, lo cuál acelera el proceso de corrosión de sus carcasas. Otra causa de la liberación de sus componentes al ambiente, son los incendios en tiraderos a cielo abierto y quema intencional de basura, que trae como consecuencia la liberación de contaminantes a la atmósfera.

Dinámica de los metales pesados en el suelo

Los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir diferentes vías (figura 1.7):

1. Pueden quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación.

2. Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas.
3. Pueden pasar a la atmósfera por volatilización.
4. Pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas como se esquematiza en la siguiente figura (García y Dorronsoro, ND)

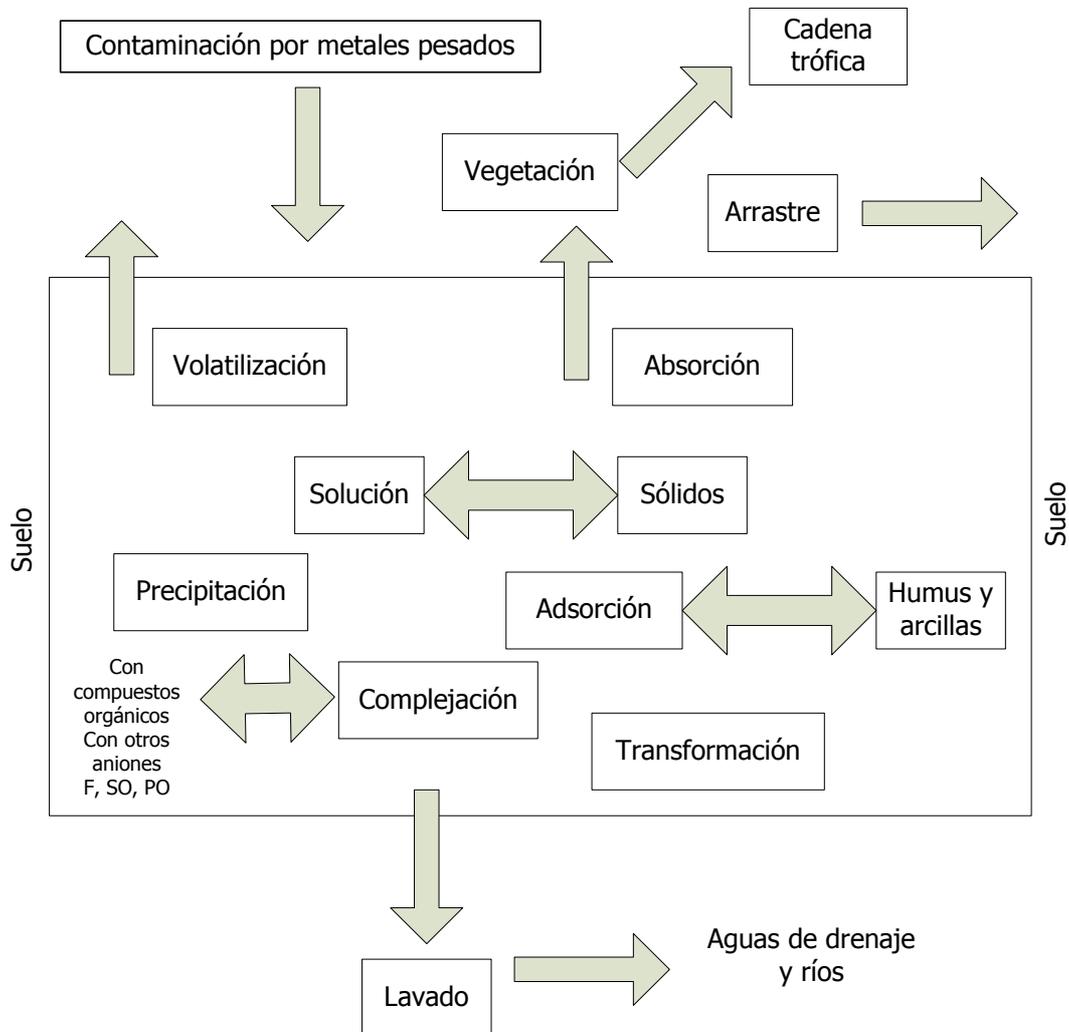


Figura 1.7. Dinámica de los metales pesados en el suelo.

Los riesgos asociados a la contaminación por metales pesados son fundamentalmente función de:

- i. el carácter acumulativo de cada elemento, destacando aquellos metales que presenten un índice de bioacumulación superior a 1.
- ii. la toxicidad

El concepto de bioacumulación se refiere a la acumulación de contaminantes en los organismos y el índice de bioacumulación se determina como la relación entre la cantidad de un contaminante en el organismo y la concentración de ese contaminante en el suelo. La figura 1.8 ilustra el orden que guardan algunos metales con base en el criterio de bioacumulación (Mas y Azcué, 1993).

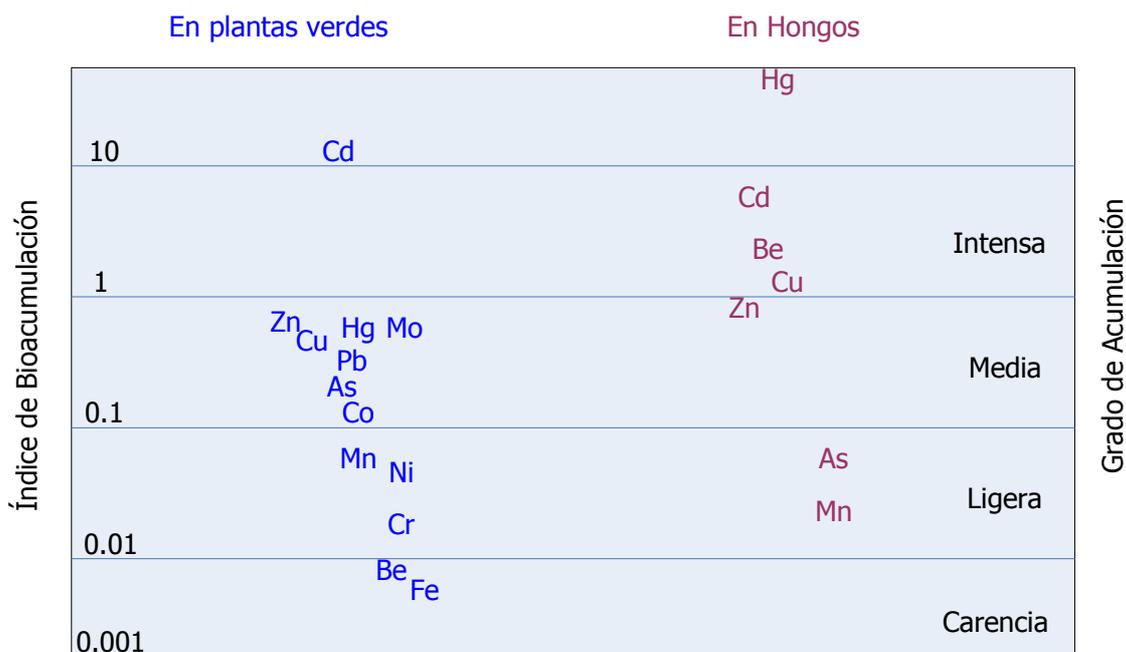


Figura 1.8. Índices de bioacumulación de los metales pesados.

Las pilas representan residuos con alto potencial contaminante, ya que contienen metales pesados con los más altos índices de bioacumulación.

En lo que respecta a la toxicidad, en el anexo A se presenta un cuadro resumen con la descripción de los efectos fisiológicos asociados a metales pesados y otras sustancias contenidas en las pilas.

Como ya se mencionó, a los metales pesados les corresponden índices de bioacumulación altos, por lo que la presencia de cantidades muy pequeñas de estos metales es sinónimo de contaminación. En el agua por ejemplo, basta una concentración 2 ppm de Hg y de 5 ppb de Cd, para que se considere contaminado el efluente. La figura 1.9 ilustra la cantidad de litros que pueden contaminarse con el contenido de una pila, según del tipo que se trate (González y Cascales, 2003):

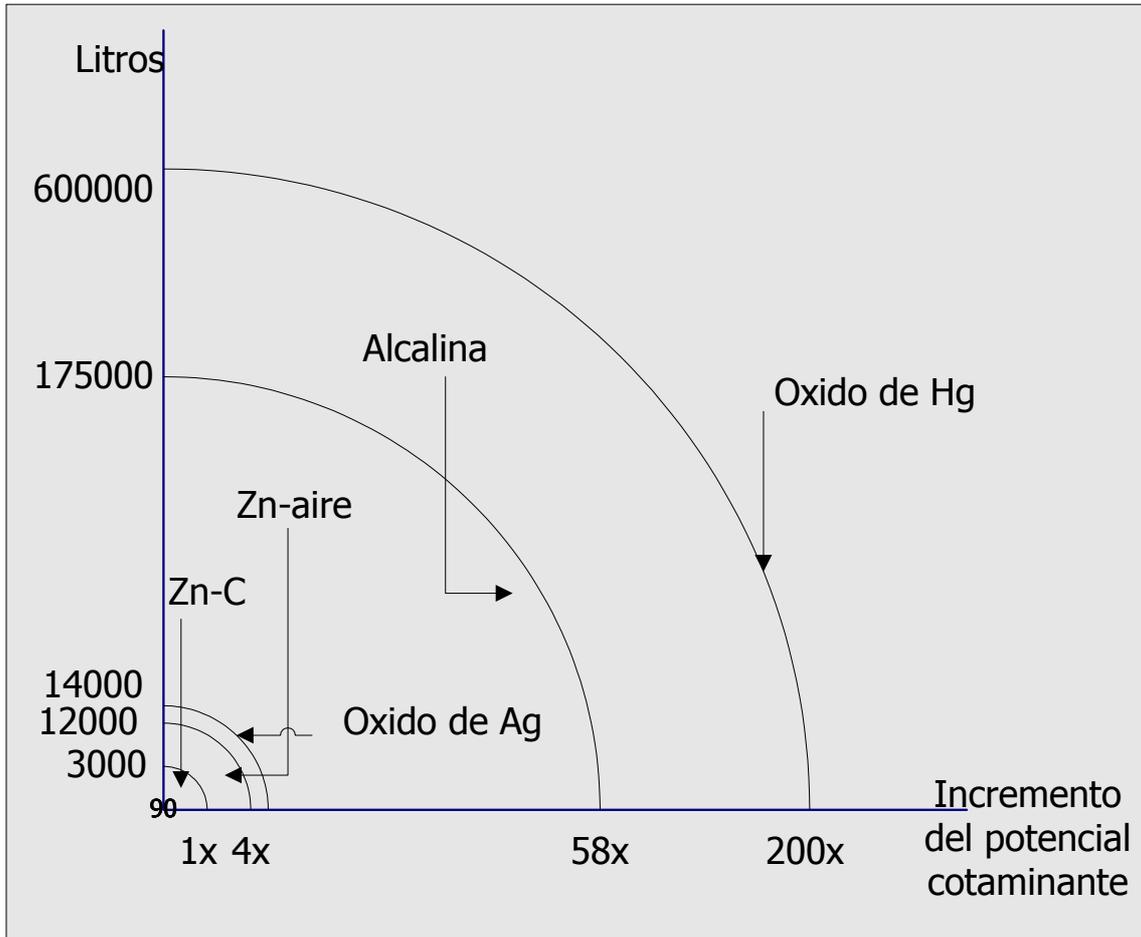


Figura 1.9. Potencial contaminante de una pila expresado en l de agua que contamina.

La tabla 1.2 (Castro y Díaz, 2004), muestra una cuantificación somera de los materiales contenidos en una pila, en función del tipo de pila de que se trate.

Es frecuente encontrar pilas que en su empaque declaran cero contenido de Hg o de Cd; no obstante, la realidad es que estas pilas sí contienen metales pesados.

Hoy en día son pocas las marcas que han desarrollado la tecnología para lograr porcentajes de contenido de Hg y Cd en las pilas inferiores al 0.0005 %, sobre todo en los países donde la legislación lo exige para permitir la comercialización de sus productos.

Desgraciadamente, en México no existe normatividad al respecto, por lo que las pilas que se comercializan pueden contener altas cantidades de metales pesados y sin la mayor restricción colocar etiquetas con información apócrifa del contenido real de metales pesados.

Tipo	Presencia del material en % del peso de la pila
Zinc-Carbono (C-Zn)	Zinc 17% (ánodo)
	Dióxido de manganeso 29% (cátodo)
	Carbón: 7%
	Mercurio: 0.01% (electrolito, cátodo y ánodo)
	Cadmio: 0.08 %
	Cloruro de amonio (electrolito)
	Cloruro de zinc (para las de alto rendimiento (electrolito)) Plástico y lámina 26%
Alcalinas	Zinc 14% (ánodo)
	Dióxido de manganeso 22% (cátodo)
	Carbono: 2%
	Mercurio: 0.5 a 1% (ánodo)
	Hidróxido de potasio (electrolito)
	Plástico y lámina 42%
Óxido de mercurio (HgO)	Óxido de mercurio (Hg 33 %) (cátodo)
	Zinc 11% (ánodo)
	Hidróxido de potasio o hidróxido de sodio (electrolito)
	Plástico y lámina 29%
Zinc-Aire (Zn-Aire)	Zinc 30% (ánodo)
	Óxígeno (del aire, cátodo)
	Mercurio 1%
	Plata 1%
	Plástico y lámina 67 %
	Cloruro de sodio o hidróxido sodio (electrolito)
Óxido de Plata (Ag ₂ O)	Zinc 10 % (ánodo)
	Óxido de plata 27 % (cátodo)
	Mercurio 1%
	Cloruro de sodio o hidróxido sodio (electrolito)
	Plástico y lámina 29%
Litio (Li)	Litio 10 al 30%
	Dióxido de manganeso (cátodo)
	Plástico y lámina 29%
Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Cadmio 18%;
	Níquel 20%
	Hidróxido de potasio o de sodio
Níquel-Metal hidruro (Ni-MH)	Níquel 25%
	Hidróxido de potasio
Ion-Litio	Óxido de litio-cobalto (cátodo)

Tabla 1.2. Materiales básicos contenidos en pilas primarias.

1.5 Resultados de análisis a pilas en la actualidad

Con el objeto de comprobar el contenido de metales pesados, en particular Hg y Cd, presentes en las pilas de origen asiático, que se comercializan mayormente en México, se llevó a cabo la recolección y posterior análisis de 2 marcas de pilas, Tectron y Rocket.

Actualmente las pilas de las marcas Rocket y Tectron son las más baratas (alrededor de \$5 pesos por 4 pilas tamaño AA) y son las que con mayor frecuencia se ofrecen en el comercio informal.

Con la finalidad de llevar a cabo el análisis se contactó a la empresa Laboratorios ABC "Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V., empresa acreditada por la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación); con base en las indicaciones de esta empresa se llevó a cabo la recolección de 250 g de cada una de las marcas mencionadas, cantidad equivalente a 10 pilas tamaño AA. Las pilas se entregaron para la digestión y los estudios correspondientes para la determinación del contenido de metales pesados en las mismas.

Se solicitó a la empresa la detección de Hg y Cd totales en cada muestra. El estudio se limitó a estos dos metales, por cuestiones de costo. El costo del análisis de cada muestra es de alrededor de \$500 pesos y se incrementa en función de los compuestos que se busque en las muestras. El procedimiento aplicado para el análisis corresponde a los métodos analíticos EPA 6010B-1996 y EPA 7471A-1994 para Cadmio y Mercurio respectivamente. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Marca de la Pila	Contenido de Cd en mg/kg	Contenido de Hg en mg/kg
Rocket	3034	0.2550
Tectron	5950	13200
Marca de la Pila	Contenido de Cd en % del peso de la pila	Contenido de Hg en % del peso de la pila
Rocket	0.003	0.000255
Tectron	0.00595	0.0132

Tabla 1.3. Contenido de mercurio y cadmio en pilas alcalinas de origen asiático comercializadas en México.

En ambos casos se confirmó la presencia de metales pesados, a pesar de que ambas marcas indican en sus etiquetas un contenido de 0%, tanto para cadmio como para mercurio.

Se comparó el contenido de los dos metales analizados con los valores límites establecidos en la normatividad europea (Directivas Directiva 91/157 Y 93/86/Cee R.D. 45/1996 19-01), ya que en México no existe una norma que rija el contenido de metales pesados en pilas y baterías.

Las directivas mencionadas marcan como límite la presencia de 0.0005 % del peso de la pila en Hg, por lo que las pilas AA Tectron rebasan 26 veces el contenido máximo de Hg establecido en esas normas. En tanto para Cd el contenido supera 10 veces, lo referido en la misma normatividad.

En 2003, el Servicio Nacional del Consumidor en Chile (SERNAC) realizó un estudio similar de metales pesados contenidos en pilas alcalinas; en este estudio figuran algunas marcas de pilas que también se comercializan en México, el estudio incluye pilas de marcas comerciales como Duracell y Rayovac, pero además incluye marcas que se comercializan en el comercio ambulante como Durabell, Universe y Megapower.

Las tablas 1.4 y 1.5 (SERNAC, 2003) incluyen los resultados obtenidos en este estudio.

El término "Metales totales" se refiere a la cuantificación acumulada de los metales contenidos en cada una de las muestras digeridas.

Marca de la Pila	Contenido en mg/kg				
	Cd	Hg	Cr	Pb	Mn
Universe	2.53	125.9	11.4	107.8	15686
Megapower	34.1	1.4	61.9	224.2	49612
Duracell	2.1	0.06	14.4	12.1	20246
Durabell	14.8	0.88	57.2	109.3	49250
Energizer	2.53	0.05	7.11	26.9	4873
Eveready Gold	1.66	0.15	13.4	199.8	22381
Rayovac	1.15	0.01	7.2	86.9	15164
Sony	0.99	<LD	6.8	12.4	9476
Panasonic	1.81	0.13	12.3	20.4	21184
Carrefour	2.14	0.35	12.9	78.6	13889

Tabla 1.4. Metales pesados totales contenidos en pilas de venta en Chile.

En la tabla de siguiente página incluye los resultados expresados como porcentaje de metales pesados detectados, referida al peso total de la pila.

Marca de la Pila	Contenido en % del peso total de la pila				
	Cd	Hg	Cr	Pb	Mn
Universe	0.000253	0.01259	0.00114	0.01078	1.5686
Megapower	0.00341	0.00014	0.00619	0.02242	4.9612
Duracell	0.00021	0.000006	0.00144	0.00121	2.0246
Durabell	0.00148	0.000088	0.00572	0.01093	4.925
Energizer	0.000253	0.000005	0.000711	0.00269	0.4873
Eveready Gold	0.000166	0.000015	0.00134	0.01998	2.2381
Rayovac	0.000115	0.000001	0.00072	0.00869	1.5164
Sony	0.000099	<LD	0.00068	0.00124	0.9476
Panasonic	0.000181	0.000013	0.00123	0.00204	2.1184
Carrefour	0.000214	0.000035	0.00129	0.00786	1.3889

Tabla 1.5. Metales pesados totales contenidos como % del peso de la pila para pilas de venta en Chile.

Con respecto a los valores encontrados en este estudio, con excepción de la marca Universe, el resto de las pilas cumplen con un contenido bajo de mercurio, tomando como referencia el límite de 0.0005% en peso, establecido en la Comunidad Europea.

Es interesante ver que el contenido de Hg en las pilas Universe es similar al encontrado para las pilas marca Tectron de venta en México. En tanto, para contenido de Cd las marcas Megapower y Durabell, superan los límites establecidos por la comunidad europea en un factor de 7 y 3 veces respectivamente, coincidentemente con las pilas analizadas en México, ambas de origen asiático y disponibles a través del comercio informal. De hecho, hoy en día las pilas marca Universe, ya están disponibles en el comercio informal de México.

Comparadas las muestras entre sí con base en el contenido total de metales pesados medidos, las muestras que presentan menor contenido total de metales son Energizer, Sony y Carrefour. Por su parte, el más alto contenido lo presentan las marcas de Durabell y Mega Power.

Los resultados presentados son de suma importancia para poder clasificar las pilas y asignarles un tratamiento adecuado.

Con base en los datos investigados del estudio realizado en Chile y del análisis que se realizó en México se puede establecer un promedio de contenido de Cd y Hg en pilas alcalinas; la tabla 1.6 contiene los valores determinados.

Marca de la Pila	Contenido en % del peso total de la pila	
	Cd	Hg
Universe	0.000253	0.01259
Megapower	0.00341	0.00014
Duracell	0.00021	0.000006
Durabell	0.00148	0.000088
Energizer	0.000253	0.000005
Eveready Gold	0.000166	0.000015
Rayovac	0.000115	0.000001
Sony	0.000099	<LD
Panasonic	0.000181	0.000013
Carrefour	0.000214	0.000035
Rocket	0.003	0.000255
Tectron	0.00595	0.0132
Promedio	0.00127758	0.00219567
Desviación Estándar	0.00188138	0.00499992

Tabla 1.6. Contenido promedio de Cd y Hg en una pilas alcalina como % del su peso.

1.6 Estadísticas de consumo y proyecciones nacionales

Conforme se van agotando, las pilas se desechan a la basura, junto con el resto de los residuos domiciliarios o peor aún, se desechan como una basura consolidada, ya que algunos consumidores acumulan durante un tiempo las pilas descargadas, para finalmente depositarlas en la basura, aumentando el riesgo de contaminación, debido a la concentración de estos residuos, en destinos y condiciones inapropiados.

La determinación de la cantidad que se genera de estos residuos no es trivial, entre otras razones, porque mucho importan los volúmenes de pilas que ingresan de manera ilícita al territorio nacional: muchos equipos, aparatos, herramientas, juguetes, etc., contienen pilas, por lo que el consumo no es sencillo de contabilizar. Existe un estudio realizado por el INE en México (Castro y Díaz, 2004), donde se estimaron cantidades globales de la generación de pilas como residuos en México.

En el mencionado estudio, las cifras se calcularon con base en la consulta de las siguientes fuentes oficiales de información: Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) para calcular el consumo por tipo de pila, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) para estimar los volúmenes de producción y para definir el consumo de baterías usadas en telefonía celular, Banco de Comercio Exterior (BANCOMEXT) para calcular los volúmenes de

importación y exportación y diferentes sitios de Internet de donde se obtuvo información sobre el consumo de pilas por habitante en distintos países.

En la figura 1.10, se muestra la tendencia que han tenido las importaciones de baterías de Ni-Cd para el periodo comprendido entre 1987 y 1998, presentándose la cifra más baja en 1994 y las más altas en 1997 y 1998 (Castro y Díaz, 2004).

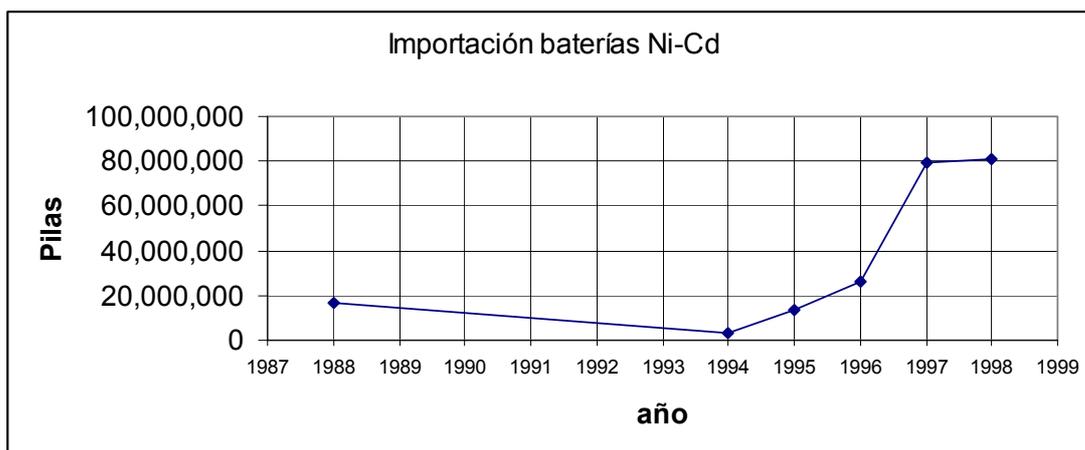


Figura 1.10. Importaciones de pilas de Ni-Cd en México.

La figura 1.11 (Castro y Díaz, 2004) evidencia la distribución en el consumo por tamaño, de manera contundente se identifican a las pilas AA como las más consumidas.

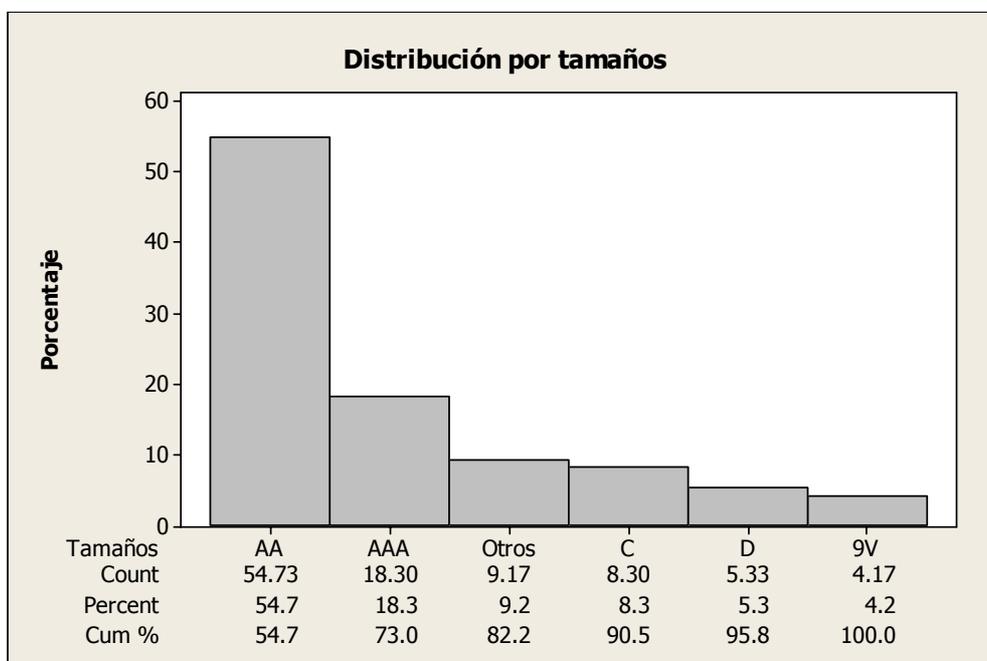


Figura 1.11. Distribución del consumo por tamaños.

La figura 1.12 que se incluye a continuación muestra el consumo de pilas en México entre 1960 y 2002 (Castro y Díaz, 2004).

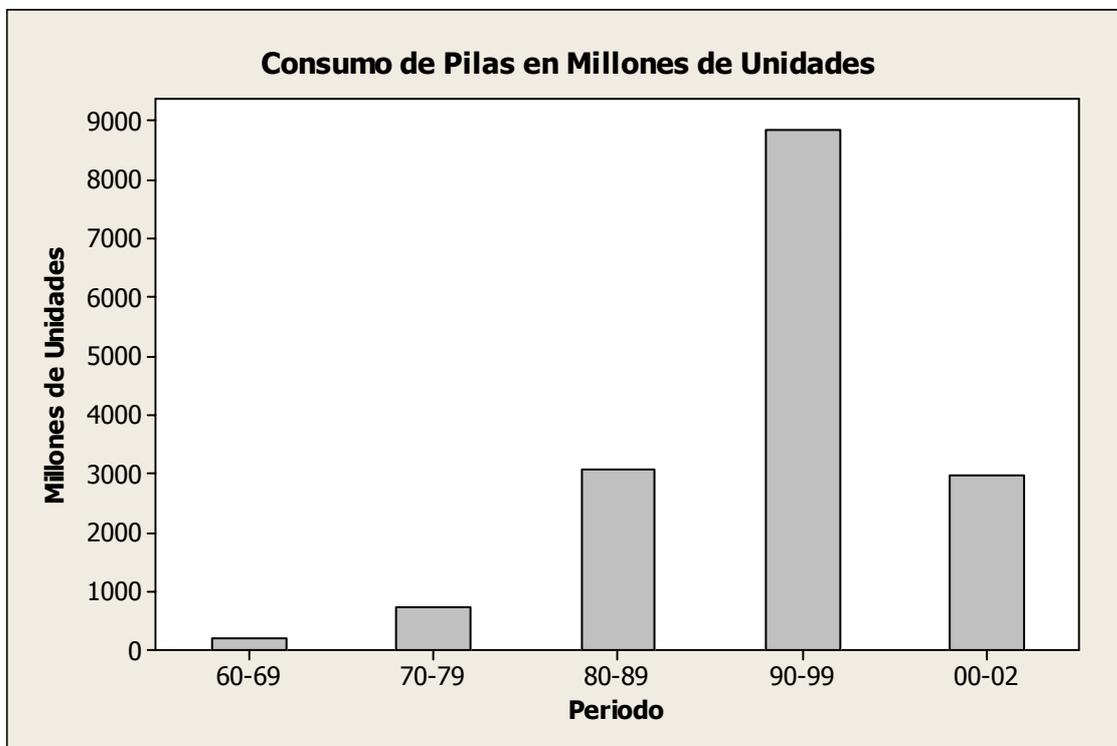


Figura 1.12. Consumo acumulado de pilas en México (1960 a 2002).

Esta figura evidencia el comportamiento que ha tenido el consumo de pilas en México. Con base en lo observado es claro que este consumo es contrario a lo que dicta el desarrollo sostenible. El consumo en la década de los 90 equivale a más del doble del total de pilas que se consumieron durante las tres décadas anteriores. En tanto el consumo de un par de años 00-02, equivale al 23 % del total consumido en los 40 años anteriores, lo que implica que en los últimos 13 años el consumo y en consecuencia la cantidad de pilas desechadas se ha triplicado.

Es importante mencionar que las tablas y gráficos mostrados anteriormente incluyen una estimación del número de pilas introducidas de manera ilegal a México.

Basados en los contenidos unitarios, determinados para cada tipo de pila y con la cifra estimada del uso y desecho de las pilas en México, se puede realizar un diagnóstico de la magnitud del volumen de contaminantes asociados, debido al consumo de pilas que son desechadas de manera indiscriminada al ambiente. En el ya citado estudio de Castro y Díaz, se incluye un análisis y estimación que aborda

esta problemática. Con base en este análisis se puede evidenciar la magnitud de la generación de estos residuos hasta el día de hoy.

Adicionalmente, con base en las estimaciones de consumo para cada década obtenidas del estudio de Castro y Díaz, se puede calcular el pronóstico de consumo para la década en curso. Utilizando la regresión exponencial para ajuste en curvas de tendencia, se encontró la curva con mejor ajuste a la tenencia observada para el consumo de pilas en México.

La figura 1.13 ilustra la línea de tendencia y la curva de ajuste obtenidas.

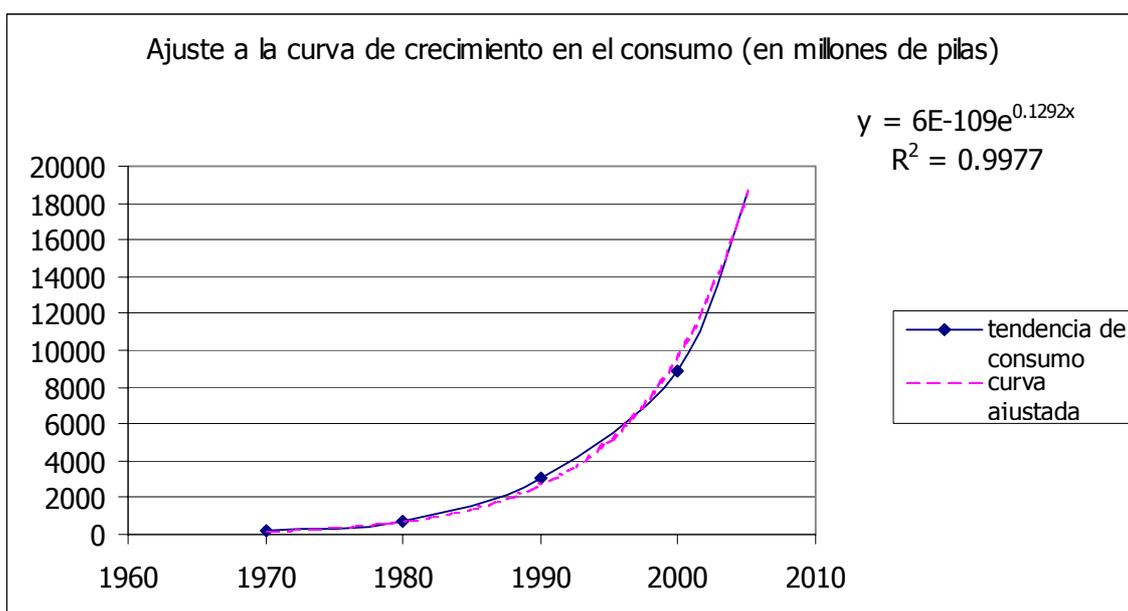


Figura 1.13. Serie de tiempo y curva de ajuste para el consumo de pilas en México.

Con base en el modelo de tendencia mostrado, tan sólo en la década en curso, se estima un consumo de aproximadamente 35 389 millones de pilas en México, lo que representa 2.23 veces el volumen acumulado de pilas consumidas desde 1960 a 1999 en este país.

Con base en el modelo, se pronostica que durante 2006, en México se consumirán 2 558.4 millones de pilas, es decir aproximadamente una media de consumo de:

21.32 pilas per cápita anuales.

Esta cifra de consumo per cápita se asemeja mucho a la cifra reportada en 2000 para Japón (anexo B); la consideración de ese consumo sería muy optimista desde el punto de vista del poder adquisitivo de la población mexicana y muy pesimista

desde el punto de vista ambiental, sobre todo si se trata de pilas de alto contenido de metales pesados depositadas en el ambiente sin ningún tratamiento.

No obstante que el crecimiento en el consumo se estabilice y no presente un incremento siguiendo el crecimiento exponencial observado históricamente, la tasa de consumo de 10 pilas per cápita propuesta por Castro y Díaz, se traduce en la adición constante de millones de pilas hacia el ambiente.

Estos millones de pilas representan miles de toneladas de sustancias tóxicas depositadas en basureros; estas sustancias en muchos casos serán captadas por los suelos, y llegarán a los ríos superficiales o subterráneos de donde se abastecen las ciudades de agua o se dispersarán en la atmósfera. Se acumulan e incrementan diariamente en el ambiente generando impactos nocivos para los seres vivos, o bien, elevando el riesgo de que los generen en el corto plazo.

En la información anterior, se fundamenta la relevancia de la definición e implantación de una estrategia apropiada para el manejo de los millones de unidades de pilas que se desechan cada año en México.

Con el manejo adecuado de las pilas, se deberá buscar que disminuya la introducción al ambiente de mayores cantidades de las sustancias tóxicas contenidas en estos productos.

Si además de valorar la presencia de contaminantes en las pilas se toma en consideración que en promedio el 40 % (entre 26% y 67%) del peso de una pila es lámina o materiales de la carcasa, los cuáles son reutilizables, esta situación representa un área de oportunidad de negocio que, por supuesto, reviste retos culturales, logísticos y tecnológicos y la inversión de recursos humanos y económicos para tal fin.

Para lograr a través del reciclaje la reducción de gasto energético en la obtención de materias primas, y nuevos productos, así como de emisiones al ambiente, con lo que se estaría cerrando el ciclo de vida de estos productos.

1.7 Manejo de pilas y baterías en México

A raíz de que se popularizó el uso de pilas en México, después de su uso y explotación, se desechan sin el menor cuidado, esta práctica se ha mantenido hasta la actualidad.

Hoy en día las pilas descargadas en el mejor de los casos van a dar a tiraderos municipales, lugares que algunas veces cumplen ciertas medidas de seguridad y

con especificaciones técnicas indispensables. Sin embargo, no cuentan con programas de manejo adecuado y disposición para residuos de esta naturaleza.

En otros casos, las pilas se tiran cerca de ecosistemas frágiles o cuerpos de agua. En ocasiones, los contenidos tóxicos de las pilas son liberados a la atmósfera como resultado de la quema de basura. En lo que respecta a prácticas de reciclado en México, estas han estado ausentes debido a sus altos costos económicos y porque en algunos casos las prácticas con tecnologías no adecuadas han dado lugar a costos ambientales no estudiados. (Castro y Díaz, 2004).

Un factor relevante en este contexto es la laxa legislación aplicable para estos residuos (NOM-52-SEMARNAT-93 y Ley General par la Prevención y Gestión Integral de los Residuos), resultado de lo anterior es la escasa o nula responsabilidad de fabricantes y distribuidores para participar en el manejo adecuado de estos productos cuando su vida útil ha concluido. En la sección de anexos (anexo C) se puede consultar la legislación aplicable en México y de algunos otros países para el manejo integral de estos residuos.

A pesar de lo anterior, muchos grupos de ciudadanos se han preocupado por organizar programas de recolección, pero sin pensar en la disposición final o reciclado, lo cual ha llevado a la necesidad de comenzar a buscar alternativas para reciclado y/o disposición segura de estos residuos.

En México, hoy en día sólo existe una empresa con un sitio de confinamiento seguro, la empresa de nombre RIMSA se localiza en el estado de Nuevo León.

Aunque los costos por confinamiento no son excesivos, por ejemplo el confinamiento de un tambor de 208 l de volumen (equivalente a ¼ de tonelada) cuesta alrededor de \$650 pesos, actualmente ni las autoridades, ni los consumidores parecen estar dispuestos a pagar este precio, y mucho menos los distribuidores o fabricantes. Mucho menos \$1000 por concepto de traslado.

Los valores estimados para los tamaños más comunes de pila se listan en la tabla que a continuación se muestra (Castro y Díaz, 2004).

Tipo de pila	Costo por confinamiento de pilas (tambor de 250 kg)	Peso unitario aproximado en kg	Costo unitario por disposición
AA	\$ 650	0.025	\$ 0.065
AAA	\$ 650	0.01	\$ 0.026
C (medianas)	\$ 650	0.065	\$ 0.169
D (grandes)	\$ 650	0.095	\$ 0.247
9 V	\$ 650	0.04	\$ 0.104

Tabla 1.7. Costo por confinamiento de pilas en México.

Con base en lo presentado en los apartados anteriores, se hace patente la necesidad de instrumentar acciones eficaces para mitigar el daño sobre el ambiente, causado por la disposición inapropiada de pilas y baterías en México.

Por supuesto, el problema representa retos de tipo cultural, de tipo económico y de tipo tecnológico.

No obstante lo anterior, el punto de partida no es desde cero, ya existen muchos países en el mundo que han comenzado a tomar medidas enfocadas a cerrar el ciclo de vida de las pilas de manera adecuada.

Entre estos países se puede mencionar Alemania, Francia, Bélgica, España y Austria (para mayor detalle e información sobre las experiencias en el manejo de pilas descargadas en diversos países se recomienda consultar el anexo E) .

Pero no sólo en Europa se ha mostrado interés en el manejo de pilas y baterías en América: Canadá, Estados Unidos, Argentina, Chile, Uruguay y México, han comenzado a diseñar y llevar a la práctica distintos esquemas o modelos de manejo de estos residuos.

En el caso particular de México, la brecha cultural y tecnológica con respecto a los países europeos es amplia; sin embargo, ya existen muestras de compromiso por parte de algunos grupos en México, por mencionar un ejemplo la campaña denominada "Ponte las pilas", que lleva operando desde 2003 en el municipio de Cuatitlán Izcalli, en el Estado de México, en la cual los resultados han sido muy alentadores sobre todo por la participación creciente de la comunidad.

El gobierno del Municipio a través de su secretaria de Medio Ambiente, ha puesto centros recolectores en los centros escolares y en algunos otros sitios con el lema "Ponte las pilas".

Los resultados reportados a febrero de 2006 corresponden a poco mas de 1791 Kg. de pilas recibidas en los 60 contenedores durante todo el tiempo que ha operado el programa (en el anexo D, se incluye una descripción detallada del programa).

Pero el acopio es apenas el primer paso en el proceso. En México, ya hay quienes están afrontando el reto que representa el manejo y reciclado de pilas descargadas. Alejandro Merín (Dir. Gral. de la empresa Química Wimer) ha declarado que instaló la tecnología para reciclaje sin fundición, ya que la fundición envía a la atmósfera buena parte de los contaminantes.

Química Wimer aplica la hidrometalurgia para recuperar níquel, mercurio y cadmio de pilas y baterías (Entrevista personal, 2006).

Lo más importante de este caso es la visión de negocio que ya se tiene del reciclado de pilas. Alejandro Merín establece la sostenibilidad de esta actividad en lo siguiente: "En México tenemos cadmio, pero níquel no y los costos de los metales son menores cuando se obtienen por reciclaje que si se los extraen o importan".

Después de innumerables trámites administrativos logró los permisos y la instalación de la planta piloto que puede reciclar hasta 50 kilogramos por hora.

En el caso de Química Wimer, la tecnología se tiene probada a nivel piloto, no obstante queda camino por recorrer; de inicio se requiere de una inversión importante para escalar el actual prototipo a una planta con capacidad para procesar de 200 a 400 Kg. de pilas por turno, que es la apropiada para que sea rentable la recuperación de níquel a partir de pilas secundarias de base Ni-Cd. Complementariamente, esta empresa tiene capacidad tecnológica y de operación para la recuperación de Hg de pilas tipo botón y de lámparas del tipo fluorescente.

A partir de estos hechos, se evidencia que los mexicanos de algunas comunidades pueden y quieren participar en actividades para el cuidado del ambiente y mejor aún se hace presente la ejecución de actividades con base en un enfoque de desarrollo sostenible.

Con base en lo anterior, es imperativo continuar en México con el diseño e implantación de programas o campañas, donde se le dé la información y los medios propicios a la comunidad para comenzar a cuidar el ambiente.

Las experiencias de los países, que ya han recorrido camino en el manejo integral de pilas y baterías, sugieren que, para lograr el reciclaje de pilas y baterías es indispensable la participación de los productores y de los gobiernos, debido a los costos de la tecnología que se requiere y los costos de la operación de una planta de reciclaje, a pesar de esto, para algunos tipos de pilas es lejano llegar a hacer auto sostenible esta actividad desde el punto de vista financiero.

Como consecuencia de la carencia de tecnologías propias, muchos países que no disponen de los medios para lograr la transferencia de tecnologías, han optado por cerrar el ciclo de vida de las pilas a través del confinamiento en sitios controlados. Un elemento adicional que soporta esta decisión, es la tasa de recolección o recuperación necesaria para operar una planta de reciclaje de manera eficiente, tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista ambiental.

Es irrefutable que el confinamiento o disposición controlada no es la solución, sin embargo, es un mecanismo eficaz para la mitigación de riesgos en el mediano plazo.

La operación sistemática de un programa de recolección-confinamiento, es una primera iteración, que proporciona los argumentos necesarios para captar la atención de autoridades y de la comunidad empresarial, al demostrar el interés y participación de la población, además a partir de los resultados de una campaña de recolección se puede evidenciar el potencial de negocio (cuando se logra una captación en cantidades suficientes y los tipos de pila) cubriendo las cuotas de recuperación que superan los puntos de equilibrio para operar una planta.

Una campaña de recolección orientada al confinamiento o disposición en sitios controlados, representa un símil con un estudio de mercado, a través del cual se sondea y caracteriza el comportamiento real del consumidor, mientras simultáneamente se mitigan los riesgos ambientales asociados a los contaminantes contenidos en las pilas captadas.

Por otra parte, la información y resultados obtenidos a través de estas acciones, provee de la información requerida para establecer la factibilidad técnica y económica de un proyecto de instalación y operación de una planta de reciclaje.

De ahí entonces, que una campaña de recolección-confinamiento, sea un paso importante y fundamental en el camino al reciclaje (opción más atractiva desde el enfoque de desarrollo sostenible).

2 Metodología

2.1 Etapas

La metodología empleada para el diseño, implantación y evaluación de la campaña piloto de recolección-confinamiento, comprende las etapas que se ilustran en la figura siguiente:

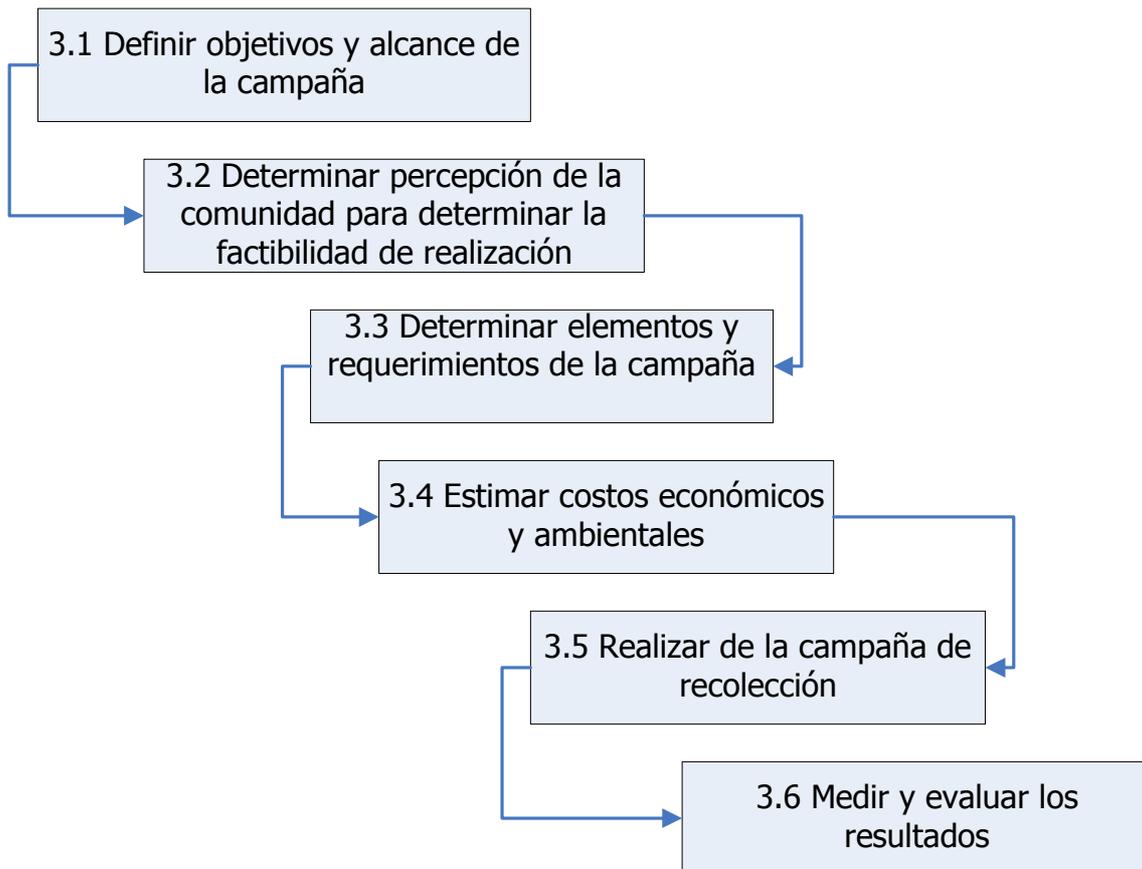


Figura 2.1. Etapas de la metodología

Los números en cada una de las etapas coinciden con los números de las secciones del capítulo 3, secciones en donde se desarrolla el contenido temático de cada una de estas etapas.

Para el desarrollo de los contenidos temáticos de las etapas listadas anteriormente, se hace uso de diferentes herramientas de estadística descriptiva, estadística industrial, de muestreo, mercadotecnia, así como otros recursos como diagramas de Ishikawa y modelo de Kano.

2.2 Herramientas

Con la finalidad de facilitar comprensión de los análisis contenidos en este trabajo, a continuación se refieren, de manera básica, algunos conceptos esenciales y una explicación breve sobre las aplicaciones de las herramientas mencionadas.

Adicionalmente, en este trabajo se utiliza la versión 14 de MINITAB, el cual facilita el desarrollo de algunos análisis y la generación de algunas figuras.

En esta sección además se incluye la descripción general de este software, del cual se puede obtener, vía Internet, una versión gratuita de evaluación temporal.

2.2.1 Modelo de Kano

Una actividad clave para el diseño o para la mejora de un producto o servicio es comprender (en términos cuantitativos) las necesidades del cliente y traducirlas en salidas medibles. Cuando se logra el proceso anterior, las ideas invisibles respecto a la calidad pueden hacerse visibles y pueden incorporarse a los productos o servicios.

A través del análisis de Kano se identifica cómo el cliente percibe el cumplimiento de sus requerimientos a través de los atributos o características del producto o servicio en cuestión.

El análisis de Kano provee los elementos para demostrar la naturaleza dinámica que persiste en la satisfacción de los clientes, definiendo la calidad "esperada" (características o atributos de proveedores de insatisfacción), definiendo la calidad "unitaria" (características o atributos proveedores de satisfacción) y definiendo la calidad "atractiva" (características o atributos proveedores de deleite) y complementariamente las características y atributos que poco o nada tienen que ver con las expectativas y requerimientos de los clientes (atributos indiferentes).

Asimismo, define aquellos atributos que con base en la información recolectada no es posible clasificar (atributos cuestionables).

En las siguientes figuras se ilustran de modo gráfico el análisis descrito en los párrafos anteriores (Carrillo, 2004).

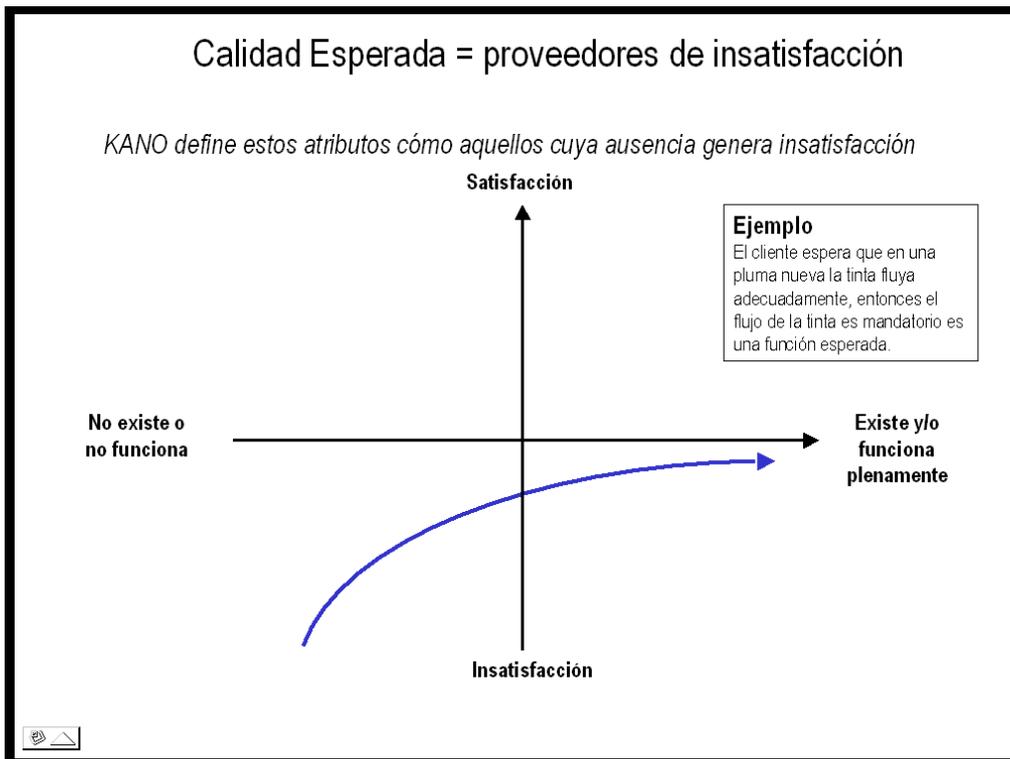


Figura 2.2. Atributos esperados.

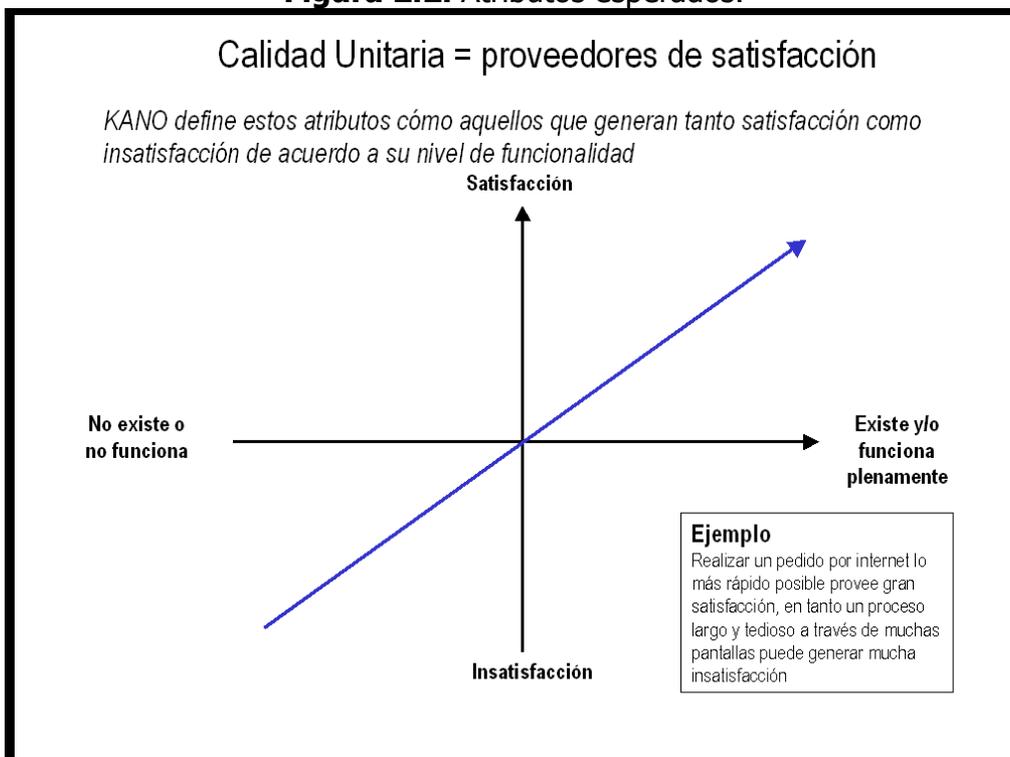


Figura 2.3. Atributos proveedores de satisfacción.

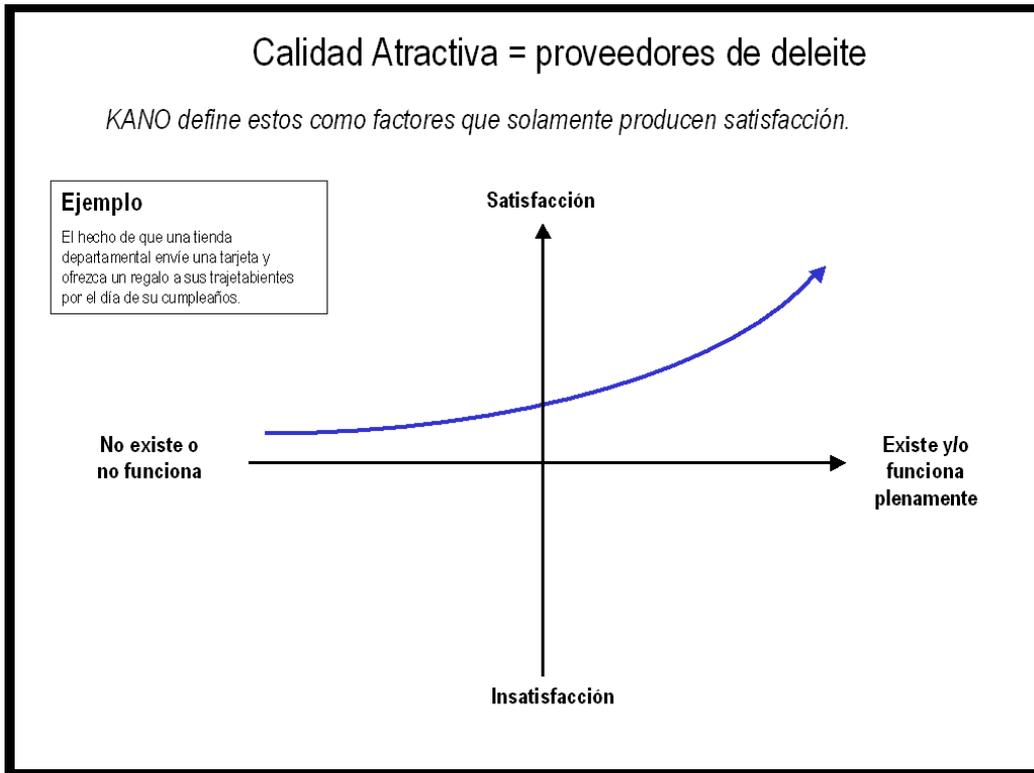


Figura 2.4. Atributos proveedores de deleite.

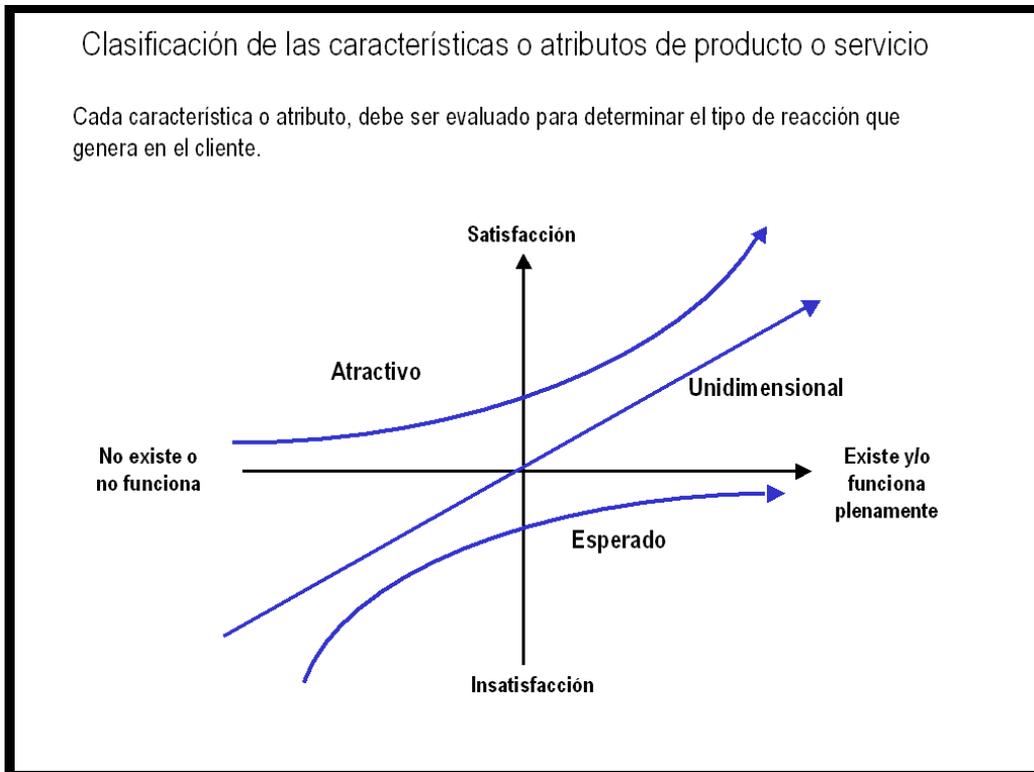


Figura 2.5. Atributos en función del efecto para el cliente.

La manera de realizar la clasificación de las características o de los atributos de interés es mediante la realización de encuestas. En estas encuestas se deberá evaluar cada atributo con una pareja de preguntas tales como:

- A. ¿Cómo te sentirías si "atributo" no está presente en el producto?
- B. ¿Cómo te sentirías si "atributo" está presente en el producto?

Y dar opciones de respuestas tales como:

- Me gusta de esa forma
- Es lo que espero
- Me es indiferente
- Es malo pero puedo tolerarlo
- Es malo y molesto

A partir de las respuestas obtenidas para cada escenario (funcional o disfuncional) del mismo atributo, se puede construir una tabla y clasificar los atributos evaluados. La tabla resultante se ilustra a continuación (Carrillo, 2004):

		FUNCIONA				
NO FUNCIONA	Me gusta de esa forma	Eso es lo que espero	Me es indiferente	Es malo pero puedo tolerarlo	Es malo y molesto	
Me gusta de esa forma	C	A	A	A	U	
Eso es lo que espero	E	C	I	I	E	
Me es indiferente	E	I	I	I	E	
Es malo pero puedo tolerarlo	E	I	I	C	E	
Es malo y molesto	U	A	A	A	C	

A = Atractivo
 E = Esperado
 U = Unidimensional
 C = Cuestionable
 I = Indiferente

Tabla 2.1. Tabla de referencia para clasificación de atributos.

2.2.2 Muestreo

El muestreo es la ciencia, que trata de la selección, entre todos los posibles candidatos, de aquellos pocos que formarán la base de las inferencias o deducciones acerca del gran todo de donde se seleccionó la muestra en alguna forma (Castilla y Cravioto, 1991).

Una de las preguntas planteadas con mayor frecuencia al iniciar una investigación y difícil de contestar, sobre todo por la falta de información del problema, es ¿cuántas observaciones se deben obtener para que el tamaño de la muestra sea realmente representativo de la población o el universo estadístico en estudio? En este sentido, es necesario considerar que el tamaño de la muestra queda determinado por el grado de precisión que se desea obtener.

Se define el error estándar, $\sigma_{\bar{x}}$, de la media aritmética de una muestra proveniente de una población finita (Springer, 1972) como sigue:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{N-n}{N-1} \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

N = Tamaño de la población

n = Tamaño de la muestra

σ = Desviación estándar de la población

Otra pregunta que frecuentemente surge, es ¿de qué manera se seleccionan los elementos a incluir en la muestra? Para tal fin existen procedimientos de muestreo y la idea fundamental de estos es asegurar que la muestra seleccionada no introduzca un sesgo en la información y en consecuencia en la construcción de las inferencias sobre la población.

Algunas veces los elementos que componen la población de interés se sabe que están ya dispuestos al azar, en tales casos, puede emplearse el muestreo sistemático para obtener muestras aleatorias (Springer, 1972).

Por ejemplo suponga que se requiere obtener una muestra de aleatoria de 100 pedidos de un archivo que contiene 4000, los pedidos están ordenados en forma alfabética, según el nombre del vendedor. Si la variable a estudiar corresponde al monto de los pedidos, y no existieran razones por las cuales las cantidades pudieran variar en función del nombre del vendedor, entonces sería un buen procedimiento seleccionar del archivo tomando un pedido cada 40, hasta reunir 100. La muestra así producida corresponde a una muestra aleatoria de la población de pedidos.

2.2.3 Histogramas

Un histograma se puede describir como una representación gráfica de la distribución de mediciones reunidas en una muestra.

Enseña la frecuencia o la cantidad de observaciones de determinado valor, o dentro de cierto grupo. Una característica importante es que esta representación se genera sin tomar en cuenta el orden en que se reunieron los datos.

De manera resumida un histograma es un gráfico de barras que representa la distribución de un conjunto de datos.

La construcción de un histograma ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores, con lo que se puede visualizar de manera clara la distribución de estos.

El uso de histogramas es conveniente y útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones basados en esta información (Carrillo, 2004).

Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso o un fenómeno en forma precisa y sencilla.

Se construye con los datos obtenidos en una tabla de frecuencias que es un cuadro que divide el rango entero de datos en varias secciones iguales para comparar la frecuencia de ocurrencia en cada sección (CONACYT, 2005).

2.2.4 Outlayers (observaciones atípicas)

Dentro de las opciones para análisis de datos, existen diversas herramientas gráficas para caracterizar una muestra, ya sea a través de histogramas o series de tiempo, es posible detectar y analizar el comportamiento de los datos recolectados.

En particular para este trabajo se desarrollaron varios histogramas, en estos es común observar puntos aislados con alta variación y dispersión con respecto al resto (la mayoría), se asume que fueron elementos afectados por causas especiales, como consecuencia se presenta un comportamiento distinto en esos datos. (Carrillo, 2004).

En los casos donde se trata de un número pequeño de datos (con respecto a la muestra) es muy probable que se trate de efectos "transitorios" en el proceso que da origen a esos datos, es común en estos casos suprimir de la muestra éstos valores y desarrollar el análisis con los valores restantes, aunque adicionalmente es necesario identificar las posibles "causas especiales" que generaron esos datos

(errores de medición, emergencias, lotes distintos, etc.). Sin embargo, cuando se aprecia un número considerable de datos (con respecto a la muestra) o bien se detecta un grupo de datos con comportamiento similar, es muy probable que se trate de dos conjuntos de datos o una mezcla de muestras distintas. En este caso es necesario analizar el nuevo grupo como una muestra aparte.

2.2.5 Diagramas de Pareto

Es una presentación, por medio de barras ordenadas en magnitud descendente, de la importancia relativa de eventos por categoría. El diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que son menos (los muchos y triviales).

Ayuda a concentrarse en las situaciones de mayor presencia relativa. Para construir un diagrama de Pareto primero deberán determinarse las categorías en la que se desea agrupar los datos observados o recolectados.

Posteriormente se construye una tabla de frecuencias incluyendo cada categoría y también el porcentaje relativo de la frecuencia con respecto al total de datos. A continuación estos valores se trasladan a una gráfica de dos ejes, en el eje horizontal, en orden descendente se ponen las categorías y en el eje vertical las frecuencias y sobre las barras dibujadas se traza una línea del porcentaje acumulado (en este trabajo se dibuja de color rojo sobre las barras correspondientes a las frecuencias determinadas). (CONACYT, 2005).

2.2.6 Las 4 p's y las 2 f's

La **mezcla de mercadotecnia** o *marketing mix* (en inglés) forma parte de un nivel táctico de la mercadotecnia, en el cual las estrategias se transforman en programas concretos para que una empresa pueda llegar al mercado con un producto satisfactor de necesidades y/o deseos, a un precio conveniente, con un mensaje apropiado y un sistema de distribución que coloque el producto en el lugar correcto y en el momento más oportuno.

¿En qué consiste la *mezcla de mercadotecnia* o marketing mix?:

- Según Kotler y Armstrong, la **mezcla de mercadotecnia** se define como *"el conjunto de herramientas tácticas controlables de mercadotecnia que la empresa combina para producir una respuesta deseada en el mercado meta. La mezcla de mercadotecnia incluye todo lo que la empresa puede hacer para influir en la demanda de su producto"*
- Por su parte, el *"Diccionario de Términos de Marketing"* de la American Marketing Association, define a la **mezcla de mercadotecnia** como

aquellas "variables controlables que una empresa utiliza para alcanzar el nivel deseado de ventas en el mercado meta".

En síntesis, y dirigiéndonos en el mismo sentido de las dos definiciones, se puede llegar a la conclusión de que la **mezcla de mercadotecnia** es un conjunto de variables o herramientas controlables que se combinan de una forma tal que permitan lograr un determinado resultado en el mercado meta, como por ejemplo, influir positivamente en la demanda, generar ventas, etc.

Las 4 P's (Kotler y Armstrong, 1990):

A mediados de la década de los '60, el Dr. Jerome McCarthy (premio Trailblazer de la American Marketing Association) introdujo el concepto de las **4 P's**, que hoy por hoy, se constituye en la clasificación más utilizada para estructurar las **herramientas o variables de la mezcla de mercadotecnia**.

Las **4 P's** consisten en: **P**roducto, **P**recio, **P**laza (distribución) y **P**romoción

- **Producto:** Es el conjunto de atributos tangibles o intangibles que la empresa ofrece al mercado meta.

Un producto puede ser un bien tangible (p. ej.: un auto), intangible (p. ej.: un servicio de limpieza a domicilio), una idea (p. ej.: la propuesta de un partido político), una persona (p. ej.: un candidato a presidente) o un lugar (p. ej.: una reserva forestal).

El "producto", tiene a su vez, su propia **mezcla** o mix de variables:

Variedad, calidad, diseño, características, marca, envase, servicios, garantías, etc.

- **Precio:** Se entiende como la cantidad de dinero que los clientes tienen que pagar por un determinado producto o servicio.

El precio representa la única variable de la mezcla de mercadotecnia que genera ingresos para la empresa, el resto de las variables generan egresos.

Sus variables son las siguientes:

Precio de lista, descuentos, complementos, periodo de pago, condiciones de crédito, etc.

- **Plaza:** También conocida como posición o distribución, incluye todas aquellas actividades de la empresa que ponen el producto a disposición del mercado meta. Sus variables son las siguientes:

Canales, cobertura, surtido, ubicaciones, inventario, transporte, logística, etc.

- **Promoción:** Abarca una serie de actividades cuyo objetivo es: informar, persuadir y recordar las características, ventajas y beneficios del producto. Sus variables son las siguientes:

Publicidad, venta personal, promoción de ventas, relaciones públicas, telemarketing, propaganda, etc.

Complementariamente a los elementos antes citados, también se complementa la mezcla con otros dos conceptos el de **forma** y **frecuencia** (las 2 efes).

La forma y la frecuencia están relacionadas más con los hábitos y comportamientos del cliente, que con sus expectativas, necesidades o requerimientos.

Forma: tiene que ver con la manera en que el cliente adquiere el producto, revisando la forma de pago que acostumbra y hábitos tales como la compra del producto como complemento de la adquisición de otros, como sustituto, si compra en volumen o por piezas individuales, etc.

Frecuencia: comprende la caracterización de los ciclos del producto y ventanas de lanzamiento (si aplica), para poder definirlos como productos de temporada, como bienes de consumos estable y sin estacionalidades, etc.

Las dos f's permiten definir características que puede incorporarse al producto o al servicio, por ejemplo en cuanto a forma para un refresco contribuye a la decisión de vender botellas de 2 litros o latas, en vender o colocar cacahuates en el pasillo de las bebidas adicionalmente a que se coloquen en la sección de botanas.

En tanto, la frecuencia determinará la planeación para la realización del producto, o en caso de los servicios puede llevar a decisiones de tipo operativo (horarios escalonados, contratación temporal de personal para picos de demanda, etc.). Las empresas fabricantes de electrodomésticos planean su producción para lograr lanzamientos en fechas llamadas ventanas de lanzamiento como el 10 de mayo y fin de año, los fabricantes de televisores asumen los eventos deportivos como mundiales y olimpiadas, como ventanas de lanzamiento.

2.2.7 Las 7m's

El diseño, operación y evaluación de cualquier proceso productivo se puede llevar a cabo utilizando diversas metodologías. Una de estas metodologías que se usa de manera frecuente, sobre todo en ingeniería industrial, consiste en definir los componentes básicos del producto, proceso o servicio, tomando como base 7 factores: **M**aterias primas y Materiales, **M**ano de obra, **M**edio Ambiente e infraestructura, **M**áquinas y Equipo, **M**étodos, **M**anagement y **M**edición y control.

Estos factores del proceso permiten identificar de manera agrupada (en las 7 categorías) los elementos básicos para asegurar el funcionamiento eficaz y eficiente del proceso.

La metodología comprende el recorrido de cada factor a manera de una lista de verificación de los puntos fundamentales.

Según el proceso o servicio de que se trate, existirán distintos componentes, sin embargo todos y cada uno pueden asociarse a cada factor (M's), y esto es aplicable para diseño, operación o análisis de un proceso o servicio.

La metodología anterior es de uso común como herramienta en sistemas de calidad, en donde se aplica con miras a determinar las causas asociadas al desempeño de un proceso. Las causas se agrupan en cada una de las categorías (M's), con la salvedad de que para este análisis no se considera de manera desagregada el factor "Management"; lo anterior se debe a que usualmente los problemas analizados son muy focalizados a ciertas etapas de un proceso e incluso en ocasiones al nivel de actividades específicas.

Este análisis es conocido como la construcción de un diagrama causa-efecto o diagrama de pescado. Estos diagramas fueron introducidos por Ishikawa como herramienta básica para la calidad; la flexibilidad y funcionalidad para su uso han sido ampliamente comprobadas en empresas de todo el mundo, en sector de productos y servicios diversos, así como en organizaciones de cualquier tamaño (Carrillo, 2004).

En la figura 2.6 se ilustra la plantilla de un diagrama de este tipo (con la inclusión de los 7 factores).

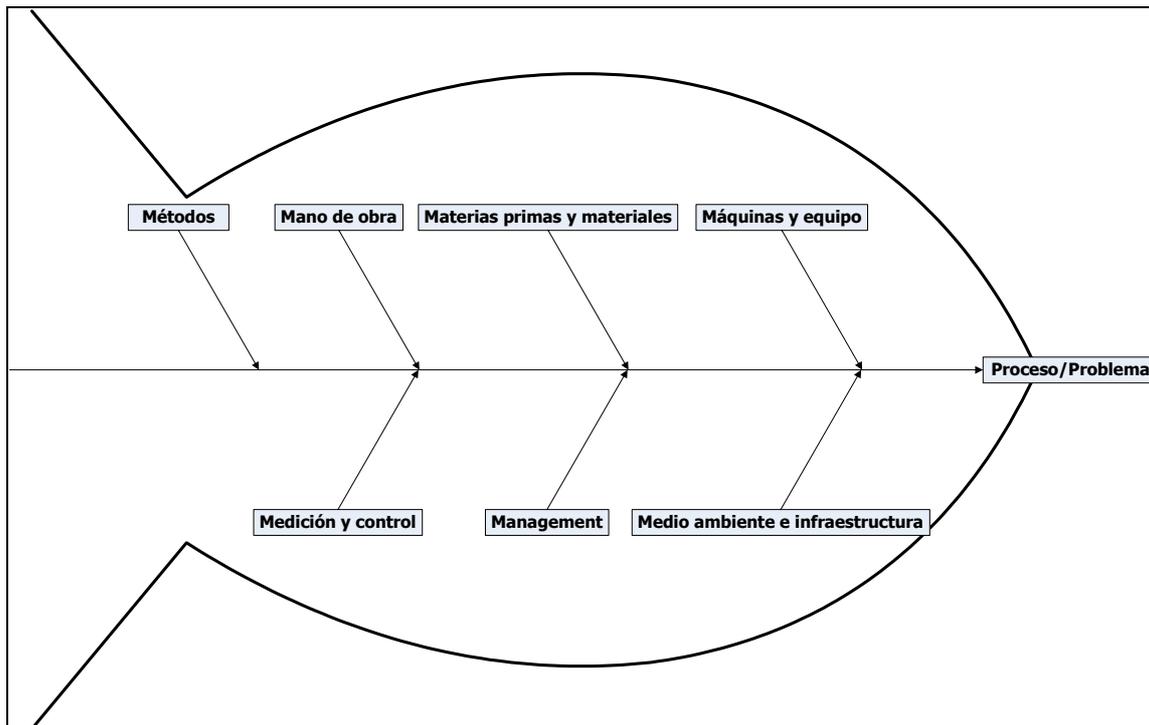


Figura 2.6. Diagrama de Ishikawa ampliado.

2.2.8 Prueba de hipótesis estadística (Kentt y Zacks, 2000).

Las hipótesis estadísticas son afirmaciones acerca de los parámetros o las características de la distribución, que representan cierta variable (o variables) aleatoria en una población. Con base en el valor observado del estadístico correspondiente, hay que decidir si existe evidencia estadística suficiente para rechazar cierta hipótesis nula preestablecida (H_0) a favor de la hipótesis alternativa (H_1); en caso de que no, se acepta dicha hipótesis nula.

Hay dos errores posibles que se pueden cometer: se podría incorrectamente rechazar H_0 . cuando sea verdad, a lo cual se le llama error tipo I, o aceptar la H_0 cuando es falsa, que es un error denominado de tipo II.

Las pruebas que se aplicaron en este trabajo son Anderson – Darling, Levene y Mann – Whitney; todas las pruebas se hicieron a un nivel de confianza del 95%. A continuación se describe cada una de éstas (Kentt y Zacks, 2000), (Montgomery, 2002).

2.2.8.1 Prueba Anderson-Darling

Esta prueba se usa para verificar si una muestra de valores o datos proviene de una población, cuyo comportamiento se ajusta a una distribución específica. La prueba es una modificación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov; la prueba de

Anderson-Darling utiliza una distribución específica para el cálculo de los valores críticos, con la ventaja de que provee una prueba más sensible y la desventaja de que se deben calcular los valores críticos para cada distribución, no obstante el uso de computadoras elimina este inconveniente.

La prueba de Anderson-Darling se define de la siguiente manera:

- H₀: Los datos provienen de una distribución específica X
H₁: Los datos no se ajustan a la distribución especificada

$$A^2 = -N - S$$

Dónde:

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{2i-1}{N} \left[\ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{N+1-i})) \right]$$

2.2.8.2 Prueba Levene

Esta prueba se aplica con el objeto de comparar varianzas entre muestras. Existen algunas pruebas que requieren asumir igualdad de varianzas entre muestras; esta prueba funciona como instrumento previo a la aplicación de estas pruebas. Para el caso en que no se determine la igualdad de varianzas es necesario aplicar ajustes en los análisis posteriores.

La prueba de Levene se define de la siguiente manera:

- H₀: La varianza es la misma para todas las muestras
H₁: La varianza de al menos una de las muestras es distinta a las demás

$$W = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k N_i (\bar{Z}_i - \bar{Z})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{N_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2}$$

Existen otras pruebas como la F, que se utilizan para el mismo fin, no obstante, la prueba F requiere que las muestras se ajusten a una distribución normal, la ventaja de la prueba de Levene es que no es tan sensible y por lo tanto

proporciona información de la comparación entre varianzas para muestras no necesariamente de poblaciones con distribución normal.

2.2.8.3 Prueba Mann – Whitney

En ocasiones se desea hacer comparaciones entre las medias de dos distintas muestras; para tal fin se utiliza típicamente la prueba T, que asume la condición de normalidad de las poblaciones. Cuando esta condición no se cumple se puede hacer uso de la Prueba Mann – Whitney, también conocida como prueba de suma de rangos de Wilcoxon.

La prueba de Mann – Whitney se define de la siguiente manera:

- H₀: La media de la muestra 1 es igual a la media de muestra 2.
- H₁: La media de la muestra 1 es mayor o menor que la media de la muestra 2.

$$W_2 = \frac{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{2} - W_1$$

En ambos casos se debe ajustar en función de la comparación previa de las varianzas, aunque lo común es considerar que las varianzas no son iguales para que la prueba sea más robusta.

2.2.9 MINITAB

MINITAB Inc. viene desarrollando software de análisis de datos desde hace treinta años. Su producto bandera es MINITAB Statistical Software, que es ampliamente utilizado para control de calidad, enseñanza de estadística e investigación. MINITAB está siendo utilizado, en todo el mundo, por miles de reconocidas empresas como GE, 3M, Ford Motor Company, las firmas más prestigiosas de consultoría Seis Sigma y más de 4.000 institutos y universidades (MINITAB, 2006).

MINITAB es una herramienta informática enfocada al análisis de datos complejos y a la identificación y resolución de problemas relativos a procesos, por ello MINITAB se ha convertido en un instrumento fundamental para todas aquellas compañías con procesos productivos que requieren de un software de análisis para poder controlar fácilmente esos procesos o mejorar el rendimiento de sus cadenas de producción.

MINITAB ofrece herramientas precisas y fáciles de usar para aplicaciones estadísticas generales y muy especialmente para control de calidad.

El paquete ofrece funciones de:

- Estadística básica y avanzada
- Regresión y ANOVA
- Estadísticas para control y mejora de procesos
- DOE - Diseño de experimentos
- Gage R&R Variabilidad en procesos de medición
- MINITAB Análisis de fiabilidad
- Tamaño de muestra y capacidad
- Series de tiempo y predicción
- Importación, exportación y manipulación de datos
- Lenguaje de macros

3 Desarrollo del diseño, implantación y evaluación de la campaña piloto

A continuación se desarrollan cada una de las etapas establecidas en la metodología. En la elaboración de los contenidos de cada etapa, se muestra la aplicación de las herramientas descritas en el capítulo precedente. Con la descripción de cada una de las etapas, pero sobre todo la documentación del empleo de las herramientas seleccionadas se pretende exponer los fundamentos y bases empleados con la finalidad de ejemplificar algunas mejores prácticas para el diseño, implantación o evaluación de una campaña de recolección, prácticas que pueden replicarse en algunos otros casos, su uso proporciona mayor confianza en el resultado final de la campaña y en consecuencia en el logro de los objetivos planteados.

3.1 Definición de objetivos y alcances de la campaña

La realización de la campaña de recolección-confinamiento deberá cumplir con los siguientes cometidos u objetivos:

- Proporcionar información sobre los volúmenes y características de las pilas desechadas por parte de la población estudiada.
- Proporcionar información para estimar el impacto en cuanto a liberación de contaminantes al ambiente a través de la disposición inapropiada de pilas y baterías.
- Proporcionar información para evidenciar la relevancia del manejo integral de pilas y baterías en México, desde el punto de vista del desarrollo sostenible.
- Proporcionar información para conocer la sensibilización en la población de estudio a cerca de los riesgos y efectos contaminantes asociados a las pilas y baterías.
- Proporcionar información para caracterizar los volúmenes de generación y otros atributos de las pilas y baterías, en función de su tipo y marca.
- Proporcionar información para mejorar el diseño e implantación de una campaña de recolección-confinamiento.
- Proporcionar información para evaluar en función del beneficio/costo la realización de la campaña y estimar el impacto de una campaña de mayor escala.

- Proporcionar información para demostrar la factibilidad de implantar un programa a mayor escala para el manejo integral de pilas y baterías en México.
- Recolectar y confinar las pilas y baterías recibidas en la campaña para evitar que se liberen los contaminantes contenidos en estas y mitigar el riesgo de contaminación asociado a sus componentes tóxicos.

En lo que respecta a los alcances, deberá ser una campaña temporal, sobre todo debido a restricciones de índole económico y disponibilidad de tiempo. Bajo estas restricciones, deberá ser una campaña a nivel piloto, que permita analizar el comportamiento de una población de estudio. Lo anterior deberá cumplirse, sin descuidar la calidad de información requerida, dicho en otras palabras garantizando que la información sea significativa y suficiente para establecer inferencias y algunas conclusiones confiables basadas en los resultados obtenidos.

El presupuesto disponible para la realización de todo el diseño, implantación y evaluación de la campaña es de \$ 6000 pesos. El presupuesto se definió con base en una estimación gruesa de los posibles costos, pero además, tomando en cuenta que la campaña sería al 100 % financiada por los mismos organizadores, sin contar con apoyo externo. El plazo para la conclusión es de 7 meses, la fecha de inicio de las actividades enero de 2006 y la fecha de conclusión del reporte deberá realizarse en agosto del mismo año.

Se propone realizar la campaña en la facultad de ingeniería de la UNAM, con la finalidad de establecer conclusiones sobre la población de esta institución. Existen características de consumo de la población de esta institución, que se estiman valiosas para considerar un caso de estudio interesante (edad, estrato socioeconómico, nivel cultural), así como también para esperar una alta participación en el desarrollo de este estudio. Adicionalmente están asociadas algunas facilidades de tipo logístico, como acceso a las instalaciones para la realización del estudio, el volumen de la población, entre otros.

Complementariamente se aspira a que en la UNAM se lleve a cabo el estudio para establecer un precedente de acciones pro cuidado del ambiente en materia de residuos peligrosos por parte la comunidad universitaria.

3.2 Determinación de la percepción de la comunidad para determinar la factibilidad de realización

Con la finalidad de estimar cual sería la reacción esperada por parte de la comunidad de la facultad de ingeniería, se decidió elaborar una encuesta en la cual se determinarían los siguientes aspectos:

- a. si consumen o no pilas y baterías habitualmente
- b. el volumen de consumo anual

- c. el lugar de adquisición
- d. las marcas de uso común
- e. los motivos para adquirir pilas de una marca en específico
- f. las acciones que realizan con las pilas una vez que están descargadas
- g. la percepción de las pilas como residuos por parte de los usuarios
- h. su reacción con respecto a una campaña de recolección
- i. las características básicas que debiera cubrir una campaña de recolección
- j. estimar cual sería la participación para una campaña piloto en la facultad

La encuesta se diseñó incluyendo preguntas abiertas alineadas a los aspectos recién mencionados y cerradas, pero además el diseño de algunas preguntas de la encuesta se realizó con la intención de aplicar un "Análisis de Kano", por lo que algunas preguntas de la encuesta están diseñadas para evaluar la importancia o no de un atributo, relacionados con la satisfacción que genera en el "usuario", el que un determinado atributo del servicio funcione o no funcione, o bien que exista o no exista. Tal como se explicó en el capítulo anterior el Análisis de Kano permite determinar el nivel de importancia de ciertos atributos en un producto o servicio, en este caso las preguntas donde se busca aplicar esta análisis es de la pregunta 7 a la 16. Los atributos evaluados en estas preguntas son:

- La existencia de una campaña de recolección
- La frecuencia de recolección
- El costo del servicio de recolección
- La existencia de estímulos para la participación

3.2.1 Encuesta para universitarios

La encuesta diseñada que se aplicó se muestra a continuación:

1. *¿Utilizas o en tu casa se utilizan pilas y baterías?*
a. Si b. No
2. *¿Cuántas pilas consumes o consume tu familia anualmente?*
a. abierta
3. *¿Dónde acostumbras comprar tus pilas?*
a. Establecimientos b. Comercio ambulante
4. *¿Qué marca de pilas utilizas?*
Abierta _____
¿Por qué? _____
5. *Consideras que las pilas son desechos:*
a. Contaminantes b. Inofensivos c. Tóxicos
6. *¿Qué haces o en tu casa qué hacen con las baterías descargadas?*
a. Las tiran junto con la demás basura b. Las almacenan c. Otras acciones:

cuáles

7. El hecho de que no exista actualmente un mecanismo de recolección de pilas implica que a ti.

Te guste de esa manera

Es lo que esperas

Te es indiferente

Te es malo pero soportable

Te es malo y molesto

8. Si en la UNAM se implantara un programa de recolección y separación de pilas para su disposición segura, implicaría para ti:

Te gustara

Es lo que esperarías

Te sería indiferente

Te sería malo pero soportable

Te sería malo y molesto

9. Si en C.U. se estableciera una campaña de recolección de estos residuos, ¿estarías dispuesto a participar, trayendo las pilas y baterías que puedas reunir y depositarlas en los colectores?

a. Si b. No

¿Porqué?

10. ¿Qué opinas si la recolección se realiza de manera periódica, es decir en fechas específicas solamente, para traerlas y depositarlas en los días indicados?

Te gusta de esa manera

Es lo que esperas

Te es indiferente

Es malo pero tolerable

Es malo y molesto

11. ¿Qué opinas si la campaña se establece a través de colectores colocados en tu biblioteca para que deposites las pilas cualquier día durante el semestre?

Te gusta de esa manera

Es lo que esperas

Te es indiferente

Es malo pero soportable

Es malo y molesto

12. ¿Qué opinas si junto al colector de pilas se incluye una alcancía solicitándote una cooperación para la disposición segura de las pilas?

Te gusta de esa manera

Es lo que esperas

Te es indiferente

Es malo y pero tolerable

Es malo y molesto

13. Bajo él supuesto que se coloque la alcancía, ¿cuanto estarías dispuesto a depositar por cada pila desechada para su disposición?

Abierta

14. *¿Qué opinas si la recolección y disposición se hace sin solicitar tu cooperación económica?*

Te gusta de esa manera

Es lo que esperas

Te es indiferente

Es malo pero tolerable

Te es malo y molesto

15. *¿Qué opinas si se ofrecieran estímulos como participación en rifas a través del registro del depósito de tus pilas en los colectores?*

Te gustaría

Es lo que esperarías

Te sería indiferente

Sería malo pero tolerable

Sería malo y molesto

16. *¿Qué opinas si no se ofrece ningún estímulo o premio por depositar las pilas en los colectores?*

Te gustaría

Es lo que esperarías

Te sería indiferente

Sería malo pero tolerable

Sería malo y molesto

17. *Si se organizara dentro de un mes un Ecotón para recolección con la meta de coleccionar el mayor número de pilas descargadas ¿cuántas crees que traerías para depositar?*

Abierta _____

Email: _____

Académico Estudiante Administrativo Otro(especifique) _____

Sexo

Hombre Mujer

La encuesta se sometió a la revisión y opinión de algunas personas de la comunidad estudiantil, algunos académicos y algunas personas ajenas a la comunidad universitaria, la versión que se muestra es el resultado final después de las observaciones que se recibieron.

La encuesta se aplicó durante la última semana de marzo del año en curso, se logró captar las respuestas de 192 encuestados, todos ellos pertenecientes a la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería.

Para realizar el muestreo se aplicó un muestreo sistemático, encuestando 1 de cada 4 personas que se encontraron en las aulas, bibliotecas o en tránsito en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Con la finalidad de determinar el error estándar asociado a tomar 192 elementos de una población aproximada de 10000 personas, haciendo uso de la fórmula descrita en el capítulo anterior, considerando para la población una desviación estándar de 100 pilas se determinó que el error estándar asociado era de 7 % aproximadamente por lo que se consideró una muestra suficiente y representativa para el análisis.

3.2.2 Resultados de la encuesta

A continuación, se presentan los resultados y conclusiones posteriores al conteo e interpretación de las respuestas recabadas en los cuestionarios.

Para la pregunta número 1, como se esperaba un alto porcentaje (97 %) de la población encuestada respondió que si utiliza pilas y baterías, esta situación se ilustra con la figura siguiente:

La gráfica mostrada en la figura 3.1 sugirió que los alumnos de la facultad de ingeniería son una población de interés para estudiar sus hábitos de consumos y desecho de pilas y baterías.

En la figura 3.2, se presenta la cantidad de consumo anual (incluyendo no sólo las pilas que directamente utilizan, sino además las que en sus hogares también se consumen). La pregunta realizada fue: 2. ¿Cuántas pilas consumes o consume tu familia anualmente?



Figura 3.1. Porcentaje de usuarios de pilas con base en la encuesta.

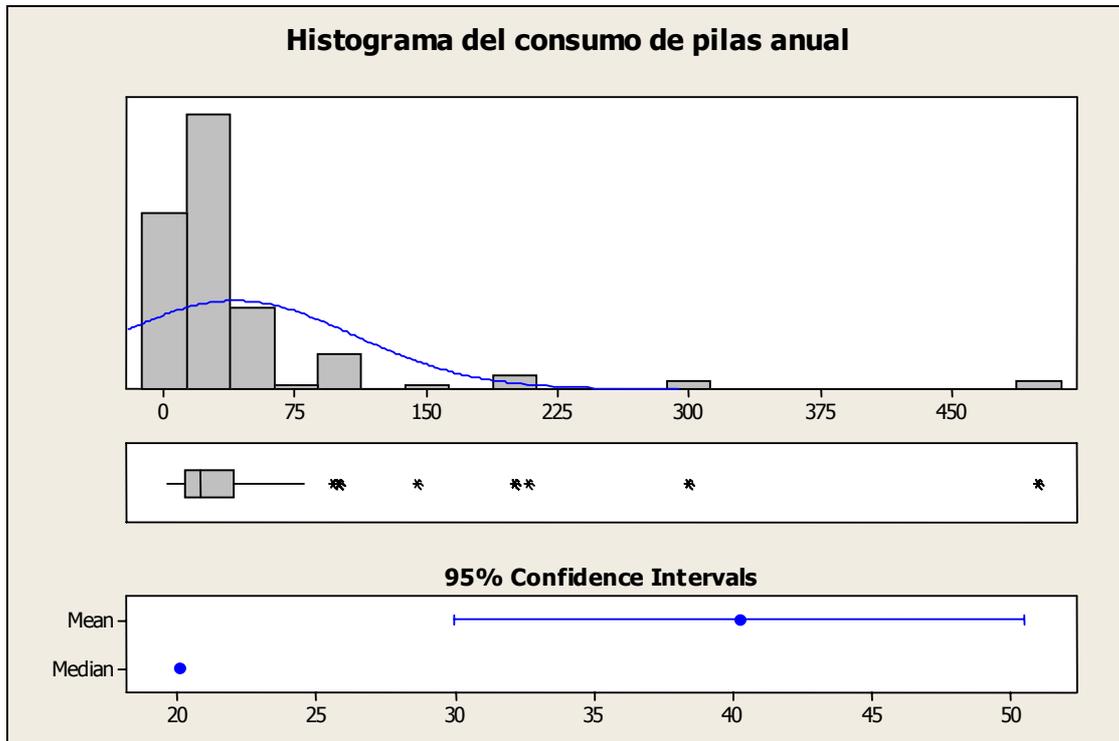


Figura 3.2. Histograma del consumo anual de pilas con base en la encuesta.

La figura 3.2 corresponde al histograma de los números proporcionados en la encuesta, adicionalmente se incluyen algunos valores estadísticos obtenidos para la muestra de datos, como la media y la mediana.

En la figura anterior se puede observar claramente que existen "outlayers", en este caso valores dispersos y no agrupados, dicho en otras palabras son valores que no guardan un comportamiento normal con respecto al resto, por lo que la existencia de esos valores se puede considerar como eventos especiales. En este caso, se asume que las esas personas no entendieron la pregunta, ya que no es factible al menos no es un comportamiento típico un consumo anual de pilas como el que reportaron. Estos valores se pueden identificar en la figura, en la parte de abajo del histograma se representan como asteriscos.

Con la finalidad de poder analizar con mayor acierto el comportamiento de esta variable se eliminan estos puntos, ya que no son representativos del comportamiento grupal y generan un sesgo en la distribución de los datos.

La figura que a continuación se muestra, ilustra la distribución que guardan los valores una vez que se han eliminado estos "outlayers", además como se puede ver en la parte izquierda de esta figura se incluyen algunos valores estadísticos, el significado de estos valores ya se explicó en el capítulo anterior, la interpretación para este caso se incluye después de la figura.

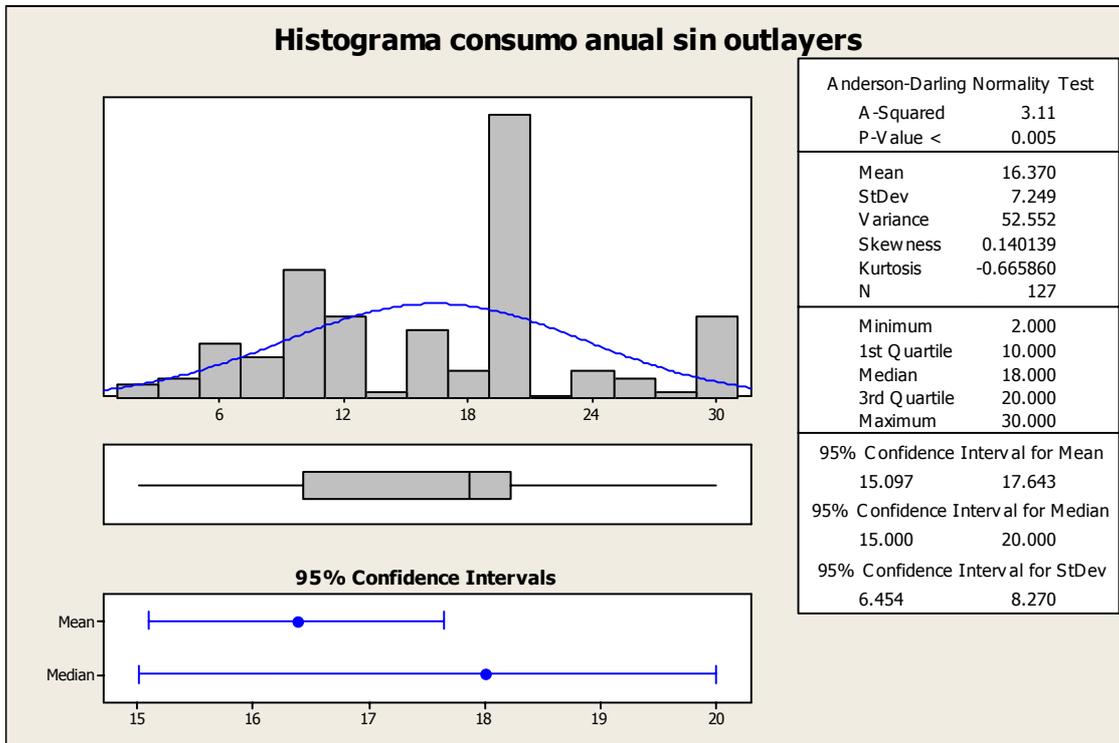


Figura 3.3. Histograma del consumo anual de pilas con base en la encuesta (sin outliers).

Como se puede observar y verificar numéricamente con el valor de P igual a 0.005 para la prueba de Anderson-Darling, el comportamiento de los datos no se ajusta a una distribución normal.

Este dato es importante conocerlo para determinar los valores de ciertas pruebas estadísticas que se usarán mas adelante.

Se puede además observar que el promedio, calculado con base en lo declarado en las encuestas, corresponde a 16.37 pilas por año, por lo que tal como lo establecen los intervalos de confianza del 95 % se puede estimar un consumo de entre 15 y 17 pilas por año para los estudiantes encuestados, con el error estándar del 7% (por el tamaño de la muestra). Este promedio de consumo se compara, más adelante, con los resultados de la campaña de recolección, así como también con el valor estimado con la regresión exponencial de la tendencia ilustrada en el capítulo 1.

Otro elemento que se preguntó en la encuesta, es el sitio de adquisición. Este elemento es importante, ya que la adquisición de pilas en el comercio formal acota el consumo a ciertas marcas, que como ya se mencionó en el capítulo de antecedentes y generalidades, presentan un menor contenido de metales pesados

que las pilas que se adquieren en el comercio informal, las cuales generalmente son de marcas con mayor contenido de metales pesados, en específico de Hg y Cd.

La figura siguiente ilustra con ayuda de un diagrama de Pareto el comportamiento de la población con respecto al lugar de compra.

Equivalencia de simbología empleada en la figura 3.4:

- a. Establecimientos comerciales
- b. Comercio Informal
- ab. Ambos
- Other. No respondieron

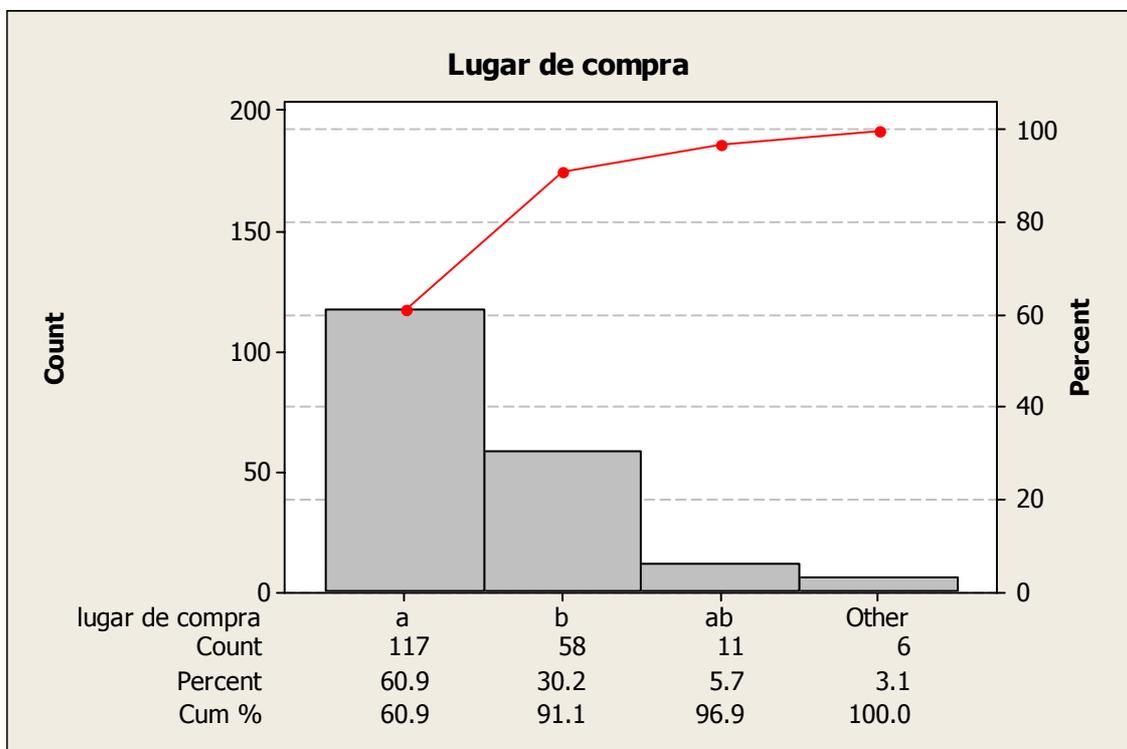


Figura 3.4. Diagrama de Pareto para lugar de compra con base en la encuesta.

Las respuestas registradas en la encuesta revelan que la comunidad de ingeniería tiene preferencia por adquirir las pilas en establecimientos, la cantidad de compradores de pilas en establecimientos representa casi el doble de número de compradores que exclusivamente las compran en los puestos ambulantes o comercio informal.

Con este precedente, se puede suponer que para la recolección piloto, se obtendrá un número mayor de pilas de marcas conocidas (con contenidos bajos de Hg y Cd) y un porcentaje menor de pilas de origen asiático (con contenidos de hasta 26 veces más de Hg y Cd). Es necesario mencionar que probablemente esta tendencia

a comprar en un determinado lugar las pilas responde más bien a la confiabilidad en un mejor desempeño de estas pilas contra las que se venden en el comercio informal, y no necesariamente responden a una motivación de índole ambientalista.

De manera complementaria, se preguntó en la encuesta cómo clasifican las pilas o cómo les perciben, sí como contaminantes, como residuos inofensivos y/o como tóxicos. Con este factor entonces sí se tiene la posibilidad de establecer alguna relación entre la conciencia ambiental o al menos si el conocimiento de la naturaleza contaminante de las pilas influye en los hábitos de compra y consumo de pilas por parte de la comunidad en estudio.

La figura que se inserta a continuación, muestra el diagrama de Pareto correspondiente a la pregunta:

5. Consideras que las pilas son desechos:

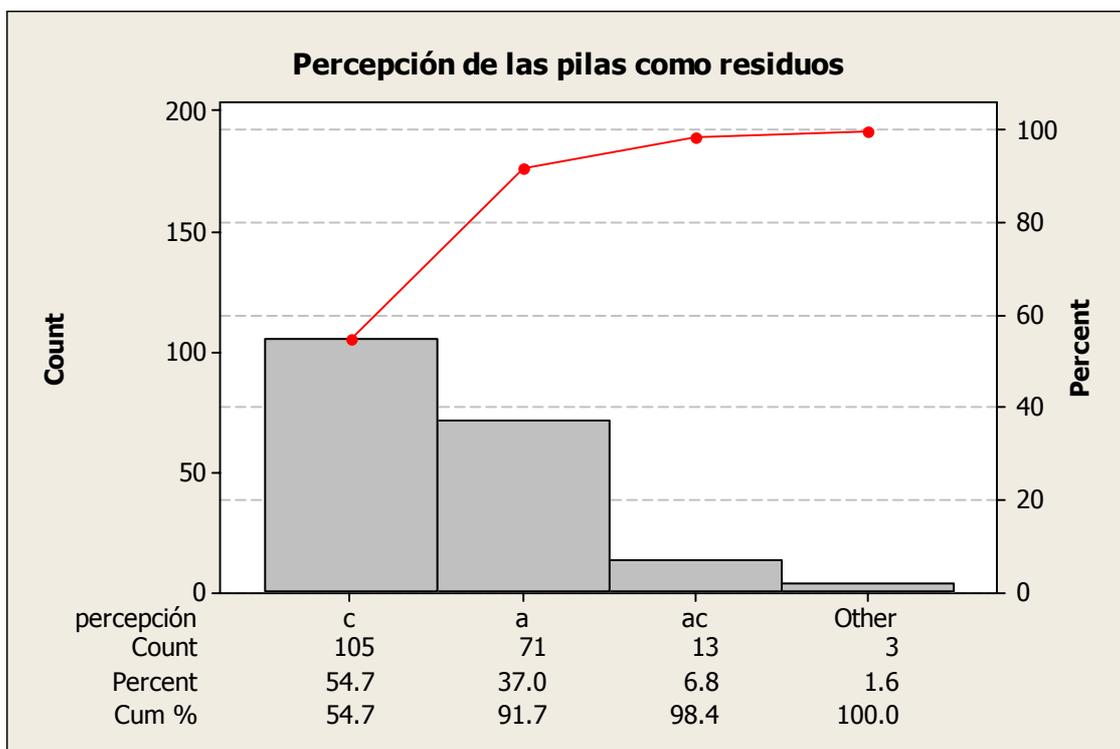


Figura 3.5. Diagrama de Pareto para la percepción como residuo con base en la encuesta.

Donde las opciones de respuesta eran:

- a. Contaminantes
- b. Inofensivos
- c. Tóxicos
- ac. Contaminantes y tóxicos

En la gráfica "Other" corresponde a respuestas b o bien no respondieron.

Las respuestas obtenidas denotan el grado de información de esta comunidad con respecto a la naturaleza de las pilas como residuos. En la figura anterior se ve que estos residuos son percibidos mayormente como tóxicos, cuando no, como contaminantes, poco menos del 7% los clasifican como tóxicos y contaminantes y tan sólo 1.6 % los consideran residuos inofensivos. Por lo que se asume, que la comunidad de la Facultad está altamente sensibilizada sobre la peligrosidad de los pilas como residuos. Con base en lo anterior se puede esperar interés en la participación de una campaña piloto de recolección.

Adicionalmente, es conveniente que se haga un análisis para determinar si los hábitos de consumo responden en alguna medida al lugar de compra de las pilas y por lo tanto el precio y marca como variables que influyan en el consumo.

Como primer paso, de los datos de las respuestas de consumo anual, lugar de compra, de nueva cuenta se eliminaron los "outlayers" y también las no respuestas "nd". Resultado de lo anterior se obtuvieron 124 datos para realizar el análisis.

Además, y con la finalidad de establecer solo dos grupos para los datos, se agruparon a los compradores que compran indistintamente en establecimientos y en el comercio ambulante, con el grupo de compra solamente en el comercio ambulante. A continuación se muestra la figura resultado de aplicar una prueba de comparación entre las varianzas de estos dos grupos.

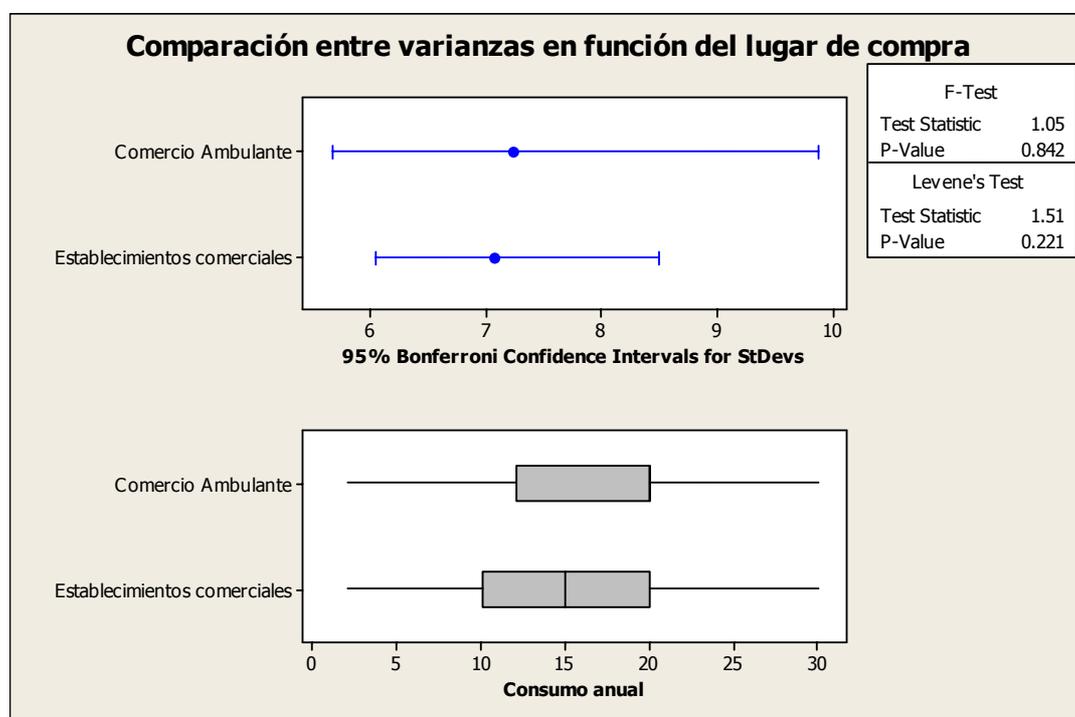


Figura 3.6. Comparación entre varianzas entre compradores exclusivos de establecimientos vs. el resto.

Debido a que se determinó anteriormente que los datos no se distribuyen de manera normal, entonces se toma el valor de la prueba de Levene, en este caso dado que el valor de P es mayor a 0.05, se acepta la H_0 : y se asume que no existen diferencias entre las varianzas. Ahora bien para comparar las medias de las muestras se utiliza la prueba Mann - Whitney, la figura 3.7 ilustra el resultado de esta prueba para las medias de ambas muestras.

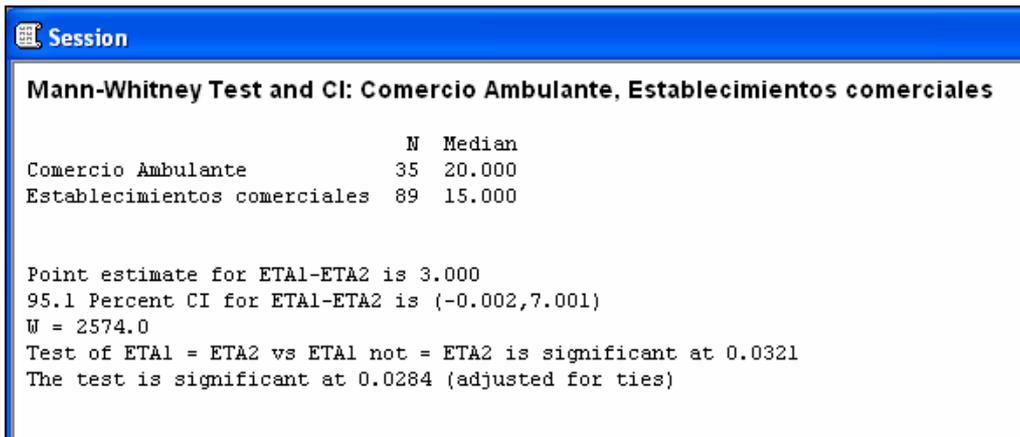


Figura 3.7. Comparación entre medias de las muestras de compradores exclusivos de establecimientos vs. el resto.

En la figura anterior se puede ver el reporte (valor de $P = 0.0321$, menor a 0.05), en el que se rechaza la hipótesis de que las medias de las muestras no presentan diferencias, lo que significa que el lugar de compra sí influye en el comportamiento de consumo de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

En el reporte mostrado se observa una mediana de 20 pilas para los consumidores de pilas provenientes del comercio informal contra una mediana de 15 pilas para los consumidores de pilas adquiridas en establecimientos comerciales.

En la figura 3.8 se ilustra el histograma correspondiente a la superposición de ambas muestras, así como también los valores de sus medias y desviaciones estándar. Para los compradores de pilas en el comercio ambulante se observa un promedio de 20% mayor con respecto al promedio de consumo de los compradores de pilas en establecimientos formales.

En función de lo anterior es de esperarse que en promedio las proporciones que se recolecten de pilas de marcas reconocidas serán menores, con respecto a las proporciones que se recolecten de pilas comercializadas en el comercio informal.

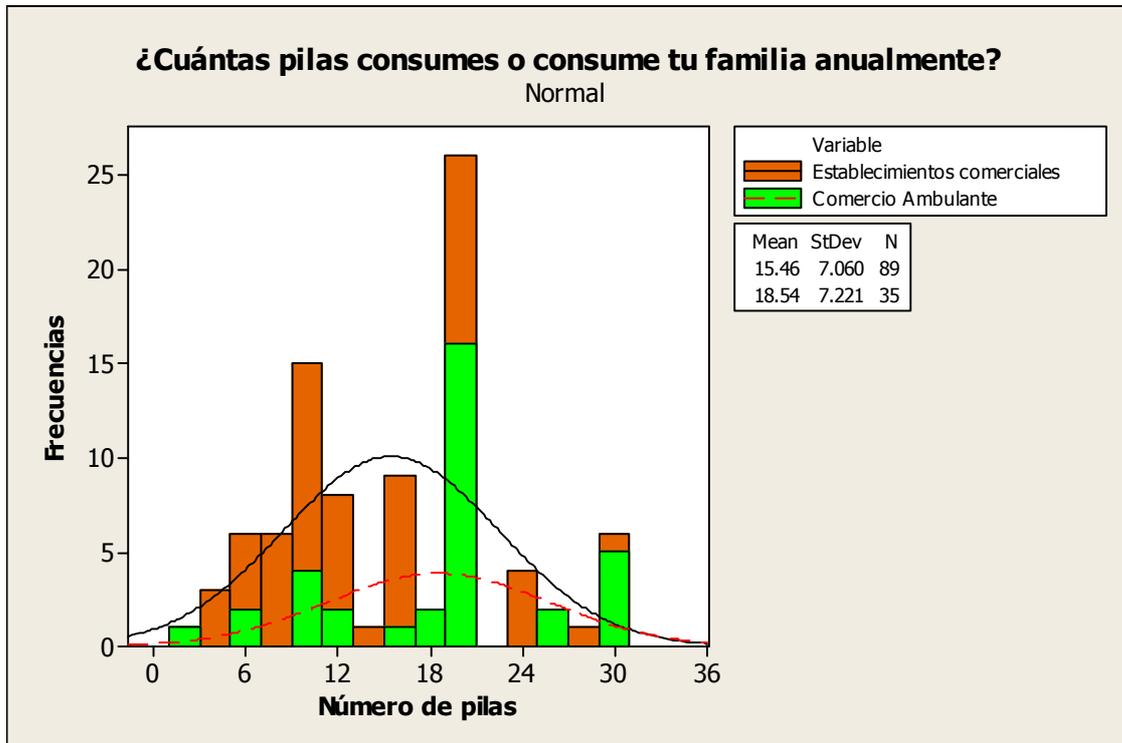


Figura 3.8. Histogramas superpuestos de las muestras de compradores exclusivos de establecimientos vs. el resto.

El manejo de las pilas como residuos por parte de los estudiantes o de sus familias, es otro elemento muy importante que se incluyó en el cuestionario.

De nueva cuenta para ilustrar las respuestas, se muestra en la figura 3.9, el diagrama de Pareto correspondiente. Se usó la siguiente simbología:

- a. Las desechan en la basura con el resto de los residuos domiciliarios
- b. Las almacenan
- c. Otras acciones
- Other. No respondieron

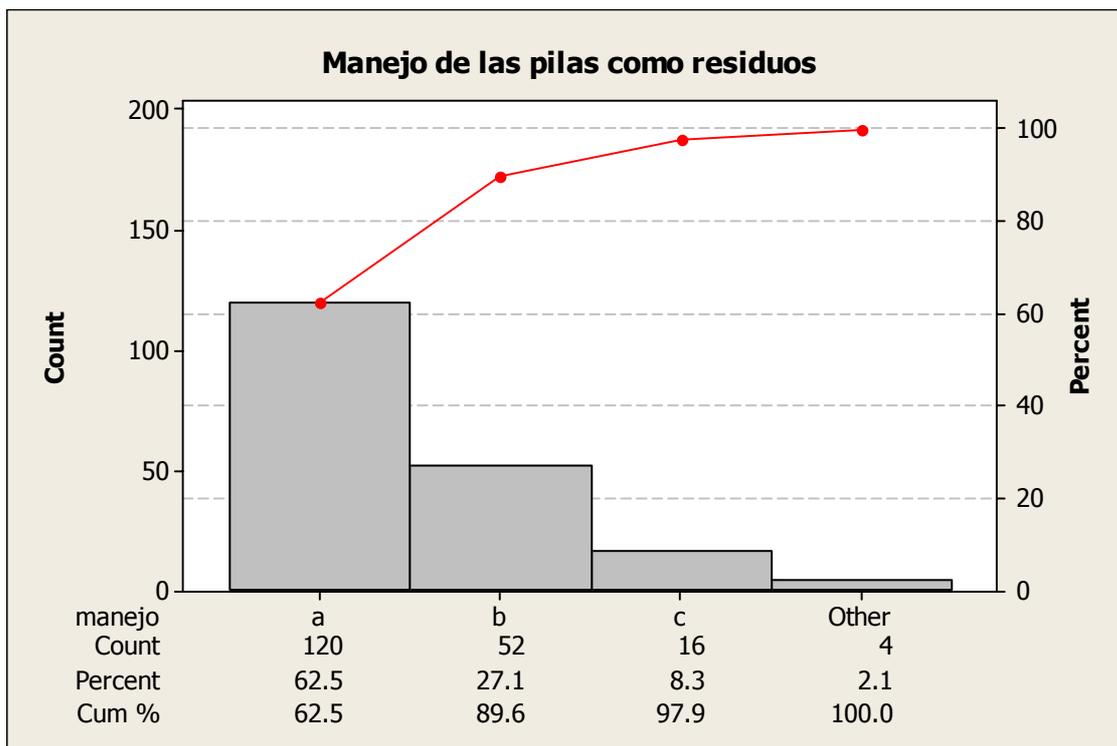


Figura 3.9. Diagrama de Pareto para el manejo de pilas como residuos.

Como se observa, aproximadamente el 27% (52 encuestados) de los estudiantes o bien sus familias, las almacenan, un resultado muy positivo desde el punto de vista ambiental, siempre y cuando no las desechen posteriormente, ya que depositarían una cantidad concentrada de contaminantes. Cerca de 2/3 (62.5 %) las tiran directamente a la basura con el resto de los residuos domiciliarios.

Adicionalmente, algunos no las tiran, sin antes realizar algunas acciones, como son:

- Las separan en bolsas o botellas selladas y las desechan en estas condiciones
- Las desechan en sitios de recepción de desperdicios industriales
- Las depositan en los botes de basura inorgánica
- Las depositan en sitios de acopio de pilas

El listado anterior, generado a partir de las respuestas de algunos de los encuestados, son una clara muestra de la preocupación que algunos miembros de la comunidad por el ambiente, preocupación que se traduce en acciones personales para evitar la contaminación por pilas y baterías.

De nueva cuenta, como se aplicó para el lugar de consumo, se realizó un análisis para establecer si existe una diferencia entre el comportamiento de consumo entre el grupo que las desecha directamente a la basura y el resto de los estudiantes

que las almacenan o bien realizan alguna acción previa al desecho de las pilas descargadas.

El número de datos que se obtuvieron después de eliminar los outliers y las respuestas "nd", fue de 126, nuevamente se trata de las respuestas obtenidas con respecto al consumo anual declarado. Estos valores se agruparon en dos categorías, los que dijeron desecharlas con el resto de los residuos domiciliarios y el resto en otro grupo.

El resultado de aplicar la comparación entre las varianzas de estas dos muestras se ilustra en la figura siguiente:

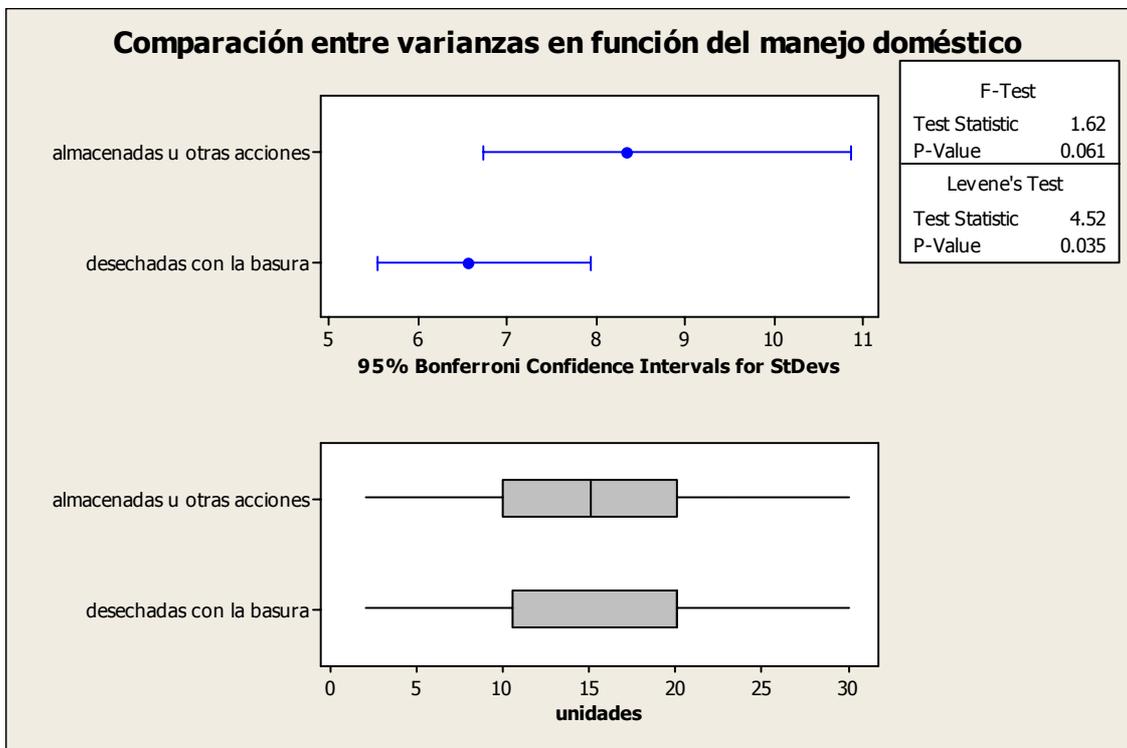


Figura 3.10. Comparación entre varianzas entre quienes las desechan con la basura domiciliaria vs. el resto.

De manera análoga a como se explicó anteriormente, en función del valor de P se puede asumir si existen o no diferencias entre las varianzas de ambas muestras.

De tal modo que en este caso ($P= 0.035$) se rechazó la hipótesis H_0 , por lo que se asume que existen diferencias entre las varianzas de las muestras, con este resultado y considerando que no se ajustan a una distribución normal, se utiliza la prueba Mann - Whitney para realizar la comparación entre las medias de ambas muestras, los resultados de esta prueba se muestran en la figura siguiente:

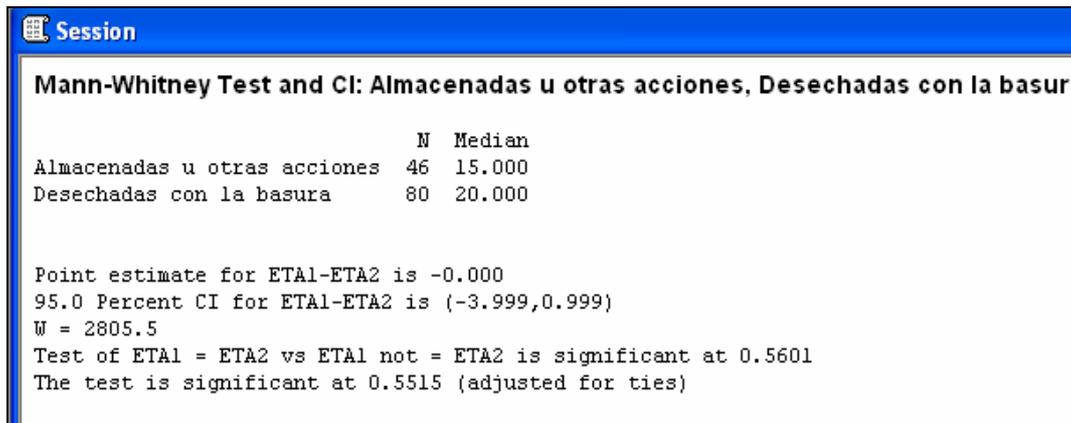


Figura 3.11. Comparación de las medias de las muestras de quienes las desechan con la basura domiciliaria vs. el resto.

Para esta prueba se obtuvo un valor de P mayor a 0.05 ($P=0.5601$), por lo que se asume que no existen diferencias entre las medias de estas muestras (se acepta la H_0), por que se puede establecer que en promedio consumirán igual número de pilas aquellos que las desechan con la basura domiciliaria tanto como los que las almacenan o realizan otras acciones antes de desecharlas. Por lo que, al determinar el promedio de consumo a partir de los valores de las pilas recolectadas y el número de participantes para la campaña que se lleve a cabo, el valor obtenido será representativo de ambos grupos, dicho en otras palabras describe el comportamiento de la población en cuanto a consumo (con el error estándar asociado al número de participantes como una muestra de la población total), ya que como es de esperarse aquellos que las tiran directamente a la basura, muy probablemente no acudirán a depositarlas durante la campaña de recolección que se lleve a cabo.

A continuación se presentan los resultados para el primer elemento que se integró en la encuesta, con la finalidad de establecer (apoyados con el análisis de Kano) la aceptación o incluso la expectativa de la comunidad de la Facultad de Ingeniería, de un programa de recolección - confinamiento, para pilas y baterías descargadas.

Los términos empleados para el análisis, corresponden a los expuestos en el capítulo anterior, donde se explican los fundamentos del análisis de Kano. La figura que se inserta a continuación describe a través de un diagrama de Pareto el resultado del análisis de este factor, figura 3.12.

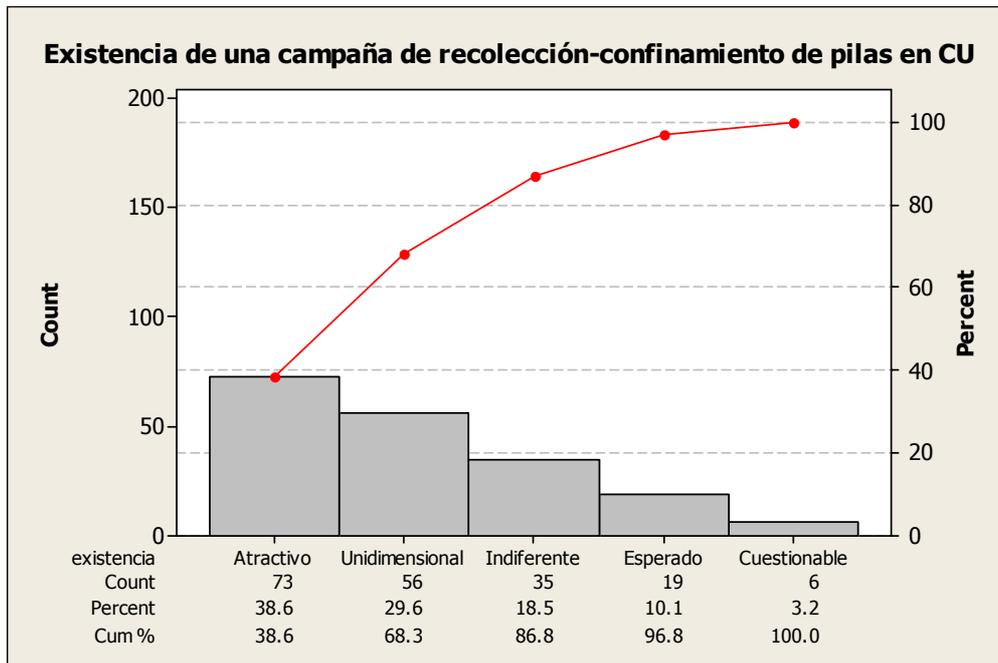


Figura 3.12. Diagrama de Pareto para clasificación del atributo existencia de la campaña.

Con base en las respuestas obtenidas, se estableció que la creación y operación de un programa de recolección de pilas y baterías descargadas, en la Facultad de Ingeniería, sería altamente aceptada, de hecho para un 38% la existencia de un programa de este tipo les resultó altamente atractivo y para un 29% es una expectativa clara con respecto a los servicios que en la UNAM debieran de existir, ya que es un elemento directamente relacionado con la satisfacción de los servicios que esperan (unidimensional).

Adicionalmente a la opinión o expectativa de que exista un programa de recolección, se les preguntó sobre su disposición para acudir y depositar las pilas descargadas a su alcance, en el caso de que existiera un mecanismo para tal efecto.

El resultado es muy elocuente y refuerza los hallazgos de las preguntas anteriores: el 98% acudirían a depositar sus pilas descargas. Más allá de un si ó no, se solicitó para este aspecto una justificación de la respuesta; de manera generalizada las respuestas expresaban el interés por evitar una mayor contaminación del ambiente. La figura 3.13 ilustra lo antes expuesto.

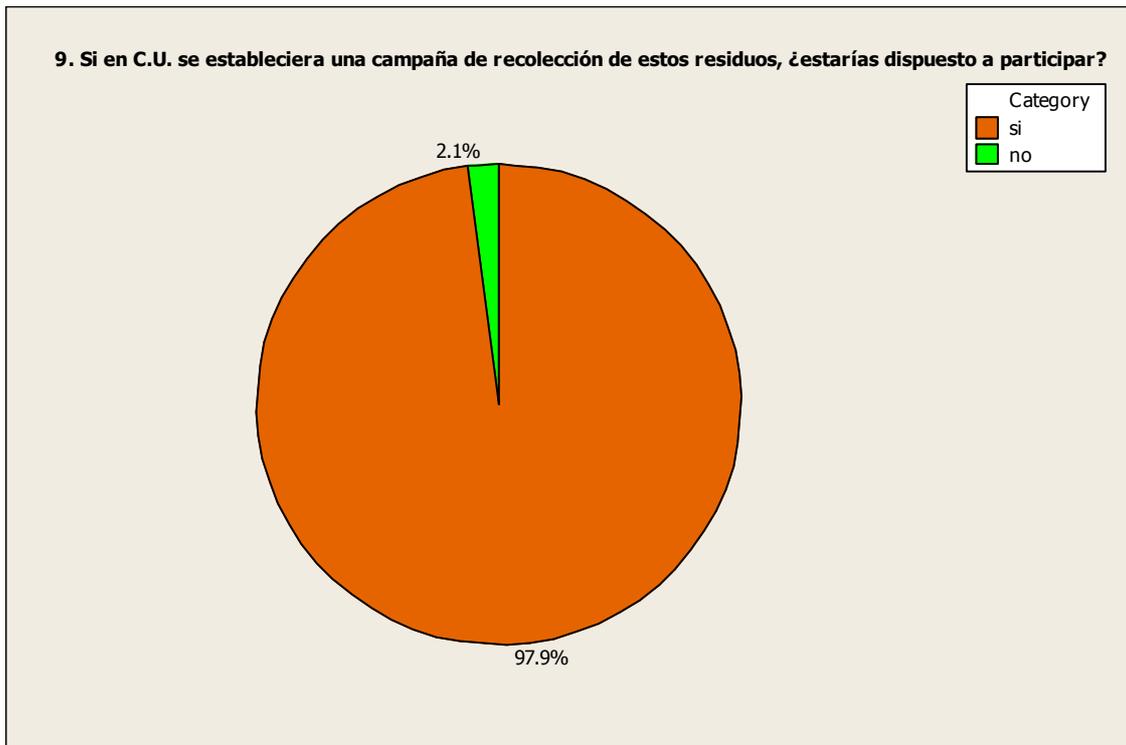


Figura 3.13. Porcentaje de la población dispuesta a participar con base en la encuesta.

Entre las razones por las que no participaría el 2.1 %, se presentaron como argumentos la falta de tiempo y la incomodidad de acudir a depositarlas.

El segundo atributo que se incluyó en la encuesta, para analizarse con la metodología de Kano, se refiere a la frecuencia de recolección. La figura 3.14 corresponde al diagrama de Pareto que ilustra la postura ante este atributo.

La operación permanente del programa, a través de contenedores ubicados en las bibliotecas, para que los estudiantes depositen las pilas cualquier día del semestre, es una opción altamente atractiva para 42%, no obstante un 39% no demostraron inclinación o preferencia por la operación permanente sobre una recolección en fechas específicas (es función de estos valores es un atributo cuyo impacto es "contradictorio" dentro de las respuestas de la muestra).

De acuerdo con la metodología para el análisis de atributos de Kano, esta pregunta deberá verificarse, ya que no es posible afirmar una preferencia o rechazo para una recolección periódica sobre una permanente o viceversa.

En función de la respuesta que se logre a través de la realización de la campaña piloto que se diseñe e implante, se podrá emitir una conclusión o recomendación al respecto.

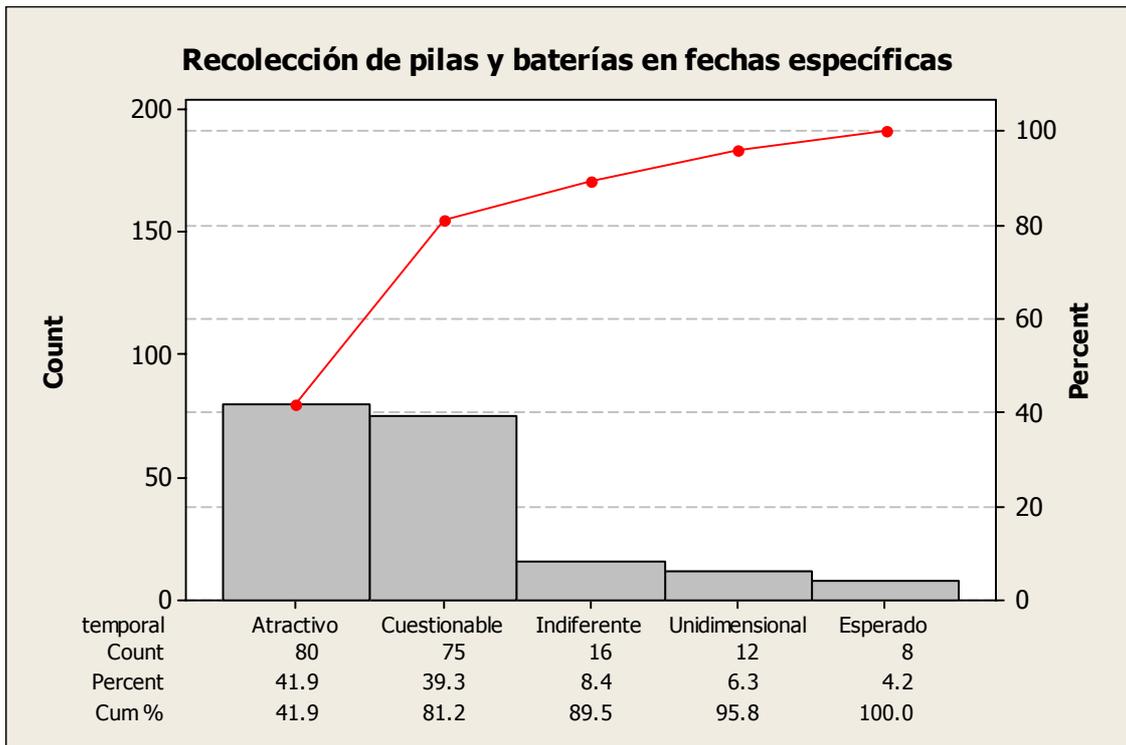


Figura 3.14. Diagrama de Pareto para clasificación del atributo temporalidad de la campaña.

Como tercer atributo analizable bajo el enfoque de Kano, se evaluó la aceptación de un programa de recolección, en el cual se solicite la cooperación económica de los depositantes.

Las respuestas apuntan a que un tercio esperaría que el servicio se brindara bajo ese esquema y un 28% se declara indiferente.

De manera análoga al atributo anterior, el resultado no es concluyente, de tal manera que la realización de la campaña piloto deberá contemplar la verificación de la postura ante este atributo también.

No obstante, con base en las respuestas registradas en la sección de comentarios, se evidencia que un factor importante para que la comunidad acepte este esquema de operación (solicitando cooperación económica) es la información sobre el uso que se le dará al dinero y de la veracidad de la información que se proporcione sobre los costos de operación.

Los valores encontrados para este atributo se ilustran con la figura 3.15:

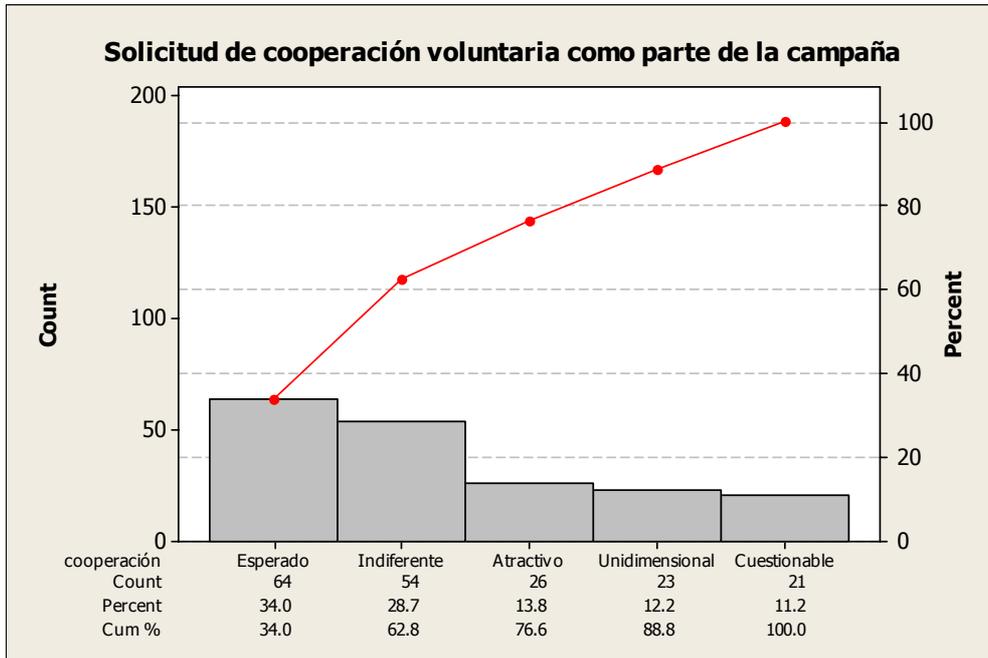


Figura 3.15. Diagrama de Pareto para clasificación del atributo cooperación económica de la campaña.

Enseguida, se presenta la figura 3.16 que corresponde al histograma, que muestra el monto en pesos que estarían dispuestos a cubrir por cada pila depositada.

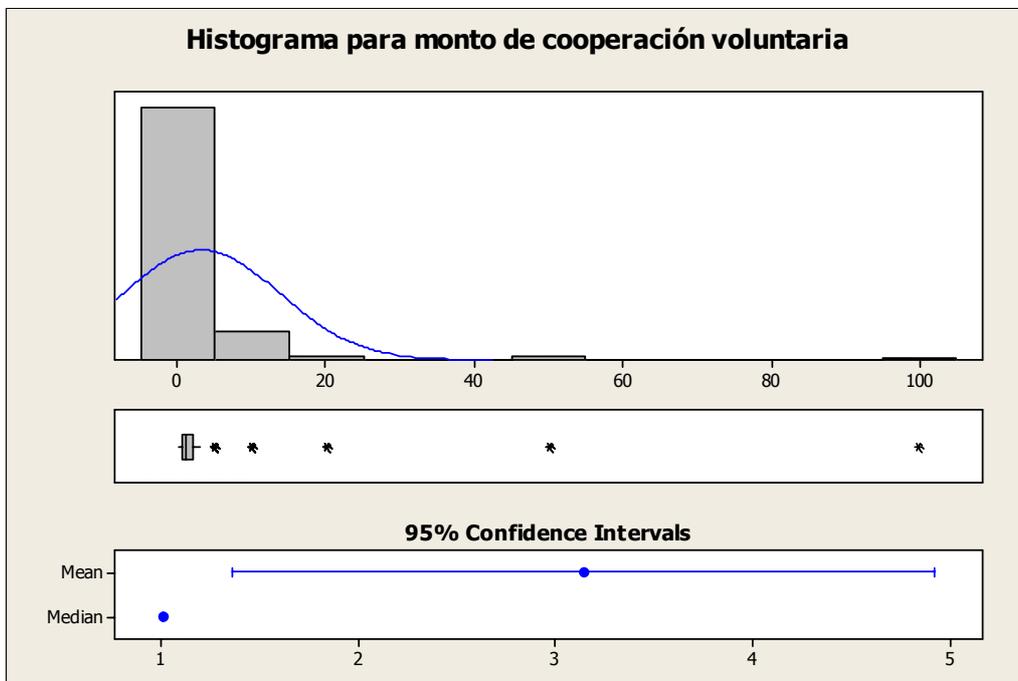


Figura 3.16. Histograma para cooperación económica con base en la encuesta.

Es importante mencionar que solamente el 71% (137 encuestados) respondieron o propusieron un valor.

Como se puede observar existen outliers, que representan un sesgo en la distribución de los 137 datos obtenidos.

Suprimiendo los outliers para poder establecer algunos valores descriptivos, tal como se ha hecho para los análisis previos, se tienen como resultado 99 datos la información obtenida se refleja en la figura 3.17:

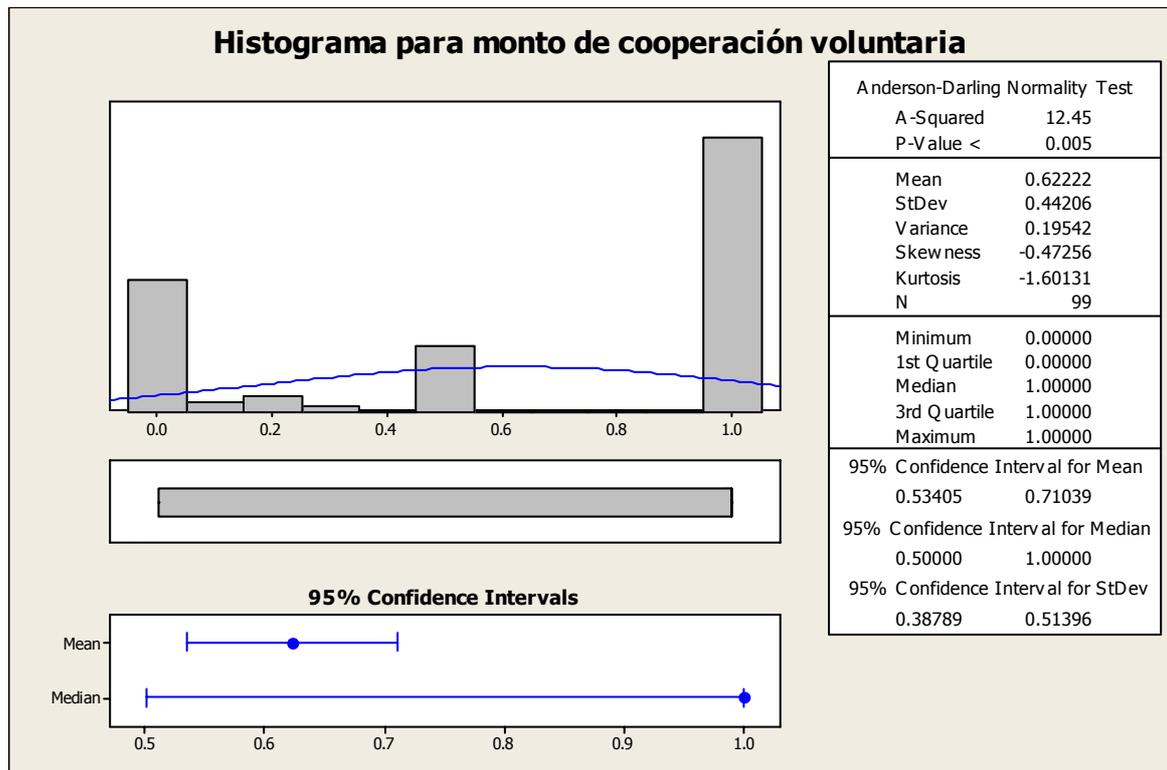


Figura 3.17. Histograma para cooperación económica con base en la encuesta (sin outliers).

Como se puede apreciar, las respuestas recibidas no se distribuyen de manera normal y presentan una clara dispersión, a pesar de que se cuentan con rangos de valores para la media de la muestra, se considera que esta muestra de datos no describe de manera confiable el comportamiento esperado con respecto a la cooperación económica para la recolección y confinamiento por parte de la comunidad. Para poder establecer alguna conclusión o recomendación al respecto, este factor deberá verificarse en la realización de la campaña piloto.

Finalmente como último atributo incluido en la encuesta para ser verificado con el análisis de Kano, se tiene la existencia de estímulos para los depositantes, atributo que se desea incorporar como parte de la campaña piloto de recolección.

Para casi un 50 % este es un elemento atractivo, sería bien recibido y motivaría la participación. En tanto para un grupo significativo (35%) este atributo es indiferente, ya que comentan su participación se debe al interés de cuidar el ambiente más que un beneficio transaccional directo. La figura 3.18 ilustra los valores registrados.

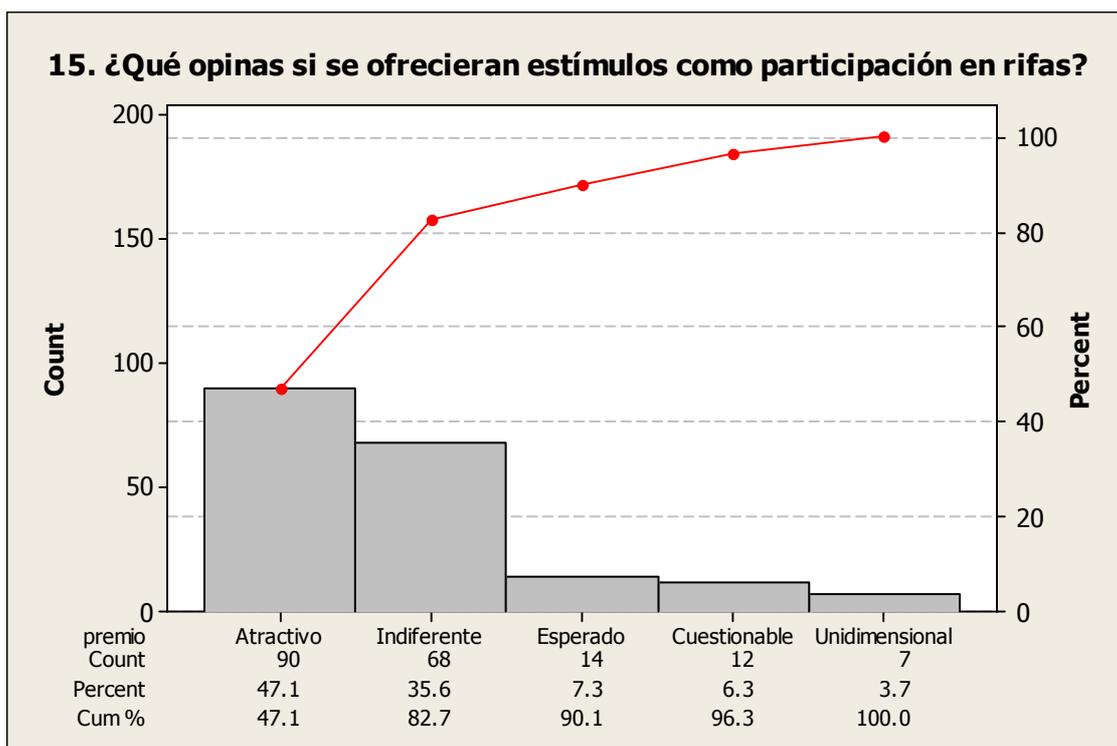


Figura 3.18. Diagrama de Pareto para clasificación del atributo estímulos para los participantes de la campaña.

Con lo que se confirma el interés de parte de esta comunidad por trascender en el cuidado ambiental. No obstante que para poco más de un tercio es un factor indiferente, se determinó este factor como indispensable para asegurar la participación de la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería, de este modo se asegura elevar el nivel de respuesta y captar una mayor cantidad de pilas durante la campaña piloto.

Por otra parte, con el objetivo de estimar la viabilidad de recolectar un número significativo de pilas a través de una campaña piloto de breve duración (Ecotón), se les preguntó el número aproximado de pilas que depositarían (respondieron el cuestionario bajo el supuesto de que la campaña se realizaría un mes de la encuesta).

El histograma correspondiente a las 152 respuestas obtenidas para esta pregunta se muestra en la figura 3.19.

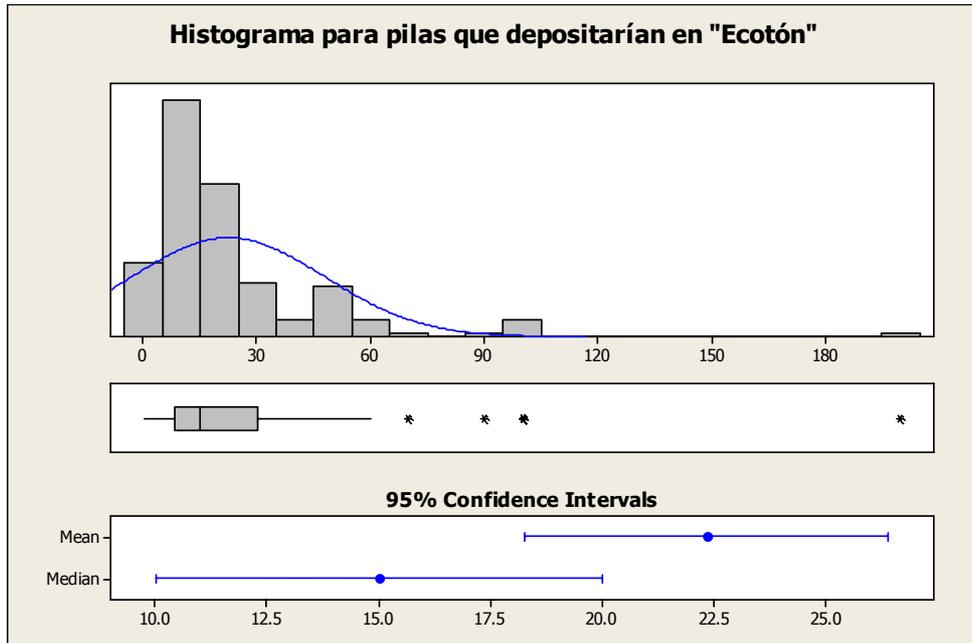


Figura 3.19. Histograma para pilas a depositar durante "Ecotón".

Dado que se presentan outliers, enseguida se presenta la figura 3.20 que ilustra la distribución de los datos una vez que estos outliers han sido suprimidos de la serie de datos:

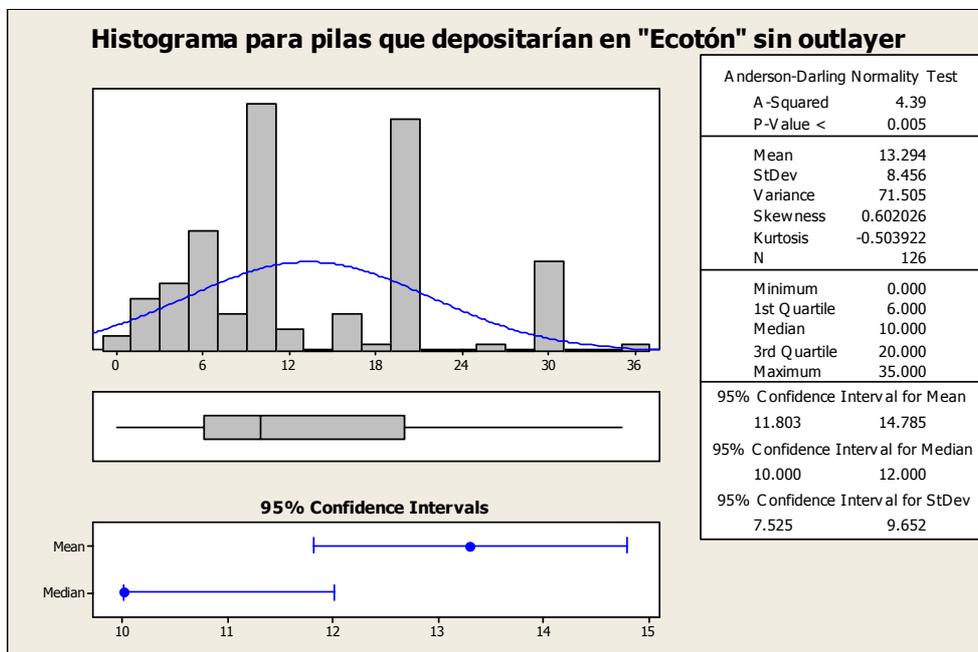


Figura 3.20. Histograma para pilas a depositar durante "Ecotón" (sin outliers).

Con base en el análisis anterior, se estima un promedio de recolección de 13.29 pilas por cada persona que acuda a depositar pilas durante la campaña piloto.

Este valor estimado se contrastará con el valor real una vez realizado el conteo de pilas recibidas y participantes en la campaña piloto que se lleve a cabo.

A continuación se presenta el análisis de los "outlayers", en este caso los valores atípicos representan un grupo definido, como se observa en la gráfica 3.21. Estos valores denotan la existencia de personas que al momento de la encuesta tienen almacenadas pilas, mismas que dispondrán depositar en el momento de la recolección. Basados en lo anterior es de esperarse que algunos depositantes acudan a depositar pilas que llevan acumulando durante años.

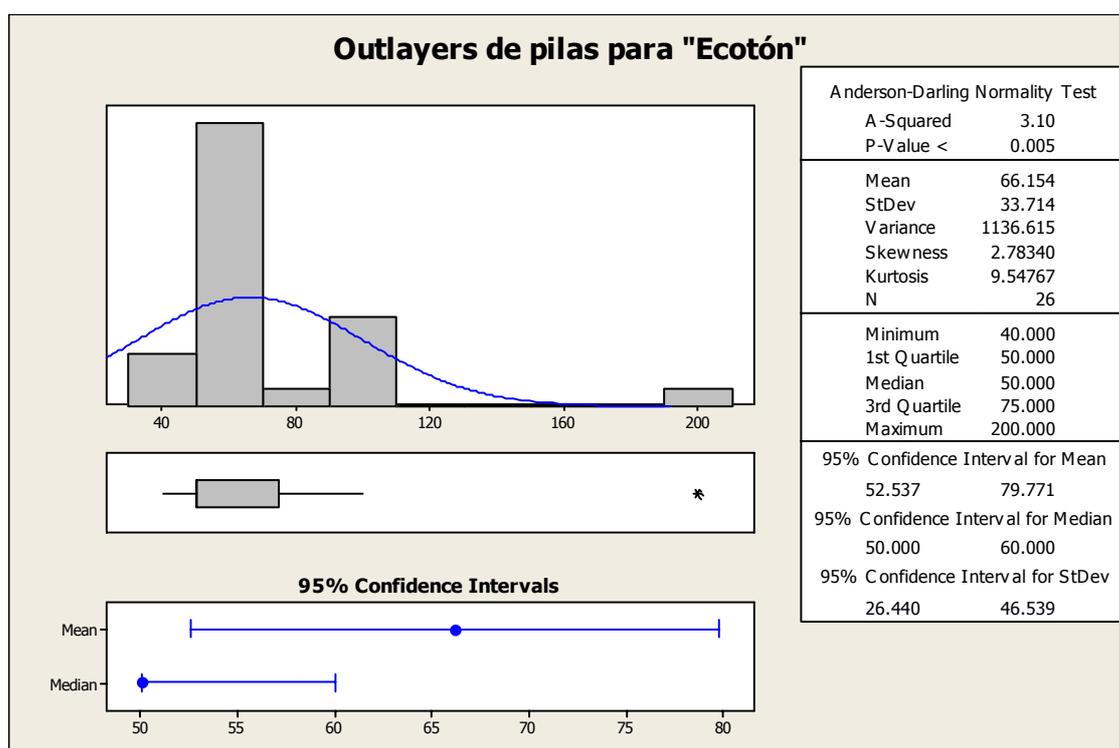


Figura 3.21. Histograma para outliers de pilas a depositar durante "Ecotón".

Con base en la información que arrojó la encuesta, se determinó que existía una alta probabilidad de llevar a cabo con éxito una campaña de recolección y confinamiento en la Facultad de Ingeniería, ya que se estimó una tasa de depósito promedio superior incluso a la tasa de consumo calculada en 10 pilas per cápita, como media nacional estimada por el INE (Castro y Díaz, 2004).

En términos de una campaña de recolección piloto, dicha tasa promedio de consumo se traduciría en un alto potencial de recolección.

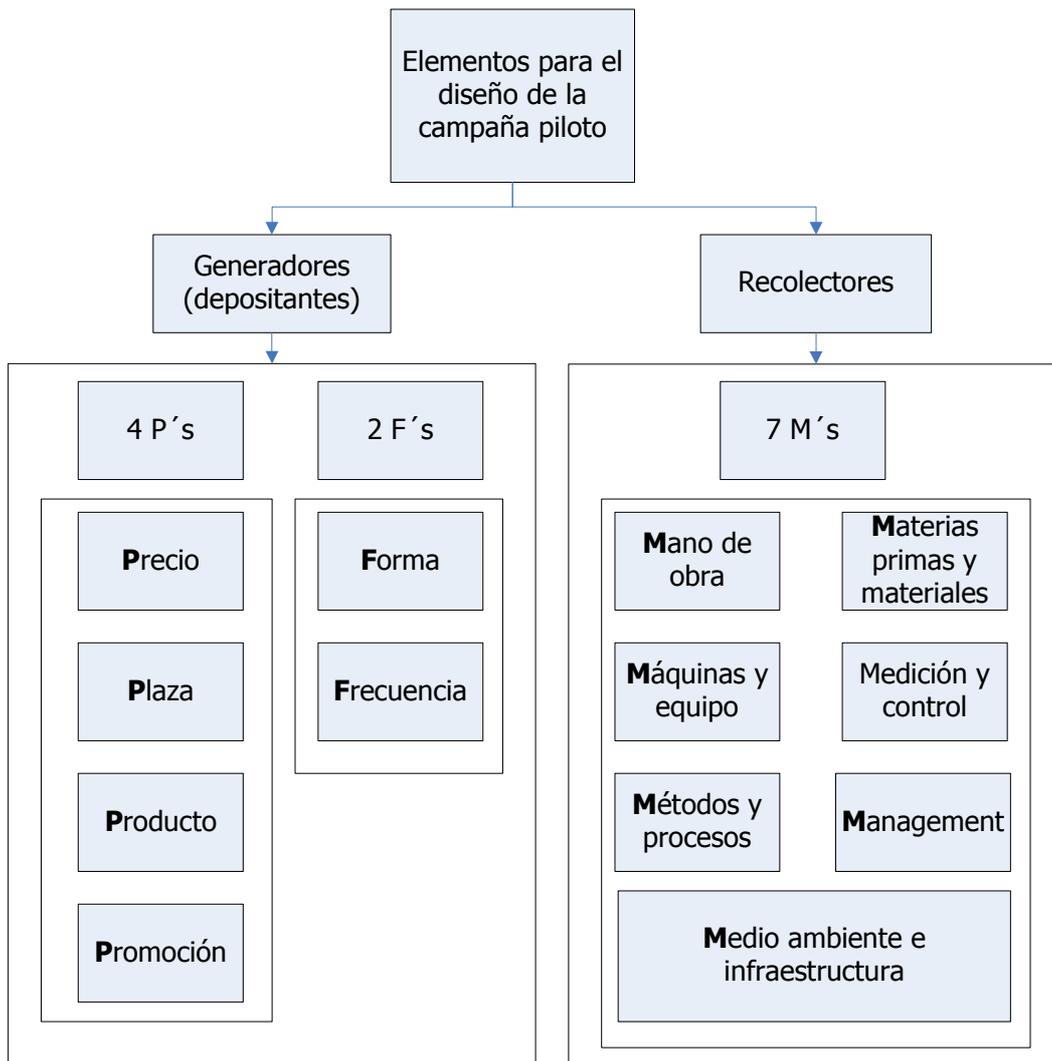


Figura 3.22. Elementos básicos de la campaña de recolección.

3.3 Determinación de elementos y requerimientos de la campaña

La campaña piloto tuvo como objetivo la captación de la mayor cantidad de pilas, que se puedan recolectar en una semana continua; sin embargo, se propuso como meta 10000 pilas (esta cantidad de pilas, corresponde aproximadamente a un tambor de 208 l de capacidad), volumen mínimo que las empresas dedicadas al traslado de residuos peligrosos, transportan hasta el punto de confinamiento.

Para lograr la recolección fijada se estructuró una campaña atractiva para los generadores y funcional para los recuperadores.

Para tal fin se diseñó la campaña tomando como referencia las 4 P's y las 7 M's, tal como se explicó en el capítulo de metodología, que permiten definir las

características críticas de un servicio y definir los componentes indispensables en un proceso.

En la figura 3.22, se ilustra el esquema donde se presentan los elementos que conformaron la campaña de recolección piloto.

A continuación se presenta la determinación de cada componente.

3.3.1 Las 4 P's y las 2 F's para la campaña de recolección

Producto

Para esta campaña se buscó coleccionar todo tipo de pilas y baterías, excluidas las baterías de automóvil. Se recibieron todo tipo de pila de uso doméstico de tipo primario y secundario, tipo botón, de cualquier tamaño AA, AAA, B, C, D, etc., de cualquier marca sin restricción en número.

Precio

Para esta campaña piloto, y basado en los resultados de las encuestas, se consideró no propicio establecer una cuota al depositante por el servicio de recolección, pero debido a que un porcentaje de la muestra declaró estar dispuesto a cooperar, se solicitó la cooperación voluntaria al momento del depósito de las pilas.

Adicionalmente, se consideró definir un mecanismo que incentive al generador a desplazarse hasta el punto de recolección después de usar pilas y baterías y almacenarlas temporalmente en su domicilio u oficina, incluso que le incentivara a captar pilas consumidas por algunos miembros de su familia o grupo de trabajo o amigos para depositarlo en los puntos de recolección.

En otros países los mecanismos de estímulo consisten en premios en especie en función del número de pilas que depositan, en un periodo de tiempo.

En este caso y dadas las características de la población y con finalidad de incentivar la participación en el pilotaje se estableció como estímulo una rifa, cada pila depositada equivalió a un boleto para la rifa un kit de pilas AA recargables de Ni-MH marcas Sony, incluyendo el cargador correspondiente.

Para tal efecto debían de registrarse los datos de los depositantes de pilas durante la campaña de recolección y el número de pilas que depositaron.

Plaza

La campaña tuvo lugar en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, ya que las experiencias en otros países dictan que las comunidades escolares son altamente participativas. Además, en este caso los resultados de la encuesta alimentaron la expectativa de una alta participación.

La recolección se realizó en 6 días, los primeros tres días (lunes 22, martes 23 y miércoles 24 de mayo) en la entrada del Edificio principal y los siguientes 2 días (jueves 25, viernes 26) simultáneamente en el Edificio Principal y el Edificio Anexo, finalmente el sábado 27 de mayo el Edificio Anexo.

El lugar seleccionado es paso obligado de cientos de alumnos cada día.

Frecuencia

La realización de la campaña piloto tuvo una duración de 6 días continuos. Si se hubiera buscado una recolección permanente o más amplia de pilotaje, los costos de operación serían más elevados, así mismo los costos por poseer contenedores especiales anti vandalismo y que no permitan introducir residuos distintos a los deseados, representa una inversión de un par de miles de pesos por cada uno, dinero que debería destinarse mejor al confinamiento de más pilas descargadas.

Por lo anterior, la campaña se realizó en una única ocasión y por 6 días de recolección en forma continua, cómo se describió en el punto anterior. De esta manera, aún aquellos que no se hubieran enterado de la campaña a través de los mecanismos de difusión, tendrían oportunidad de participar en días posteriores a que vieran el stand y además se daba oportunidad para que la comunidad no universitaria también asistiera para depositar sus pilas descargadas.

Forma

Se recibieron todas las pilas que las personas llevaron, sin importar el número, el tipo de empaque o envoltura en que las trajeran o las condiciones en las que las entregaran. Las pilas y baterías se recibieron en el horario de 10 a.m. a 5 p.m.; al momento de recibirlas se registraban los datos del depositante (nombre, email, carrera, edad y teléfono) y el número de pilas que entregaba. El horario para el día sábado fue de 10 a 14 horas.

Es importante mencionar que la sede de la campaña fue la Facultad de Ingeniería, no obstante, la campaña estaba abierta para la comunidad de la UNAM e incluso, para la comunidad en general que deseara participar.

Promoción

La campaña se difundió dentro de la comunidad, a través de los medios escritos mediante pósters y folletos (Figura 3.23), además de manera personal asistiendo a las aulas, brindando información de donde se realizaría, las fechas y horarios, así como la información de la rifa.

Los esfuerzos de difusión de la campaña se iniciaron un mes antes del evento, repartiendo 1000 folletos con la información de la campaña y se reforzaron a una semana de la realización de la recolección, asistiendo durante dos días a las aulas a anunciar la campaña así como pegando 100 impresiones tamaño carta (posters) tamaño carta con la misma información de los folletos.

Los folletos incluyeron además de la información de la campaña piloto, datos relevantes de contaminación por pilas, de los distintos tipos de pilas y las estadísticas de consumo de México así como la invitación a la rifa y los datos de contacto de los organizadores.

Adicionalmente se repartieron cerca de 600 volantes más durante la realización de la campaña.

3.3.2 Las 7 M's para la campaña de recolección

Mano de obra

2 personas para cada día de recolección (recepción, registro y almacenamiento temporal) en cada uno de los stands

Máquinas y equipo

Medidor de carga (multímetro)

Un vehículo para transportar las pilas recolectadas al término de cada día

4 cubetas de plástico de 20 litros para almacenar temporalmente las pilas

2 mesas

2 bancos

Medio ambiente e infraestructura

Un tambor metálico de 208 l. de capacidad

Sitio de almacenaje provisional durante la realización de la campaña piloto

Management

Difusión y promoción

Contacto con proveedores del servicio de confinamiento

Proveeduría de materiales, equipo e infraestructura

Métodos y procesos

Proceso de recepción y registro:

1. Conteo de las pilas
2. Registro de los datos del solicitante en la cédula
3. Deposito de las pilas en un repositorio para su posterior clasificación y almacenamiento
4. Actualización del número de pilas captadas en el listado
5. Proporcionar boletos para la rifa

Proceso de clasificación y almacenamiento:

1. Captura de la información de las pilas recibidas en la base de registro
2. Deposito de las pilas en el repositorio de almacenamiento temporal para su posterior entrega con la empresa de confinamiento.

Materia prima y materiales

Folletos

Pósters

Manta con el logotipo y el lema del evento, así como con la fecha del evento.

10000 Boletos numerados para la rifa

2 cuadernos para registros de las pilas

Medición y control

Cédulas de registro participante con el consecutivo de pilas recibidas.

Base de registro pilas con la clasificación de pilas recibidas (tipo, tamaño, país, nivel de carga y marca).

3.3.3 Elementos complementarios

Para la realización de la campaña de recolección fue necesario tramitar un permiso en la Facultad de Ingeniería. Por otra parte con la finalidad de atraer la atención de la comunidad se optó por utilizar música en los stands.

Adicionalmente, una actividad importante que se desarrolló fue la elaboración de letreros llamativos para adornar el stand. Como ejemplo se puede mencionar que

ambos stands se incluyeron letreros con textos de 0% Cd 0% Hg, además de letreros para las urnas de boletos, cubetas de recolección, alcancías de cooperación voluntaria, etc.

La campaña tuvo el siguiente lema: "Tírala, pero no la riegues".

La información que se presentó en los folletos y posters se ilustra en la figura 3.23.

“Tírala, pero no la riegues”

Campaña de recolección y confinamiento de pilas

En México se consumen en promedio 10 pilas x persona al año
Las pilas contienen sustancias tóxicas: Mercurio y Cadmio, entre otras.

Una pila de reloj, puede contaminar hasta 600 000 litros de agua y una pila alcalina hasta 130 000 litros

Alto a la contaminación.

Tu puedes impedir la contaminación de miles de litros de agua, evita tirar pilas y baterías en la basura, participa en la campaña de recolección y confinamiento seguro, si todos ponemos una, serán miles.

Participa llevando todas las pilas que puedas a nuestro stand
Recibiremos Pilas descargadas de uso doméstico de cualquier marca y tamaño.

Edificio principal de la Facultad de Ingeniería de la UNAM los días lunes 22, martes 23 y miércoles 24 de mayo estaremos frente a la entrada (debajo del puente del estacionamiento de alumnos)

Anexo de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, los días jueves 25, viernes 26 y sábado 27 de mayo (explanada cubierta, a un costado de los baños de alumnos)

Horarios: **Lun a Vie 10 a 17 hrs.** **Sáb 10 a 13 hrs**

Únete a la misión de coleccionar 10000 pilas, participa en la rifa de un juego de pilas recargables, cada pila descargada es un boleto, entre más pilas lleves, más litros salvas y más oportunidades tienes de ganar.

Al momento de depositar tus pilas te podrás registrar para la rifa, además si lo deseas podrás depositar una cooperación voluntaria, el dinero colectado se usará para completar el pago del confinamiento seguro de las pilas que se recolecten.

¡Cualquier duda o comentario será bienvenido!
Responsable de la Campaña: Jenaro Nosedal Sánchez (ex alumno de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, gen. 97)
jnosedal@conacyt.mx Tel. 53 22 77 00 ext. 5504



Figura 3.23. Folleto de información y promoción de la campaña de recolección piloto.

3.4 Estimación de costos económicos y ambientales

3.4.1 Costos directos por la campaña piloto

La tabla 3.1 resume los conceptos o elementos y los montos correspondientes, adicionalmente se indica si representa un egreso y por quien patrocinará el recurso.

Elementos	Costo Asociado	Patrocinador
Confinamiento de 10000 pilas	\$ 650.00	Familia Nosedal
Flete por traslado	\$1150.00	Familia Nosedal
Folletos	\$ 200.00	Familia Nosedal
Pósters	\$ 100.00	Familia Nosedal
Multímetro	\$ 50.00	Familia Nosedal
Cubetas	Donación	Familia Nosedal
Tambor	\$200.00	Familia Nosedal
Gasolina	\$200.00	Familia Nosedal
Kit rifa	\$ 260.00	Familia Nosedal
Acondicionamiento stands	\$ 500.00	Familia Nosedal
Mesas	Donación	Familia Hernández
Pago personal promoción y recepción	\$ 2000.00	Familia Nosedal
Pago personal clasificación y conteo de pilas	Donación	Familia Ortega
Análisis de muestras en laboratorio	\$ 1000.00	Familia Nosedal
Costos acumulados	\$ 6310.00	

Tabla 3.1. Costos y patrocinadores para la campaña de recolección piloto.

3.4.2 Estimación de contaminantes captados traducidos en litros de agua que no se contaminarán.

Si se logran captar las 10,000 pilas, aún en el caso de que se trataran de pilas con él más bajo contenido de metales pesados (con poder contaminante de 3000 l por unidad). Tan sólo con esa cantidad de pilas con el menor poder contaminante, existe el riesgo potencial de contaminar el equivalente de 30 millones de litros de agua. Si se trata de pilas alcalinas de origen asiático estas pueden contaminar hasta 175 000 l por unidad, el potencial de contaminación se magnifica en una proporción de 1 a 58.

El costo de realizar la campaña es de alrededor de 6 mil pesos y el costo de no hacerlo son 3 decenas de millones de litros de agua que se pueden contaminar con

el contenido de estas pilas, en el mejor de los escenarios o, en el peor, 58 veces más.

La disposición no controlada de estos residuos representa un peligro a corto plazo; el confinamiento de estos, es una manera eficaz de mitigar el riesgo de manera inmediata.

Si no se hace, en un futuro no muy lejano, parte de estos residuos estarán libres en la biosfera y se transportarán a través del aire, el suelo o el agua, para ser ingeridos por animales, y ya sea de manera directa o indirecta, por el hombre.

Si se consideran los valores reportados en la figura 1.9, basta que una sola pila alcalina de alto contenido de Hg sea vertida en algún cuerpo de agua, para lograr la contaminación de los litros equivalentes a toda el agua que tomarían 4 personas en toda su vida. Expresado en términos de volumen, esos 175 000 l equivalen a los litros necesarios para llenar una habitación de 9 m de largo por 9 m de ancho y de 2.16 m de altura, con tan sólo una pila alcalina.

Si bajo un enfoque reactivo, se plantea la idea de la remediación o rehabilitación del agua contaminada por las pilas, para establecer un comparativo se deberá considerar el costo por eliminar la presencia de metales pesados en el agua y en el suelo que se haya contaminado.

Tan sólo para el caso de agua, se tiene un costo de tratamiento que oscila entre \$ 0.7 y \$ 4.5 pesos por m³ (Martínez, ND), si se parte del hecho de que la eliminación de Hg requiere de procesos terciarios y que una pila de bajo contenido de Hg puede contaminar 175000 l. = 175 m³.

La contaminación generada por una sola pila de este tipo representa en promedio gastar \$787.5 pesos en remediación o rehabilitación, comparando el costo de confinamiento apropiado de esta pila \$ 0.06 pesos la relación es de 375 a 1.

El costo de prevención es muy inferior al de corrección, incluso el costo de confinamiento de las 10 000 pilas representa solamente el 82.5% del monto estimado en remediación o rehabilitación del daño de una sola pila.

3.4.3 Costos sociales asociados

Con respecto a los costos sociales y económicos combinados, tomando como referencia los límites establecidos por la EPA de 2 ppm. de Hg y de 5 ppb. de Cd en agua potable, dado que ambos pueden ser cancerígenos, es claro que por pequeña que sea la cantidad vertida tiene una capacidad enorme de contaminar, basta pensar en los costos sociales y económicos que representa un sólo paciente con cáncer, en México, el tratamiento de cáncer mediante quimioterapia tiene un costo promedio de \$ 23 391.81 pesos, por ciclo, considerando que un paciente requiere típicamente de 4 a 8 ciclos, el tratamiento representa un costo que oscila entre \$93 567.25 y \$140 350.87 pesos.

Es cierto que las causas que originan el cáncer son diversas, no obstante, basta que un solo caso de cáncer se origine a raíz de la exposición o ingesta cantidades de Hg o Cd, provenientes por el manejo inapropiado de las pilas que son desechadas por millones cada año, para que la relación de costos justifique el financiamiento de la campaña.

Los costos económicos en detalle se pueden observar en la tabla siguiente (IMSS, 2005).

Quimioterapias	FEC (6-8 ciclos)	FEC (4 ciclos)	CMF (6 ciclos)	CarboGem (6 ciclos)
Costo por ciclo (dependiendo del tratamiento los ciclos pueden comprender una o más sesiones)				
Medicamentos	\$ 3,861.60	\$ 3,764.90	\$ 548.50	\$ 8,901.40
Exámenes de laboratorio y gabinete	\$ 344.50	\$ 594.40	\$ 400.00	\$ 400.00
Consumibles	\$ 90.40	\$ 85.80	\$ 85.80	\$ 171.70
Mobiliario e infraestructura (costos directos)	\$ 10.50	\$ 10.50	\$ 10.50	\$ 21.00
Personal	\$ 45.40	\$ 45.40	\$ 45.40	\$ 90.80
Total (por ciclo)	\$ 4,352.40	\$ 4,501.00	\$ 1,090.20	\$ 9,584.90
Costos totales del tratamiento				
	\$ 30,466.80	\$ 18,004.00	\$ 6,541.20	\$ 57,509.40

Tabla 3.2. Costos por ciclo de tratamiento para pacientes con cáncer en México.

Si adicionalmente se considera el impacto emocional y psicológico que tiene para el enfermo y para la familia, enfrentar la noticia de un diagnóstico de cáncer y la traumática vivencia del tratamiento, son factores que difícilmente se pueden

expresar en unidades monetarias. Cualquier acción que busque reducir los riesgos para padecer una enfermedad de este tipo es justificada y necesaria, desde la perspectiva social de bienestar de la comunidad, pero adicionalmente están acompañados por la componente económica.

3.5 Realización de la campaña de recolección

Tal como se indicó en secciones anteriores, la campaña se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. El periodo de recolección estuvo comprendido entre los días 22 y 27 de Mayo del 2006.

Para la recepción de las pilas y baterías se instalaron 2 stands, el primero en la entrada del Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería, en cual se mantuvo en un horario de 10 a.m. a 17 p.m. desde el día 22 hasta el día 26, la figura siguiente corresponde a la fotografía de este stand.



Figura 3.24. Stand 1 de la campaña de recolección (edificio principal).

A este stand acudieron 331 personas, las cuáles depositaron un total de 7095 pilas.

El segundo stand se instaló desde el jueves 25 de Mayo en el Edificio Anexo de la Facultad de Ingeniería y se mantuvo hasta el día 27, recibiendo pilas en el horario establecido de 10 a.m. a 17 hrs., con excepción del día 27 que se recibieron pilas

desde las 10 a.m. hasta las 14 hrs. La figura que a continuación se inserta corresponde al cierre de actividades del día sábado en el Anexo de Ingeniería, en la fotografía se puede observar al equipo de trabajo tanto de recolección, como de clasificación y personal de apoyo para la realización de esta campaña.



Figura 3.25. Stand 2 de la campaña de recolección (edificio anexo).

En este stand se recibieron un total de 4774 pilas y se registraron un total de 219 personas que acudieron a depositar sus pilas.

No obstante que, más adelante, se destina una sección específica para los resultados, a continuación se mencionan algunas cifras de relevantes:

El resultado de la campaña es de 11869 pilas recolectadas y una participación de la comunidad de 550 personas.

Con base en los datos anteriores se consideró como un éxito esta campaña de recolección, se cubrió la meta establecida y en consecuencia se asume cubierto el beneficio/ costo establecido para este proyecto.

Es importante agregar que la cantidad total colectada asciende a 12137, ya que además de las pilas recolectadas en la campaña se recolectaron 268 pilas más, provenientes de compañeros de trabajo, familiares y amigos.

La ejecución de la campaña cerró con la realización de la rifa, para tal fin se depositaron los boletos en una urna y se extrajeron 3, con la finalidad de asignar el premio al tercer boleto, con la presencia de algunos estudiantes se anunció el nombre del ganador, quien resultó ser Jesús Barrientos Colín, estudiante del 8º semestre de la carrera de Ingeniería Civil. Las siguientes figuras corresponden a las fotografías durante la realización de la rifa.



Figura 3.26. Vaciado de las dos urnas en una sola para la rifa.

La entrega de las pilas junto con el cargador se llevó a cabo a la semana siguiente en las instalaciones de CONACYT, contra entrega de las pilas y el cargador, se extendió y firmó un recibo.



Figura 3.27. Extracción del boleto ganador de la rifa de las pilas Sony recargables y cargador.

3.6 Medición y evaluación de los resultados

3.6.1 Número de pilas recibidas

Como primer análisis a continuación en la figura 3.28 se presenta el histograma de las pilas recolectadas por cada depositante registrado:

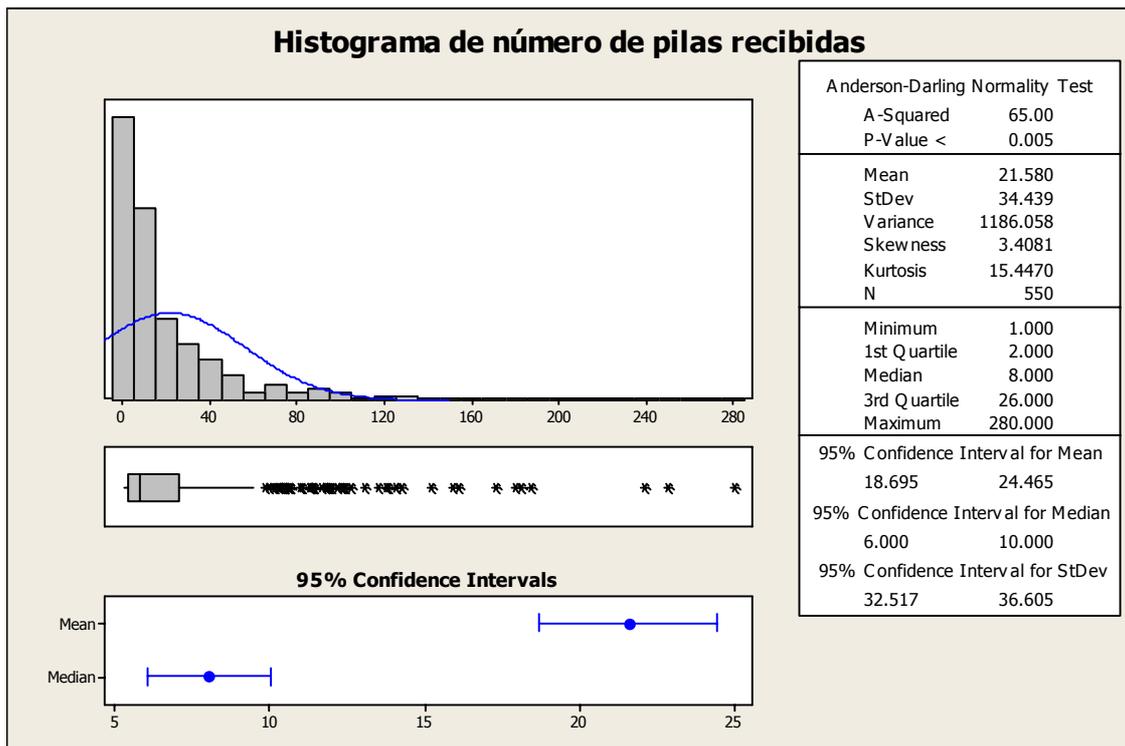


Figura 3.28. Histograma de las pilas recibidas por depositante durante la campaña de recolección.

Es interesante observar que la media calculada para la totalidad de los participantes (muestra de 550) corresponde 21.58 pilas, valor que coincide con el consumo per cápita proyectado en función de la tendencia histórica (21.32 pilas per cápita anuales).

Sin embargo, tal como se ha hecho a lo largo de este trabajo, a continuación se muestra la figura 3.29, correspondiente al histograma sin outliers en la serie de datos.

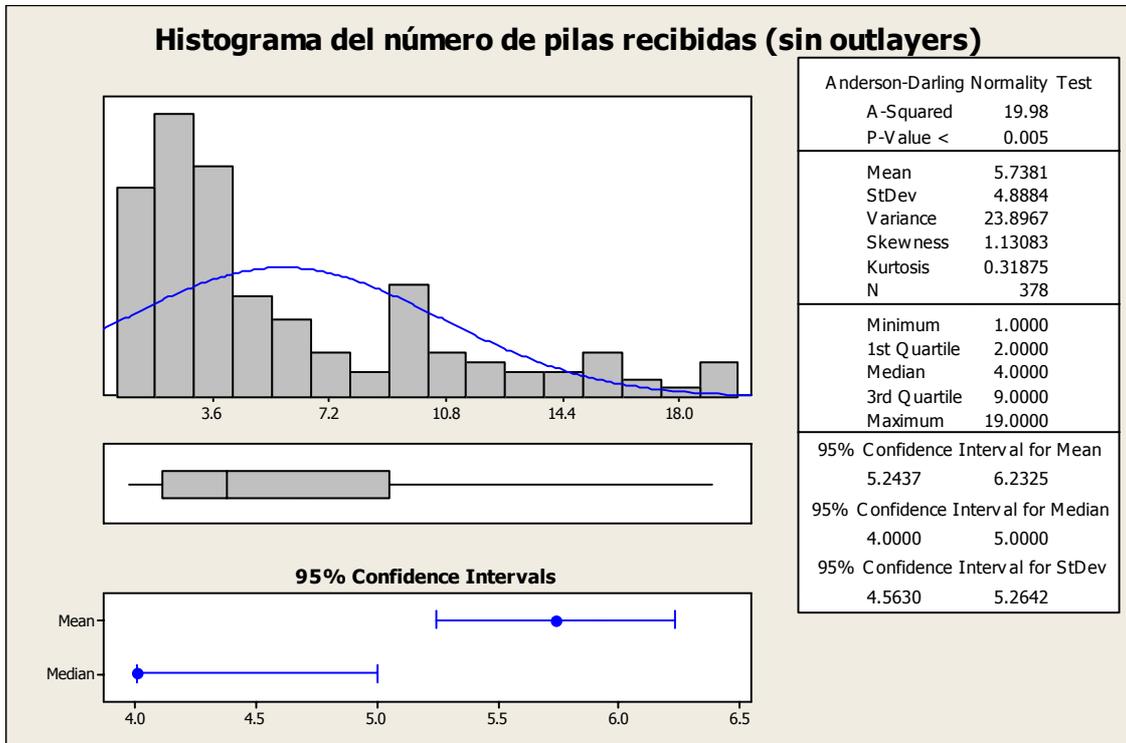


Figura 3.29. Histograma de las pilas recibidas por depositante durante la campaña de recolección (sin outliers).

Resultado de la eliminación de los outliers de la serie (378 depositantes), el promedio calculado es de 5.74 pilas, valor que se puede asumir como el promedio mínimo esperado para la población, en tanto el máximo se tomaría como 21.58 (incluyendo los outliers, 550 depositantes).

Pero también en la figura 3.28 es muy evidente, que los outliers forman un "subconjunto de datos agrupados, el análisis de estos datos se presenta en la figura 3.30. El análisis de las causas "especiales" de variación se desarrolla a continuación

Claramente son datos que superan con mucho el promedio estimado a través de la encuesta, pero por otra parte se asemeja al comportamiento observado para los outliers analizados, como parte de las respuestas de la mencionada encuesta.

Con los que se confirma la existencia de personas con alta conciencia ecológica, quienes retienen en sus domicilios las pilas y no las desechan con el resto de su basura domiciliaria.

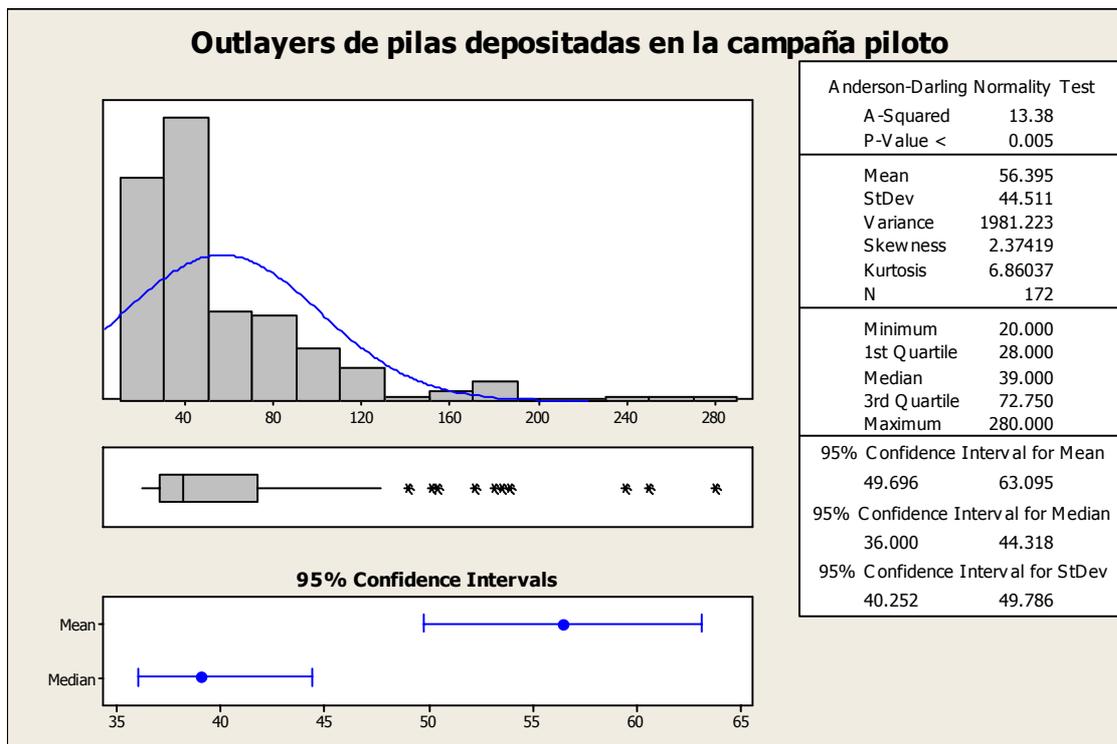


Figura 3.30. Histograma de outlayers de las pilas recibidas por depositante durante la campaña de recolección.

Con base en los valores anteriores y lo observado durante la campaña de recolección, se pueden establecer distintos comportamientos para los depositantes, a continuación se mencionan estos:

Espontáneo o casual: asistió a depositar sus pilas porque por coincidencia vio el stand y tenía en su poder pilas casi recién descargadas.

Participativo: asistió a depositar las pilas que logró recolectar a partir de que se enteró de la campaña e incluso asistió más de una vez al stand para depositar las pilas que adicionalmente recolectó en casa, con amigos o familia. Evitando incluso que las tiraran a la basura.

Proactivo: asistió a depositar las pilas que ha acumulado o que en casa acumulan desde hace años porque están enterados de que contaminan.

Estos comportamientos detectados a raíz de comentarios por parte de los participantes hacia el personal que atendían los stands, se justifican y se reflejan en el número de pilas que los depositantes entregaban, mientras algunos llevaban 1 o 2 pilas, otros depositaron hasta 280 pilas en una sola entrega. Sin embargo estadísticamente no se

puede asumir que este comportamiento pueda esperarse de manera consistente para posteriores acciones o proyectos similares.

Para la determinación aproximada de las contribuciones, en posteriores programas similares a la campaña piloto, se propone la siguiente estimación:

Aritméticamente se puede calcular un promedio de los promedios mínimo y máximo observados (5.74 y 21.58), para obtener 13.659 pilas como tasa promedio de depósito para un alumno de la Facultad de Ingeniería.

Por otra parte a continuación se muestra la comparación de las dos muestras de los depositantes separados en función del stand a donde asistieron, las figuras siguientes corresponden a este análisis.

Primero se muestra el análisis para las pilas recibidas por persona en el stand del Edificio Principal, Edificio Anexo y ambos, figura 3.31, 3.32 y 3.33, respectivamente.

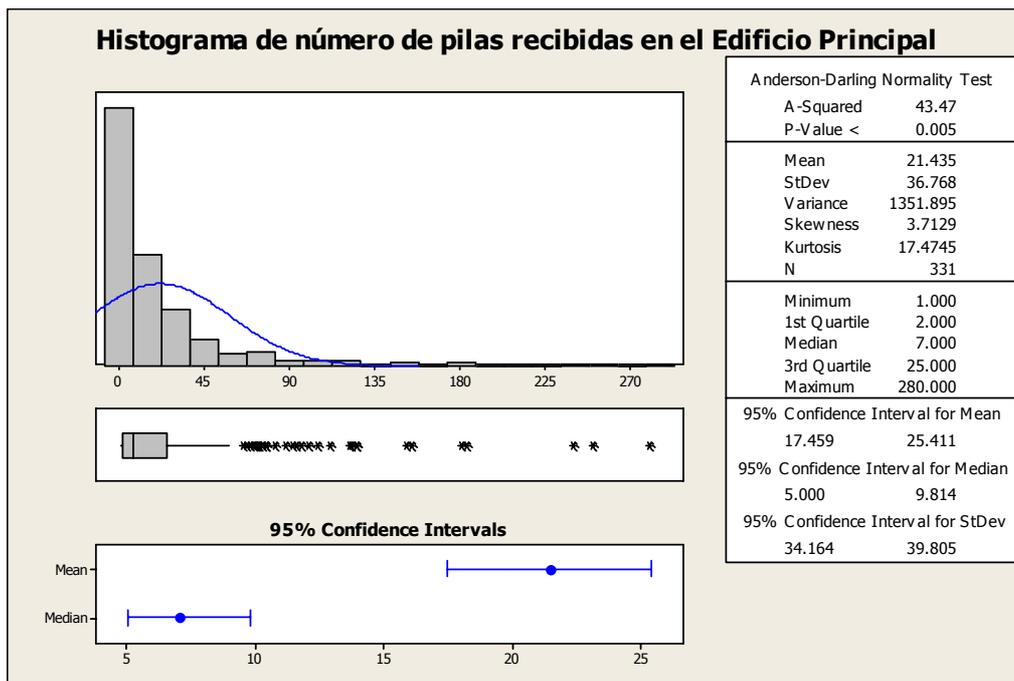


Figura 3.31. Histograma de las pilas recibidas en el stand 1 por depositante durante la campaña de recolección.

La figura con el análisis de las pilas depositadas en el stand del anexo, es la siguiente:

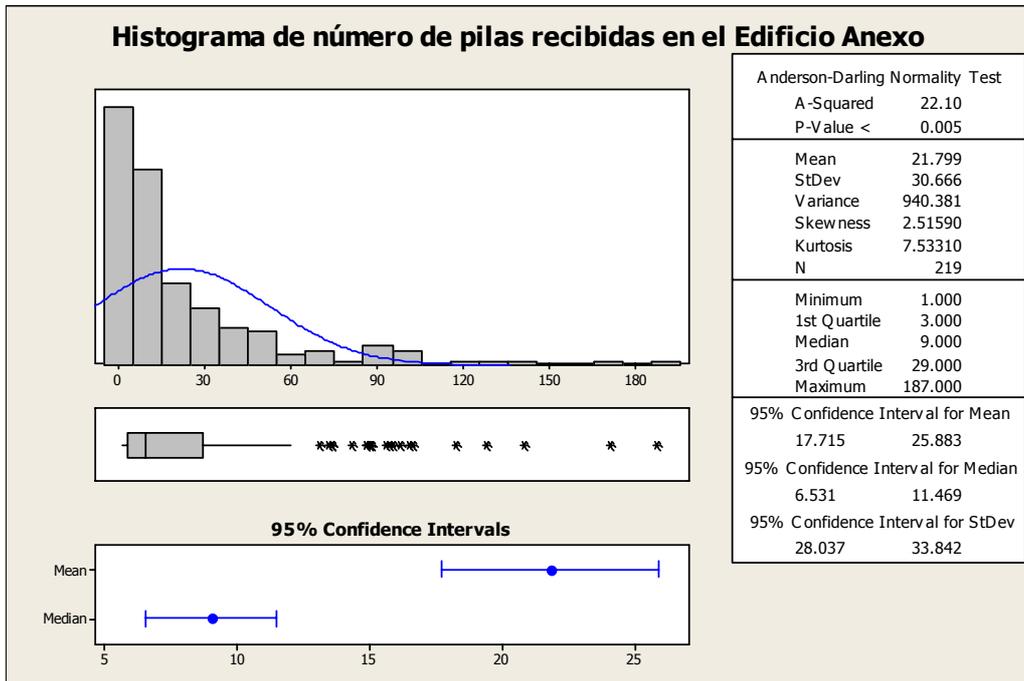


Figura 3.32. Histograma de las pilas recibidas en el stand 2 por depositante durante la campaña de recolección.

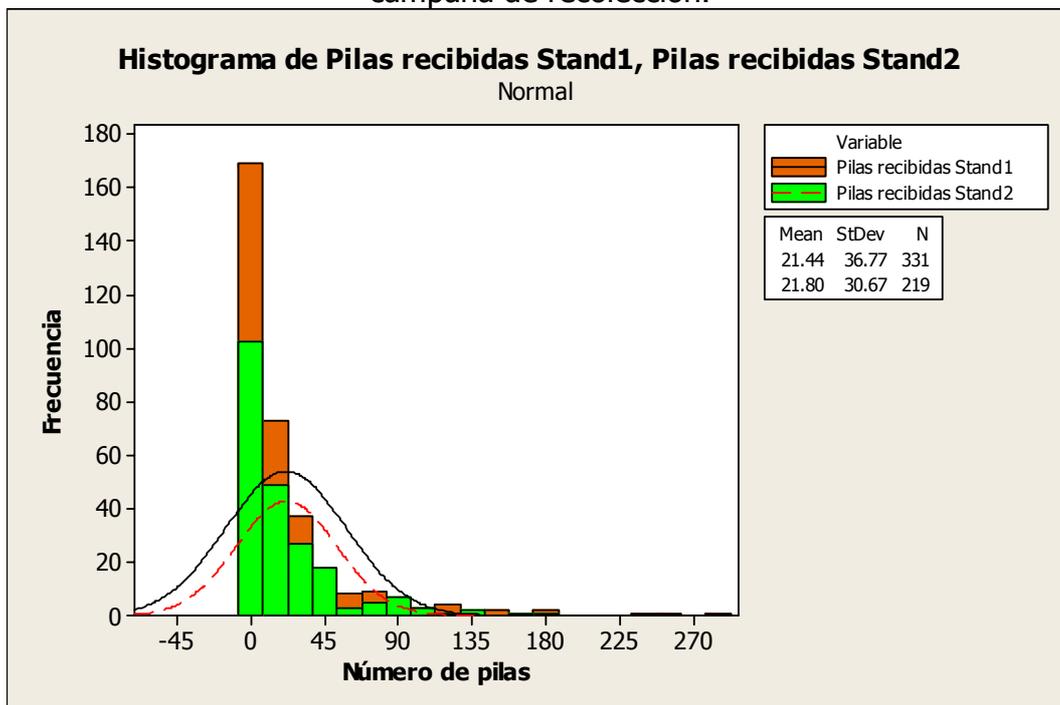


Figura 3.33. Histogramas superpuestos de las pilas recibidas en ambos stands.

Para ambas muestras se obtienen valores de media y desviación estándar muy similares; por otra parte, ninguna de las 2 muestras se ajusta a una distribución normal (prueba de Anderson-Darling).

Solo falta ahora verificar, a través de las comparaciones de varianzas y de medias de las muestras, si se puede considerar el comportamiento observado para estas dos muestras como estadísticamente "idéntico".

La comparación de las varianzas de estas dos muestras se ilustra en la figura 3.34.

La comparación de varianzas se hace a través de la prueba de Levene; dado que el valor de P es mayor a 0.05 se acepta la H_0 , lo que significa que no existen diferencias entre las varianzas de estas dos muestras.

Posteriormente, se realiza la comparación de las medias de ambas muestras a través de una prueba Mann - Whitney, el resultado de este análisis se ilustra con la figura 3.35.

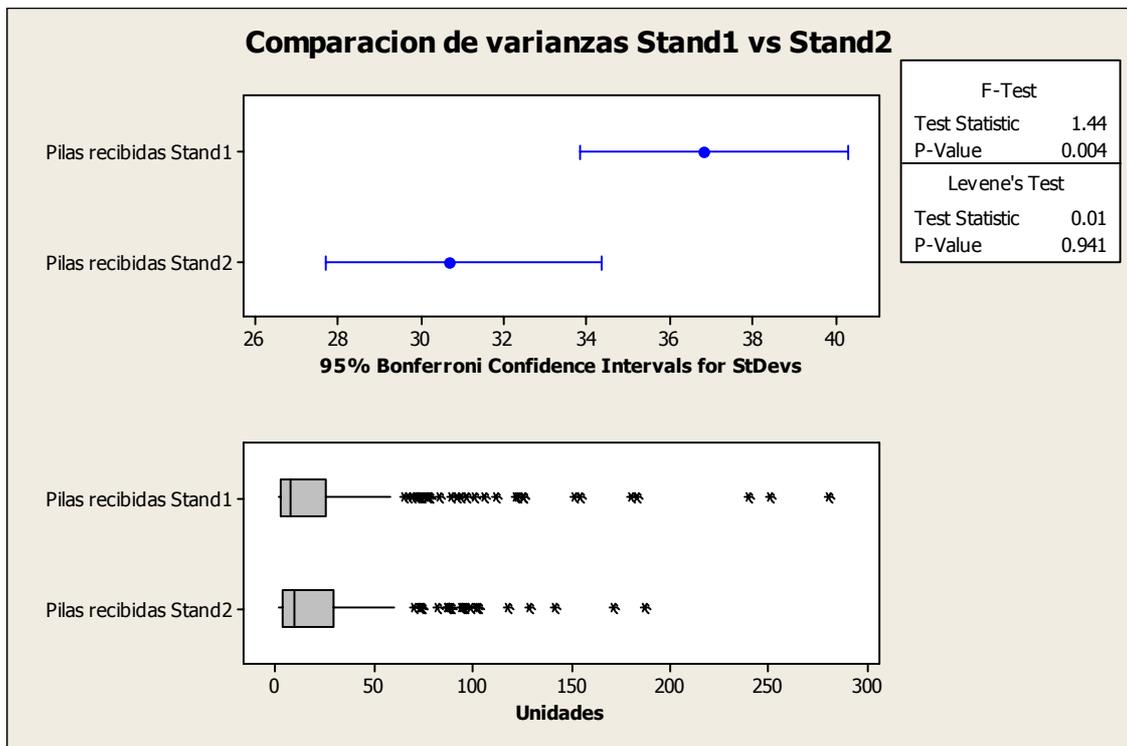


Figura 3.34. Comparación entre varianzas para las pilas recibidas en el stand 1 vs. stand2.

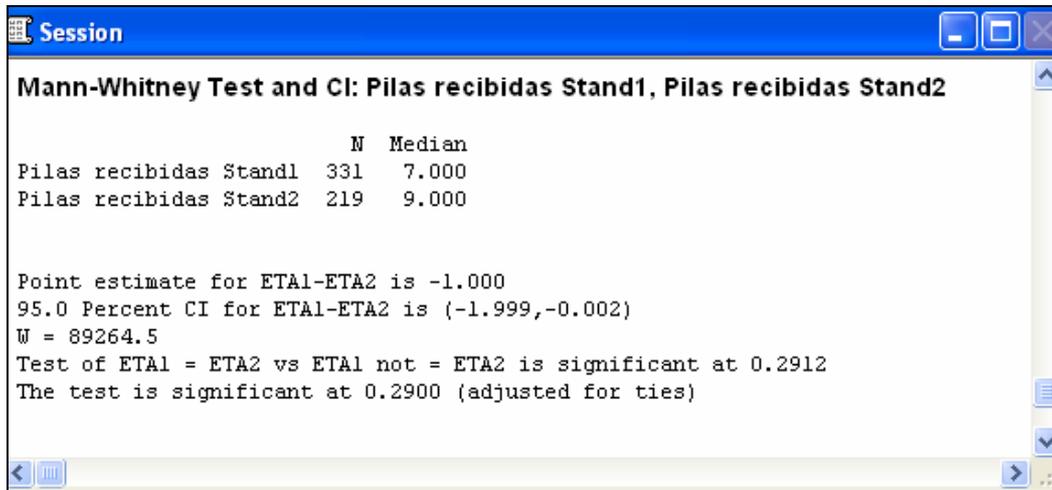


Figura 3.35. Comparación entre medias para las muestras pilas recibidas en el stand 1 vs. stand2.

Nuevamente en función del valor de $P = 0.2912$, mayor a 0.05 , se concluye que no existen diferencias en las muestras con respecto al comportamiento observado para sus medias. Dicho en otras palabras dado que estas muestras fueron independientes (lugares distintos, días distintos, participantes distintos) y son estadísticamente idénticas, el comportamiento observado se puede considerar el mismo en lo que a la participación en la campaña de recolección se refiere, sin distinguir entre alumnos del Edificio Principal y del Anexo de Ingeniería.

3.6.2 Comportamiento de los participantes

Otro elemento para caracterizar el comportamiento de la población con base en la información disponible, es a través del género de los participantes, a continuación se presenta el análisis comparativo entre los dos grupos, figuras 3.36, 3.37 y 3.38.

De manera análoga a otras muestras, para estas dos se determinó a través de la prueba de Anderson-Darling, que las muestras no se ajustan a una distribución normal. En función de lo anterior se realizó la prueba de Levene y de Mann - Whitney, para la comparación entre varianzas y de medias de las muestras. Los resultados de las pruebas se ilustran en las figuras 3.37 y 3.38.

En estas figuras se verifica, que tanto las varianzas como las medias de las muestras son iguales (P mayor a 0.05 en la prueba de Levene y de Mann - Whitney). Con base en este análisis, se asume que el número de pilas depositadas no varía en función del género del depositante.

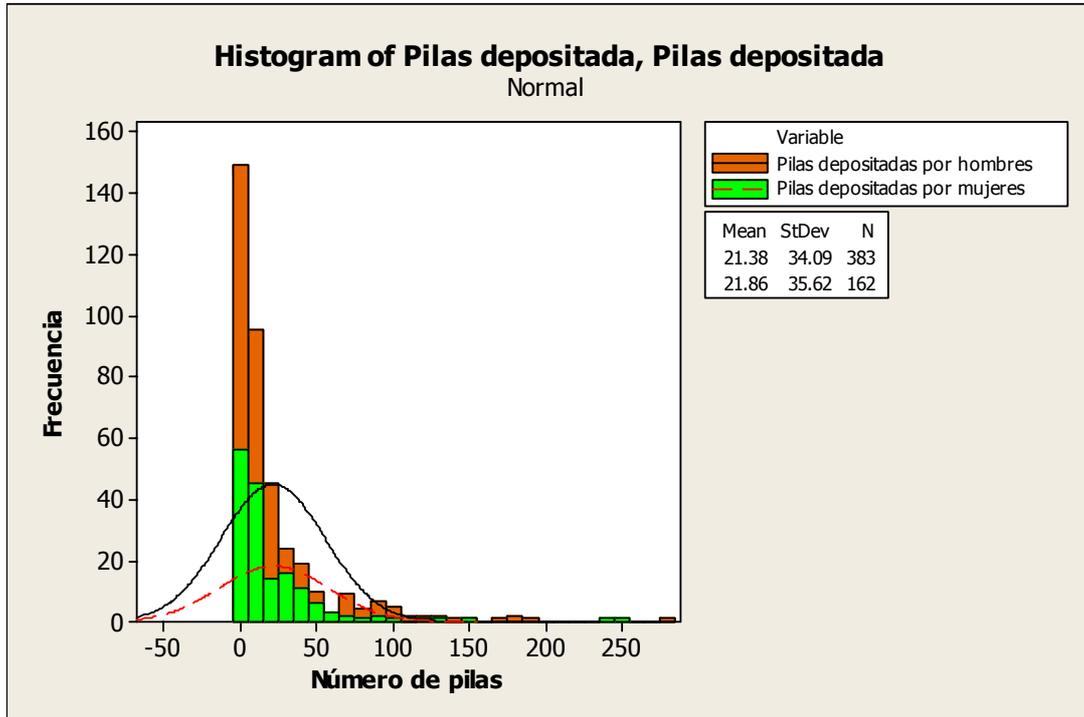


Figura 3.36. Histogramas superpuestos para las pilas recibidas de hombres vs. de mujeres.

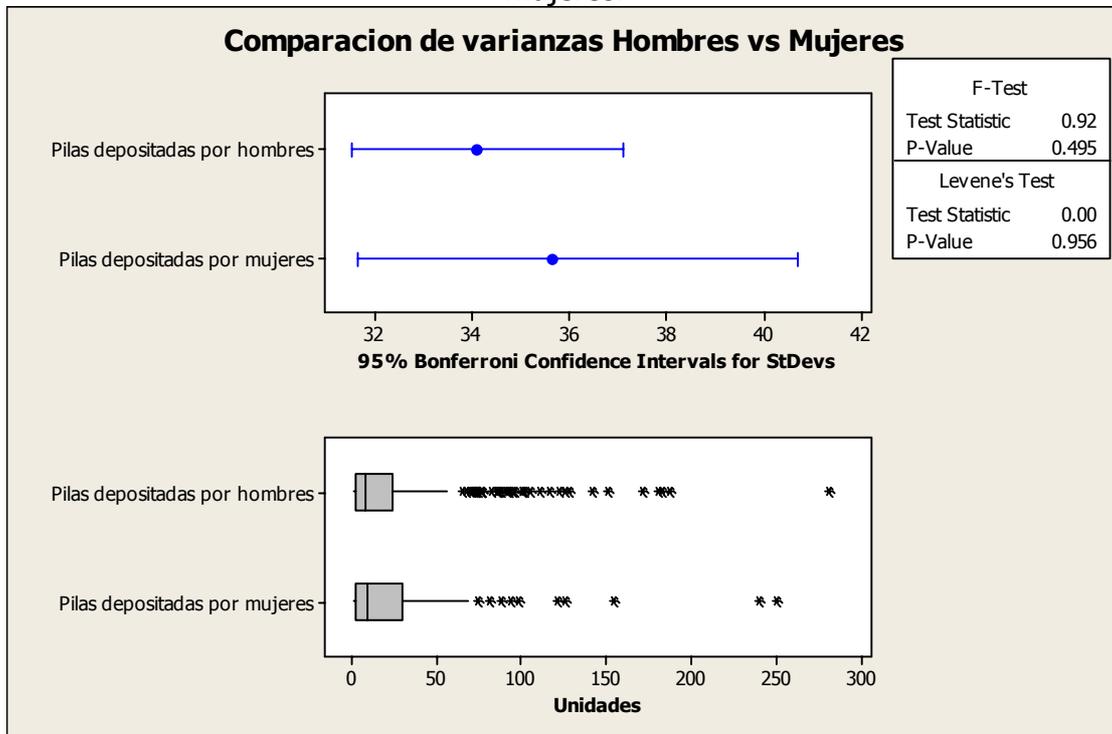


Figura 3.37. Comparación de varianzas para las pilas depositadas por hombres vs. mujeres.

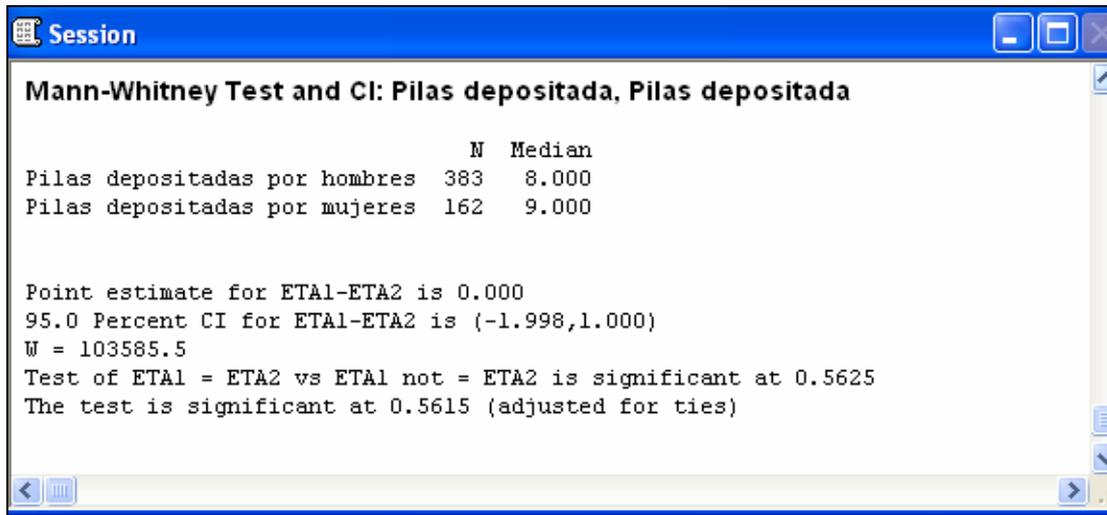


Figura 3.38. Comparación de medias para las muestras pilas depositadas por hombres vs. mujeres.

Finalmente como último análisis de los datos registrados de los depositantes, se ilustra a continuación el diagrama de Pareto con el lugar de origen (facultad o escuela) de los depositantes, figura 3.39.

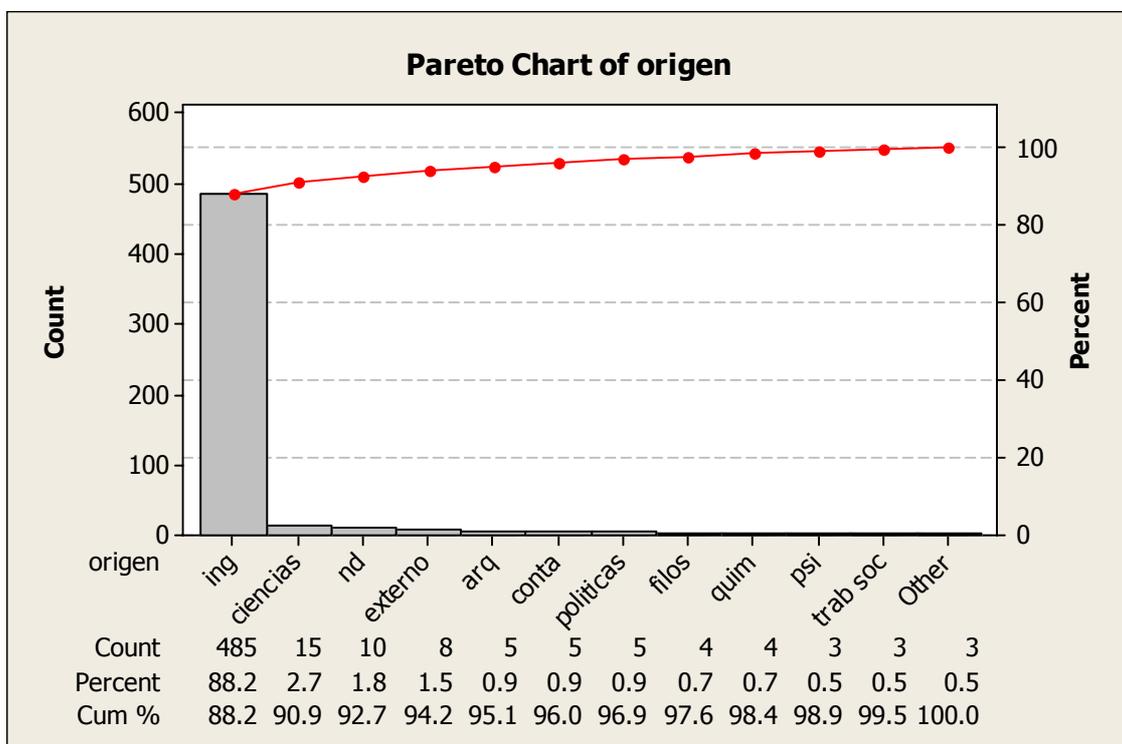


Figura 3.39. Diagrama de Pareto para el origen de los depositantes (facultades o escuelas de procedencia).

3.6.3 Caracterización de las pilas

Una vez que se ha analizado la información registrada de los participantes, ahora se desarrolla el análisis correspondiente resultado de la clasificación y valoración de las pilas recibidas.

Como primer análisis para las características de las pilas recolectadas, se presenta la figura 3.40 con el diagrama de Pareto, clasificando las pilas recibidas por tamaño.

Como se puede observar claramente las pilas tamaño AA son las que predominan sobre las demás presentaciones con $\frac{3}{4}$ partes del total recolectado, seguidas por las pilas tamaño AAA que representan menos de la quinta parte del total de las pilas recibidas.

De manera análoga se incluye la figura 3.41 correspondiente al Pareto generado con base en la clasificación por país de origen.

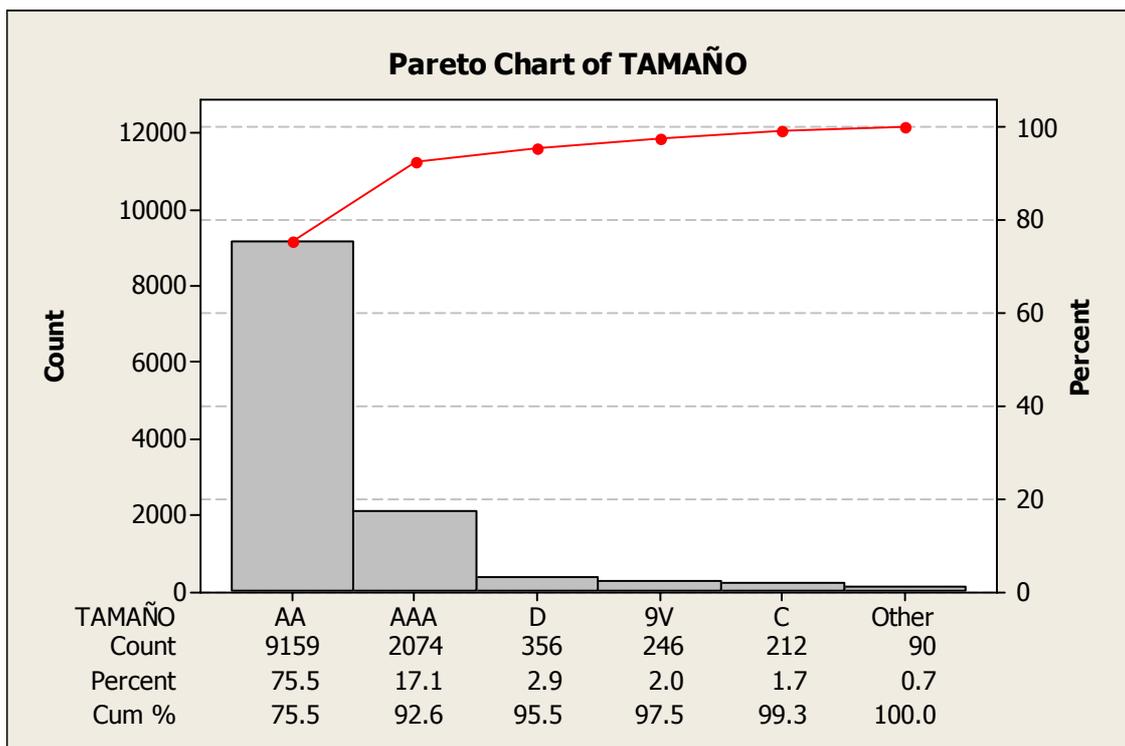


Figura 3.40. Diagrama de Pareto para los tamaños de las pilas recibidas.

En este caso mas allá de que EUA haya sido el país de origen para poco mas de un tercio de las pilas recibidas, el dato relevante es que un sexto de las pilas recibidas no tenían indicado el país de origen.

En la mayoría de los casos las pilas de marcas "poco conocidas" carecían de este dato en su etiqueta.

Por otra parte, alrededor de la mitad de las pilas recibidas provienen de países asiáticos, sin que esto signifique que estas sean de marcas comercializadas en el comercio ambulante o con los mas altos contenidos de metales pesados.

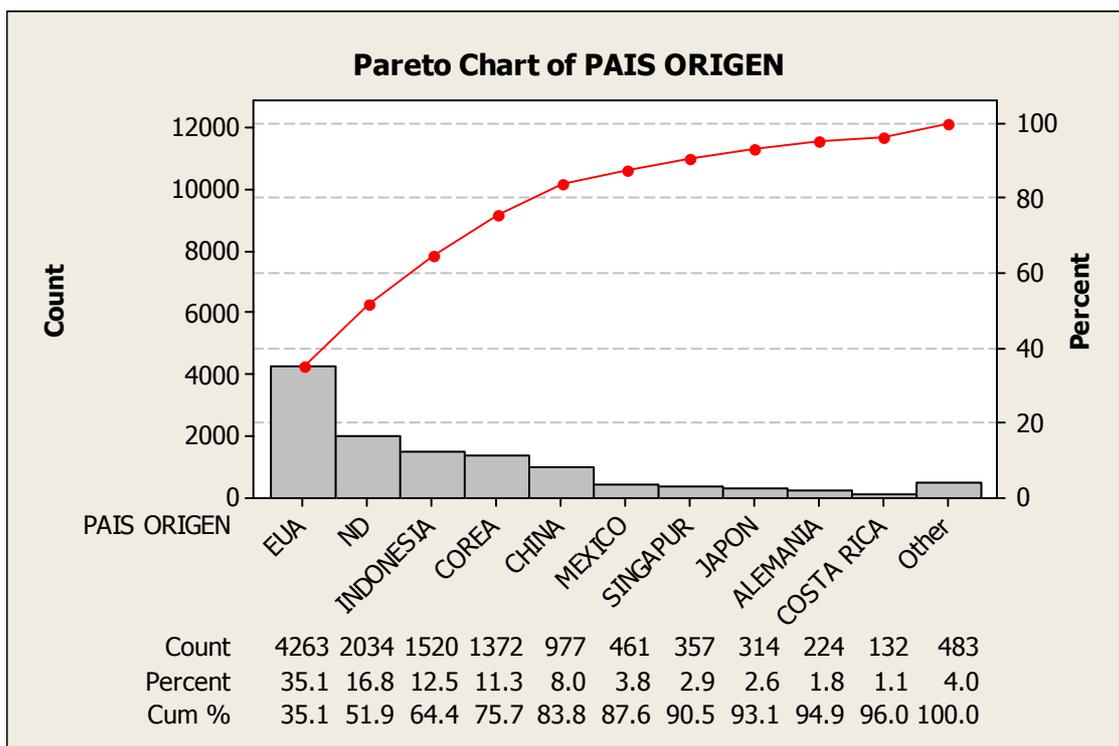


Figura 3.41. Diagrama de Pareto para los países de origen de las pilas recibidas.

Para revisar esta situación más adelante se presenta el análisis por marca.

La distribución por marcas se ilustra en la figura 3.42, donde se muestra el diagrama de Pareto correspondiente a la clasificación de las pilas recibidas.

Las pilas de mayor consumo para la población de estudio resultaron ser de la marca Duracell, seguidas por las pilas marca Sony, así como de otras pilas que se comercializan en establecimientos formales, tal como se declaró en la encuesta que previamente se aplicó, los miembros de la población de estudio consumen mayormente pilas de marcas que típicamente no se venden en el comercio informal. No obstante lo anterior, también es considerable la presencia de pilas de marcas Rocket y Tectron, de las cuáles se tiene evidencia de que son las de mayor contenido de Hg y Cd (los resultados del análisis específico de estas dos marcas se incluyen en el capítulo 1).

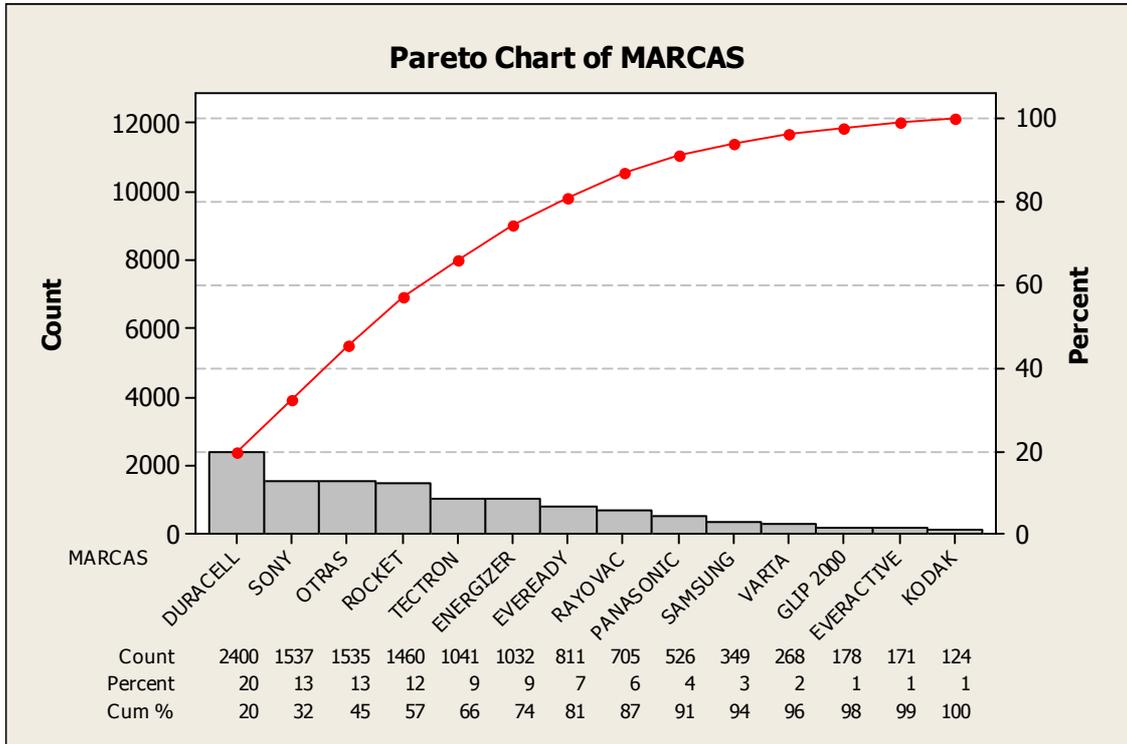


Figura 3.42. Diagrama de Pareto para las marcas de las pilas recibidas.

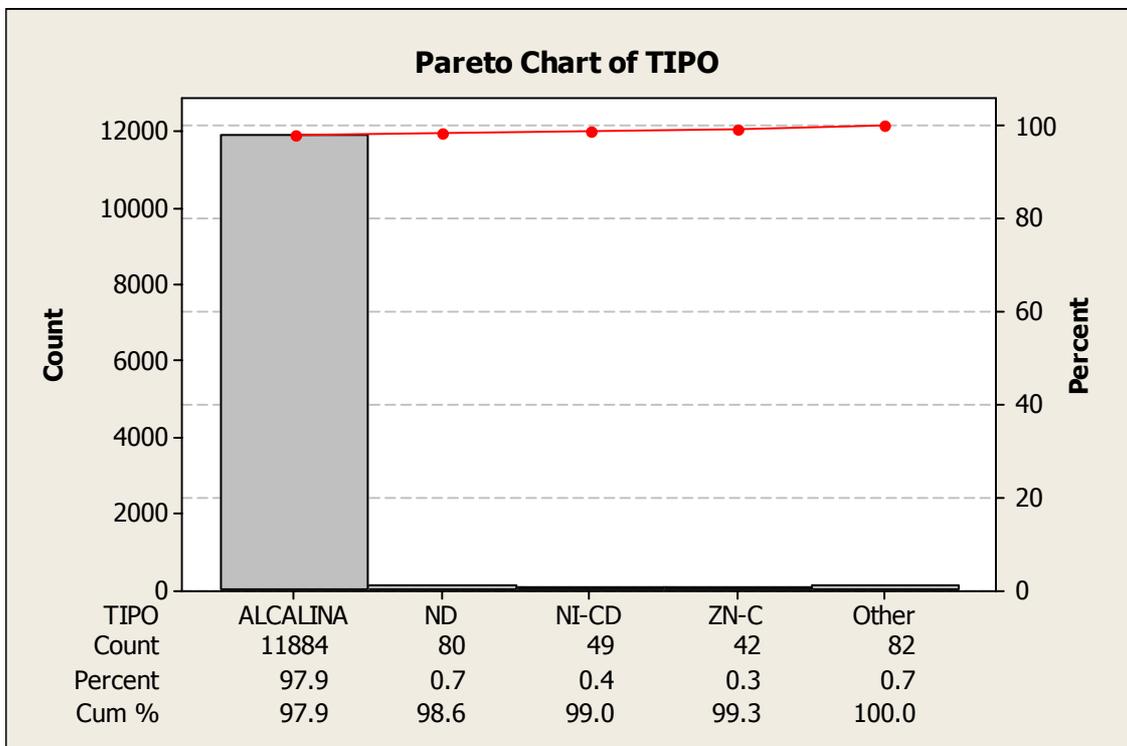


Figura 3.43. Diagrama de Pareto para los tipos de las pilas recibidas.

La figura 3.43 es muy que elocuente en lo que respecta a la presencia dominante de las pilas alcalinas por sobre el resto de los tipos de baterías, derivado de lo anterior se concluye que para esta población no hay un hábito de consumo y/o uso de pilas secundarias, por lo que se descarta la posibilidad en el corto plazo de establecer el reciclaje como opción para cerrar el ciclo de vida de las pilas, ya que como se comentó en los antecedentes las tecnologías actuales no son rentables para todos los tipos de pilas.

Adicionalmente a los tipos de pilas que se listan en la figura anterior, se recibieron también 169 pilas tipo botón y 57 baterías para lámparas tipo excursionista o de teléfono.

Otro elemento que se verificó y registro para las pilas recolectadas, es el nivel de carga de estas, para tal fin se utilizó un multímetro, el cual cuenta con una escala para medir y clasificar las pilas en tres categorías: Cargada, semicargada y descargada, aunque adicionalmente hubo 13 pilas que debido a su estado, que no era posible determinar el voltaje para medir y no se les pudo clasificar de esta forma.

Con base en la medición y registro de la totalidad de las pilas recibidas se construyó el diagrama de Pareto que se presenta a continuación en la 3.44.

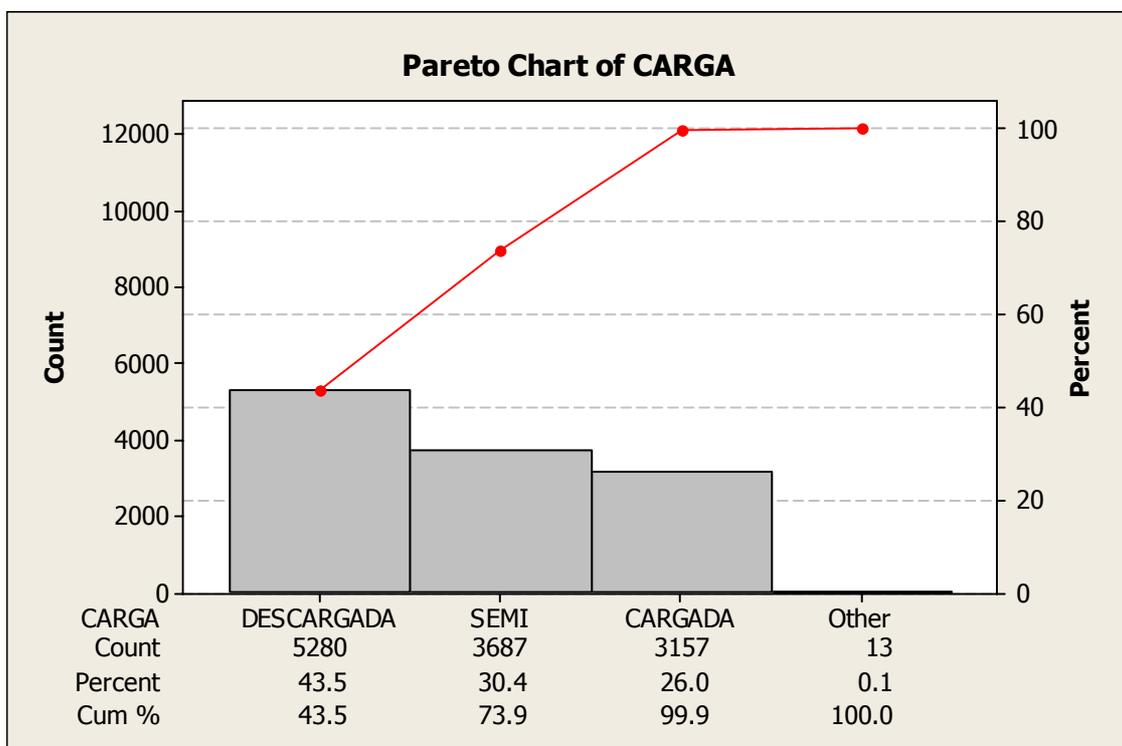


Figura 3.44. Diagrama de Pareto para la carga medida en las pilas recibidas.

De la figura 3.44 es importante resaltar las 3157 pilas que resultaron estar cargadas, este hecho revela por una parte que los usuarios de pilas y baterías frecuentemente (26 % de las veces para la muestra), desechan pilas que no han cumplido con su vida útil.

Lo anterior no sólo representa una contaminación "innecesaria", sino además un dispendio relacionado con los costos económicos directos de compra.

Si se considera que una pila alcalina AA se puede adquirir a \$1.25 pesos (en el comercio ambulante) como precio mas bajo, para el caso de esta muestra se tiene entonces un desperdicio de cuando menos de \$ 3946.25 El monto anterior representa el equivalente al 62.54 % del costo de la presente campaña.

En lo que respecta a las pilas semicargadas, estas también representan un aprovechamiento parcial de estos dispositivos, lo que se traduce en contaminación adicional, ya que estas pilas podrían emplearse en equipos de bajo consumo como podrían ser controles remotos, relojes despertadores, radios, etc., hasta que entregaran el remanente de la carga contenida en estas. Estas representan un desperdicio similar al calculado para las pilas cargadas.

3.6.4 Cálculo del potencial contaminante captado

Derivado de las clasificaciones y conteos anteriores, donde se identificaron tipos y marca para todas las pilas recibidas y considerando el potencial contaminante asociado que se mencionó en el primer capítulo, se tiene la posibilidad de estimar en número de litros que podrían contaminar en conjunto las pilas recolectadas.

Para realizar la estimación se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se tomarán los valores de potencial contaminante de la Figura 1.9, incluida en el capítulo 1, independientemente del tamaño de la pila, debido a que la mayoría de las pilas recibidas son AA.
- Para las pilas alcalinas de marcas Duracell, Energizer, Rayovac, y el resto de marcas que se comercializan en establecimientos, se tomará como potencial contaminante $175\ 000 / 26 = 6730$ l, este criterio se basa en la percepción optimista de que el potencial de contaminación mayor corresponde solamente a las pilas de bajo precio, de origen asiático y comercializadas en los puestos ambulantes.
- La estimación excluye las 57 baterías recibidas, debido a que no se conoce un valor de referencia de su potencial contaminante. De igual modo se omiten las pilas de Litio.

- Las pilas que se determinó que aún están cargadas tampoco se contabilizan para la estimación, ya que estas pilas no debieron ser desechadas.
- Las pilas botón también se excluyeron, ya que en su mayoría son pilas de litio. Por otra parte lo que se desea obtener es un valor representativo para campañas de recolección similares, por lo que el número de pilas tipo botón no es significativo, de hecho se considera que para poder coleccionar cantidades importantes de este tipo de pilas, debiera de diseñarse una campaña orientada a relojeros de establecimientos y del comercio ambulante, no así con una campaña con la que se diseñó en este caso.
- Para las pilas que debido a que no estaban etiquetadas, no se les asignó marca o tipo, se les considerará el valor contaminante de las pilas alcalinas de bajo contenido de Hg y Cd, de 6730 l.

Con base en las consideraciones anteriores, se tiene para las 8881 pilas un potencial contaminante acumulado de 555 904 110 l de agua. Esta cantidad de agua equivaldría a la necesaria para darle 4 l de agua a cada uno de los mexicanos que hoy en día están vivos.

En términos de volumen con esa cantidad de agua se llenaría una alberca de 500 m de largo por 500 m de ancho y una profundidad de 2.22 m.

3.6.5 Resultados de la campaña piloto de recolección

Como resultado de los análisis realizados y presentados se determinó:

El promedio de depósito en 21 pilas por persona durante la campaña (incluyendo outlayers), y además se calculó un promedio de consumo (potencial de ser recolectado) de 13 pilas por año para un estudiante de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con un consumo aproximado de 60% pilas de bajo contenido de metales pesados contra 40% de alto contenido de metales pesados.

El número de litros de agua "protegidos" por cada participante (depositante) a través de la campaña de recolección, asciende en promedio al menos a 1 millón de litros.

De las pilas recibidas 1 de cada 4 tenían suficiente carga para seguir en uso.

1 de cada 3 pilas depositadas podían ser usadas en aparatos de bajo consumo. Por otra parte, referente a la cantidad de dinero que depositaron en las alcancías provistas en cada uno de los stands, se logró acumular la cantidad de: \$ 223.10. Esta cantidad representa tan sólo el 30 % del costo de directo para confinamiento de las pilas recolectadas. El valor anterior confirma el planteamiento que se presentó en los

antecedentes, a menos que se trate de una campaña financiada por los organizadores es difícil que, a través de los depositantes, sea autofinanciado un ejercicio como estos.

Sin embargo, mas allá de esta cooperación económica que, fundamentalmente se pidió para analizar este factor o atributo para posteriores diseños, el nivel de participación por parte de la comunidad fue "espectacular".

A raíz de un esfuerzo muy modesto de difusión, tanto en volumen como en tiempo, la respuesta rebasó por mucho la respuesta registrada para actividades similares que se han llevado a cabo en otros países. Como referencia en Marzo de 2003 en la Universidad de Alicante, se llevó a cabo una campaña de recolección permanente, colocaron 22 contenedores durante un mes en las instalaciones del campus universitario de San Vicente, con una población aproximada de 30 mil personas. Como resultado de esta campaña lograron coleccionar 5027 pilas.

Con base en lo anterior, la Campaña Piloto "Tírala pero no la riegues", fue 2.41 veces mas eficaz en captación, y 5 veces mas eficiente en el tiempo de operación.

Con base en el comparativo anterior, se debe reconocer a la comunidad de la Facultad de Ingeniería como altamente sensibilizada y comprometida con las acciones que se instrumentan en contra de la contaminación, en específico en contra la contaminación por el manejo inadecuado de pilas y baterías descargadas.

La relación de beneficio / costo de la campaña es:

$$555\ 904\ 110 / (6310-223) = 91326.45 \text{ l}/\$$$

Traducido, significa: por cada peso invertido en la campaña se evitó la potencial contaminación de más de 90 000 l de agua.

Haciendo un comparativo de alternativas, con esos mismos \$ 6087 pesos (costo neto de la campaña), se habrían comprado cerca de 5662 litros de agua purificada en garrafones, pero gracias a la participación de la comunidad de la facultad de ingeniería, con la recolección piloto se esta evitando la contaminación de 98 mil veces más agua.

Finalmente con base en el promedio de consumo y desecho per cápita calculada de 13 pilas anuales, el número de pilas recibidas durante la campaña piloto asciende a poco más del 9.3 % de la cantidad de pilas que potencialmente desecha la población de 10 000 personas en un año.

3.6.6 Propuesta de escalamiento

En función de los resultados obtenidos, se propone que este modelo sea tomado y aplicado en comunidades similares (universidades) con la finalidad de detonar a mayor escala la conciencia y la participación, sobre todo de la población "joven" del país para reducir los riesgos de contaminación asociados a la generación de los miles de residuos generados por el consumo de pilas y baterías en México.

Adicionalmente, con base en los resultados registrados y tomando en cuentas las experiencias de a continuación se propone un listado de acciones de corto y mediano plazo, encaminadas a solucionar la problemática ambiental asociada con la generación residuos de esta naturaleza.

- ✓ Réplica de campañas piloto para recolección-confinamiento de pilas de uso doméstico en escuelas de educación media superior y superior en las principales ciudades comerciales del país, la finalidad de éstas es la obtención de un inventario nacional de generación de estos residuos. Campañas financiadas y apoyadas por parte del INE.
- ✓ Diseño e implantación de una campaña de recolección piloto de pilas tipo botón, involucrando a los comercios del giro de relojería.
- ✓ Conteo y clasificación de las pilas recolectadas (por marca, tipo, etc.).
- ✓ Análisis integral de los metales contenidos de una muestra de las marcas y tipos de mayor presencia en el consumo nacional por parte del INE.
- ✓ Réplica de campañas piloto para recolección-confinamiento de pilas de uso doméstico en las principales ciudades comerciales del país, administradas a nivel municipal, la finalidad de éstas es la obtención de un inventario nacional de generación de estos residuos. Campañas financiadas y apoyadas por parte del INE.
- ✓ Establecimiento de un proyecto de norma que regule los contenidos máximos de metales pesados en pilas y baterías para permitir su comercialización en México.
- ✓ Apoyar la transferencia de tecnologías internacionales para el reciclado de pilas "recargables", tipos de pila que permiten el reciclado rentable de este tipo de pilas.
- ✓ Establecimiento de etiquetas verdes, con la finalidad de fortalecer la presencia en el mercado de los productos con bajo contenido de metales pesados, apoyándose en las empresas líderes para que como parte de su frente de publicidad utilicen el argumento de la importancia del respeto al ambiente y de este modo patrocinen una campaña de sensibilización enfocada a reducir el consumo de pilas de alto contenido de metales pesados.
- ✓ Establecimiento de una asociación o agrupación específica enfocada al manejo integral de pilas y baterías, en esta deberá buscarse la participación de los productores, distribuidores, el gobierno de las ciudades e instituciones académicas y de investigación nacionales.

- ✓ Estimular la investigación y desarrollo de tecnologías competitivas nacionales para el reciclado de pilas y baterías.

A continuación se ilustra en la tabla 3.3 una prospectiva de la evolución deseable en materia de manejo integral de pilas y baterías.

Etapa	Exploratoria	Emergente	Consolidación	Competitiva	Innovadora
Descripción	<p>Determinación del impacto de la problemática ambiental.</p> <p>Caracterización de los residuos.</p> <p>Estudio e investigación de modelos de operación para programas de recolección-confinamiento de pilas y baterías adoptables.</p>	<p>Operación piloto de campañas de recolección-confinamiento locales.</p> <p>Campañas de educación ambiental.</p> <p>Estudio e investigación para la operación eficiente de programas de recolección-confinamiento.</p> <p>Captación de entre 3% y 5% de las pilas consumidas en las comunidades de estudio.</p>	<p>Operación de programas de recolección-confinamiento regionales (al menos por municipios en las ciudades de mayor generación).</p> <p>Estudio e investigación de tecnologías para reciclado de pilas y baterías.</p> <p>Captación mayor al 20% de las pilas consumidas a nivel nacional.</p>	<p>Operación de programas de recolección-reciclado patrocinados por empresas y gobierno.</p> <p>Apropiación de tecnologías de reciclado.</p> <p>Desarrollo de mejoras de procesos para la recolección y reciclado de pilas y baterías.</p> <p>Captación mayor al 50% de las pilas consumidas a nivel nacional.</p>	<p>Operación de programas de recolección-reciclado rentable.</p> <p>Licenciamiento de tecnologías propias de reciclado de pilas y baterías.</p> <p>Estudio e investigación de materiales y configuración de pilas y baterías 100% reciclables y amigables con el ambiente.</p> <p>Captación mayor 80% de las pilas consumidas a nivel nacional</p>

Tabla 3.3. Prospectiva de la evolución en manejo integral de pilas.

4. Conclusiones y recomendaciones

Con base en la investigación documental, los análisis cuantitativos y cualitativos desarrollados en el presente trabajo, se concluye de manera general lo siguiente:

1. Las pilas comercializadas en el mercado nacional de México, en particular las pilas de origen asiático contienen importantes cantidades de Hg y Cd.
2. El consumo de pilas y baterías en México tiene asociada la generación altos volúmenes de residuos tóxicos, sin que existan mecanismos apropiados para su gestión.
3. Bajo un enfoque de desarrollo sostenible, la implantación y operación de campañas de recolección-confinamiento es factible y adecuada en ciertas comunidades.
4. Los impactos asociados con los riesgos de la disposición inapropiada de pilas y baterías, superan por mucho los costos directos para la implantación y operación de campañas de recolección – confinamiento.

Como conclusiones en lo particular de la Campaña “Tírala, pero no la riegues”:

1. La comunidad de la Facultad de Ingeniería está altamente sensibilizada sobre la naturaleza tóxica y contaminante de las pilas y baterías como residuos.
2. El promedio de consumo de la comunidad de la Facultad de Ingeniería se estima 30% superior a la media nacional.
3. El consumo de pilas con altos contenidos de metales pesados mantiene una relación de 4 a 6, con respecto al consumo de pilas de bajo contenido de metales pesados.
4. El promedio de consumo de los compradores de pilas en el comercio informal es 20% mayor al de los compradores de pilas en establecimientos.
5. Los depositantes presentaron comportamientos distintos, en función de lo anterior se determinaron 3 grupos de depositantes: Espontáneos, participativos y proactivos.
6. Los hábitos de consumo de la comunidad de la Facultad Ingeniería no incluyen de manera regular el uso de pilas recargables, lo que limita el uso de las tecnologías disponibles en el país para el reciclaje sistemático y rentable.
7. La operación en la Facultad de Ingeniería de un programa de recolección-confinamiento de pilas y baterías es altamente factible y además es un servicio esperado por parte de los alumnos.
8. La relación beneficio costo de esta campaña recolección – confinamiento justificó con creces la inversión realizada para su ejecución.
9. La cooperación económica registrada sugiere que este tipo de campañas no se puede financiar a través de la cooperación directa de los depositantes.

Con la finalidad de lograr mejores resultados para futuros trabajos o proyectos similares, a bien como líneas de trabajo posteriores se recomienda:

1. Incorporar patrocinadores comerciales, ya que en este caso a pesar de la alta respuesta por parte de la comunidad, por cuestiones de recursos no fue posible sostener por más tiempo la recolección. Es de hacerse notar que la gente solicitaba la ampliación del periodo de recolección.
2. Promover y difundir con anticipación la realización de la recolección, para el caso específico de escuelas, es altamente recomendable conseguir apoyo institucional para tal fin.
3. Reforzar este tipo de campañas con información relativa a mejores prácticas de consumo (reducción del uso o sustitución).
4. Realizar el análisis de las sustancias contenidas en otras marcas de pilas no incluidas en los reportes mostrados en este documento, pero que son de alto consumo nacional.
5. Investigar acerca de los tiempos de deterioro de una pila y de transporte de contaminantes (metales, pesados y ácidos) a partir de que son desechadas, con la finalidad de construir modelos de dispersión y difusión de estos contaminantes para determinar de manera precisa el impacto ambiental asociado.
6. Evaluar las opciones de aprovechamiento de los materiales metálicos incorporados en el cuerpo exterior de las pilas, sobre todo en aquellas que son fabricadas con los más bajos contenidos de metales pesados.

5. Anexos

- A. Efectos tóxico y contaminantes de los componentes de una pila
- B. Consumo de pilas en otros países
- C. Legislación concerniente al manejo de pilas y baterías
- D. México "Ponte las pilas"
- E. Programas y experiencias en otros países en manejo de pilas y baterías descargadas

Anexo A. Mercurio		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>El sistema nervioso es muy susceptible a todas formas de mercurio. El metilmercurio y los vapores de mercurio metálico son más nocivos que otras formas, ya que una mayor cantidad de estas formas de mercurio llega al cerebro.</p> <p>La exposición a altos niveles de mercurio metálico, inorgánico, u orgánico puede dañar en forma permanente a los riñones, el cerebro, y al feto. Los efectos sobre la función cerebral pueden manifestarse como irritabilidad, timidez, temblores, alteraciones a la vista o la audición y problemas de la memoria.</p> <p>La exposición por corto tiempo a altos niveles de vapores de mercurio metálico puede causar lesiones al pulmón, náusea, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso, salpullidos e irritación a los ojos.</p> <p>Niños muy pequeños son más sensibles al mercurio que adultos. El mercurio en el cuerpo de la madre pasa al feto, en donde puede acumularse. También puede pasar al niño a través de la leche materna. No obstante, los beneficios de amamantar pueden ser mayores que los posibles efectos nocivos del mercurio en la leche materna. Efectos nocivos del mercurio que puede pasar de la madre al feto incluyen daño cerebral, retraso mental, falta de coordinación, ceguera, convulsiones e incapacidad para hablar. Niños con envenenamiento de mercurio pueden desarrollar problemas al sistema nervioso y sistema digestivo y lesiones al riñón.</p>	<p>El metilmercurio se acumula en los tejidos de peces.</p> <p>Peces de mayor tamaño y de mayor edad tienden a tener niveles de mercurio más altos.</p>	<p>Hay datos disponibles, aunque inadecuados, acerca de todas las formas del mercurio y cáncer en seres humanos. El cloruro mercúrico produjo un aumento en varios tipos de tumores en ratas y ratones, y el metilmercurio produjo tumores del riñón en ratones machos.</p> <p>La EPA ha determinado que el cloruro mercúrico y el metilmercurio son posiblemente carcinogénicos en seres humanos.</p> <p>La EPA ha establecido un límite de 2 partes de mercurio por mil millones partes de agua potable (2 ppmm.).</p> <p>La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) ha establecido un nivel permisible máximo de 1 parte de metilmercurio por cada millón de partes de mariscos (1 ppm.).</p> <p>La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido límites de 0.1 miligramos de mercurio orgánico por metro cúbico de aire (0.1 mg/m³) en el aire del trabajo y 0.05 mg/m³ para vapor de mercurio metálico en jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales.</p>

Cadmio		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>Respirar altos niveles de cadmio produce graves lesiones en los pulmones y puede producir la muerte. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy elevados produce seria irritación al estómago e induce vómitos y diarrea.</p> <p>El cadmio puede acumularse en los riñones a raíz de exposición por largo tiempo a bajos niveles de cadmio en el aire, los alimentos o el agua; esta acumulación puede producir enfermedades renales. Lesiones en los pulmones y fragilidad de los huesos son otros efectos posibles causados por exposición de larga duración.</p> <p>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 al hígado y lesiones en los nervios y el cerebro. No hay la certeza de que estos efectos ocurran 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 ya sea en animales o seres humanos.</p> <p>No se tiene la certeza de que el cadmio causa defectos de nacimiento en seres humanos. El cadmio no pasa fácilmente de la mujer embarazada al feto, pero una cierta porción puede cruzar la placenta. También puede encontrarse en la leche materna. En crías de animales expuestos a altos niveles de cadmio durante la preñez se observaron cambios de comportamiento y en la capacidad de aprendizaje. El cadmio también puede perjudicar el peso de nacimiento y el esqueleto de animales en desarrollo.</p>	<p>En el aire, partículas de cadmio pueden viajar largas distancias antes de depositarse en el suelo o en el agua. El cadmio entra al agua y al suelo de vertederos y de derrames o escapes en sitios de desechos peligrosos. Se adhiere fuertemente a partículas en la tierra. Parte del cadmio se disuelve en el agua. No se degrada en el ambiente, pero puede cambiar de forma.</p> <p>Las plantas, peces y otros animales incorporan cadmio del ambiente.</p> <p>El cadmio permanece en el organismo por largo tiempo y puede acumularse después de años de exposición a bajos niveles.</p>	<p>El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que es razonable predecir que el cadmio y los compuestos de cadmio son carcinogénicos.</p> <p>La EPA ha establecido un límite de 5 partes de cadmio por cada billón de partes de agua potable (5 ppb.). La EPA no permite la presencia de cadmio en insecticidas.</p> <p>La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) restringe la cantidad de cadmio en colorantes para alimentos a 15 partes de cadmio por cada millón de partes de colorante (15 ppm.).</p> <p>La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) limita la cantidad de cadmio en el aire del trabajo a 100 microgramos por metro cúbico (100 g/m³) en la forma de vapores de cadmio y a 200 g de cadmio/m³ para polvos de cadmio.</p>

Plata		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>La exposición a altos niveles de plata por un período largo puede producir una condición llamada argiria, que es un descoloramiento azul-grisáceo de la piel y otros tejidos. Las exposiciones a niveles de plata menores también pueden producir depósitos de plata en la piel y en otras partes del cuerpo; sin embargo, este tipo de exposición no parece ser perjudicial.</p> <p>La argiria es una condición permanente, aunque parece ser más bien un problema cosmético que no daña a la salud.</p> <p>La exposición a niveles altos de plata en el aire ha producido problemas respiratorios, irritación de la garganta y el pulmón y dolores de estómago. En cierta gente, contacto de la piel con la plata puede causar reacciones alérgicas leves, tales como salpullido, hinchazón e inflamación.</p> <p>Estudios en animales han demostrado que tragar plata produce depósitos de plata en la piel. Un estudio en ratones demostró que los animales expuestos a la plata en el agua de beber eran menos activos que los animales que no fueron expuestos.</p> <p>No hay estudios disponibles acerca de efectos de la plata sobre la reproducción o el desarrollo en seres humanos.</p>	<p>La lluvia puede arrastrar a la plata del suelo hacia el agua subterránea.</p> <p>La plata no parece concentrarse de manera significativa en animales acuáticos.</p>	<p>No hay estudios disponibles para determinar si la plata produce cáncer en seres humanos. El único estudio disponible en animales obtuvo resultados tanto positivos como negativos cuando se implantó plata bajo la piel.</p> <p>La EPA ha determinado que la plata no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.</p> <p>La EPA recomienda que la concentración de la plata en el agua potable no exceda 0.10 miligramos por litro de agua (0.10 mg/L) para evitar el descoloramiento de la piel que puede ocurrir.</p> <p>La EPA requiere que se le notifique de derrames o liberaciones accidentales de 1,000 libras o más de plata al ambiente.</p> <p>La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) limita la cantidad de plata en el aire del trabajo a 0.01 miligramos por metro cúbico de aire (0.01 mg/m³) durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales. El Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) también recomienda que el aire del trabajo no contenga más de 0.01 mg/m³ de plata.</p> <p>La Conferencia Americana de Sanitarios Industriales de Gobierno (ACGIH) recomienda que el aire del trabajo contenga no más de 0.1 mg/m³ de plata metálica y 0.01 mg/m³ de compuestos de plata solubles.</p>

Manganeso		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>Ciertos individuos expuestos a niveles de manganeso muy altos por largo tiempo en el trabajo sufrieron perturbaciones mentales y emocionales y exhibieron movimientos lentos y faltos de coordinación. Esta combinación de síntomas constituye una enfermedad llamada "manganismo". Los trabajadores generalmente no exhiben síntomas de manganismo a menos que hayan estado expuestos a manganeso por meses o años. El manganismo ocurre debido a que demasiado manganeso daña una parte del cerebro que ayuda a controlar los movimientos. La exposición a altos niveles de manganeso en el aire, como puede ocurrir en una fundición de manganeso o una planta de baterías, puede afectar la habilidad motora tal como mantener una mano inmóvil, la ejecución de rápidos movimientos manuales, y mantener el equilibrio. La exposición a altos niveles del metal también puede causar problemas respiratorios y alteración en la función sexual. Los niños deben ingerir una pequeña cantidad diaria de manganeso para mantener el crecimiento y buena salud. El manganeso está presente constantemente en la madre y está disponible para el feto durante el embarazo. También se transfiere manganeso al niño en la leche materna a niveles apropiados para un buen desarrollo. Los niños y adultos que pierden la capacidad para remover exceso de manganeso del cuerpo desarrollan problemas del sistema nervioso. Ya que los niños a ciertas edades ingieren más manganeso que los adultos, hay preocupación de que los niños pueden ser más susceptibles a los efectos tóxicos del exceso de manganeso.</p>	<p>Puede entrar al agua y al suelo desde depósitos naturales, a través de la disposición de residuos o por deposición desde el aire.</p> <p>El manganeso existe naturalmente en ríos, lagos y en agua subterránea.</p> <p>Las plantas acuáticas pueden incorporar un poco de manganeso del agua y así concentrarlo.</p>	<p>No hay información disponible acerca del manganeso y cáncer en seres humanos. La exposición a altos niveles de manganeso en los alimentos produjo un pequeño aumento en la tasa de tumores del páncreas en ratas machos y de tumores de la tiroides en ratones machos y hembras.</p> <p>La EPA ha determinado que el manganeso no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.</p> <p>La EPA ha establecido una norma voluntaria para el nivel de manganeso en agua potable de 0.05 miligramos por litro (0.05 mg/L).</p> <p>La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 5 miligramos de manganeso por metro cúbico de aire (5 mg/m³) en el aire del trabajo como promedio durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales.</p> <p>El Consejo Nacional de Investigación ha recomendado una ingesta diaria segura y adecuada de manganeso que fluctúa de 0.3 a 1 mg al día para niños de hasta 1 año, 1 a 2 mg al día para niños de hasta 10 años, y 2 a 5 mg al día para niños de 10 años y mayores.</p>

Níquel		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>El efecto adverso más común de exposición al Ni en seres humanos es una reacción alérgica. Aprox. 10-15% de la población es sensible al Ni. Una vez que una persona se ha sensibilizado al Ni, el contacto adicional con el metal producirá una reacción. La reacción más común es un salpullido en el área de contacto. Con menor frecuencia, algunas personas que son sensibles al Ni sufren ataques de asma luego de exposición al níquel. Algunas personas sensibilizadas reaccionan cuando ingieren Ni en los alimentos o el agua o cuando respiran polvo que lo contiene. Algunas personas que trabajan en refinerías de Ni o plantas que lo procesan han experimentado bronquitis crónica y alteraciones del pulmón. Estas personas inhalaban cantidades de Ni mucho más altas que los niveles que se encuentran en el ambiente. Algunos trabajadores que tomaron agua que contenía altos niveles de Ni sufrieron dolores de estómago y efectos adversos en la sangre y los riñones. En ratas y ratones que respiraron compuestos de Ni se han observado daño de los pulmones y de la cavidad nasal. Comer o beber grandes cantidades de Ni ha producido enfermedad del pulmón en perros y ratas y ha afectado el estómago, la sangre, el hígado, los riñones y el sistema inmunitario en ratas y ratones, como también la reproducción y el desarrollo. Los estudios en animales han descrito aumentos en el número de muertes en animales recién nacidos y bajo peso de nacimiento luego de ingestión de grandes cantidades de Ni. El Ni puede ser transferido de la madre al bebé en la leche materna y puede cruzar la placenta.</p>	<p>En el aire, se adhiere a pequeñas partículas de polvo que se depositan en el suelo o son removidas del aire en la lluvia o la nieve; esto generalmente toma varios días. El níquel liberado en desagües industriales termina en el suelo o en el sedimento, en donde se adhiere fuertemente a partículas que contienen hierro o manganeso. El níquel no parece acumularse en peces o en otros animales usados como alimentos.</p>	<p>En trabajadores que respiraron polvo que contenía altos niveles de compuestos de níquel durante el trabajo en refinerías de níquel o en plantas de procesamiento de níquel se observó un aumento de cáncer de los pulmones y de los senos nasales. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que es razonable predecir que el níquel metálico es carcinogénico y que los compuestos de níquel son sustancias reconocidas como carcinogénicas.</p> <p>La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que algunos compuestos de níquel son carcinogénicos en seres humanos y que el níquel metálico es posiblemente carcinogénico en seres humanos. La EPA ha determinado que los polvos de refinerías de níquel y el sulfuro de níquel son carcinogénicos en seres humanos.</p> <p>La EPA recomienda que el agua potable contenga no más de 0.7 miligramos de níquel por litro de agua (0.7 mg/L). Para proteger a los trabajadores, la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 1 miligramo de níquel por metro cúbico de aire (1 mg/m³) para níquel metálico y compuestos de níquel en el aire del trabajo durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas a la semana.</p>

Plomo		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>El plomo afecta principalmente al sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. La exposición ocupacional prolongada de adultos al plomo ha causado alteraciones en algunas funciones del sistema nervioso. La exposición al plomo también puede producir anemia. Los niveles de exposición altos pueden dañar seriamente el cerebro y los riñones en adultos o en niños y pueden causar la muerte. En mujeres embarazadas, los niveles de exposición altos pueden producir abortos. En hombres, la exposición a altos niveles de plomo puede alterar la producción de espermatozoides.</p> <p>Los niños son más vulnerables que los adultos a la intoxicación con plomo. Pueden estar expuestos al plomo en el útero si la madre tiene plomo en su cuerpo. Los niños son más susceptibles que los adultos a los efectos del plomo. En niños no se ha establecido un nivel de plomo considerado como aceptable.</p> <p>Un niño que traga grandes cantidades de plomo puede desarrollar anemia, daño al riñón, cólico (severo dolor de estómago), debilidad muscular y daño cerebral, y eventualmente puede fallecer.</p> <p>Un nivel alto de plomo en mujeres embarazadas puede producir nacimiento prematuro y bebés con bajo peso de nacimiento. La exposición en el útero, durante la infancia o al comienzo de la niñez también puede retardar el desarrollo mental y reducir el cociente de inteligencia más adelante en la niñez. Existe evidencia de que estos efectos pueden persistir más allá de la niñez.</p>	<p>Pequeñas cantidades de plomo pueden entrar a ríos, lagos y arroyos cuando partículas del suelo son movilizadas por el agua de lluvia.</p> <p>El plomo puede permanecer adherido a partículas del suelo o de sedimento en el agua durante muchos años. La movilización del plomo desde partículas en el suelo al agua subterránea es poco probable a menos que la lluvia que cae al suelo sea ácida o "blanda." La movilización del plomo en el suelo dependerá del tipo de sal de plomo y de las características físicas y químicas del suelo.</p> <p>Algunos compuestos de plomo son transformados a otras formas de plomo por la luz solar, el aire y el agua. Sin embargo, el plomo elemental no puede ser degradado.</p>	<p>No se ha demostrado definitivamente que el plomo produce cáncer (es carcinogénico) en seres humanos. Ratas y ratones a los que se administró dosis altas de un tipo de compuesto de plomo desarrollaron tumores en el riñón.</p> <p>El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que es razonable predecir que el plomo y los compuestos de plomo son carcinogénicos en seres humanos basado en evidencia limitada en estudios de seres humanos y en evidencia suficiente en estudios en animales. La EPA ha determinado que el plomo es probablemente carcinogénico en seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el plomo inorgánico es probablemente carcinogénico en seres humanos.</p> <p>Las normas de la EPA también limitan la cantidad de plomo en el agua potable a 0.015 miligramos por litro (mg/L), aunque la meta es que el agua potable no contenga plomo.</p> <p>Para ayudar a proteger a los niños, la CPSC requiere que la concentración de plomo en la mayoría de las pinturas disponibles a través de los canales de consumo normales no exceda 0.06%.</p>

Hidróxido de Sodio		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>El hidróxido de sodio es sumamente corrosivo y puede causar quemaduras graves en todo tejido con el cual entra en contacto. Inhalar bajos niveles de hidróxido de sodio en forma de polvos, neblinas o aerosoles puede producir irritación de la nariz, la garganta y las vías respiratorias. Inhalar niveles más altos puede producir hinchazón o espasmos de las vías respiratorias superiores lo que puede producir obstrucción y pulso imperceptible; también puede ocurrir inflamación de los pulmones y acumulación de líquido en los pulmones. La ingestión de hidróxido de sodio sólido o líquido puede producir vómitos, dolor del pecho y del abdomen y dificultad para tragar. La lesión corrosiva de la boca, garganta, esófago y estómago ocurre muy rápidamente y puede causar perforación, hemorragia y reducción del diámetro del tracto gastrointestinal. Hay casos que indican que la muerte ocurre a causa del shock, la infección de los tejidos corroídos, el daño del pulmón o el pulso imperceptible. El contacto de la piel con el hidróxido de sodio puede causar quemaduras graves con ulceraciones profundas. El dolor y la irritación se manifiestan dentro de los primeros 3 minutos, pero el contacto con soluciones diluidas puede que no produzca síntomas por varias horas. El contacto con los ojos puede producir dolor e irritación, y en casos graves, opacidad del ojo y ceguera. La exposición prolongada al hidróxido de sodio en el aire puede producir ulceración de las vías nasales e irritación crónica de la piel. No existen evidencias para determinar si la exposición al hidróxido de sodio puede afectar la reproducción en seres humanos.</p>	<p>En el agua, el hidróxido de sodio se separa en cationes de sodio (tomos de sodio con una carga positiva) y el anión hidróxido (tomos de hidrógeno y oxígeno cargados negativamente), lo que disminuye la acidez del agua. Si se libera al suelo, el hidróxido de sodio se separará en cationes de sodio y aniones de hidróxido cuando entre en contacto con la humedad del suelo. El hidróxido de sodio no se acumula en la cadena alimentaria.</p>	<p>Se han descrito casos de cáncer del esófago 15 a 40 años después de la formación de áreas de estrechamiento causadas por la corrosión inducida por el hidróxido de sodio. Sin embargo, es muy posible que estos cánceres hayan resultado de la destrucción del tejido y de su cicatrización y no de la acción carcinogénica directa del hidróxido de sodio.</p> <p>Ni el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ni la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ni la EPA han clasificado al hidróxido de sodio en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos.</p> <p>No existen estudios específicos para aseverar que la exposición al hidróxido de sodio puede producir defectos de nacimiento u otras alteraciones del desarrollo en seres humanos.</p> <p>La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 2 miligramos de hidróxido de sodio por metro cúbico de aire (2 mg/m³) en el trabajo durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas a la semana.</p> <p>La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) permite un nivel máximo de 1% de hidróxido de sodio como aditivo en los alimentos.</p>

Zinc		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>El zinc es un elemento esencial en la dieta. Ingerir muy poco zinc puede causar problemas, pero demasiado zinc también es perjudicial.</p> <p>Los efectos nocivos generalmente se empiezan a manifestar a niveles de 10-15 veces más altos que la cantidad necesaria para mantener buena salud.</p> <p>La ingestión de grandes cantidades aun brevemente puede causar calambres estomacales, náusea y vómitos. Si se ingieren grandes cantidades durante un período más prolongado pueden ocurrir anemia y disminución de los niveles del tipo de colesterol que es beneficioso.</p> <p>No sabemos si los niveles altos de zinc afectan la reproducción en seres humanos. La administración de grandes cantidades de zinc a ratas las hizo estériles.</p> <p>Inhalar grandes cantidades de polvos o vapores de zinc puede producir una enfermedad de corta duración llamada fiebre de vapores de metal. No se sabe cuales son los efectos a largo plazo de respirar altos niveles de zinc.</p> <p>Colocar pequeñas cantidades de ciertos compuestos de zinc en la piel de conejos, cobayos y ratones produjo irritación de la piel. La irritación de la piel es probable que ocurra también en seres humanos.</p>	<p>Se adhiere al suelo, sedimentos y a partículas de polvo en el aire.</p> <p>La lluvia y la nieve remueven las partículas de polvo con zinc del aire.</p> <p>Dependiendo del tipo de suelo, algunos compuestos de zinc pueden mobilizarse al agua subterránea y a lagos, arroyos y ríos</p> <p>La mayor parte del zinc en el suelo permanece adherido a partículas de suelo y no se disuelve en agua.</p> <p>Se acumula en peces y en otros organismos, pero no en plantas.</p>	<p>El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) no han clasificado al zinc en cuanto a carcinogenicidad. Con base en información incompleta de estudios en seres humanos y en animales, la EPA ha determinado que el zinc no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.</p> <p>No sabemos si el exceso de zinc puede perjudicar el desarrollo en seres humanos. Los estudios en animales han descrito aumentos en la tasa de muertes y bajo peso en las crías causados por la ingestión de cantidades de zinc muy altas.</p> <p>La EPA recomienda que el agua potable contenga no más de 5 miligramos de zinc por litro de agua (5 mg/L). La EPA requiere que se le notifique de cualquier liberación al ambiente de 1,000 libras de zinc o más.</p> <p>Para proteger a los trabajadores, la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 1 miligramo por metro cúbico de aire (1 mg/m³) para vapores de cloruro de zinc y de 5 mg/m³ para óxido de zinc (polvos o vapores) en el aire del trabajo durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas a la semana.</p>

Cobalto		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>El cobalto tiene efectos tanto beneficiosos como perjudiciales para la salud de seres humanos. El cobalto es beneficioso porque forma parte de la vitamina B12.</p> <p>La exposición a niveles altos de cobalto puede producir efectos en los pulmones y el corazón. También puede producir dermatitis. En animales expuestos a niveles altos de cobalto también se han observado efectos en el hígado y los pulmones.</p> <p>La exposición a altas cantidades de radioactividad emitida por el cobalto puede dañar las células en su cuerpo. Aunque es improbable que ocurra, usted también puede sufrir el síndrome de radiación aguda que incluye náusea, vómitos, diarrea, hemorragia, coma e incluso la muerte.</p> <p>No existen evidencias para determinar si la exposición al cobalto producirá defectos de nacimiento u otros efectos sobre el desarrollo en seres humanos. En animales expuestos a cobalto no radioactivo se han observado defectos de nacimiento. La exposición a la radiación de cobalto también puede producir efectos sobre el desarrollo.</p>	<p>El cobalto en el aire se asociará con partículas que se depositarán en el suelo en unos pocos días.</p> <p>El cobalto liberado al agua o al suelo se adherirá a partículas. Algunos compuestos de cobalto se pueden disolver en el agua.</p> <p>El cobalto no puede ser destruido en el ambiente. Solamente puede cambiar de forma o adherirse o separarse de partículas. El decaimiento radioactivo es una manera de disminuir la cantidad de cobalto radioactivo en el ambiente.</p>	<p>No se ha demostrado que el cobalto no radioactivo produce cáncer en seres humanos o en animales después de exposición a través de los alimentos o el agua. Sin embargo, se ha observado cáncer en animales que respiraron cobalto o cuando se colocó cobalto directamente en el tejido muscular o bajo la piel. Basado en datos en animales de laboratorio, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el cobalto y los compuestos de cobalto son posiblemente carcinogénicos en seres humanos.</p> <p>La exposición a altos niveles de radiación de cobalto puede producir alteraciones en el material genético en el interior de las células, lo que puede conducir al desarrollo de ciertos tipos de cáncer.</p> <p>La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 0.1 miligramos de cobalto no radioactivo por metro cúbico de aire (0.1 mg/m³) en el trabajo durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales.</p> <p>La Comisión de Reglamentación Nuclear (NRC) limita la cantidad de cobalto radioactivo en el aire del trabajo a 1 x 10⁻⁵ microcuries por mililitro (μCi/ml.) para 57Co y a 7 x 10⁻⁸ μCi/ml. para 60Co. La EPA ha establecido un límite promedio anual en el agua potable de 1000 picocuries por litro (pCi/L) para 57Co o 100 pCi/L para 60Co para que la dosis de radiación a que se expone el público no exceda 4 milirems.</p>

Litio		
Efectos sobre la salud	Efectos sobre el ambiente	Observaciones relevantes
<p>La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo si es ingerido. La inhalación de la sustancia puede causar edema pulmonar.</p> <p>Normalmente los síntomas del edema pulmonar no se manifiestan hasta después de unas horas y son agravados por el esfuerzo físico.</p> <p>La sustancia puede arder espontáneamente en contacto con el aire cuando se dispersa en finas partículas. Cuando se calienta se forman vapores tóxicos. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, ácidos y muchos compuestos (hidrocarburos, halógenos, halones, cemento, arena y asbestos) provocando peligro de incendio y explosión.</p> <p>Reacciona violentamente con el agua, formando gas hidrógeno altamente inflamable y vapores corrosivos de hidróxido de litio.</p>	<p>El litio metálico reacciona con el nitrógeno, el oxígeno, y el vapor de agua en el aire.</p> <p>Consecuentemente, la superficie del litio se recubre de una mezcla de hidróxido de litio (LiOH), carbonato de litio (Li₂CO₃), y nitrato de litio (Li₃N).</p> <p>El hidróxido de litio representa un peligro potencialmente significativo porque es extremadamente corrosivo. Se debe prestar especial atención a los organismos acuáticos.</p>	

Fuente: "Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (ATSDR)" http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_toxfaqs.html

Anexo B Consumo de pilas en otros países

País	Año	Pilas por persona	Referencia
Chile	2001	7	Http://www.iepe.org/ecoclubes/pages/noticia1.htm
Argentina	1990	10	Http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/068-03-2000/068-alfredomarcipar.html
EUA	1998	11	Http://www.epa.gov/epr/products/batteries.html
	2003	11.5	Http://www.informinc.org/fact_CWPbattery.php
España	2003	10	http://www.vidasostenible.com/paginas/Canales/PaisajeToxicosRuidos/
Ecuador	2001	10.6	Http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf
Japón	2000	24	Http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm
Filipinas	2000	5	Http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm
Sri Lanka	2000	5	Http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm
India	2000	2	Http://www.blonnet.com/iw/2000/09/17/stories/0517e052.htm

Fuente: Castro y Díaz, 2004.

Anexo C. Legislación concerniente al manejo de pilas y baterías

Disposiciones Relevantantes de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Relacionadas con los Planes de Manejo de las Pilas y Baterías a Base de Mercurio o de Níquel-Cadmio

Definiciones	<p>Aprovechamiento de los Residuos: Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundarios o de energía;</p> <p>Generador: Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo;</p> <p>Microgenerador: Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida;</p> <p>Plan de Manejo: Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo 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;</p>
Facultades	<p>Son facultades de la Federación:</p> <p>V. Expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan los criterios para determinar qué residuos estarán sujetos a planes de manejo, que incluyan los listados de éstos, y que especifiquen los procedimientos a seguir en el establecimiento de dichos planes;</p> <p>VI. La regulación y control de los residuos peligrosos provenientes de pequeños generadores, grandes generadores o de microgeneradores, cuando estos últimos</p>

	<p>no sean controlados por las entidades federativas; IX. Celebrar convenios con los gobiernos de las entidades federativas para participar en la autorización y el control de los residuos peligrosos generados por microgeneradores, y brindarles asistencia técnica para ello; Son facultades de las Entidades Federativas: V. Autorizar y llevar a cabo el control de los residuos peligrosos generados o manejados por microgeneradores, así como imponer las sanciones que procedan, de acuerdo con la normatividad aplicable y lo que establezcan los convenios que se suscriban con la Secretaría y con los municipios, conforme a lo dispuesto en los artículos 12 y 13 de este ordenamiento; VI. Establecer el registro de planes de manejo y programas para la instalación de sistemas destinados a su recolección, acopio, almacenamiento, transporte, tratamiento, valorización y disposición final, conforme a los lineamientos establecidos en la presente Ley y las normas oficiales mexicanas que al efecto se emitan, en el ámbito de su competencia; VII. Promover, en coordinación con el Gobierno Federal y las autoridades correspondientes, la creación de infraestructura para el manejo integral de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y residuos peligrosos, en las entidades federativas y municipios, con la participación de los inversionistas y representantes de los sectores sociales interesados; Son facultades de los municipios: VIII. Participar en el control de los residuos peligrosos generados o manejados por microgeneradores, así como imponer las sanciones que procedan, de acuerdo con la normatividad aplicable y lo que establezcan los convenios que se suscriban con los gobiernos de las entidades federativas respectivas, de conformidad con lo establecido en esta Ley;</p>
Flexibilidad en el manejo de residuos peligrosos domiciliarios y generados por establecimientos microgeneradores	Artículo 23.- Las disposiciones del presente Título no serán aplicables a los residuos peligrosos que se generen en los hogares en cantidades iguales o menores a las que generan los microgeneradores, al desechar productos de consumo que contengan materiales peligrosos, así como en unidades habitacionales o en oficinas, instituciones, dependencias y entidades, los cuales deberán ser

	<p>manejados conforme lo dispongan las autoridades municipales responsables de la gestión de los residuos sólidos urbanos y de acuerdo con los planes de manejo que se establezcan siguiendo lo dispuesto en este ordenamiento.</p> <p>La Secretaría, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, promoverá acciones tendientes a dar a conocer a los generadores de los residuos a que se refiere este precepto, la manera de llevar a cabo un manejo integral de éstos.</p> <p>Artículo 48.- Las personas consideradas como microgeneradores de residuos peligrosos están obligadas a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda; sujetar a los planes de manejo los residuos peligrosos que generen y que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.</p> <p>El control de los microgeneradores de residuos peligrosos, corresponderá a las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas y municipales, de conformidad con lo que establecen los artículos 12 y 13 del presente ordenamiento.</p> <p>Artículo 49.- La Secretaría, mediante la emisión de normas oficiales mexicanas, podrá establecer disposiciones específicas para el manejo y disposición final de residuos peligrosos por parte de los microgeneradores y los pequeños generadores de estos residuos, en particular de aquellos que por su peligrosidad y riesgo así lo ameriten.</p> <p>En todo caso, la generación y manejo de residuos peligrosos clorados, persistentes y bioacumulables, aun por parte de micro o pequeños generadores, estarán sujetos a las disposiciones contenidas en las normas oficiales mexicanas y planes de manejo correspondientes.</p>
Fines de los planes de manejo	Artículo 27.- Los planes de manejo se establecerán para los siguientes fines y objetivos:

	<p>I. Promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos así como su manejo integral, a través de medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos, desde la perspectiva ambiental, tecnológica, económica y social, los procedimientos para su manejo;</p> <p>II. Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan;</p> <p>. III. Atender a las necesidades específicas de ciertos generadores que presentan características peculiares;</p> <p>IV. Establecer esquemas de manejo en los que aplique el principio de responsabilidad compartida de los distintos sectores involucrados, y</p> <p>V. Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible.</p>
Responsables de formular los planes de manejo	<p>Artículo 28.- Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo, según corresponda:</p> <p>I. Los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en los residuos peligrosos a los que hacen referencia las fracciones I a XI del artículo 31 de esta Ley y los que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes;</p> <p>II. Los generadores de los residuos peligrosos a los que se refieren las fracciones XII a XV del artículo 31 y de aquellos que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes, y</p> <p>III. Los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.</p>
Aspectos a considerar en los planes de manejo de productos de consumo que al desecharse se	<p>Artículo 29.- Los planes de manejo aplicables a productos de consumo que al desecharse se convierten en residuos peligrosos, deberán considerar, entre otros, los siguientes aspectos:</p> <p>I. Los procedimientos para su acopio, almacenamiento, transporte y envío a reciclaje, tratamiento o disposición</p>

<p>convierten en residuos peligrosos</p>	<p>final, que se prevén utilizar;</p> <p>II. Las estrategias y medios a través de los cuales se comunicará a los consumidores, las acciones que éstos deben realizar para devolver los productos del listado a los proveedores o a los centros de acopio destinados para tal fin, según corresponda;</p> <p>III. Los procedimientos mediante los cuales se darán a conocer a los consumidores las precauciones que, en su caso, deban de adoptar en el manejo de los productos que devolverán a los proveedores, a fin de prevenir o reducir riesgos, y</p> <p>IV. Los responsables y las partes que intervengan en su formulación y ejecución.</p> <p>En todo caso, al formular los planes de manejo aplicables a productos de consumo, se evitará establecer barreras técnicas innecesarias al comercio o un trato discriminatorio que afecte su comercialización.</p>
<p>Criterios para seleccionar los residuos y productos de consumo sujetos a planes de manejo</p>	<p>Artículo 30.- La determinación de residuos que podrán sujetarse a planes de manejo se llevará a cabo con base en los criterios siguientes y los que establezcan las normas oficiales mexicanas:</p> <p>I. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico;</p> <p>II. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores;</p> <p>III. Que se trate de residuos que contengan sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables, y</p> <p>IV. Que se trate de residuos que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.</p>
<p>Ejemplos de productos que al desecharse se convierten en residuos peligrosos sujetos a planes de manejo desde la entrada en vigor de la Ley</p>	<p>Artículo 31.- Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:</p> <p>I. Aceites lubricantes usados;</p> <p>II. Disolventes orgánicos usados;</p> <p>III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores;</p> <p>IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo;</p> <p>V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de</p>

	<p>níquel-cadmio; VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio; VII. Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo; VIII. Fármacos; IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos; X. Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados; La Secretaría determinará, conjuntamente con las partes interesadas, otros residuos peligrosos que serán sujetos a planes de manejo, cuyos listados específicos serán incorporados en la norma oficial mexicana que establece las bases para su clasificación.</p>
Elementos y procedimientos a considerar al establecer planes de manejo	<p>Artículo 32.- Los elementos y procedimientos que se deben considerar al formular los planes de manejo, se especificarán en las normas oficiales mexicanas correspondientes, y estarán basados en los principios que señala la presente Ley.</p>
Registro de planes de manejo	<p>Artículo 33.- Las empresas o establecimientos responsables de los planes de manejo presentarán, para su registro a la Secretaría, los relativos a los residuos peligrosos; y para efectos de su conocimiento a las autoridades estatales los residuos de manejo especial, y a las municipales para el mismo efecto los residuos sólidos urbanos, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y según lo determinen su Reglamento y demás ordenamientos que de ella deriven. En caso de que los planes de manejo planteen formas de manejo contrarias a esta Ley y a la normatividad aplicable, el plan de manejo no deberá aplicarse.</p>

Fuente: "Bases para integrar planes de manejo de pilas y baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel – cadmio" Dra. Cristina Cortinas de Nava

Austria

La Ley de Baterías es la más exigente de las leyes derivadas de la Directiva de la Comisión Europea al respecto y requiere la recolección de todas las baterías, incluyendo las alcalinas de manganeso, níquel-cadmio, zinc-carbón, zinc-óxido de mercurio o conteniendo óxido de plata. Los fabricantes y distribuidores están obligados a aceptar la devolución de las baterías del mismo tipo y tamaño de las que venden. Los fabricantes e

importadores han fundado una organización para su recolección, que en 1995 estimó haber recolectado el 60 por ciento de todas las baterías.

Columbia Británica (Canadá)

Inició en 1991 un programa de recolección de baterías de plomo-ácido, en el que para incentivar su transporte económico hacia el procesador autorizado, se establecieron "Pagos para Incentivar el Transporte" o TIPs a partir de un impuesto a la venta de las baterías nuevas de 2 Kg. de peso (de automóviles, motocicletas e industriales). Bajo este programa prácticamente el 100 por ciento de las baterías generadas anualmente en esa provincia se recuperaron, mientras que antes el 60 por ciento se disponían en el relleno sanitario.

Dinamarca

La Agencia de Protección Ambiental instituyó en 2002 un programa de recolección de baterías generadas a nivel doméstico, para lo cual requirió a los consumidores la separación de las baterías por composición: mercurio, cadmio, plomo; pero los consumidores han tenido problemas para distinguirlas. El siguiente desafío surgió en su reciclaje, fijándose como meta reciclar por lo menos el 75 por ciento del total de baterías en el país.

Comisión Europea

La Directiva en la materia fue publicada en 1991, en la cual se establece que los países miembros deberán:

- Limitar el contenido de mercurio en las baterías alcalinas;
- Adoptar las medidas para asegurar que las baterías de níquel-cadmio se colecten por separado para su recuperación o disposición y sean fácilmente removidas de los aparatos en los que se encuentren;
- Establecer un sistema de etiquetado para las baterías de níquel-cadmio (así como de los productos que las contengan) para indicar su contenido de metales pesados, su recolección adecuada y reciclabilidad.

Asociación Europea de Baterías Portátiles (EPBA). Representa los intereses de los fabricantes de estas baterías, a las industrias que las utilizan en sus productos y a los distribuidores de los mismos activos en la Unión Europea. Consta de un grupo de trabajo enfocado exclusivamente a los asuntos relacionados con la recolección y reciclado de estas baterías.

Alemania

Bajo el Ordenamiento Alemán de las Baterías, que entró en vigor en 1988, los fabricantes asumen la responsabilidad total de sus productos al final de su vida útil. Numerosos fabricantes han unido esfuerzos para establecer un sistema común de devolución de las baterías usadas, mientras que las compañías que se ocupan del

manejo de los residuos han sido comisionadas para recolectar las baterías de los sitios de venta y de los servicios públicos de disposición de residuos, a donde los consumidores las envían sin ningún costo. Los consumidores están obligados a devolver las baterías usadas no importa el tipo, fabricante o vendedor de donde provengan. Este ordenamiento también restringe el contenido de metales pesados en las baterías y requiere que los fabricantes etiqueten las baterías peligrosas como tales y produzcan baterías reutilizables de larga vida.

Holanda

Promulgó un Decreto en 1995 que hace responsables a los fabricantes e importadores de la recolección y recuperación de las baterías que pesen alrededor de un kilogramo, para lo cual están autorizados a cargar un sobrepeso en los puntos de venta para que las baterías sean recolectadas al final de su vida útil. Los fabricantes e importadores han formado una fundación encargada de la recolección que se ocupa de las baterías devueltas que pesan hasta 100 kilogramos, la cual para 1996 había recolectado el 53 por ciento de las mismas.

Noruega

A partir de julio de 2000, los distribuidores, importadores y productores de baterías recargables son responsables de aceptar su devolución y de ocuparse de su recolección y disposición seguras. Aunque se enfocan a las baterías de níquel-cadmio, la regulación cubre todas las baterías recargables. Bajo un acuerdo, los distribuidores, importadores y productores han establecido un fondo para financiar el sistema de devolución y acopio de las pilas usadas, algunas de las cuales se envían a Francia para su manejo.

Taiwan

La Agencia de Protección Ambiental, ha ampliado su programa de reciclado de baterías para cubrir todo tipo de baterías, además de las de níquel-cadmio, en el cual se aplican cargos cuyo monto depende del contenido de metal pesado en la batería nueva, para inducir a los fabricantes a reducir dicho contenido. Los consumidores devuelven las baterías usadas a uno de los 5 000 puntos de recolección establecidos en supermercados y tiendas.

Fuente: <http://www.epa.gov/epr/products/bintern.html>

Objetivo general

Promover en Cuautitlán Izcalli la recuperación de pilas y micropilas, con la finalidad de ofrecer alternativas para el manejo adecuado de éstas.

Objetivos específicos

1. Ubicar en 70 Instituciones Educativas del municipio, 70 contenedores especializados para la recuperación de pilas y micropilas; y 10 contenedores en edificios públicos municipales.
2. Recuperar el 70% de las pilas y micropilas generadas en el municipio.
3. Evitar que las pilas y micropilas queden en contacto con el ambiente, después de su vida útil.

Metas 2005

1. Diseñar la imagen que identifique al programa, así como material impreso.
2. Adquisición de contenedores para recuperación de pilas y micropilas
3. Difundir el programa "Ponte las pilas", en medios de comunicación masiva.
4. Difundir el programa "Ponte las pilas", en las Instituciones Educativas.
5. Distribuir en la primera etapa 80 contenedores a las Instituciones Educativas.
6. Realizar evaluaciones semestrales del programa.
7. Contabilizar y llevar el registro del número de pilas que se recuperan.
8. Canalizar las pilas recuperadas a una empresa especializadas para su confinamiento.
9. Obtener el Registro como Generador de Residuos Peligrosos expedido por la SEMARNAT.

Metas 2006

1. Continuar la capacitación del programa en las Instituciones Educativas y centros de servicio.
2. Evaluación de avances.

Descripción del proceso

1. Elaboración del Proyecto.- A través de investigación sobre programas de manejo de pilas usadas, se elaboró esta propuesta, misma que fue sometida a los vistos buenos por parte de las autoridades municipales.

2. Diseño de Imagen y Material Didáctico.- Una vez autorizada la propuesta inicial, se diseñó la imagen que identificará al programa, así como el material que se utilizará para capacitación y difusión.
3. Adquisición de Contenedores.- Analizando las características que deben cumplir los contenedores para acopio de pilas usadas, se buscará la empresa que cumpla con dichos requisitos, para adquirir en la primera etapa 80 contenedores.
4. Difusión en Medios de Comunicación.- Una vez que se cuente con los contenedores adecuados, se hará de conocimiento de las instituciones educativas y de la población en general, el programa de recuperación de pilas, con la finalidad de informar el funcionamiento y alcances del programa. Paralelamente se recibirán las Cartas Compromiso por parte de los Directores de los planteles educativos, donde se autoriza la colocación del contenedor, compromiso de hacer uso adecuado de los mismos, así como, facilitar la capacitación de los estudiantes, profesores y padres de familia.
5. Colocación de Contenedores.- Una vez que las instituciones manifiesten su interés de participar, se colocarán los contenedores en espacios estratégicos dentro del plantel, así como en edificios públicos municipales.
6. Recolección y Almacenamiento Temporal.- Posteriormente a la colocación de los contenedores, se programará la recolección de las pilas de acuerdo a los volúmenes generados. La recolección se realizará en una camioneta de 3.5 toneladas de redilas, misma que visitará todos los planteles para recolectar las pilas, las cuales serán depositadas en contenedores de polietileno de alta densidad con capacidad de 20 litros, los cuales se almacenarán temporalmente en el Centro de Acopio ubicado en San José Huilango. Posteriormente cuando se reúna una cantidad mínima de 100 Kg., serán recolectadas por la empresa contratada para trasladar el material a un sitio de confinamiento de residuos peligrosos, misma que entregará el Manifiesto correspondiente, debidamente sellado por las autoridades competentes.
7. Evaluación y Seguimiento.- A través del avance del programa, se realizarán reportes mensuales para evaluar los logros y problemática.

Resultados

Al mes de Febrero 2006, la Dirección de Medio Ambiente adquirió 80 contenedores Modelo TOXYC con un costo de 2,850.85 I.V.A. incluido cada uno y 74 contenedores Modelo ECOBATTERY con un costo de 310.00 mas I.V.A., los cuales están siendo colocados en oficinas de gobierno y en planteles educativos del municipio de Cuautitlán Izcalli.

Se han colocado al día de hoy (FEB/17/2006), 60 contenedores en estas instancias, con las cuáles:

En el año de 2004 se recuperaron 636 Kg. de pilas usadas.

En el año de 2005 se recuperaron 1,155.04 Kg. de pilas usadas.

En Total se han recuperado 1,791.04 kg.

Las empresas con las que se ha trabajado para su disposición final son, SISTEMA DE TRANSPORTE ESPECIALIZADO S.A. DE C.V. en el año 2004, entregando una carga de 500 Kg., en el mes de Julio de 2004 y QUIMICA WIMER, S.A DE C.V. en el 2005, entregado una carga de 750 Kg., en el mes de Noviembre de 2005.

De tal forma, se han entregado para su disposición adecuada, un total de 1,250 Kg. de pilas usadas (información que puede ser cotejada en la Subdirección de Educación Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente).

Cabe hacer mención que las pilas son pretratadas antes de llegar a RIMSA a las minas de Nuevo León.

(Información cortesía del Municipio de Cuatitlán-Izcalli).

Anexo E Programas y experiencias en distintos países en manejo de pilas y baterías descargadas.

Argentina

(Fuente: <http://usuarios.arnet.com.ar/nancymac/>)

Caso 1

El programa consiste en dos etapas principales: Separación-recolección y tratamiento-disposición final, donde cada una requiere planificación y control estricto, ya que deben contemplarse pautas de seguridad en el manejo de las pilas y evitar la acumulación sin tratamiento.

Las etapas se han implementado en el Municipio de General Pueyrredón del siguiente modo:

Separación – Recolección

La separación se estructura en base a una campaña de difusión y concientización, para lo cual se realizan folletos explicativos de los riesgos y perjuicios que ocasionan las pilas y de los lugares donde se pueden depositar.

Paralelamente se trabaja con establecimientos educacionales de nivel inicial y primario sobre la problemática de la contaminación de napas de agua por pilas usadas, apuntando a la elaboración de consignas y de cambios de actitud.

Como corolario del trabajo con las escuelas se organiza una marcha con los niños sobre el centro y barrios de la ciudad, en la que son ellos quienes actúan de difusores de la consigna de separar pilas usadas.

Por otra parte se refuerza la campaña con avisos en medios gráficos, radiales y televisivos de la ciudad, apuntando a una máxima difusión del programa.

Para encarar la etapa de recolección se han instalado buzones en distintos puntos de la ciudad, fundamentalmente en escuelas, sociedades de fomento, dependencias municipales, supermercados, universidad y comercios que voluntariamente se adhieran para colaborar.

Los buzones se encuentran identificados mediante una calcomanía y debe verificarse su estado de conservación, como así también exigir al responsable del lugar que se prohíba arrojar otros desechos que no sean pilas en desuso.

La recolección en nuestro municipio se encuentra a cargo de la empresa prestataria del servicio de recolección de residuos domiciliarios, la cual lo realiza con un vehículo especialmente designado a dicha tarea.

Se realiza una recolección semanal, completándose en el lugar una planilla de información donde se registra fecha, domicilio, cantidad de pilas recolectadas y firma del responsable del local.

De este modo se genera una estadística en la respuesta del público, permitiendo además evaluar cómo funciona la recepción en cada lugar.

Tratamiento - Disposición final

El tratamiento de pilas en desuso consiste fundamentalmente en obtener un mecanismo que asegure que no se producirá contaminación por lixiviación. En tal sentido se ha diseñado un sistema que cuenta con cinco barreras de seguridad, conformadas por el uso de tres componentes:

Compuesto químico que neutraliza, inhibe y secuestra posibles pérdidas de los metales pesados que contienen las pilas. (En adelante "el secuestrante").



Bolsas de polietileno de alta densidad, termoselladas con extracción de aire.



Claustro (bloque de hormigón).

Los pasos del tratamiento, con los cuales se obtienen las cinco barreras de seguridad, son los siguientes:

1. Se toma una cantidad aproximada de cincuenta pilas, introduciéndolas en una bolsa pequeña y se vuelca en su interior polvo secuestrante en cantidad suficiente para que las pilas queden cubiertas totalmente. (Secuestrante 1ra barrera-Bolsa termosellada 2da barrera).
2. Se colocan de tres a cinco bolsas pequeñas en una bolsa mayor, repitiendo el vuelco del polvo secuestrante en su interior, realizando el posterior termosellado con extracción de aire de la bolsa grande. (Secuestrante 3ra barrera-Bolsa termosellada 4ta barrera).
3. La bolsa grande se introduce en un molde para la construcción del bloque de hormigón, previniendo que mantenga una distancia apropiada de sus caras superior e inferior como así también de sus laterales, recomendándose que sea como mínimo de cinco centímetros la distancia con el exterior del bloque terminado. Para esto se debe realizar un primer vuelco de material, vibrarlo, verificar el espesor resultante, introducir la bolsa y completar la carga, rasando por último la cara superior. (Bloque de hormigón 5ta barrera).

Una vez terminado el tratamiento, la disposición final se refiere al uso posible de los bloques de hormigón. En nuestra experiencia se ha generado algún debate respecto al uso y al formato de los bloques; actualmente se los está utilizando para el cierre del

predio donde se realiza el propio programa de pilas, evaluándose a futuro la posibilidad de su utilización para el cercado de seguridad de algunos de los predios de disposición de residuos domiciliarios. Respecto al formato, el diseño original se había desarrollado en función de bloques que se articularan, sin necesidad de uso de mezcla en juntas para su unión; posteriormente se verificó que dicho formato presentaba problemas por roturas en las partes de menor sección (cuello) y que, por el peso final del bloque, su manipulación pone en riesgo su trabajo previo.

En tal sentido se experimenta actualmente con un formato sencillo, como el de un ladrillo tradicional, que facilite tanto la ejecución del mismo como su manejo posterior. Las dimensiones del mismo se han previsto en función de garantizar por lo menos cinco centímetros de cobertura total circundante sobre las bolsas. De este modo se evitarán roturas por manipulación y acopio, por lo cual hay que tener especial cuidado en el momento de llenado del molde, observando que la vibración del hormigón no haga descender la bolsa con las pilas, disminuyendo el espesor del material requerido.

Objetivos de la Campaña

El programa que aquí se presenta tiene por objetivo dar una respuesta definitiva y segura al problema que representa la disposición de pilas usadas, que son residuos de alta toxicidad y por lo tanto peligrosos.

Las pilas contienen varios contaminantes considerados peligrosos entre los que figuran el zinc, cadmio, plomo y mercurio.

La contaminación se produce generalmente por lixiviación, ya que el proceso electroquímico de las pilas no se agota cuando ésta deja de entregar energía suficiente sino que continúa produciendo corrosión por diferencia de potencial, que deriva en la destrucción de la envoltura metálica. De este modo los iones de los metales pesados pasan a formar parte del lixiviado.

Disminuir al máximo el riesgo de que el proceso descrito se produzca es el mayor objetivo de este programa, ya que al no contar con posibilidades de impedir o eliminar la continuidad de los procesos electroquímicos deben pensarse medidas de seguridad para que los elementos contaminantes no formen parte del lixiviado que se produzca.

Caso 2

El Municipio de General Roca (Argentina), ha dispuesto el siguiente tratamiento final para las pilas recolectadas:

- 1 Se aplicará primeramente la denominada tecnología de estabilización, que consiste en eliminar sus características peligrosas por medio de reacciones químicas que reducen notablemente su solubilidad y movilidad, y eliminan prácticamente su toxicidad.

Para ello las pilas serán colocadas en bolsas plásticas, donde se colocará el correspondiente agente químico estabilizador. Luego las bolsas serán termoselladas.

Por lo general, los compuestos inorgánicos, son los de uso mas extendido en las estabilización de estos residuos sólidos. Algunas reacciones típicas son:

a) Plomo Agente de estabilización:

a.1) Hidróxido de calcio.

a.2) Sulfuros de sodio.

b) Acido Sulfúrico

b.1) Agente de estabilización: Hidróxido de Sodio.

c) Cadmio Agente de estabilización: Carbonato de Sodio.

d) Mercurio Agente de estabilización: Sulfuro de Sodio, Sulfuro de Calcio.

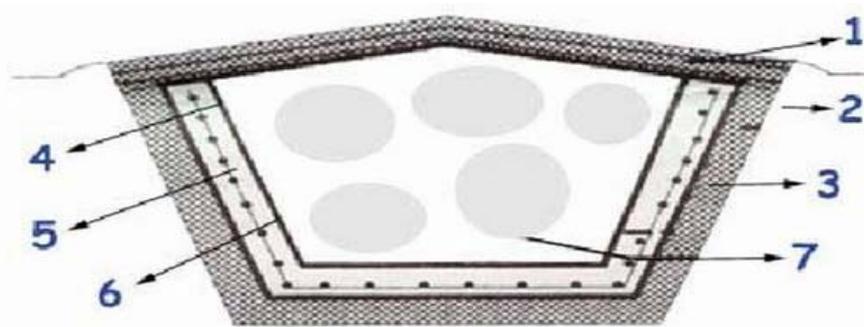
2 Las bolsas termoselladas, y con el estabilizador, serán colocadas en un repositorio especialmente acondicionado que limita totalmente la posible migración de contaminantes, pues los aísla y elimina la exposición a la lixiviación.

Este repositorio se ubicará la Norte del núcleo urbano en zona de bardas. El lugar será convenientemente señalizado.

Características del Repositorio

Las características básicas del repositorio, se pueden ver en la siguiente figura que representa un corte transversal del mismo:

El proceso planteado, evita mediante tres barreras de seguridad (estabilizador químico - bolsa de polietileno - repositorio) todo peligro de contaminación y asegura que esta situación se mantenga a lo largo del tiempo.



- 1* Contrapiso de Pendiente
- 2* Terreno natural compactado
- 3* Hormigón de limpieza
- 4* Polietileno de 200 micrones
- 5* Pared de hormigón armado
- 6* Membrana de polietileno de Alta densidad
- 7* Bolsas con pilas estabilizadas en masa de hormigón

En cuanto al destino final de las pilas, no es posible hoy en el país, pensar en el reciclado, no quedando otra alternativa que el almacenamiento en condiciones controladas.

Para las pilas alcalinas, no existe tecnología de reciclado desarrollada. En cuanto a las pilas de mercurio, que sí es posible reciclar, el problema es que el proceso es tremendamente costoso.

A corto y mediano plazo, no se vislumbra otro método posible que sustituir los metales tóxicos por otros que no presenten peligros, pero las alternativas que hasta ahora se han manejado, no ofrecen una solución universalmente practicable.

Bélgica

(Fuente: <http://www.bebat.be/pages/nl/main.html>)

En Bélgica cuentan hoy en día con alrededor de 20 000 mil puntos de recolección para baterías y acumuladores usados y esta cifra esta en aumento. Estos puntos de recolección gratuita se localizan en supermercados, tiendas de productos electrónicos y diversas instituciones públicas. La asociación denominada BEBAT ha operado desde 1995. El número de baterías recolectas se ha incrementado de manera sostenida, de 441 toneladas en su arranque a 2500 toneladas en 2003. La asociación ofrece en un sitio de internet la facilidad de localizar el punto más cercano de recolección. La totalidad de las baterías son tratadas con la finalidad de recuperar los metales contenidos en éstas.

Una característica del programa de recolección es la existencia de estímulos en especie para las personas o instituciones que depositan pilas, en función del número de pilas depositadas se les registra una especie de puntos, los cuáles son intercambiables por productos que van desde balones hasta computadoras, cámaras de video, microscopios, etc.

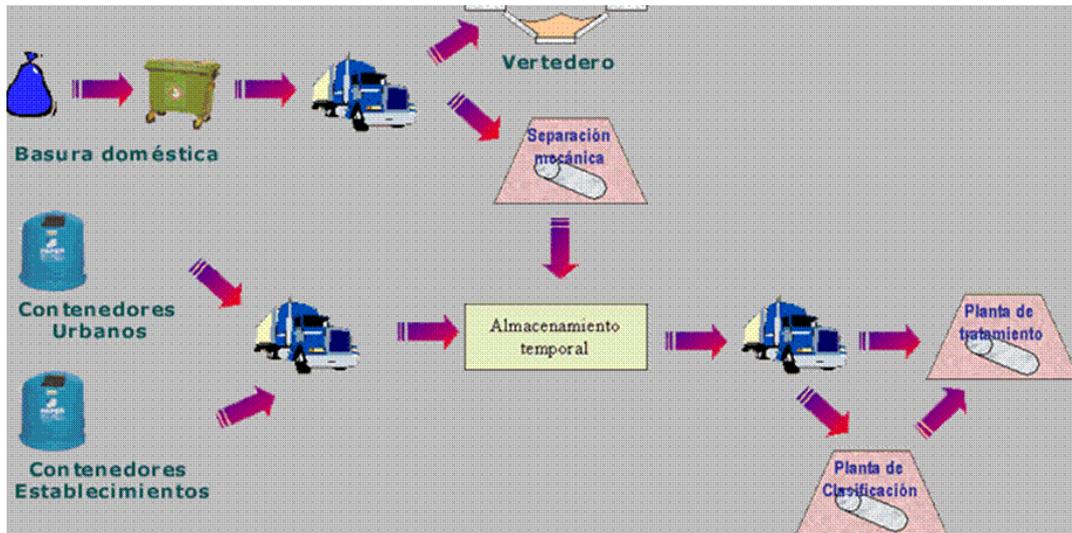
España

(Fuente: <http://www.asimelec.es/htmventa/Ecopilas/Index.htm>)

ECOPILAS es la Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas.

El proyecto de ECOPILAS consiste en la creación de un Sistema Integrado de Gestión (SIG) de residuos de pilas, acumuladores y baterías portátiles usadas, en el que puedan participar todos los obligados por la ley a hacerse cargo de dichos residuos, según lo dispuesto en el art. 7.1 de la Ley de Residuos.





Los principales fabricantes de pilas de España han formalizado en Madrid la constitución de la Fundación ECOPILAS para la Gestión Medioambiental de las Pilas y Baterías, el primer sistema integrado de gestión en el sector de la electrónica. Las seis empresas (Cegasa, Duracell, Energizer, Philips, Kodak y Sony), agrupadas en la Asociación Multisectorial de Empresas Españolas de Electrónica y Comunicaciones (ASIMELEC), pretenden implantar un sistema de recogida y reciclaje de pilas y baterías al final de su vida útil, en cumplimiento de la Ley Marco de Residuos Urbanos. El director general adjunto de ASIMELEC, Gonzalo Torralvo, definió a Efe el acto de hoy como "un paso de gigante" en la gestión de este tipo de residuos porque "sin ese compromiso conjunto de la industria difícilmente se podría llegar a hacer esta tarea". A partir de ahora ECOPILAS, que está en trámites para entrar en el registro de fundaciones del Ministerio de Medio Ambiente, intentará llegar a acuerdos con las Comunidades Autónomas -que tienen la competencia en este ámbito-, entre las cuales han advertido "una predisposición muy positiva", según Torralvo. En estos momentos, los municipios ya están gestionando los residuos urbanos y la Fundación tiene previsto incorporarse a esta actividad a partir del año 2001; su función sería seleccionar las pilas, separando las peligrosas de las inocuas y llevando a centros de reciclaje aquellas que se pudieran reconvertir. El Patronato de ECOPILAS lo constituyen las seis empresas promotoras, las grandes y medianas empresas de distribución (ANGED), la Unión de Consumidores de España (UCE) y la propia ASIMELEC a través de su comisión de pilas.

La viabilidad de este programa de recogida y reciclado de pilas pasa por la participación de todos y cada uno de los agentes participantes:

Consumidores, Distribuidores, Administración Local y Autonómica, Administración Central y Sistema Integrado de Gestión.

- Los consumidores colaboran con el sistema depositando sus pilas usadas en los contenedores previstos para este fin, evitando de este modo que terminen en la basura doméstica.

Su colaboración es obligatoria para el éxito del programa.

- Los Distribuidores prestan el espacio necesario en sus establecimientos para los contenedores de pilas y avisan al sistema de recogida cuando los contenedores están llenos.

Su contribución es libre de cargas para el sistema.

- La Administración Local o Autónoma presta su sistema de recogida de residuos para la recogida de los contenedores de pilas usadas, depositándolas posteriormente en contenedores de mayor tamaño a disposición del sistema Integrado de Gestión para su posterior traslado a las plantas de separación y/o reciclado.

Proporciona el marco (normativo y funcional) necesario que permita la recogida selectiva de pilas y baterías usadas en su ámbito territorial y de acuerdo a lo dispuesto por la Comunidad Autónoma.

Está obligada a aceptar libre de gastos, la devolución de las pilas usadas de los usuarios finales y de los distribuidores.

También tiene potestad legislativa-sancionadora para aquellos que no cumplan adecuadamente sus obligaciones.

- La Administración Central autoriza la puesta en marcha del Sistema y ordena la participación de todos los agentes para que se cumplan los fines previstos.

Participa en el Protectorado de la Fundación del Sistema Integrado de Gestión en funciones de gestión.

- El Sistema Integrado de Gestión es el responsable ante las Administraciones Públicas competentes del correcto funcionamiento del Sistema de recogida y reciclado de pilas usadas.

Realizará la recogida de las pilas y baterías usadas desde los puntos de almacenamiento y/o clasificación fijados por las Administraciones Públicas, hasta las plantas de

tratamiento. También se responsabilizará de las operaciones de tratamiento de estos residuos.

Chile

(Fuente: Lemke, 2004).

A continuación se nombrarán las iniciativas Chilenas de recolección y tratamiento de pilas de desecho.

Municipio de Santiago

Implementó un sistema de contenedores ubicados en las paletas publicitarias en el radio central de la comuna. Estos son retirados periódicamente y dispuestos en un relleno de residuos industriales. Entre Julio y diciembre 2002 se recolectaron 2720 kg. de pilas y baterías en los depósitos dispuestos en la vía pública.

Municipalidad de Curicó

Instaló una serie de contenedores en la ciudad, para recolectar pilas en cantidad suficientes para llevarlas a Hidronor.

Municipalidad de Valdivia

Comenzó un programa de recolección separada de pilas, las cuales son recolectadas en las escuelas y en recipientes ubicados en lugares públicos. El Sistema de recolección está combinado con el de residuos peligrosos (industriales / aceites, etc). Tanto las pilas como los desechos industriales son enviados a Copiulemu/Hidronor para el tratamiento y disposición segura.

Además de éstas iniciativas nombradas también existen antecedentes de experiencias en torno al tema:

Municipalidad de Talcahuano

La dirección del medio ambiente de esta municipalidad lleva a cabo la campaña de recolección de pilas usadas. Existen dos contenedores especiales para dicha recolección dispuestos por la Compañía Siderúrgica Huachipato.

Municipalidad Viña del Mar

En conmemoración del Día del Medio Ambiente inauguró una campaña de recolección de pilas incorporando a los alumnos de colegios de la comuna.

Campaña de la Red Nacional de Ecoclubes

En dos distintos días del 2002 realizó la campaña denominada "Con las pilas no se

juega". El propósito es integrar a organizaciones de la comunidad (junta de vecinos, grupos juveniles, etc.) para disminuir el uso de las pilas y exigir un tratamiento final de las mismas.

Municipalidad de Valparaíso

Desarrolló en 1998 el proyecto "Diagnóstico y Manejo de Pilas" con el patrocinio de la ONG CETAL y el financiamiento del centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo (SEMA).

También se tiene conocimiento de que las Municipalidades de Huechuraba, Conchalí e Isla de Pascuas instalaron contenedores para la recolección de pilas.

Proyecto Girosol

Uno de los Objetivos del Proyecto Intercomunal GIROSOL (Gestión Integral de Residuos Sólidos), en su segunda fase, es fortalecer las actividades de la 1era fase. En este marco se incluye la consolidación del proyecto piloto de educación ambiental y manejo local de residuos sólidos, que contiene entre otras medidas de minimización y recolección separada de pilas.

En la mayoría de las comunas del Proyecto GIROSOL se han llevado a cabo actividades de recolección de pilas usadas. Esta funciona por medio de las escuelas y, en algunos casos, también a través de contenedores en otros centros públicos. La 1era fase se concentró en la recolección de pilas aunque también se buscó encontrar una estrategia general para el manejo de las mismas teniendo en cuenta los aspectos de recolección hasta la disposición final.

Considerando las pilas usadas como residuos peligrosos deben cumplirse en su almacenamiento, transporte y eliminación las normas impuestas por el reglamento así como también ajustarse al sistema de declaración y seguimiento. Esto hace que se dificulte el manejo de dichos residuos ya que para toda acción a llevar a cabo, ya sea transporte, almacenamiento y eliminación se necesita la autorización de la autoridad Sanitaria correspondiente. Tampoco aquí hay claridad en cuanto a sí los municipios como responsables del servicio de aseo y ornato también necesitan de dicha autorización.

En cuanto al transporte, se simplifica la situación dada las cantidades con las que se está tratando hasta el momento. El Art. 42 define que las normas definidas en el título que trata el transporte no serán aplicadas para el transporte de cantidades que no excedan 6 kg. de residuos tóxicos agudos (ningún componente químico de las pilas se encuentra en la lista que enumera los elementos que poseen esta toxicidad) o de 12 toneladas de cualquier otra clase de residuos peligrosos, siempre y cuando éste sea efectuado por el propio generador. El generador debe además encontrarse exceptuado

de presentar planes de manejo, que también es el caso a causa de las cantidades manejadas hasta el momento (Art. 25). Las cantidades que se están manejando hasta ahora no sobrepasan los 600 kg. por comuna y año, como se tratará en detalle en el capítulo de diagnóstico.

El almacenamiento de residuos peligrosos se trata en el título IV del reglamento. Además de la autorización necesaria se debe tener en cuenta el tiempo de almacenamiento permitido. Este tiempo es de seis meses pudiendo sin embargo ser prolongado con la autorización de la Autoridad sanitaria. Las condiciones que deben cumplir los sitios donde se almacenen los residuos peligrosos son nombradas en el Art. 33, las cuales en general se están cumpliendo en los actuales sitios de acopio de las pilas recolectadas por las comunas.

El Título VI trata el tema de la eliminación de los residuos peligrosos. Además de aclarar las normas generales a tener en cuenta, se tratan las siguientes posibilidades de eliminación:

- Reuso /reciclaje
- Rellenos de seguridad
- Incineración
- Eliminación en minas subterráneas

Ya que no se logrará dejar de usar pilas por completo, se debe optar por usar aquellos sistemas que contengan componentes menos nocivos para la salud y el medio ambiente.

En la Tabla siguiente están sintetizados los sistemas químicos a evitar y preferir.

Síntesis de los sistemas químicos de pilas a evitar o preferir por su grado de toxicidad:

	Evitar	Preferir
Pilas recargables	Níquel Cadmio	Níquel metal hídrico, Ion Litio
Pilas desechables	Pilas desechables con Hg	Alcalina sin Hg, pilas secas sin Hg
Pilas botón	Óxido de Mercurio, Óxido de Plata, Plomo	Zinc aireado, Litio

Comuna	kg. de pilas recolectados	Habitantes	Porcentaje del total consumidas
Pto. Octay	380	10119	13.91 %
Frutillar	564	15673	13.33 %
Pto. Varas	370	33175	4.13 %
Pto. Montt	415	181075	0.85 %
Llanquihue	0	16422	0 %
Total	1729	256454	2.5 % (promedio)

En la tabla anterior, se pueden ver las cantidades totales recolectadas por cada comuna en el año 2003. Se puede apreciar que las cantidades recolectadas por comuna no difieren extremadamente entre ellas aunque si se notan diferencias. Con 564 kg. Frutillar ha sido la comuna que recolectó la mayor cantidad, seguida con 425 kg. por Puerto Montt.

Puerto Octay y Puerto Varas a su vez han recolectado la menor cantidad, 380 y 370 kg. respectivamente.

Estas relaciones cambian sin embargo, si se calcula el porcentaje de pilas consumidas que representan esas cantidades. Este porcentaje se puede calcular tomando como referencia un consumo de 0,27 kg. de pilas por habitante por año, cifra que equivaldría al consumo de 9 pilas por persona y año. Los porcentajes calculados también se ven en la tabla, mostrando que Pto. Octay es la comuna que más pilas ha recolectado de las pilas consumidas. También Frutillar logró recolectar un alto porcentaje de las pilas consumidas. Pto. Varas y Pto. Montt lograron recolectar porcentajes muchos menores de las pilas consumidas, 4,13 % y 0,85 % respectivamente.

Estas cantidades demuestran que todavía hay una importante cantidad de pilas no está siendo recolectada, sobre todo en Pto. Montt y Pto. Además cabe destacar que ya que tanto Puerto Montt como Puerto Varas están recibiendo pilas de empresas salmoneras en cantidades de pilas recolectadas se encuentran también pilas entregadas por estas empresas. En Puerto Montt sólo una empresa entregó una cantidad aproximada de 50 kg. En Puerto Varas fueron 4 empresas salmoneras y una de cecinas las que entregaron sus pilas a la municipalidad. De éstas empresas sólo una pidió el certificado para el Acuerdo de Producción Limpia (APL). Se trata de un acuerdo con la Industria Salmonera en el cual las empresas de este rubro luego de demostrar que cumplen con todos los requisitos de protección del medio ambiente, pueden obtener un certificado que les acredita su "Producción Limpia".

Ya que la recolección de pilas depende siempre de la voluntad de los habitantes y su toma de conciencia respecto a la protección del medio ambiente se compararán los sistemas de recolección y medidas de apoyo usadas de las comunas par analizar si tal vez estos factores influyen la cantidad recolectada.

Sistema de recolección

Es sistema de recolección de todas las comunas es el mismo consistiendo principalmente en la recolección de las pilas en colegios. Además de los contenedores en éstas instituciones se tienen contenedores en la municipalidad y en el caso de Pto. Montt y Pto. Varas también en otros sitios públicos. Siendo estos Iglesias en Pto. Varas y lugares públicos muy frecuentados en Pto. Montt: Paseo de Talca y terminal de buses.

Grandes diferencias hay en el tipo y cantidad de contenedores utilizados. Mientras Pto. Octay usa contenedores inoficiales, sirviéndose de botellas de PET de bebidas, Pto.

Montt desarrollo y mandó a construir contenedores especiales de fibra de vidrio para los colegios y de metal para los otros sitios.

También las cantidades de puntos de recolección y tamaños de los contenedores son muy distintas. Puerto Montt ofrece la mayor cantidad: en 31 colegios y 3 sitios públicos. Puerto Octay por el otro lado sólo recolecta pilas en un colegio y en la municipalidad.

Esto podría interpretarse como que la cantidad de puntos de recolección no influye la cantidad recolectada ya que Puerto Montt ofrece más puntos de recolección pero logra porcentaje de recolección menor.

La frecuencia de recolección tampoco parece afectar demasiado la cantidad recolectada. Aquí también cada comuna opta en general por una solución distinta. Puerto Montt recolecta las pilas cada una o dos semanas. Puerto Octay y Puerto Varas las recolectan en los colegios sólo dos veces al año y Frutillar las recolecta cuando el colegio avisa que el contenedor está lleno.

Medidas de apoyo

En cuanto a las medidas de apoyo también en este aspecto existen diferencias en las medidas tomadas por cada comuna. La tabla que a continuación se incluye muestra una síntesis de las medidas de apoyo que se realizaron en cada comuna.

	Frutillar	Pto. Montt	Pto. Octay	Pto. Varas
Clases de medio ambiente (colegios)	Comienzo	Comienzo	C/año	C/año
Charlas profesores, junta de vecinos, etc.	1 vez	Comienzo		
Spot radial	Cesó	Cesó	Vigente	Cesó
Folleto		X		X
Afiches				X
Artículos en diario		X		
Viajes como premio	X		Dos/año	

Todas las comunas acompañan la campaña de recolección con clases de medio ambiente en los colegios en los que se recolectan las pilas. Sin embargo en Puerto Montt y en Frutillar se realizaron por el encargado municipal sólo al empezar la campaña pasando luego a manos de los profesores de los colegios encargados del tema medio ambiente.

En Puerto Octay y Puerto Varas las clases siguen siendo dadas por el encargado municipal generalmente a comienzos del año escolar.

Clases de educación y concientización para los maestros y directores de las escuelas así como también como para otros grupos de adultos, se llevaron a cabo en Puerto Montt y Frutillar al principio de la campaña. En Frutillar las clases ofrecidas en la municipalidad no dieron muestras de éxito por lo que se suspendieron.

El spot de radio también fue usado en todas las comunas, aunque sólo en Puerto Octay sigue en vigencia en dos emisoras locales. En el resto de las comunas se pasó al empezar la campaña de recolección a comienzos del 2002. En Puerto Montt incluso se pasó información sobre el tema en la televisión local.

Además de estas medidas nombradas que en general se llevaron a cabo en todas las comunas, en Puerto Montt y Puerto Varas se usaron también otros medios de difusión como folletos, afiches o información por medio de artículos en el diario.

En Puerto Octay la municipalidad premia la clase que haya juntado la mayor cantidad de pilas con un viaje, uno en verano y otro en invierno. Esta medida si bien muestra buenos resultados como demuestra el porcentaje de pilas recolectadas, es problemática ya que puede distraer del objetivo de minimizar la cantidad de pilas a usar.

Acopio

La comuna de Puerto Montt se ocupa del acopio de pilas de varias comunas. Las pilas son depositadas junto al vertedero Lagunitas, de Puerto Montt, donde se ha construido una bodega para el propósito. En esta bodega se encuentran cerradas a llave en contenedores de plástico cerrados las pilas de Puerto Montt, Calbuco, Frutillar y Puerto Octay. Puerto Varas ha optado por otra solución, las deposita en la bodega de la empresa Floka, empresa que opera el vertedero de Puerto Varas.

Puerto Octay lleva sus pilas a Lagunitas una vez finalizada la recolección en el colegio. Las pilas que se recolectan en la municipalidad también son transportadas en esta ocasión. Si llegase a ser necesario las pilas recolectadas en la municipalidad son depositadas en la bodega Areas Verdes de la municipalidad en los mismos contenedores de plástico hasta que llegue el momento de ser transportadas a Lagunitas. También Frutillar dispone de una bodega municipal (fábrica de soleras) donde se encuentran contenedores de metal de 141 kg., donde se juntan las pilas hasta tener una cantidad considerable para llevarlas a Lagunitas. Generalmente esto es cuando esos contenedores metálicos están llenos.

Clasificación

La clasificación de pilas se llevó a cabo en las comunas de Pto. Montt y Pto. Octay. Para ello se han tomado pruebas de las pilas recolectadas normalmente en esas comunidades.

En Puerto Montt se acompañó una de las recolecciones del mes de Octubre de 2004, pasando por 8 de los colegios así como la terminal de buses, paseo de Talca y la municipalidad. La prueba muestra se tomó de esos tres puntos públicos y un colegio, clasificando un total de 18 kg. de pilas. En Puerto Octay se tomó una muestra de 13 kg., de 186,7 kg. totales hasta el 24.09.04. Las pilas se clasificaron en sistema químico y marca.

Tratamiento de pilas

Teniendo en cuenta los tipos de pilas existentes, así como las cantidades y clases de pilas recolectadas se analizarán a continuación las posibilidades de tratamiento. Se comenzará por ver los tratamientos existentes en general, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de los mismos. También se tendrán en cuenta las experiencias ya hechas en otras comunas de Chile y otros países Latinoamericanos con respecto al tema.

Técnicas existentes

El tratamiento de las pilas usadas es un tema de alta complejidad debido a la variedad de sistemas químicos existentes, lo que dificulta el tratamiento de los distintos tipos de pila en conjunto, así como también la variedad de compuestos de cada sistema. También la toxicidad de muchos de estos compuestos hace necesaria medidas de protección muy altas lo que implica un grado técnico alto, que a su vez causa costos más elevados.

Las posibilidades existentes para tratar las pilas son las siguientes:

- Uso en la industria metalúrgica
- Reciclado de los metales
- Incineración
- Inmovilización y disposición
- Exportación y tratamiento en el extranjero

A continuación se explicarán en forma resumida cada una de estas técnicas.

Uso en la industria metalúrgica

El uso de Pilas en la industria metalúrgica consiste en aprovechar el alto contenido de metales de las mismas y utilizarlas a forma de "materia prima" (chatarra alternativa) en la producción de acero o de zinc. Ya que las pilas se usan en plantas de producción de la industria metalúrgica existentes, sólo se pueden usar aquellos tipos de pilas, que no traigan inconveniente para el proceso y el producto final. Eso quiere decir, que pilas

conteniendo los metales mercurio y cadmio no pueden ser tratadas en éstas plantas ya que las mismas no están preparados para tratar las emisiones de dichos metales y también contaminarían el producto. Por lo tanto, este tipo de uso es sólo posible para pilas alcalinas, secas y de aireado de zinc, que no contengan mercurio en la industria del zinc. También las pilas de níquel metal hídrico se pueden usar como " materia prima" en la producción de acero.

Aunque si se solucionase el problema de la segregación en sistemas químicos queda el problema de disposición del resto de las pilas que no se pueden tratar con esta variante.

Reciclado de los metales

En general todas las técnicas de reciclaje buscan volver a recuperar los metales de las pilas, para luego usarlos en otros procesos industriales. Dado los distintos componentes que contienen las pilas y sus respectivas características se necesita en general tratar los tipos de pila por separado.

Existen técnicas de reciclaje para cada uno de los sistemas químicos. El problema de este tratamiento es que antes de poder tratar las pilas es necesario separarlas en los distintos sistemas químicos. Además los distintos métodos de reciclaje tienen costos elevados.

Hay muy pocas técnicas que son capaces de tratar tipos de pilas mezclados. En el caso de las técnicas que puede reciclar pilas que contengan Mercurio, los costos del proceso son tal elevados, que en la mayoría de los países europeos se opta por depositarlas en un vertedero de seguridad. Ya que si bien esta alternativa también produce costos significativos, dichos siguen siendo inferiores a los del reciclaje. Para reciclar pilas que contengan cadmio existen distintos sistemas de distintas empresas aunque todos usan la misma técnica, la cual consiste en la destilación al vacío del cadmio para separarlo del resto de los metales.

Incineración

La incineración de las pilas usadas tiene como objetivo la inertización de sus elementos convirtiéndolos en cenizas inertes, no recuperándose ninguno de sus compuestos. La incineración se puede llevar a cabo en plantas para quemar residuos peligrosos o si poseen técnicas similares en plantas industriales, como ser las plantas de producción de cemento. Cabe destacar que esta posibilidad es sólo posible si las plantas de incineración cuentan con las técnicas de tratamiento de emisiones necesarias ya los compuestos más volátiles como el cadmio, el mercurio y el zinc se incorporan a los gases en forma de partículas. Otro riesgo del proceso es que algunos de los metales pueden convertirse en compuestos móviles como cloruros. Aún teniendo un sistema de tratamiento de emisiones adecuado, lo cual generalmente produce muy altos costo, la

incineración sigue siendo problemática ya que generalmente para el tratamiento de las emisiones además de distintos tipos de lavados también son usuales filtros. Teniendo en cuenta que éstos acumularían gran parte de las sustancias peligrosas se lograría sólo cambiar el problema de lugar.

Encapsulamiento y disposición

Este tratamiento consiste en encapsular las pilas y depositarlas luego en un relleno de seguridad. Para la encapsulación se introducen aprox. 2 kg. de pilas junto son sustancias estabilizadoras en bolsas de nylon. Estas sustancias pueden ser: sulfuro de sodio, hidróxido de sodio y carbonato de sodio. De esta manera se asegura que los elementos de las pilas, si salen de ellas, sean absorbidos por estas sustancias. Estas bolsas son luego encapsuladas en bloques de cemento con paredes de cómo mínimo 5 cm de espesor. Una vez encapsuladas las pilas estos bloques de cemento son dispuestos en rellenos de seguridad, donde se controla periódicamente las condiciones del relleno (temperatura, humedad, etc).

Exportación y tratamiento en el extranjero

Esta variante implica el transporte de las pilas a países que posean las posibilidades técnicas para el tratamiento adecuado de las mismas. Las posibilidades de hacerlo dentro de Latinoamérica son limitadas, ya que sólo Argentina cuenta con una planta capaz de reciclar los metales de las pilas. Otras plantas se encuentran en Europa o los Estados Unidos, lo que implicaría distancias mayores y por ende costos de transporte importantes. Cabe destacar que un transporte de esas distancias también provoca daños ambientales significantes, por lo que desde el punto de vista ecológico, no se trata de la solución ideal. Además se suman las dificultades jurídicas de esta variante, ya que el transporte de Residuos de un país a otro está muy reglamentado haciéndolo complicado, más aun si éstos son peligrosos.(Convenio de Basilea).

Participación de empresas

Como se puede ver en las actividades nombradas, las comunas que recolectan pilas las disponen un relleno de seguridad, encargado de la misma empresa. Esta misma es nombrada en la propuesta de gestión de pilas nacional como única empresa en Chile que puede realizar el tratamiento y disposición final de pilas y baterías. Aunque la propuesta no descarta la posibilidad del reciclaje de pilas en el país o en el extranjero.

Se trata de la empresa Hidronor, que opera en el país desde julio de 1997, con un centro integral de gestión, tratamiento y recuperación de residuos industriales. Hidronor cuenta con un depósito de seguridad construido según las más exigentes normas internacionales vigentes para la disposición de residuos industriales. Su estructura antisísmica está asegurada por siete capas de geosintéticos, sobre las cuales se

disponen los subproductos inertes o inertizados procedentes de las plantas de tratamiento y aquellos, provenientes de diversas industrias, que se encuentren en condiciones de ser dispuestos en esta zona. Para completar el circuito, un moderno sistema de captación de lixiviados permite bombear el líquido del depósito una balsa de homogeneización donde es analizado y posteriormente enviado a la planta de tratamiento físico-químico para completar el proceso (esta información proviene de la misma empresa).

En cuanto al tratamiento de pilas recolectadas las posibilidades no son demasiado amplias. El reciclaje no es posible en el país ya que no se dispone de plantas que traten pilas usadas. La construcción de una planta de este tipo significaría costos demasiado elevados, además, que las cantidades hasta ahora recolectadas no justifican una inversión de este tipo. Esta variante podría ser interesante en un futuro cuando la recolección de pilas se realice en todo el país, contando entonces con mayores cantidades. Sin embargo tendría que evaluarse la necesidad y rentabilidad de construir una planta propia, ya que se encuentra una en Argentina.

La posibilidad de reciclarlas o tratarlas en el exterior no parece muy viable, dado que la mayoría de las plantas de reciclaje se encuentran en Europa, Norteamérica y Japón, teniendo que considerar entonces distancias muy largas, además de los costos de tratamiento. Se deben también tener en cuenta los trámites administrativos necesarios para el transporte de residuos por convenio de Basilea. En Latinoamérica se encuentra sólo la planta de reciclaje en Argentina ya nombrada anteriormente. Esta sería una posibilidad más factible ya que la distancia a transportar es mucho menor, a pesar de seguir siendo considerable. En este caso se debe considerar el Tratado de Medio Ambiente entre Chile y Argentina. Ya que las pilas botón son en general las más tóxicas, debido a su alto contenido porcentual de mercurio, se las podría tratar en la planta de reciclaje de Argentina para evitar "almacenar" este metal y disminuir el potencial tóxico de las pilas recolectadas. Como la cantidad recolectada de estas pilas no es muy elevada (en kilos) los costos de tratamiento no pueden ser muy altos. De esta La incineración tampoco es realizable, ya que no hay plantas que se dediquen al tratamiento térmico de residuos peligrosos. Las plantas industriales existentes, que pudiesen tratar pilas, no disponen de las técnicas de tratamiento de emisiones necesarias, por no tratar en general con residuos peligrosos.

El uso de pilas como "materia prima o chatarra alternativa" en la industria metalúrgica es muy interesante, por dos razones. Chile, como productor, cuenta con plantas de este tipo. Además las pilas más usadas en el país son las alcalinas, justamente el tipo de pilas adecuado para este uso. Desgraciadamente para llevar a cabo esta variante habría que primero separar las pilas alcalinas (también las secas) del resto, no habiendo

posibilidades de hacerlo en el momento. Sería interesante entonces tratar el tema de la separación de pilas para en un futuro poder realizar esta variante. En Europa la separación de los distintos tipos se lleva a cabo usando el magnetismo y/o los rayos X. Además, las pilas producidas sin mercurio llevan un código que puede ser leído con rayos UV, simplificando su separación. Podrían llevarse a cabo un estudio analizando estas posibilidades o desarrollando una nueva. Las pilas recolectadas podrían entonces ser usadas para dicha investigación. También habría que aclarar la disposición de la industria metalúrgica de usar pilas. La disposición en un relleno de seguridad, habiendo inmovilizado los componentes previamente, es la solución más difundida en Chile y Latinoamérica. Parece ser también la solución más factible para las comunas, ya que existe una empresa que opera con rellenos de Seguridad (el más cercano estaría en la zona de Concepción) e incluso se ocupa de las pilas de otras comunas.

Sintetizando, las posibilidades de tratamiento de las pilas recolectadas en las comunas de proyecto serían:

- Relleno de seguridad
- Relleno de Seguridad con subvención de la industria
- Acuerdo de investigación con la industria metalúrgica
- Reciclado de pilas botón en Argentina

La disposición en un relleno de seguridad sería la solución más fácil a corto plazo, teniendo la posibilidad de que la industria local, que use pilas en grandes cantidades, subvencione los costos del tratamiento. A su vez, las empresas obtendrían el certificado de producción limpia (APL) por disponer sus pilas en forma adecuada. El acuerdo con la industria metalúrgica implicaría tener que tomar contacto y negociar el tema, lo que puede llevar mucho tiempo. Debido a los trámites de transporte intrafronterizo también el tratamiento separado de las pilas botón puede tardar en llevarse a cabo.

Recomendaciones a nivel nacional en Chile

Como proyecto piloto las comunas del proyecto tienen un carácter de modelo para el resto del país. Las experiencias del proyecto pueden servir como marco de referencia para tratar el tema de las pilas a nivel nacional. Teniendo en cuenta los conocimientos ganados:

- Clarificar el marco legal de los residuos peligrosos domiciliarios.
- Aumentar la concientización de la población para minimizar el consumo de pilas en general y el de pilas que contengan mercurio y/o cadmio

- Mejorar la rotulación de las pilas, ya que muchos no tienen información sobre sus compuestos
- Control de importación, para limitar el ingreso de pilas con mercurio y cadmio
- Verificar la posibilidad de que los productores e importadores sean los responsables de la disposición de las pilas usadas, como se hizo en Europa.
- Investigación sobre separación y evaluación del uso en la industria metalúrgica

Debe considerarse que este estudio se limitó a tratar el tema de las pilas y baterías de uso doméstico habiendo también que solucionar la gestión de las baterías de celulares y la gestión de las baterías de auto. Las baterías de celulares son, en general baterías de níquel cadmio o níquel metal hídrico. Para su tratamiento se pueden usar los métodos discutidos anteriormente. Sin embargo sería interesante ver la posibilidad, de que los productores se hagan cargo de las mismas.

Las baterías de auto con baterías de plomo con un contenido de ese metal muy elevado. Por esa razón el reciclaje de estas baterías es interesante desde el punto de vista económico y ecológico.

Uruguay

"Montevideo, te quiero pila"

El 5 de junio de 1995, Día Mundial del Medio Ambiente, la Intendencia Municipal de Montevideo (I.M.M.), a través del Departamento de Desarrollo Ambiental, comenzó una campaña de recolección de pilas llamada "Montevideo, te quiero pila". El objetivo de esta campaña inédita hasta ese entonces en nuestro país ha sido el de promover en los ciudadanos un comportamiento consciente y responsable con su entorno, apuntando a mejorar la calidad ambiental de su propio habitat. A partir de ahí, la I.M.M., a través del Grupo de Educación Ambiental, se encargó, con la colaboración de los vecinos, de recoger las pilas usadas de los llamados "comepilas" instalados en quioscos, escuelas, colegios y liceos tanto públicos como privados, centros comunales, oficinas públicas y en locales comerciales de varios puntos de la capital.

De esta manera se pretende evitar que los desechos peligrosos se mezclen con la basura ordinaria de los hogares. El propio municipio provee, a quienes lo soliciten, de recipientes de plásticos adecuados para el depósito de las pilas. Posteriormente estas pilas son almacenadas en tanques de fibrocemento, de 1.000 litros, ubicados dentro de un depósito impermeabilizado de material enterrado en la usina N° 7, y especialmente construido en el Servicio de Disposición Final de Residuos Sólidos. Con ello se intenta preservar estos desechos de la intemperie y prevenir la contaminación por eventuales filtraciones líquidas de sus materiales.

En el año 2000 hubo 380 lugares de recepción de pilas en Montevideo.

Pero la tarea no termina en una recolección y almacenamiento adecuado, sino que además se estudian alternativas viables de disposición final y de recuperación de algunos de sus componentes teniendo en cuenta su utilidad práctica. Por esta razón, en 1997 se firmó un Convenio entre la Facultad de Química, a través de su Oficina de Gestión Tecnológica y la I.M.M., con el seguimiento del Laboratorio del Higiene Ambiental de la comuna. Resta aún concluir la segunda etapa del proyecto que es la construcción de alternativas posibles para el tratamiento de pilas.

En el interior del país, hay iniciativas aisladas de particulares (movimientos scouts, ONGs, firmas comerciales) para la recolección de pilas usadas.

Para participar en esta campaña se puede solicitar información y los elementos necesarios en la oficina del G.E.A. (Grupo de Educación Ambiental), piso diez y medio del Palacio Municipal, por el tel. 901 26 03 o al correo electrónico gea@piso9.imm.gub.uy

Estadísticas de recolección en Europa (Fuente: Waste Watch)

Nombre de la organización (año de creación)	País	Ventas año 2000 (Ton)	Recolección año 2000 (Ton)	Recolección como % de las ventas	Población (mill)	Recolección		
						año 2000 (g/hab)	año 1999 (g/hab)	año 1998 (g/hab)
UFB (1989)	Austria	2300	1441	53 %	8.15	177	158	155
Bebat (1995)	Bélgica	3878	2100	54 %	10.26	205	179	153
GRS (1998)	Alemania	29284	9322	32 %	83.03	114	101	-
Silbat (1994)	Holanda	5808	1856	32 %	15.98	116	117	161

6. Bibliografía

- AERPAM (2006), Asociación Española de Recogedoras de Pilas, Acumuladores y Móviles, www.aerpam.org/principal.htm. Fecha de consulta: julio 2006.
- ATSDR(2006), *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades* <http://www.atsdr.cdc.gov/>. Fecha de consulta: julio 2006.
- Castilla, L. y Cravioto, J. (1991). *Estadística simplificada*. Editorial Trillas.
- Carrillo, R. (2004). *Mejora de procesos a través de six sigma para las empresas de servicios en México*. DEPMI-UNAM.
- Castro, J. y Díaz, M.L. (2004). *Contaminación por pilas y baterías en México*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Choussy, D. (2004). *Estudio de una tecnología para el reciclaje de los componentes de baterías de níquel – cadmio*. UDLA. México.
- CONACYT. (2005). *Guía metodológica para el análisis de datos con apoyo de herramientas estadísticas*. SGC. México.
- Cortinas de Nava, C. (2006), <http://www.cristinacortinas.com/>. Fecha de consulta: julio 2006.
- Dirección de Medio Ambiente (2006). *Informe de la campaña: Ponte las pilas*. Gobierno Municipal de Cuatitlán, Izcalli. Edo. de México.
- García, I. (2006), <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/dina.htm>. Fecha de consulta: julio 2006.
- González, L. Y Cascales, V. (2003). *Informe de campaña: Ponme las pilas*. Universidad de Alicante. España.
- IMSS. (2005). *Informe técnico para la estimación de costos de intervenciones médicas en el Instituto Mexicano del Seguro Social*. México.
- Jorgensen, S.E. (2002). *A systems approach to the environmental analysis of pollution minimization*. Lewis Publishers.
- Kenett, R.S. y Zacks, S. (2000). *Estadística Industrial moderna*. Internacional Thomson Editores.
- Kotler, P. y Armstrong, G. (1990). *Fundamentos de marketing*. Sexta Edición.
- Lemke, A. (2004). *Clasificación y posibles tratamientos de pilas usadas: opciones para las 5 comunas del proyecto GIROSOL*. ERM GmbH.
- Martínez, M.A. (ND). *Tratar el agua, propuesta de este tiempo*. Revista de la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES).
- Mas y Azcué. (1993). *Metales en sistemas biológicos*. Barcelona.
- Minitab Inc. (2006), www.minitab.com. Fecha de consulta: julio de 2006.
- Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC).(2003). *Pilas alcalinas de uso doméstico: costo de uso, duración e impacto ambiental de su desecho como residuo sólido*. Chile
- Springer, et. al. (1972). *Inferencia estadística*. UTEHA.
- Varta (2006), www.varta.com. Fecha de consulta: julio de 2006.