

Universidad Internacional del Ecuador

Facultad de Ingeniería Automotriz

Reutilización de Baterías de Vehículos Híbridos para el Consumo Alternativo; como Energía de Emergencia en viviendas de bajo consumo energético, Recargadas mediante Paneles Solares.

Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz

Juan José Pástor Flores

Luis Renato Velasco Iñiguez

Director: Ing. Mauricio Pazmiño

Quito, Noviembre 2014

Certificación

Nosotros, JUAN JOSÉ PÁSTOR FLORES Y LUIS RENATO VELASCO IÑIGUEZ, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Juan Pástor Flores

C.I: 1719502740

Luis Velasco Iñiguez

C.I: 1716799307

Yo, Mauricio Pazmiño, certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Mauricio Pazmiño.

Agradecimiento

Quiero agradecer a Dios y a mi familia, a mis padres Mercy y Luis, a mis hermanos Luis, Anita y Mateo, a mi cuñado Felipe por ser los pilares fundamentales en el desarrollo de este proceso, ya que sin ellos no hubiera podido lograr la culminación del mismo, quiero agradecer a todas las personas, amigos y amigas que nos apoyaron con tiempo, recursos y consejos para la finalización del proyecto y las personas que en todos mi años de universidad compartieron conmigo muchas historias y vivencias, personas que no están conmigo en este momento pero que sin duda con su cariño y apoyo siempre van a estar en mi corazón. A los profesores que siempre nos ayudaron con toda su experiencia y sabiduría, sin duda no podría nombrar a todos pero tampoco puedo dejar de nombrar a nuestro tutor Ing. Mauricio Pazmiño a quien le agradezco por todo su apoyo. A mi compañero Luis Velasco que sin duda alguna fue un apoyo incondicional en todo el desarrollo y que a pesar de los aciertos y errores pudimos lograr la culminación de nuestro proyecto que con mucho esfuerzo lo hicimos. A mi abuelita Mamiani y a todas las personas que nos dejaron en forma terrenal pero que siempre van a estar en mi corazón.

Juan J. Pástor Flores.

Quiero agradecer primero a Dios, por bendecirme en este transcurso de mi vida, segundo a la familia Velasco, a la familia Iñiguez y a todos mis allegados, por haberme apoyado incondicionalmente y estar al pendiente en mi carrera. También al Ing. Mauricio Pazmiño y Ing. Andrés Gavilanes que han sido uno de los pilares fundamentales para culminar esta gran etapa de mi vida.

Luis R. Velasco Iñiguez.

Dedicatoria

La culminación de este proyecto quiero dedicarle a Dios, a mis padres y hermanos quienes me pudieron guiar en el transcurso del mismo con todo su apoyo y cariño. Quiero dedicarle este proyecto a mi madre en especial quien ha sido la mujer que más he admirado en mi vida y que siempre me ha demostrado ser la mejor en todo lo que hace. Les dedico a todas las personas que siempre estuvieron preocupadas por nuestro proceso y culminación de nuestro proyecto. A mis amigos, amigas y compañeros que compartieron muchas enseñanzas en el transcurso del proyecto. A mis amigas que siempre estuvieron apoyándome en todo.

Juan J. Pástor Flores.

El presente proyecto de tesis lo dedico de mis queridos padres quienes con mucho esfuerzo, cariño y amor han hecho de mí una persona responsable para poder desenvolverme como profesional y estar siempre presente apoyándome en cada paso que doy en vida. A mis hermanas que son el motivo y la razón que me ha impulsado a seguir superándome día tras día, para alcanzar mis ideales.

Luis R. Velasco Iñiguez.

Prólogo

El presente proyecto investigativo tiene como objetivo el desarrollar un plan de reutilización de las baterías de los vehículos híbridos, una vez finalizada la vida útil dentro del vehículo, para lo cual se analiza su uso alternativo y de emergencia en los hogares de bajo consumo energético del Distrito Metropolitano de Quito.

El trabajo investigativo comprende cuatro capítulos principales que contienen el siguiente análisis e información:

En el primer capítulo se detallan el planteamiento del problema, justificación e importancia, objetivos que se buscan cumplir con la reutilización de las baterías de vehículos híbridos y la investigación de mercado de las mismas.

El segundo capítulo es el marco teórico, el cual contiene aspectos e información específica sobre las características y el funcionamiento de los vehículos híbridos.

El tercer capítulo constituye el análisis de los impactos ambientales causados por la manipulación en el desecho de las baterías de los vehículos híbridos.

El cuarto capítulo corresponde al desarrollo práctico donde se realizan todas las pruebas en las diferentes baterías, para demostrar la factibilidad de utilizar estas baterías en hogares de bajo consumo energético y recargado por paneles solares en el DM de Quito.

Finalmente se encuentran las conclusiones y recomendaciones, las cuales deben ser implementadas con el objetivo de demostrar la factibilidad de desarrollar este sistema en las viviendas antes mencionadas, así como disminuir los posibles riesgos ambientales a los cuales nos encontramos expuestos por la mala manipulación de estos desechos que resultan altamente contaminantes para el medio ambiente.

Índice general

ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
CAPÍTULO 1	13
GENERALIDADES	13
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	15
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	16
1.5 INVESTIGACIÓN DE MERCADO DE BATERÍAS DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS	17
CAPÍTULO 2	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1 INTRODUCCIÓN	20
2.2 VENTAJAS	21
2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS	21
2.3.1 <i>Configuración en serie</i>	21
2.3.1.1 Ventajas de la configuración en serie	22
2.3.1.2 Modos de funcionamiento	22
2.3.2 <i>Configuración en paralelo</i>	23
2.3.2.1 Ventajas de la configuración en paralelo	23
2.3.2.2 Modos de funcionamiento	23
2.3.3 <i>Configuración mixta</i>	24
2.3.3.1 Ventajas de la configuración mixta	24
2.4 DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO	26
2.4.1 <i>Componentes de un vehículo híbrido</i>	27
2.4.2 <i>El sistema de motorización</i>	28
2.4.3 <i>Motor térmico</i>	28
2.4.3.1 Motor de gasolina	28
2.4.3.2 Motor diésel	28
2.4.3.3 Motor eléctrico	29
2.4.4 <i>Sistema de alimentación y almacenamiento de energía</i>	31
2.4.4.1 Baterías	31
2.4.4.2 Cargador de batería	32
2.4.4.3 Generador	32
2.4.4.4 Convertidor	33
2.4.4.5 Variador	33
2.4.4.6 Volante de inercia	33
2.4.4.7 Ultra condensadores	34
2.4.5 <i>Sistema de control</i>	34
2.4.5.1 Modelo paralelo con asistencia eléctrica	34
2.4.5.2 Modelo paralelo con asistencia térmica	35
2.4.5.3 Modelo termostático en serie	35
2.4.5.4 Modelo serie de carga a nivel	35

2.4.6 Sistema de transmisión.....	36
2.4.7 Carrocería.....	38
2.4.8 Sistema de elementos auxiliares.....	38
2.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS.....	38
2.6 FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO.....	38
2.6.1 Funcionamiento de la batería del vehículo híbrido.....	40
2.7 ANTECEDENTES.....	41
2.8 PROGRAMA DE REUTILIZACIÓN.....	42
2.9 PROGRAMA DE SEGURIDAD PARA MANEJO DE BATERÍAS USADAS.....	44
2.10 LEYES, PRINCIPIOS Y MANIPULACIÓN DE ELEMENTOS PELIGROSOS.....	47
2.10.1 Definiciones.....	48
2.10.2 Requisitos.....	50
CAPÍTULO 3.....	56
IMPACTO AMBIENTAL.....	56
3.1 BATERÍAS.....	56
3.1.1 Fundamentos de la batería.....	60
3.1.2 Agrupación de celdas.....	61
3.1.2 Parámetros electroquímicos de las baterías recargables.....	63
3.1.3 Tipos de baterías para vehículos híbridos.....	64
3.1.3.1 Batería de Pb – Ácido.....	67
3.1.3.2 Baterías de níquel e hidruro metálico.....	73
3.1.3.3 Batería de Iones de Litio.....	76
3.1.3.4 Baterías de litio polímero.....	78
3.2 MANEJO DE RESIDUOS.....	83
3.2.1 Normas Internacionales de Manejo de Residuos Peligrosos.....	84
3.2.2 Procesos de reciclado de baterías.....	90
3.2.2.1 Proceso piro metalúrgico.....	90
3.2.2.2 Proceso hidro metalúrgico.....	96
3.3 TOXICIDAD DE COMPONENTES DE LA BATERÍA HACIA EL MEDIO AMBIENTE.....	98
3.3.1 Daños a la Salud.....	103
3.3.2 Países Productores de Materiales de Baterías.....	106
3.3.2.1 Litio.....	106
3.3.2.2 Níquel.....	109
3.3.2.3 Plomo.....	110
3.3.2.4 Cadmio.....	111
3.3.2.5 Zinc.....	112
3.3.2.6 Mercurio.....	113
3.3.3 Extracción de materias.....	114
CAPÍTULO 4.....	122
DESARROLLO PRÁCTICO.....	122
4.1 UTILIZACIÓN DE BATERÍA EN UN LUGAR DOMÉSTICO.....	122
4.1.1 Cálculo de Instalaciones.....	122
4.1.2 Cálculo del recurso solar.....	123
4.1.2.1 Método iepala.....	124
4.1.2.2 Método de armstrong.....	128
4.1.2.3 Tablas del inamhi.....	131
4.1.3 Comparación de los tres métodos: iepala, armstrong page y tablas del inamhi.....	134
4.1.4 Técnicas para la determinación de la radiación.....	136

4.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	137
4.2.1 <i>Aplicaciones actuales del sistema fotovoltaico</i>	137
4.2.2 <i>Tipos de paneles fotovoltaicos:</i>	141
4.2.2.1 Según la célula que los conforman:	141
4.2.2.2 Según el Número de Células que lo Conforman:	142
4.3 SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA A UTILIZAR.....	142
4.3.1 <i>Características paneles solares</i>	142
4.3.2 <i>Acumulador</i>	145
4.3.1.1. Características:	145
4.4 VERIFICACIÓN DE VARIABLES EN QUÉ CONDICIONES ES FACTIBLE LA UTILIZACIÓN DE ESTE PROYECTO.	147
CONCLUSIONES	158
RECOMENDACIONES.....	160
BIBLIOGRAFÍA	161
WEBGRAFÍA	162
ANEXOS.....	163

Índice de tablas

Tabla 1.1 Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2009.	17
Tabla 1.2. Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2010.	17
Tabla 1.3. Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2011.	18
Tabla 1.4. Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2012.	18
Tabla 1.5. Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2013.	19
Tabla 3.1. Principales características y aplicaciones de las baterías recargables.....	65
Tabla 3.2. Fisicoquímicos.....	67
Tabla 3. 3. Geoeconómicos	68
Tabla 3. 4. Medioambientales	68
Tabla 3.5. Fisicoquímicos.....	73
Tabla 3.6. Geoeconómicos	73
Tabla 3.7. Medioambientales	73
Tabla 3.8. Fisicoquímicos.....	76
Tabla 3.9. Geoeconómicos	77
Tabla 3.10. Medioambientales	77
Tabla 3.11. Fisicoquímicos.....	78
Tabla 3.12. Geoeconómicos	79
Tabla 3.13. Medioambientales.....	79
Tabla 3.14. Principales daños medioambientales a causa de compuestos químicos.	102
Tabla 3.15. Producción de Níquel por países 2012.....	109
Tabla 3.16. Producción Mundial de Cadmio en refinerías, en TM.	111
Tabla 3.17. Producción Mundial de Zinc, en TM.....	112
Tabla 3.18. Producción Mundial de Mercurio.	113
Tabla 3.19. Principales Características y Obtención de Compuestos Químicos.....	121
Tabla 4.1. Cálculo de Consumo Estimado de Energía.	123
Tabla 4.2. Datos Mensuales de Gdm(0).....	125
Tabla 4.3. Aplicación del Método IEPALA. Elaboración: Los autores.	126
Tabla 4.4. Datos Mensuales de Gdm (+15°) por IEPALA.	127
Tabla 4. 5. Datos de cálculo Mensuales de Gdm(+15°) por Método de Armstrong Page.	129
Tabla 4.6. Datos Mensuales de Gdm (+15°) por Método de Armstrong Page.	130
Tabla 4.7. Aplicación del Método IEPALA con Constate de Gmd (+15).	132
Tabla 4.8. Datos Mensuales de Gdm(+15°) por IEPALA.	133
Tabla 4.9. Datos Mensuales de Gdm(+15°) Comparativos por los Tres Métodos.....	135
Tabla 4.10. Características Físicas de Módulos Fotovoltaicos.	144
Tabla 4.11. Características Eléctricas de Módulos Fotovoltaicos.	144
Tabla 4.11. Características batería hibrida Toyota Highlander.....	145

Índice de figuras

Figura 3.1. Funcionamiento de Batería del Vehículo Híbrido	58
Figura 3. 2. Esquema de Carga y Descarga	61
Figura 3.3. Disposiciones serie/paralelo, paralelo/serie y matriz	62
Figura 3.4. Batería De Pb – Ácido De Última Generación	69
Figura 3.5. Esquema del mecanismo de funcionamiento de una celda de Ion – Litio	78
Figura 3.6. Esquema de Descarga de una Batería de ion - litio.....	81
Figura 3.7. Esquema de Descarga de una Batería de ion - litio.....	81
Figura 3.8. Proceso Piro Metalúrgico de Reciclaje de Baterías de ion – litio por la Empresa Umicore.....	91
Figura 3.9. Esquema de un horno y limpieza de gases	95
Figura 3.10. Esquema del proceso piro metalúrgico de reciclaje de baterías de ion – litio por la empresa Umicore.....	95
Figura 3.11. Proceso Hidro Metalúrgico de Reciclaje de Baterías de ion – litio por la Empresa Toxco.....	96
Figura 3.12. Esquema del Proceso Hidro Metalúrgico de Reciclaje de Baterías de ion – litio por la Empresa Toxco	98
Figura 3.13. Esquema de mantos freáticos	100
Figura 3.14. Proyección de la Demanda de Carbonato de Litio (ton)	107
Figura 3.15. Producción de Litio por País 2010	108
Figura 3.16. Producción de Litio por Empresa 2010	108
Figura 3.17. Importación de Níquel Bruto Sin Alear	110
Figura 3.18. Producción de Plomo mundial 2012.....	111
Figura 3.19. Esquema de Extracción de Plomo. Clasificación de los metales no férricos	116
Figura 3.20. Esquema de Extracción de Níquel. Clasificación de los Metales no Férricos	117
Figura 3.21. Esquema de Extracción de Zinc. Clasificación de los Metales no Férricos	118
Figura 3.22. Esquema de Extracción de Cadmio. Esquema de la Cadena, UNCTAD	119
Figura 3.23. Esquema de Extracción de Mercurio. Esquema de Obtención de Zinc	120
Figura 4.1 Esquema Lineal de Gdm (+15°).....	128
Figura 4.2. Esquema Lineal de Gdm (+15°).....	130
Figura 4.3. Radiación Solar. Radiación Solar Global del Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador. ...	131
Figura 4.4. Esquema Lineal de Gdm (+15°). Elaboración: Los autores.....	134
Figura 4.5. Esquema Lineal comparativo de los Tres Métodos para Gdm (+15°).	135
Figura 4.6. Paneles Fotovoltaicos en Domicilios.....	138
Figura 4.7. Paneles Fotovoltaicos utilizados para iluminación de carreteras.	139
Figura 4. 8. Paneles Fotovoltaicos utilizados para bombeo de agua.	139
Figura 4.9. Paneles Fotovoltaicos utilizados medidor de Tsunamis.....	140
Figura 4. 10. Paneles Fotovoltaicos utilizados control de parqueos.	140
Figura 4. 11. Vehículos para uso extraterrestre.	141
Figura 4. 12. Satélites recargados por sistema fotovoltaico	141
Figura 4.13. Sección de un Módulo Fotovoltaico.	143
Figura 4.14. Conexión de elementos del sistema Fotovoltaico.	146

**Reuse batteries for hybrid vehicles alternative consumption;
energy emergency and energy efficient homes, you recharged
by solar panels.**

The objective of this research is to develop a plan for reusing the batteries of hybrid vehicles, once the useful of battery life in the vehicle has ended, for which we analyze alternative use and emergency household Metropolitan District of Quito.

The research work comprises four main chapters that contain the following information and analysis:

The first chapter contains the problem statement, justification and significance, objectives in order to achieve reuse of batteries of hybrid vehicles and their respective market research.

The second chapter is the theoretical framework, which contains the aspects and the specific information about the features and operation of hybrid vehicles.

The third chapter is the analysis of the environmental impacts of waste management of batteries of hybrid vehicles.

The fourth chapter contains the practical development where all tests are performed in different types of batteries, to demonstrate the feasibility of using these batteries in households with low power consumption and that recharged by solar panels on the DM of Quito.

Finally we found the conclusions and recommendations to be implemented with the objective of demonstrating the feasibility of developing a system of this kind in the houses and reduce potential environmental risks to which we are exposed by the mishandling of these residues that are highly polluting to the environment.

Capítulo 1

Generalidades

1.2 Definición del problema

Aunque los vehículos híbridos y eléctricos tienen diseño eficiente, es muy significativa la contaminación causada durante la producción, uso y desecho de sus baterías. Las nuevas generaciones de vehículos híbridos utilizan baterías recargables de níquel hidruro metálico (NiMH), ion Litio (ion Li) y Níquel Cadmio (NiCd), cuya vida útil es de 8 a 10 años.

El daño ambiental neto que causan las baterías recargables con respecto a las desechables es menor en tan solo 20%, ya que el mayor impacto ambiental en el ciclo de vida de una batería, sin importar su tipo, se da durante la producción. Como resultado final, el uso de baterías recargables en vez de baterías desechables representa un beneficio neto del 18% a la salud humana, 13% a la calidad de los ecosistemas y 4% a los recursos naturales.

Las baterías de Níquel hidruro metálico (NiMH), ion Litio (ion Li) son recargables, por lo cual contaminan menos que las desechables, pero contienen níquel y litio, que en grandes cantidades es peligroso. Las minas de níquel liberan dióxido de azufre a la atmósfera, contribuyendo a la lluvia ácida, El litio no es volátil por lo que pueden regresar a la superficie a través de deposición húmeda o seca. Es un neurotóxico y tóxico para el riñón. La intoxicación por litio produce fallas respiratorias, depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo. También produce daño al sistema

nervioso, llegando al estado de coma e incluso la muerte. La fabricación y transporte de baterías genera residuos peligrosos y emisiones atmosféricas, que son aparentemente invisibles por estar alejadas de las zonas urbanas. Este hecho contrarresta las emisiones bajas o nulas de gases que produce el uso de autos híbridos y eléctricos.

1.1 Introducción

El actual Proyecto surge a fin de dar respuesta a una serie de interrogantes que se han planteado en la sociedad actual a causa del notable auge de la Industria del vehículo híbrido.

La motivación fundamental para el desarrollo del vehículo híbrido es la capacidad de ahorrar combustible y reducir las emisiones producidas por los motores de combustión interna. El creciente desarrollo del vehículo híbrido como alternativa viable al nuevo automóvil convencional, está motivado por un conjunto de cuestiones socioeconómicas y protección del medio ambiente.

Los vehículos híbridos son un medio tecnológico eficiente con tecnología para el ahorro de recursos y preservar el medio ambiente, ya que las industrias automotrices al igual que el mundo entero está pendiente de la contaminación producida por el sector automotriz, es por esto, que se desarrollan vehículos con dos tipos de motores: de combustión interna y eléctricos; así se pueden reducir las emisiones de estos vehículos. Al desarrollar vehículos híbridos se busca el desarrollo de tecnología de punta y mejorar la eficiencia de los vehículos.

Como integrantes de la Facultad de Mecánica Automotriz queremos ayudar a resolver el problema ambiental que producen las baterías de los vehículos híbridos, en la reutilización de estas baterías como parte de un sistema de almacenamiento energético y como recurso alternativo, que contribuirá con el medio ambiente, usándolas para generar energía limpia, el dar una solución al medio ambiente con respecto a un manejo más prudente y libre de contaminación ya tiene historia.

Nuestra propuesta es la reutilización de las baterías de los vehículos híbridos, que consiste en la recuperación de las mismas para ser manipuladas como acumuladores de energía eléctrica alternativa y como recurso de emergencia en viviendas con una capacidad de consumo bajo de energía; estas serán recargadas mediante una energía alterna como la luz solar por medio de paneles solares, para conservar puro el medio en que vivimos. Actualmente el transporte depende en su mayoría de energía fósil, sobre todo del petróleo. Por esta razón el reciclaje de baterías recargables es actualmente bajo, pero se estima que del total de baterías se podría reutilizar hasta un 95%.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar el Costo – Beneficio de la Reutilización de las baterías de vehículos híbridos como almacenamiento energético para utilizar esta Energía en Hogares y como recurso de emergencia, recargados por paneles solares, esta investigación abarcará en el Distrito Metropolitano de Quito.

1.3.2 Objetivos específicos

- Conocer el estado general de las baterías de los vehículos híbridos del DM de Quito para desarrollar los procesos de reutilización.
- Realizar un estudio de los componentes y del circuito que corresponde a la reutilización de las baterías de los vehículos híbridos, en hogares como almacenamiento energético y como recurso de alternativo.
- Desarrollar un estudio del impacto ambiental que las baterías de los vehículos híbridos producen al medio ambiente.
- Determinar bajo qué condiciones es Favorable el proyecto de reutilización de las baterías de los vehículos híbridos.

1.4 Justificación e importancia

Lo que justifica primordialmente nuestro proyecto de investigación es el compromiso como estudiantes de la Facultad de Mecánica Automotriz ayudar a resolver el problema de la contaminación provocada por las baterías de los vehículos híbridos.

Demostrar la capacidad para reutilizar este tipo de batería para generar energía eléctrica en hogares haciendo este proyecto respetuoso con el medio ambiente, porque que su operación va a ser un ahorro de energía para los usuarios del DM. De Quito.

Demostraremos el costo benéfico de este sistema en hogares del DM. De Quito comparada con la energía actualmente utilizada en los hogares y así verificar la rentabilidad del proyecto.

1.5 Investigación de mercado de baterías de los vehículos híbridos

Tabla 1.1 Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2009.

Ventas Año 2009																
PROVINCIA 2	Marca	Modelo	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total General	
PICHINCHA	BMW	X6			1	2		2		1					6	
	CHEVROLET	SILVERADO												1	1	
		TAHOE			1					1	2	2				6
	FORD	ESCAPE								2	2	2			22	28
		FUSION									3			2	1	6
	GMC	SIERRA								1			1			2
		YUKON												1		1
	LEXUS	RX 450H									2	7	11	21	15	56
		LS600H HYBRID											1			1
	TOYOTA	HIGHLANDER		1	8	16	54	39	24	19	31	14	17	41	264	
PRIUS							5	14	17	62	41	23	36	198		
CAMRY					1	2	1	3	9	19	3	3	5	46		
4WD HYBRID 6966 LIMITED V6 W-3RD					1										1	
PORSCHE	CAVENNE S		1											1		
CADILLAC	ESCALADE										4			4		
Total PICHINCHA			0	2	11	19	56	47	45	55	123	75	67	121	621	

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito ANT, 2013).

Tabla 1.2. Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2010.

Ventas Año 2010																
PROVINCIA 2	Marca	MODELO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total General	
PICHINCHA	BMW	SERIES 7						3	4	1		2		3	13	
		X6	1	4	2	9	10	20	6	4	3	6		1	66	
	CADILLAC	ESCALADE	1		1		2	2							6	
	CHEVROLET	SILVERADO		2	2	5	7	5	8	4	6	14	11	15	79	
		TAHOE		9	24	6	34	6	27	12	14	14	10	18	174	
	FORD	ESCAPE	34	31	45	43	52	63	36	41	40	37	29	61	512	
		FUSION		1			3	3	7	6	11	13	10	5	59	
	GMC	SIERRA			1					1			1		2	5
		YUKON					3				1	1	1		6	
	HONDA	INSIGHT					1					2			3	
		CR-Z												2	2	
	LEXUS	HS250		3	1	5	5	1	1	3	1	1	1	2	24	
		RX450	37	28	36	49	31	27	16	13	9	9	7	7	269	
		GS450	1		1		1			1		1			5	
	MAZDA	TRIBUTE								1					1	
	MERCEDES BENZ	S400	9	1	7	7	5	3	3	1	2	4	4	2	48	
	NISSAN	ALTIMA													1	
	PORSCHE	CAVENNE					1	1		11	7	2	5	4	31	
	TOYOTA	CAMRY	6	7	6	6	10	10	2	8	9	6	4	8	82	
HIGHLANDER		54	40	107	137	141	66	14	12	16	23	25	41	676		
PRIUS		15	8	43	50	35	25	18	20	20	32	17	32	315		
Total PICHINCHA		161	132	280	317	337	235	147	135	142	165	124	202	2377		

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito ANT, 2013).

Tabla 1.3. Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2011.

Ventas Año 2011			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE	Total General	
PROVINCIA 2	Marca	Modelo														
PICHINCHA	BMW	ACTIVE HYBRID 7	1	2	1		5		1		2	3	7		22	
		X6	4	1	2					1	2		2		12	
	CADILLAC	ESCALADE HYBRID			1											1
		CHEVROLET	MALIBU					1								1
		SILVERADO	12	5	5	14	8	4	3				1	3	55	
		TAHOE	10	5	10	9	2	8	3	4		1		1	53	
	FORD	ESCAPE	28	35	25	21	41	43	27	34	44	22		91	72	483
		FUSION HIBRIDO	2	6	2	10	5	14	7	11	1					58
	GMC	SIERRA HIBRIDO		1					1							2
		YUKON HIBRID				1			1							2
	HONDA	CIVIC HYBRID	1													1
		CR-Z	10	3		3		1	1	1	1	1	2	1	24	
		INSIGHT				2									2	
	LEXUS	GS 450H	2													2
		HS250H HIBRIDO			1			1						1	1	4
RX 450H		1	2	3	3	4	1	2	1	2	4	3		26		
	CT 200 H										1	2		3		
MERCEDES BENZ	S 400 HYBRID	1	1	2	4	2	3		1	2	1	16		33		
NISSAN	ALTIMA		1											1		
PORSCHE	CAYENNE S	8	4	3	1	1	9		8	4			4	42		
	PANAMERA S HYBRID								4	2				6		
TOYOTA	CAMRY	2	4	6	2		5	1			1		8	1	30	
	HIGHLANDER	22	22	10	16	4	7	1	1	4	5	27		119		
	PRIUS HIBRIDO	19	15	14	10	13	9	4	13	5	7	17	10	136		
HYUNDAI	SONATA												1	1		
Total PICHINCHA			123	107	85	96	85	106	52	79	70	45	182	89	1119	

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito ANT, 2013).

Tabla 1.4. Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2012.

Ventas Año 2012			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE	Total General
PROVINCIA 2	Marca	Modelo													
PICHINCHA	CHEVROLET	SILVERADO	1				1					1			3
		TAHOE	1												1
	FORD	ESCAPE	57	2	1	1	2	2	57	2	134	134	147	15	554
		FUSION	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	GMC	YUKON HIBRID	1							1					2
	HONDA	CR-Z	1							1					2
	LEXUS	HS250H HIBRIDO	1												1
		RX 450H	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	32
		RX 450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	34
	TOYOTA	HIGHLANDER	34	33	33	33	33	34	33	33	33	34	33	33	399
PRIUS HIBRIDO		48	49	48	48	49	48	49	48	48	49	48	49	48	581
VOLKSWAGEN	TOUAREG	1				1					1			3	
Total PICHINCHA			157	96	94	94	98	96	151	97	229	229	239	104	1684

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito ANT, 2013).

Tabla 1.5. Mercado de baterías de los vehículos híbridos, año 2013.

Ventas Año 2013																
PROVINCIA 2	Marca	Modelo	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total General	
PICHINCHA	CHEVROLET	SILVERADO				1				2					2	
		TAHOE													1	
	FORD	ESCAPE	50	51	50	51	50	51	50	51	50	50	50	50	50	604
		FUSION	7	6	7	6	6	7	6	7	7	6	6	7	78	
	GMC	YUKON HIBRIDO												1		1
		SIERRA HIBRIDO				2										2
	HONDA	CIVIC HIBRID									1				1	
	LEXUS	HS250H HIBRIDO							1							1
		RX 450H	3	2	3	2	2	3	3	2	3	3	4	2	32	
		RX 450	3	4	5	1	5	2	3	4	3	4	5	7	46	
TOYOTA	HIGHLANDER	33	21	32	37	33	36	44	34	22	44	47	22	405		
	CAMRY HIBRIDO				1						1			2		
	PRIUS HIBRIDO	47	45	43	66	66	43	21	33	44	53	60	51	572		
VOLKSWAGEN	TOUAREG		1						2					3		
Total PICHINCHA		143	130	140	167	162	143	129	133	130	161	173	139	1750		

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito ANT, 2013).

De manera general, se obtuvo que hay un total de 7551 vehículos híbridos, que están ubicados geográficamente en la Provincia de Pichincha con la mayor afluencia de vehículos en el Distrito Metropolitano de Quito, con una cantidad de 6418 vehículos que llega a un 85% del valor total, el otro 15% está dividido en sus distintos cantones. Estos datos fueron recopilados desde los años 2009 hasta el 2013 por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) y por Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana (CINAE).

Esta información es muy importante ya que podremos segmentar el mercado de este tipo de vehículo en el Distrito Metropolitano de Quito y saber cuántas baterías existen para poder utilizar en nuestro proyecto.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Introducción

El funcionamiento de un vehículo híbrido se basa en la mezcla de dos tipos de motores, uno eléctrico y el otro de combustión interna, a través de un sistema de control híbrido y de una serie de agrupación de baterías.

En general, un vehículo híbrido funciona como uno convencional al que se le ha unido un motor eléctrico cuya misión es bien ayudar al motor de combustión cuando se precise una mayor potencia o bien impulsar él solo al vehículo, con el motor de combustión desconectado, cuando la potencia requerida sea pequeña, o por ejemplo en condiciones favorables de conducción.

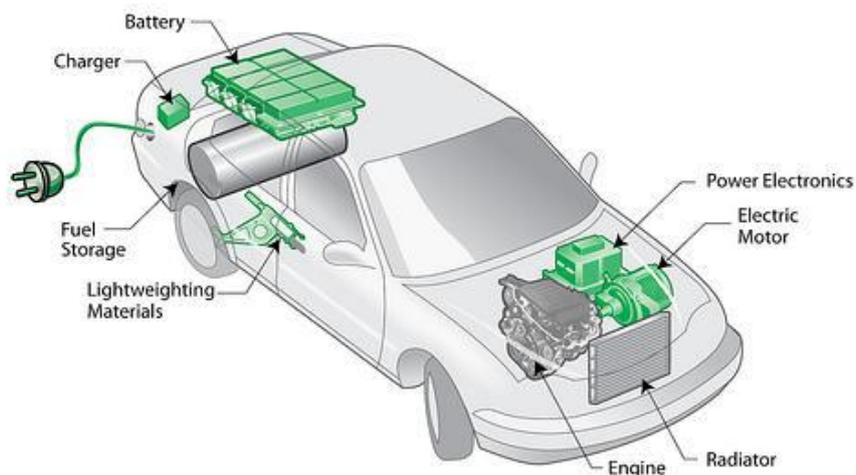


Figura 2.1. Vehículo Híbrido

Fuente: Automotive Diagnostic Publishing, Hybrid System
Elaboración: Los autores, 2014.

Los vehículos híbridos se clasifican en tres tipos dependiendo al modo en que se conectan ambos motores: híbridos en serie, híbridos en paralelo e híbridos mixtos.

2.2 Ventajas

- Frenada regenerativa que permite recargar las baterías además de reducir la energía perdida en las frenadas habituales de conducción.
- Disminución del consumo de combustible que puede llegar a un 50% de ahorro.
- Reducciones de las emisiones contaminantes ya que el motor de combustión interna trabaja a regímenes muy eficientes.
- Utiliza diferentes fuentes de energía reduciendo la dependencia de energía por combustibles fósiles.

2.3 Clasificación de los vehículos híbridos

2.3.1 Configuración en serie.

El vehículo híbrido con configuración en serie se caracteriza por que el motor térmico recarga las baterías, las cuales alimentan al motor eléctrico, es por esto que el trabajo lo produce únicamente el motor eléctrico.

2.3.1.1 Ventajas de la configuración en serie.

- Podemos evitar en ciertos casos la transmisión eliminando una de las causas que reducen la eficiencia del sistema.
- El grupo motor generador trabaja en el punto para el que ha sido diseñado para lograr un rendimiento óptimo,
- Se permite una gran variedad de emplazamientos del grupo motor - generador, ya que no es necesaria una transmisión mecánica motor térmico – ruedas.

2.3.1.2 Modos de funcionamiento

El motor térmico puede estar trabajando o no, y el motor eléctrico puede estar funcionando como motor o generador.

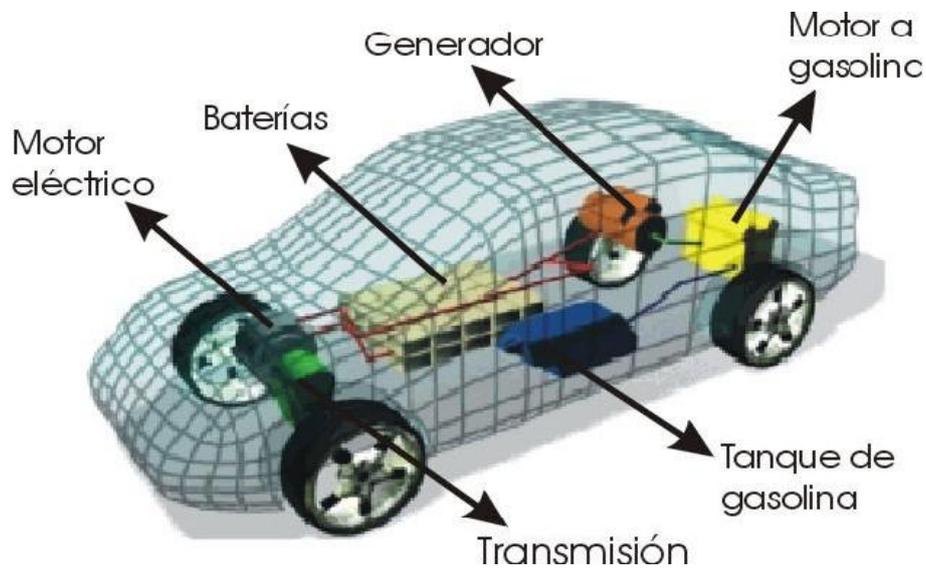


Figura 2.2. Configuración en Serie

Fuente: Automotive Diagnostic Publishing, Hibrid System

Elaboración: Los autores, 2014.

2.3.2 Configuración en paralelo

El vehículo híbrido con configuración en paralelo se caracteriza por que el motor tiene transmisión directa mecánica con las ruedas, al igual que el motor eléctrico. Ambos pueden trabajar simultáneamente o de tal forma que el motor térmico mueva al vehículo y al motor eléctrico, que funcionara como generador.

2.3.2.1 Ventajas de la configuración en paralelo

- El vehículo es más potente debido a que ambos motores trabajan simultáneamente.
- La mayoría de los vehículos configurados de esta manera no necesitan generador, por esto ahorran costo y espacio.

2.3.2.2 Modos de funcionamiento

Este tipo de configuración es capaz de tener diversos modos de funcionamiento:

- Motor eléctrico y térmico generando potencia a la rueda.
- Motor eléctrico generando potencia y motor térmico en reposo.
- Motor térmico generando potencia y motor eléctrico cargando las baterías.
- Motor térmico en reposo y motor eléctrico cargando las baterías.

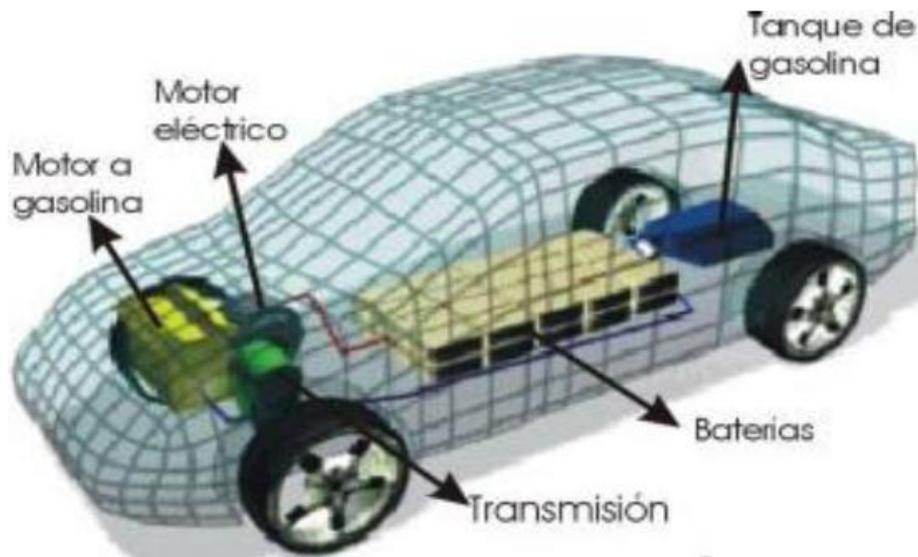


Figura 2.3. Configuración en Paralelo

Fuente: Automotive Diagnostic Publishing, Hibrid System
Elaboración: Los autores, 2014.

2.3.3 Configuración mixta

Los vehículos híbridos con configuración mixta permiten propulsar al vehículo únicamente mediante el motor de combustión, únicamente mediante el motor eléctrico, o mediante una combinación de ambos motores; es decir el vehículo híbrido mixto tiene la configuración en serie en el que se ha conectado el motor de combustión directamente a las ruedas, por tanto el motor de combustión como el generador y el motor eléctrico están todos ellos interconectados a través de un sistema de engranajes diferencial el cual está conectado a su vez a la transmisión del vehículo.

2.3.3.1 Ventajas de la configuración mixta

- Con el conjunto diferencial, el motor de combustión puede ser conectado a las ruedas en aquellos

momentos en los que opere en el rango óptimo de revoluciones (Nivel de Máximo rendimiento y Mínimo consumo).

- Cuando el motor de combustión interna trabaja en esos rangos y ayudado por el motor eléctrico no se necesita dotar a estos vehículos de complicadas y caras cajas de cambios. El sistema de control de ambos motores permite que el funcionamiento de los mismos siempre este optimizado.

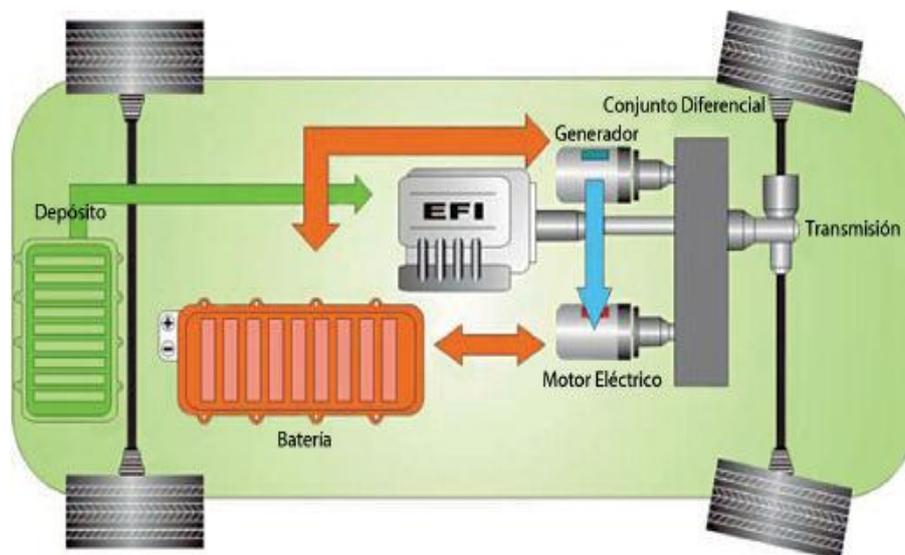


Figura 2.4. Configuración Mixta

Fuente: Tecnologías de Propulsión Híbridas y las evidencias científicas de su eficacia.

Elaboración: Los autores, 2014.

2.4 Descripción del vehículo híbrido

Los vehículos híbridos toman ese nombre al presentar una unión de tecnologías que combinan dos motores, un motor de combustión interna y un motor eléctrico en el mismo vehículo; pudiendo conjugar las ventajas de ambos motores.

En estos vehículos el aspecto más importante es la transmisión mecánica que va a haber entre estos dos motores.

Los vehículos híbridos se caracterizan por ser vehículos no contaminantes, ya que durante la utilización de los mismos en zonas urbanas con mucho tráfico se utiliza la tracción eléctrica evitando así las emisiones de gases y ruidos contaminantes, el consumo será menor que el de un vehículo convencional ya que el motor de combustión solo podría ser usado en carreteras donde sea necesario velocidades más altas y mayor potencia.

Los vehículos híbridos están conformados por una unidad de control que tiene como función entregar energía al motor eléctrico de una manera más apta y dosificada al motor, un módulo de aceleración que manda a la unidad de control cuanta energía entregar al motor, un paquete de baterías encargadas de almacenar energía y alimentar al motor eléctrico por medio de una unidad de control, además puede llevar una caja de cambios y un diferencial; la marcha atrás se la podría conseguir mediante el cambio de giro del motor eléctrico.

2.4.1 Componentes de un vehículo híbrido

En la descripción de los diferentes componentes de los vehículos híbridos tenemos los siguientes (Matthew, Thiel, Swenson, & Bower, 2009):

- Sistema de Motorización.
- Sistema de Alimentación y Almacenamiento de Energía.
- Sistema de Control.
- Sistema de Transmisión.
- Carrocería.
- Sistema de elementos auxiliares.

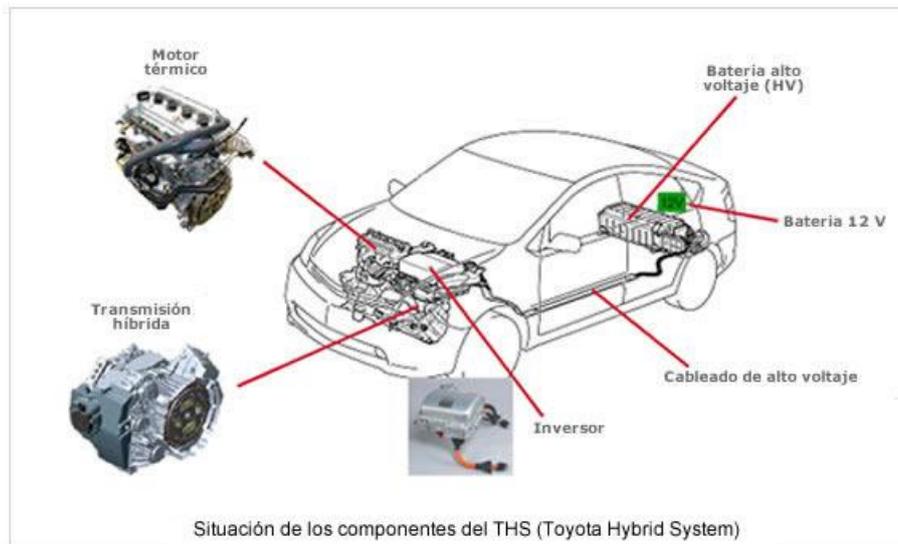


Figura 2.5. Componentes del Vehículo Híbrido

Fuente: (<http://www.mecanicavirtual.org/híbridos-prius.htm>)

Elaboración: Los autores, 2014.

2.4.2 El sistema de motorización

Está conformado por un motor que opera al vehículo; este motor es de combustión interna y adicional un motor eléctrico cuyo tipo será elegido en función de los beneficios del vehículo y del control seleccionado.

2.4.3 Motor térmico

El motor térmico de los vehículos híbridos convierte la energía química que es liberada por la combustión del combustible en energía cinética, que es aprovechada para mover las ruedas o para generar energía eléctrica.

Hay diversos motores que entre los principales tenemos Motor a Gasolina, Motor a Diésel, el Motor Rotario, la Turbina de Gas, y el Stirling de estos dos últimos motores no son utilizados para mover estos vehículos híbridos.

2.4.3.1 Motor de gasolina.

Este motor trabaja según el ciclo de Otto, es un motor de cuatro tiempos (4T), los rendimientos térmicos de los motores Otto se ve limitados por varios factores, entre ellos la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración.

2.4.3.2 Motor diésel

Este motor tiene el mismo aspecto que el motor a gasolina, sin embargo la diferencia está en el proceso de alimentación, ya que el combustible no viene pre mezclado como en los motores de gasolina. Esto hace que se le pueda aumentar el factor de compresión.

2.4.3.3 Motor eléctrico

El motor eléctrico y su mecanismo de control es una de las piezas fundamentales de todos los vehículos híbridos y eléctricos, deben poseer la capacidad de generar electricidad o de generar potencia mecánica de manera que se ajuste rápidamente a las necesidades del coche. Debe hacerlo de forma que la eficiencia sea elevada y obtener un mejor rendimiento.

Hay dos posibilidades en cuanto a la alimentación de motores eléctricos y son de corriente continua o de corriente alterna.

2.4.3.3.1 Motores de corriente continua.

Este tipo de motor es utilizado para aplicaciones de velocidad variable con motores eléctricos. Tienen la ventaja de ser más fáciles de controlar que los de corriente alterna ya que solo hay que controlar la amplitud, pero son muy grandes y pesados. Tenemos dos posibles configuraciones:

Excitación en Serie:

- Par de arranque elevado.
- Par a altas velocidades, bajo » cambio de marchas

Excitación en Paralelo

- Mejores prestaciones que excitación en serie.
- Par constante por debajo de la velocidad nominal.
- Potencia constante por encima de la velocidad nominal.
- No es necesario el cambio de marcha.

2.4.3.3.2 Motores corriente alterna

Los motores de corriente alterna son más difíciles de controlar que los motores de corriente continua, ya que hay que controlar la frecuencia de la tensión de alimentación y la amplitud de esta tensión. Necesitan para su manejo y control a velocidad variable, instrumentos de electrónica de potencia que logre variar la frecuencia de la señal que le llega al motor, a su vez este motor es más pequeño y ligero.

En los motores de corriente alterna se pueden distinguir los siguientes tipos:

Motor Síncrono:

- Pueden alcanzar altas velocidades de giro.
- Tienen un buen Rendimiento.
- Los Controladores son más caros, encareciendo bastante el precio del conjunto.
- Son más ligeros y compactos.

Motor Asíncrono:

- Son muy eficientes y ligeros.
- La ausencia de escobillas hace que su mantenimiento sea simple.
- En VEH, se utilizan los de inductor formado por imanes permanentes (Brushless).
- Entre los inconvenientes tenemos que son menos robustos y son más caros, sobre todo por el precio de los imanes permanentes (estos deben estar

refrigerados ya que la temperatura afecta mucho a su rendimiento).

2.4.4 Sistema de alimentación y almacenamiento de energía

En este sistema de alimentación tenemos al paquete de baterías y el cargador, el cual influye en la autonomía y potencia del vehículo. El peso y el volumen de las baterías influyen en las prestaciones del vehículo y en el caso de los cargadores se puede o no incorporar a estos vehículos ya que en la mayor parte de vehículos híbridos no posee cargador pero si existen en los vehículos eléctricos.

2.4.4.1 Baterías

Las baterías son el sistema de almacenamiento de energía y elemento fundamental de vehículos híbridos y eléctricos, en ellas se utilizan reacciones químicas reversibles. En ellas está la clave de su viabilidad técnica y económica, se trata del corazón del motor eléctrico, el motor que consigue combinar el consumo del vehículo. La **capacidad de la batería** y la **potencia** que es capaz de desarrollar, son las dos características básicas de estas baterías.

La tecnología que se va desarrollando en estas baterías está en ascenso y cada vez va madurando en comparación con las versiones pasadas.

Las baterías que son conformadas por nuevas aleaciones son extremadamente caras y algunas no son viables para su comercialización, además la mayoría de las baterías tienen un ciclo de vida mucho más corta que

la del paquete incluida en el vehículo para funcionamiento de los demás sistemas, esto hace que sea una sustitución más cara.

2.4.4.2 Cargador de batería

Su función es transformar la corriente alterna de 220 voltios obtenida en las tomas en corriente continua a la tensión determinada. Hacen falta dos conversores, uno para convertir la electricidad alterna proveniente del alternador en corriente continua que pueda cargar la batería y otro que adapte la salida de las baterías al motor eléctrico. Existirá otro para controlar el campo de excitación del alternador y si el motor que se usa es de corriente continua con excitación independiente también necesitará controlar su campo de excitación.

2.4.4.3 Generador

Tiene un cierto parecido a un motor eléctrico, el generador, solo trabaja para producir energía eléctrica. Se usa más en vehículos híbridos que tienen configuración en serie. Se puede usar un generador de corriente continua (dínamo) o uno de alterna. Lo más normal es usar un generador de alterna ya que aunque con el de continua no habría que rectificar la corriente, los de alterna son más robustos y pueden generar altas cantidades de energía.

2.4.4.4 Convertidor

Es una batería muy pequeña que alimenta, a una tensión baja y poco peligrosa (12V.), alimenta a accesorios como las luces, limpiaparabrisas, radio, etc., mediante un convertidor electrónico a transistores.

2.4.4.5 Variador

El Variador toma la energía de la batería y la inyecta en el motor en función de la posición del acelerador. Es decir, que transforma corriente continua procedente de la batería en alterna variable.

Se puede comparar con la bomba de inyección de un motor de explosión.

En corriente alterna, la velocidad dada por un motor trifásico de un tipo de jaula de ardilla es fija, y no tiene posibilidad de variación.

Solamente variando la frecuencia de alimentación al motor, se consigue variar la velocidad. La tensión y la frecuencia varían siempre en igual proporción.

Lo importante en estos variadores de frecuencia es el de conseguir una modulación sinodal de la corriente que alimenta el motor para que pueda dar el más elevado par nominal.

2.4.4.6 Volante de inercia

El volante motor es un disco con una alta masa específica, en la que se almacena energía cinética en forma de rotación. Funciona como un rotor de un

motor que genera electricidad a costa de la rotación del volante que genera energía cinética, a su vez, se almacena la energía en forma de energía cinética aumentando la velocidad de giro del disco.

2.4.4.7 Ultra condensadores

Al almacenar la carga de energía mediante condensadores permite una muy rápida descarga de esta energía. Por tanto resulta ideal para los cambios bruscos de velocidad que se genera en el vehículo.

2.4.5 Sistema de control

La misión del sistema de control del vehículo es la de organizar el funcionamiento de los motores de nuestro vehículo y de regular cuando entra en funcionamiento y cuando se detienen, esto bajo estrategias de mayor ahorro de combustible y mínimas emisiones. Este sistema suministra la energía necesaria del motor y regula el funcionamiento, de esta manera, la velocidad, potencia y par son reguladas según las circunstancias sean requeridas.

Tenemos una variedad de posibilidades que están perfectamente compenetradas que, de tal forma se puedan diseñar los parámetros de funcionamiento y los motores.

2.4.5.1 Modelo paralelo con asistencia eléctrica.

En este modelo se utiliza como fuente principal de energía mecánica el motor térmico, el motor eléctrico trabaja únicamente como una ayuda al motor

térmico para que aumente la potencia en los momentos en que sea necesario, liberando al motor térmico de trabajar en zonas con un alto índice de ineficacia.

2.4.5.2 Modelo paralelo con asistencia térmica.

En este caso es el motor eléctrico el que funciona como motor principal, dejando que el motor térmico únicamente trabaje en los momentos de máxima carga o cuando las baterías ya se han descargado. Este es el sistema que más utiliza la energía eléctrica, y por lo tanto suele ser el más económico, a no ser que el motor térmico tenga que estar trabajando mucho tiempo a elevadas cargas, ya que entonces los motores resultan muy ineficientes.

2.4.5.3 Modelo termostático en serie.

En este modelo el objetivo es el de trabajar con la energía eléctrica, cuando las baterías llegan a un punto de baja carga el motor térmico y el generador se ponen en funcionamiento para reponer esa energía. La principal ventaja de este sistema es que si el motor térmico está bien dimensionado puede permanecer todo el rato en sus condiciones de funcionamiento óptimas, es decir, con la mayor eficiencia.

2.4.5.4 Modelo serie de carga a nivel.

En este modelo se pretende suministrar la potencia media requerida por el motor gracias al motor térmico y utilizar el motor eléctrico para suministrar los picos de corriente que requiere el motor. La ventaja de este tipo de vehículo híbrido es que el tamaño de las baterías puede ser relativamente pequeño. Y

su desventaja es que el motor térmico tiene que trabajar en gran cantidad de puntos de funcionamiento y esto hace que se pierda eficiencia.

2.4.6 Sistema de transmisión.

El sistema de Transmisión puede ser como el de un vehículo convencional que cumple la misma función básica que en un auto convencional, el sistema depende de cada vehículo, este posee elementos tales como: diferencial, suspensión, caja de cambios, etc., y depende del control es posible eliminar varios componentes, es decir con un control electrónico es innecesaria una caja de velocidades mecánica y la marcha hacia atrás.

La transmisión se encarga de llevar el movimiento desde el motor hasta las ruedas y desde el motor térmico al generador.

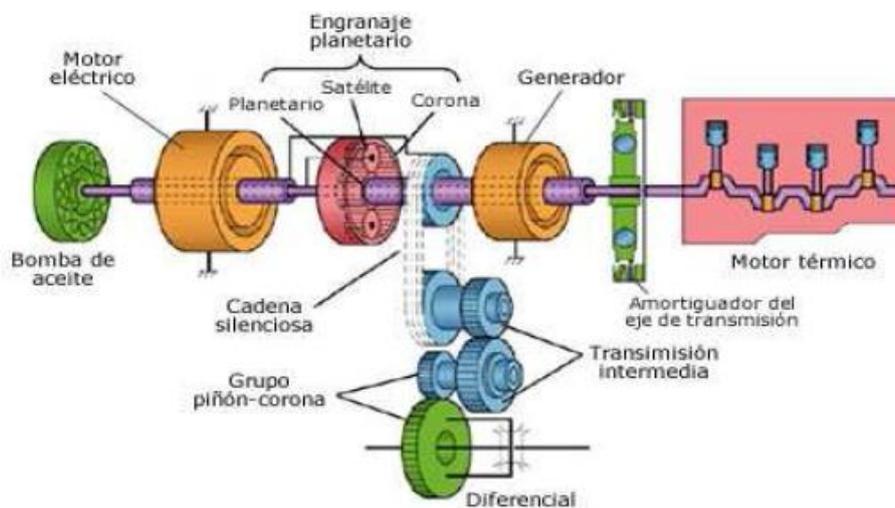
En los vehículos en serie los motores eléctricos tienen que transmitir el movimiento a las ruedas. Si se usa un solo motor eléctrico hace falta un diferencial para compensar la diferencia de velocidad lineal de las ruedas en las curvas, pero si se usan dos motores o incluso cuatro, uno en cada rueda, no hace falta diferencial con lo que se simplifica la parte mecánica pero se complica el control. No hace falta caja de cambios ya que se puede controlar totalmente la velocidad del motor, pero se suelen usar reductores fijos para adaptar las revoluciones y par del motor al eje motriz.

En los vehículos en paralelo la transmisión es más complicada ya que, tanto el motor térmico como el eléctrico, tienen que transmitir el movimiento a las ruedas. Se pueden conectar directamente al mismo eje motor eléctrico y el térmico a través de las apropiadas reducciones fijas y este eje se conecta al eje

motriz a través de un diferencial. Si se utiliza un generador independiente también tendrá que estar conectado a este eje común o conectarse al otro extremo del generador mediante engranajes planetarios.

Además el motor térmico tendrá que poder desconectarse de la transmisión cuando el vehículo funcione solo con el motor eléctrico mediante un embrague electromagnético para que pueda ser controlado por el sistema de control. El motor eléctrico y el alternador no hace falta desconectarlos de la transmisión, basta con desconectarle la alimentación con lo que no circulara la intensidad por ellos y no producirán par resistente.

Otra posibilidad en los paralelos es usar el motor térmico en la tracción de un eje (el delantero por ejemplo) y el motor eléctrico en el otro, con lo que la conexión entre ambos motores la realiza la carretera.



Esquema de componentes del sistema de transmisión

Figura 2.6. Esquema de Componentes del Sistema de Transmisión

Fuente: (<http://www.mecanicavirtual.org/híbridos-prius.htm>)

Elaboración: Los autores, 2014.

2.4.7 Carrocería.

La carrocería puede ser de una sola pieza (carrocería compacta) o bastidor tubular con cerramientos de materiales ligeros (chasis).

2.4.8 Sistema de elementos auxiliares.

Entre los sistemas auxiliares tenemos: Iluminación, señalización, circuitos de seguridad, interiores, acabados, sistema de refrigeración, calefacción, sistema de navegación, baterías auxiliares, etc.

2.5 Características de los vehículos híbridos

Los vehículos híbridos se caracterizan al tener para su propulsión una combinación de dos sistemas, que consume de fuentes de energías diferentes.

El motor de combustión interna y el motor eléctrico, que es alimentado por baterías.

Si se conjugan los dos sistemas, tanto el eléctrico como el térmico se consiguen reducir de una forma significativa la contaminación, de los vehículos tradicionales que originan problemas de contaminación ambiental, el exceso de ruido y las secuelas en la salud de los seres humanos.

2.6 Funcionamiento de un vehículo híbrido

Los vehículos híbridos están conformados en dos etapas, la primera etapa es parte correspondiente al motor de combustión interna, la cual tiene como señal de entrada; al acelerador, freno, cambio de velocidades y señal de encendido. Para la segunda etapa que es correspondiente a la parte eléctrica tenemos la

unidad de control que es la que administra a la etapa de potencia a través de la batería que alimenta al motor. Depende si el vehículo es híbrido o eléctrico se puede encontrar un diferente funcionamiento del sistema de carga o descarga de la batería.

El motor eléctrico ya sea de corriente alterna o de corriente continua se conecta a una caja de velocidades y este mueve el eje de la transmisión por medio de un diferencial que hace llegar el movimiento hacia las ruedas, las órdenes son enviadas mediante el módulo de aceleración la cual por medio de la unidad de control dosifica la energía para el motor.

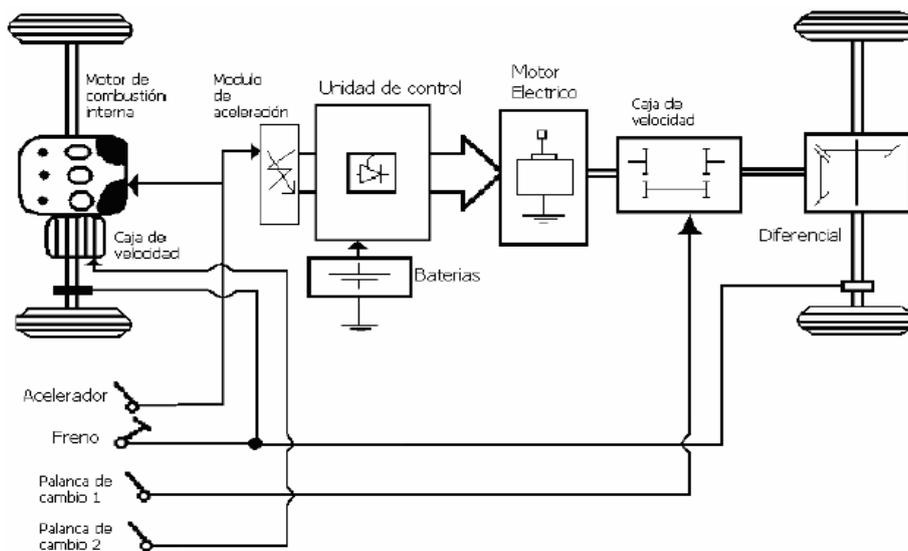


Figura 2.7. Esquema de un Vehículo Híbrido

Fuente: Automotive Diagnostic Publishing, Hibrid System

Elaboración: Los autores, 2014...

2.6.1 Funcionamiento de la batería del vehículo híbrido

El vehículo híbrido, durante el arranque y hasta velocidad de 50 km/h, la batería se va descargando, ya que al arrancar estará activando el motor eléctrico y funcionará en este modo hasta que se superen los 50 km/h. Una vez que el motor térmico arranque, por encima de los ya mencionados 50 km/h, el exceso de energía producida puede ser usada para cargar la batería. Durante esta velocidad constante mayor a 50 km/h el motor térmico estará actuando en su zona óptima de funcionamiento, entregando potencia para mover el vehículo y a la vez para cargar la batería.

Por último, durante el proceso de frenado, el motor térmico se para y se puede recuperar parte de la energía que se perdería en forma de calor en las ruedas al frenar, cargando nuevamente la batería. Todo este proceso de carga y descarga está reflejado en el Gráfico 2.8, donde se puede observar en amarillo el proceso de descarga y en verde el proceso de carga de la batería.

Además, la línea roja representa el funcionamiento del motor eléctrico, mientras que la azul representa el funcionamiento del motor térmico según se esté arrancando, acelerando, en velocidad de crucero, desacelerando o parados.



Figura 2.8. Gráfico del Funcionamiento de Batería del Vehículo Híbrido

Fuente: www.Mecanicavirtual.org

Elaboración: Los autores, 2014.

2.7 Antecedentes

En el 2009 se comercializaron 621 autos híbridos en la Provincia de Pichincha, según datos de AEADE. Y hasta Diciembre del 2011 se sumaron 3496 vehículos solo en esta Provincia. Estos vehículos, por lo general, combinan un motor eléctrico con uno a gasolina, por lo que emiten menos CO₂. Estos automotores llegaron al país desde el 2005, pero desde junio del 2009 se inició la importación de autos híbridos al Ecuador con la exoneración del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y el Impuesto a los Consumos Especiales (ICE). Aunque es muy significativa la contaminación causada durante la producción, uso y desecho de las baterías de los vehículos híbridos y eléctricos tienen un diseño eficiente, las nuevas generaciones de vehículos híbridos utilizan baterías recargables de níquel-hidruro metálico (NiMH), y podrían durar 100 mil millas,

la vida útil suele medirse en unidades temporales (años, meses, días) o en número de ciclos de carga y descarga a lo largo de la vida útil del dispositivo.

Las baterías de Níquel Hidruro Metálico (NiMH) son recargables, por lo cual contaminan menos que las desechables, pero contienen níquel, que en grandes cantidades es peligroso. Las minas de níquel liberan dióxido de azufre a la atmósfera, contribuyendo a la lluvia ácida. La fabricación y transporte de baterías genera residuos peligrosos y emisiones atmosféricas, que son aparentemente invisibles por estar alejadas de las zonas urbanas pero el daño ambiental neto que causan las baterías NiMH con respecto a las desechables es menor en tan solo 20%, ya que el mayor impacto ambiental en el ciclo de vida de una batería, sin importar su tipo, se da durante la producción.

2.8 Programa de reutilización.

Cada vez que se habla de los inconvenientes de los vehículos híbridos y eléctricos el primer tema que sale a relucir es **como poder reciclar cada componente de las baterías de los vehículos híbridos**. Las baterías son sistemas con una composición de químicos complejos que, de no ser recicladas adecuadamente, pueden suponer un gran impacto sobre el medio ambiente. La vida útil de un paquete de baterías va más allá de cuando se necesite cambiar en un vehículo ya sea eléctrico o híbrido, ya que todavía pueden almacenar una cantidad considerable de electricidad para lo que puede ser viables en otros usos. En estos otros usos es en lo que ha pensado **Toyota** para las baterías de sus híbridos, ya que **pretenden crear sistemas de almacenamiento de energía para sus concesionarios en Japón** y al igual que General Motors y ABB están probando usos para las baterías de sus

vehículos uno de ellos es el Volt y entre las preocupaciones de los posibles clientes que consideran o no, la compra de un **vehículo híbrido o eléctrico** son las baterías.

”Se lo ha mencionado varias veces, que las baterías de iones de litio son reciclables aproximadamente en un 90 a 95%. Hay que recordar que la **vida útil** de las baterías de un vehículo eléctrico (híbrido enchufable, o eléctrico de rango extendido) se establece como el período que transcurre entre el 100% de capacidad de carga y en el momento en el que estás disminuyen su capacidad hasta el **80%**, cuantificarlo en años o kilómetros es más complicado, según algunos fabricantes de vehículos híbridos, expresan que las baterías pueden durar de 8 a 10 años o 200.000 km aproximadamente. Cuando esto sucede lo recomendable es sustituir las baterías por unas nuevas, aunque en realidad esas baterías no están viejas, ni averiadas, ni gastadas, y aunque algo menos, siguen acumulando energía eléctrica. Así que antes de reciclar es muy conveniente **reutilizar** las baterías, hasta que realmente hayan perdido su capacidad de carga y ya no sean útiles. Por ejemplo, con 33 baterías del Chevrolet Volt que posean algo más del 70% de su capacidad de carga, se pueden alimentar con electricidad 50 casas norteamericanas durante cuatro horas, en un corte de suministro, a modo de *back up* o **suministro de emergencia**. La idea es crear un sistema de unidades de baterías junto con un inversor para pasar de corriente continua a alterna o viceversa, conectadas a la red eléctrica” (Autocosmos, 2013).

“La otra vida de las baterías de los coches eléctricos, es por todos conocido, el hecho de que las baterías con el paso de los años van perdiendo

su capacidad (según algunos estudios, pierden el 30% aproximadamente en 10 años). Por este motivo, tanto la empresa multinacional japonesa **Nissan**, como su homóloga **Toyota**, se encuentran estudiando en este momento la posibilidad de darles un segundo uso a las baterías de sus vehículos eléctricos. Éste consistiría en utilizarlas como un sistema de acumulación de energía dentro de los hogares (viviendas unifamiliares)” (Motor pasión, 2008).

2.9 Programa de seguridad para manejo de baterías usadas.

Las diferentes baterías se usan para alimentar automóviles, camiones, tractores, equipos de construcción y otros equipos eléctricos. Existen diferentes tipos de baterías, tales como plomo-ácido, gel-cell y baterías de plomo-calcio, ion-Litio, Níquel Hidruro Metálico y Níquel Cadmio. La mayoría de las baterías contienen ácido sulfúrico y plomo. Debido a que las baterías contienen productos químicos, productos secundarios de sus reacciones químicas, así como corrientes eléctricas, pueden presentar un riesgo a los trabajadores si no se manejan correctamente. Los trabajadores que operen, den mantenimiento y recarguen las baterías deben tener cuidado.

Antes de trabajar con una batería, usted deberá haber recibido capacitación sobre los procedimientos de manejo correcto. Consulte el manual del propietario del vehículo y de la batería para obtener instrucciones específicas sobre el manejo de la batería y la identificación de los peligros que pueden surgir. Para evitar que le caiga ácido en la cara, use los equipos de protección personal, tales como gafas protectoras y una careta. Use equipos de protección resistentes al ácido, tales como guantes largos, un delantal y botas.

No se meta los pantalones dentro de las botas porque si derrama ácido éste puede formar un charco dentro de las botas (Conama-GTZ, 2009).

Esté consciente de los peligros químicos que presentan las baterías. El ácido sulfúrico (el electrolito) en las baterías es sumamente corrosivo. La exposición al ácido puede ocasionar irritación de la piel, daños a los ojos, irritación al sistema respiratorio y erosión del esmalte de los dientes. Nunca se incline sobre una batería mientras la refuerza, la prueba o la carga. En ambientes marinos, no permita que la solución de la batería se mezcle con agua de mar, ya que puede producir gas cloro que es venenoso. Si le salpica ácido a la piel o a los ojos, inmediatamente enjuague el área con bastante agua corriente durante al menos 15 minutos y busque atención médica de inmediato.

Siempre practique la buena higiene y lávese las manos después de tocar una batería y antes de comer. Si usted toca las placas de plomo de una batería y no se lava las manos debidamente, puede resultar expuesto al plomo. Los signos de exposición al plomo incluyen pérdida del apetito, diarrea, estreñimiento con dolor de vientre, dificultades al dormir y fatiga.

Los productos secundarios de las reacciones químicas que se producen en una batería incluyen oxígeno e hidrógeno en forma de gas, los cuales pueden ser explosivos en niveles altos. Cargar excesivamente una batería también puede formar gases inflamables. Por esta razón, es muy importante almacenar y dar mantenimiento a las baterías en un área de trabajo bien ventilada y alejada de fuentes de ignición y sustancias incompatibles. Los cigarrillos, las llamas o chispas pueden hacer que una batería explote.

Antes de trabajar en una batería, desconéctele los cables. Para evitar que se produzcan chispas, siempre desconecte el borne negativo de la batería primero y conéctelo el último. Tenga cuidado con los líquidos inflamables cuando trabaje con motores que reciben alimentación de baterías. El voltaje eléctrico que crea una batería puede incendiar materiales inflamables y ocasionar quemaduras graves. Trabajadores han resultado lesionados o muertos cuando conexiones flojas de una batería o las chispas producidas han incendiado vapores de gasolina o solventes durante operaciones de mantenimiento.

Las herramientas de mantenimiento para baterías deberán estar cubiertas con varias capas de cinta aislante para evitar causar chispas. Coloque cubiertas protectoras de hule sobre las conexiones de los bornes de la batería para evitar que se produzcan chispas por impacto si alguna herramienta toca el borne. Limpie los bornes de la batería con un cepillo plástico, ya que los cepillos metálicos pueden crear electricidad estática y chispas. Siempre quítese los artículos de joyería personal antes de trabajar en una batería. Una corriente de corto circuito puede soldar un anillo o brazalete al metal y ocasionar quemaduras graves.

Las baterías pueden ser muy densas y pesadas, por eso se deben usar las técnicas correctas para levantarlas, evitando así lesiones a la espalda. El cuerpo de la batería puede ser quebradizo y romperse con facilidad; deben manejarse con cuidado para evitar derrames de ácido. Asegúrese de que la batería esté bien sujeta y en posición vertical en el vehículo o equipo.

Si la batería muestra indicios de daños a los bornes, a la caja o a la cubierta, reemplácela con una nueva. Finalmente, recuerde deshacerse correctamente de las baterías viejas (Conama-GTZ, 2009).

2.10 Leyes, principios y manipulación de elementos peligrosos.

La creciente producción de bienes y servicios requiere de una inmensa y variada gama de materiales peligrosos que han llegado a ocupar un destacado lugar por su cantidad y diversidad de aplicaciones y en el afán de cumplir con las responsabilidades y tomar decisiones oportunas sobre la gestión, se deben conocer todas las fases de su manejo, incluyendo las actividades que se realizan fuera del establecimiento como el transporte y disposición final. No se debe olvidar que la responsabilidad del establecimiento no habrá concluido hasta que los materiales peligrosos sean tratados o dispuestos de acuerdo a la normativa ambiental vigente, por lo que es necesaria la formulación de normas que dirijan estas tareas con eficiencia técnica y económica para evitar los riesgos y accidentes que involucren daños a las personas, propiedad privada y ambiente.

Esta Norma se ha desarrollado siguiendo los lineamientos del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), las Recomendaciones relativas al transporte de materiales peligrosos, Reglamentación Modelo de Naciones Unidas y la Normativa Nacional vigente (INEN, 2010).

2.10.1 Definiciones

Cantidad limitada. Límite cuantitativo máximo de los materiales peligrosos de ciertas clases, que pueden ser transportados representando un peligro menor en envases y embalajes de los tipos especificados en la normatividad correspondiente.

Daño a la salud. Es todo trastorno que provoca alteraciones orgánicas o funcionales, reversibles o irreversibles, en un organismo o en algunos de los sistemas, aparatos u órganos que lo integran.

Eliminación. Se entiende cualquiera de las operaciones especificadas por la autoridad competente con el fin de disponer de manera definitiva los desechos peligrosos.

- **Gas Ácido.** Gas que forma una solución ácida cuando se mezcla con el agua.
Ejemplo: Óxido nítrico.
- **Gas Básico.** Gas que forma una solución alcalina cuando es mezclada con agua.
Ejemplo: Amoníaco.
- **Gases Asfixiantes.** Gases que diluyen o sustituyen el oxígeno presente normalmente en la atmósfera.
Ejemplo: Nitrógeno, dióxido de carbono.
- **Gas Comburente.** Un gas que, generalmente liberando oxígeno, puede provocar o facilitar la combustión de otras sustancias en mayor medida que el aire.

Ejemplo: Oxígeno, óxido nitroso.

- **Gestión De Materiales Peligrosos.** Es la actividad o conjuntos de actividades realizadas por las distintas personas naturales o jurídicas, que comprenden todas las fases del ciclo de vida de las sustancias químicas peligrosas y/o desechos peligrosos.
- **Líquido Comburente.** Un líquido que, sin ser necesariamente combustible en sí, puede, por lo general al desprender oxígeno, provocar o favorecer la combustión de otras sustancias.
- **Manejo De Materiales Peligrosos.** Son las operaciones de recolección, envasado, etiquetado, almacenamiento, rehúso y/o reciclaje, transporte, tratamiento y su disposición final.
- **Materiales Peligrosos.** Es todo aquel producto químico peligroso y/o desecho peligroso que por sus características físico-químicas, corrosivas, tóxicas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico infecciosas, representa un riesgo de afectación a la salud humana, los recursos naturales y el ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición al mismo, de acuerdo a las disposiciones legales.
- **Producto Químico Peligroso.** Todo producto químico que por sus características físico-químicas presenta o puede presentar riesgo de afectación a la salud, al ambiente o

destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición al producto.

2.10.2 Requisitos

Requisitos Específicos

El manejo de materiales peligrosos debe hacerse cumpliendo lo dispuesto en las Leyes y Reglamentos nacionales vigentes y convenios internacionales suscritos por el país.

Todas las personas naturales o jurídicas que almacenen, manejen y transporten materiales peligrosos, deben garantizar que cuando se necesite cargar o descargar la totalidad o parte de su contenido, el transportista y el usuario deben instalar señalización o vallas reflectivas de alta intensidad o grado diamante con la identificación del material peligroso, que aíslen la operación, con todas las medidas de seguridad necesarias.

Toda empresa que maneje materiales peligrosos debe contar con procedimientos e instrucciones operativas formales que le permitan manejar en forma segura dichos materiales a lo largo del proceso:

- a)** Embalaje. Rotulado y Etiquetado.
- b)** Producción
- c)** Carga
- d)** Descarga
- e)** Almacenamiento
- f)** Manipulación
- g)** Disposición Adecuada de Residuos

h) Descontaminación y Limpieza

Instrucción y entrenamiento específicos, documentados, registrados y evaluados de acuerdo a un programa, a fin de asegurar que posean los conocimientos y las habilidades básicas para minimizar la probabilidad de ocurrencia de accidentes y enfermedades ocupacionales. Se recomienda que el programa de capacitación incluya como mínimo los siguientes temas:

- a.** Reconocimiento e identificación de materiales peligrosos.
- b.** Clasificación de materiales peligrosos.
- c.** Aplicación de la información que aparece en las etiquetas, hojas de seguridad de materiales, tarjetas de emergencia y demás documentos de transporte.
- d.** Información sobre los peligros que implica la exposición a estos materiales.
- e.** Manejo, mantenimiento y uso del equipo de protección personal.
- f.** Planes de respuesta a emergencias.
- g.** Manejo de la guía de respuesta en caso de emergencia en el transporte.

Todo el personal vinculado con la gestión de materiales peligrosos debe tener conocimiento y capacitación acerca del manejo y aplicación de las hojas de seguridad de materiales (Anexo B), con la finalidad de conocer sus riesgos, los equipos de protección personal y cómo responder en caso de que ocurran accidentes con este tipo de materiales. La información debe estar en idioma español y contendrá 16 secciones:

1. Identificación del material y del proveedor
2. Identificación de peligros
3. Composición e información de los ingredientes peligrosos.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deben tomarse en caso de derrame accidental.
7. Manejo y almacenamiento.
8. Control de exposición / protección individual.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad
11. Información toxicológica.
12. Información ecotoxicológica.
13. Información relativa a la eliminación de los productos.
14. Información relativa al transporte.
15. Información sobre la reglamentación.
16. Otras informaciones.

Los transportistas deben capacitar a sus conductores mediante un programa anual que incluya como mínimo los siguientes temas:

- a. Leyes, disposiciones, normas, regulaciones sobre el transporte de materiales peligrosos.
- b. Principales tipos de riesgos, para la salud, seguridad y ambiente.
- c. Buenas prácticas de envase /embalaje.
- d. Procedimientos de carga y descarga.

- e. Estibado correcto de materiales peligrosos.
- f. Compatibilidad y segregación.
- g. Planes de respuesta a emergencias.
- h. Conocimiento y manejo del kit de derrames.
- i. Mantenimiento de la unidad de transporte.
- j. Manejo defensivo.
- k. Aplicación de señalización preventiva.
- l. Primeros auxilios.

Locales. Los lugares destinados al almacenamiento de materiales peligrosos deben ser diseñados o adecuados en forma técnica y funcional de acuerdo a él o los materiales que vayan a ser almacenados y deben observarse los siguientes requisitos:

- 1) Tener las identificaciones de posibles fuentes de peligro y marcar la localización de equipos de emergencia y de protección (ver Anexo F y NTE INEN 439).
- 2) Efectuar rápidamente la limpieza y descontaminación de los derrames, consultando la información de los fabricantes del producto, con el fin de mitigar el impacto ambiental.
- 3) Contar con detectores de humo y un sistema de alarma contra incendios.
- 4) Asegurar que la cubierta y muros proporcionen una buena circulación del aire (de preferencia estarán contruidos en sentido de la dirección del viento). El respiradero, tendrá una

abertura equivalente al menos a 1/150 de la superficie del piso.

- 5) Facilitar una buena ventilación controlando que exista un espacio de un metro entre la línea del producto más alto (en anaqueles) y el techo, así como entre el o los productos con las paredes.
- 6) Para facilitar una buena ventilación se deben instalar extractores de escape o respiraderos (no es aconsejable instalar un sistema de calefacción central).
- 7) Controlar la temperatura en el interior de la bodega la que debe estar acorde a las características del producto almacenado.
- 8) Construir las bodegas con materiales con características retardantes al fuego, en especial la estructura que soporta el techo.
- 9) Asegurar que el piso de la bodega sea impermeable y sin grietas para permitir su fácil limpieza y evitar filtraciones.
- 10) Sobre el piso de entrada la bodega debe tener una rampa inclinada con un alto no menor de 10 cm, con una pendiente no mayor al 10% para facilitar el acceso de los vehículos, esta rampa también debe construirse cuando exista conexión entre las bodegas.
- 11) Contar con canales periféricos de recolección contruidos de hormigón, con una profundidad mínima de 15 cm bajo el nivel del suelo de la bodega. Estos canales deben conectarse a una

fosa o sumidero especial de tratamiento, con el fin de que las áreas cercanas no se contaminen y no deben estar directamente conectados al alcantarillado público.

- 12)** Tener un sumidero dentro del área de la bodega, el cual se conectará con el externo.
- 13)** Las instalaciones eléctricas deben estar protegidas y conectadas a tierra.
- 14)** El alumbrado artificial debe estar instalado sobre los pasillos, a una altura de 1 metro sobre la línea más alta del producto almacenado.
- 15)** La bodega debe tener puertas de emergencia, las mismas que se ubicarán a 30 metros de distancia unas de otras, cuando el tamaño de la bodega así lo amerite (INEN, 2010)
- 16)** Las puertas de emergencia de las bodegas deben estar siempre libres de obstáculos que impidan salir del local, deben abrirse hacia fuera y con un sistema de abertura rápida.
- 17)** Disponer de una ducha de agua de emergencia y fuente lavaojos.
- 18)** La bodega debe tener un bordillo en su alrededor.
- 19)** Cuando exista conexión entre bodegas debe haber un muro rompe fuegos el mismo que deberá tener 15 cm de espesor tanto en las paredes como en el techo y debe sobresalir de las mismas hasta una altura de 1 metro.
- 20)** Las aberturas de las paredes de la bodega deberán estar protegidas con malla metálica o barrotes metálicos para

prevenir la entrada de roedores u otros animales que destruyan los materiales almacenados.

21) Todas las bodegas deben disponer de un sistema pararrayos.

22) Los tanques de almacenamiento al granel que se encuentran ubicados en áreas interiores o exteriores, que contienen líquidos inflamables o combustibles, mínimo deben mantener una distancia de separación entre ellos de $1/6$ de la suma del diámetro de los dos tanques adyacentes (INEN, 2010).

Capítulo 3

Impacto ambiental

3.1 Baterías

Una batería o acumulador de energía es un dispositivo capaz de conservar energía eléctrica mediante reacciones electroquímicas de oxidación/reducción y que posteriormente, la devuelve con ciertas pérdidas; este ciclo puede repetirse un determinado número de veces.

Las baterías son generadores secundarios de energía, es decir no pueden funcionar sin que se les haya suministrado electricidad previamente mediante un proceso de carga.

Las baterías de los vehículos eléctricos son las partes fundamentales para poder decir que un híbrido tiene una autonomía comparable o igual a los vehículos de combustión interna solamente. El parámetro crítico en este

aspecto es la densidad energética (que se mide en Wh/litro), pues determinará en mayor medida la autonomía del vehículo.

El problema para desarrollar vehículos 100% eléctricos de gran autonomía es el peso y la dimensión de la batería.

La energía química de los materiales activos de los electrodos se puede transformar directa y espontáneamente en energía eléctrica mediante reacciones red-ox reversibles. Estas reacciones red-ox llevan necesariamente asociada una transferencia de electrones entre los reactivos.

En la actualidad existe una gran preocupación mundial por hacer los sistemas de almacenamiento de energía más eficientes y desarrollados, así como también el impacto ambiental que estas produzcan, por lo que vemos necesario utilizarlas eficientemente.

Originalmente el término Batería fue utilizado por Benjamín Franklin para denominar a un aparato formado por un conjunto de condensadores conectados entre sí, de forma que sus efectos eran aditivos o acumulados.

En 1801, Humphrey Davy utilizó, por primera vez, el concepto de Batería para referirse a un conjunto de celdas galvánicas dispuestas en serie con la finalidad de conseguir mayor potencia (Lavela, 1999). Una celda galvánica o unidad elemental de una batería es un dispositivo capaz de transformar la energía química en energía eléctrica y consta de dos electrodos: ánodo y cátodo, y un electrolito, ya sea líquido, sólido o en pasta. El ánodo está formado por la sustancia que espontáneamente se oxida, cediendo electrones al circuito externo; en consecuencia, debe de ser un buen agente reductor, y

tener elevada conductividad eléctrica. Por el contrario, el cátodo es la especie oxidante que consume los electrones que le llegan del ánodo por el circuito externo en su reducción durante el proceso electroquímico. La función del electrolito es permitir la transferencia de iones entre los electrodos para compensar la carga; debe ser, por tanto, un buen conductor iónico. Los electrodos se sitúan en el interior de la celda, uno frente a otro, y separados por el electrolito para aprovechar al máximo la reacción de transferencia de carga que tiene lugar.

En el Figura 3.1 aparece el esquema de la celda Daniell que está formada por una lámina de cobre y otra de zinc introducidas en disoluciones acuosas de sulfato de cobre y sulfato de zinc, respectivamente, y unidas mediante un conductor electrónico. En esta situación, los átomos de zinc se oxidan y pasan a la disolución como iones positivos. Simultáneamente, los iones positivos de cobre que están en la disolución se reducen y se depositan como átomos de cobre metálico sobre el electrodo de cobre.

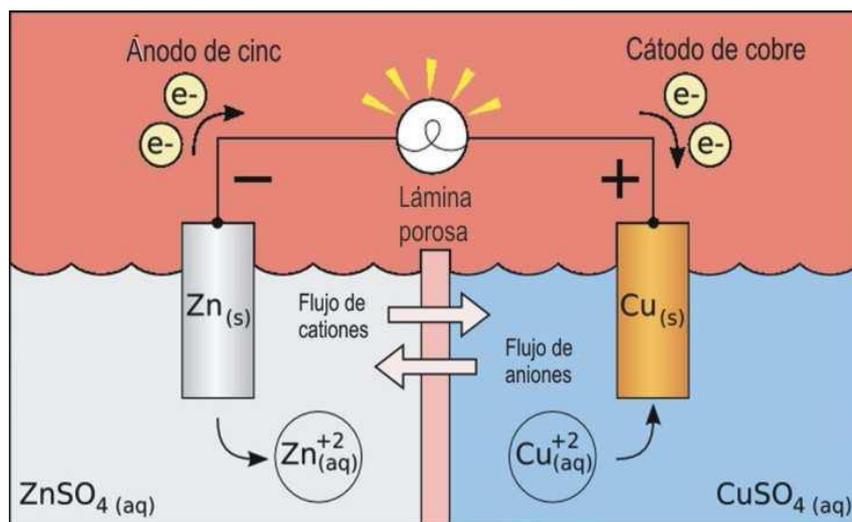


Figura 3.1. Funcionamiento de Batería del Vehículo Híbrido

Fuente: (Plataforma e-educativa aragonesa, 2010)

Las baterías se clasifican en primarias y secundarias. Una batería primaria, en la cual la energía liberada proviene de sus componentes, solo puede ser descargada una vez, y se conoce comúnmente como pila. Por el contrario, las baterías secundarias tienen la posibilidad de ser recargadas mediante el uso de una fuente externa de electricidad, lo que evidentemente supone un notable ahorro económico. Es por esto que el desarrollo se basa en el ahorro y en conseguir mayor tecnología y eficiencia en las baterías secundarias capaces de conseguir gran número de ciclos de carga y descarga.

La primera batería recargable comercial, denominada plomo-ácido, fue desarrollada por G. Planté en 1859. En ella, plomo metálico y dióxido de plomo actúan como ánodo y cátodo, respectivamente, mientras que el electrolito está constituido por una mezcla de ácido sulfúrico y agua. Este tipo de baterías se utilizan, principalmente, en vehículos de transporte y su misión es aportar la energía inicial para la combustión del motor y suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de los dispositivos eléctricos tales como luces, equipos de audio, elevadoras, etc. Además, tienen aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones y en equipos de emergencia. Su vida media útil oscila entre 3 y 5 años (Lavela, 1999).

Posteriormente, en 1899, W. Jungner introdujo un sistema basado en hidróxido de níquel como material catódico, una mezcla de cadmio y hierro en el ánodo y una disolución de hidróxido potásico en agua que actuaba como electrolito que se conoce como batería de níquel-cadmio (Ni-Cd) (Lavela, 1999).

Al igual que las baterías de Pb-ácido las de Ni – Cd se utilizan para el arranque de motores, de vehículos u otros dispositivos eléctricos, además de aparatos que necesiten altos potenciales de inicio y también dispositivos que trabajen en lugares y condiciones extremos (alta montaña, zonas remotas).

3.1.1 Fundamentos de la batería

Las operaciones fundamentales en el almacenamiento electroquímico en una batería son la carga y la descarga. Los elementos principales son el ánodo, el cátodo y el electrolito.

Carga: Los electrones van del cátodo al ánodo. Los iones cargados positivamente se mueven desde el cátodo a través del separador por medio del electrolito hacia el ánodo.

Descarga: Los iones cargados positivamente se mueven del ánodo a través del separador por medio del electrolito hacia el cátodo. Los electrones se mueven a través de la carga externa del ánodo al cátodo, resultando una corriente que provee de energía a la carga.

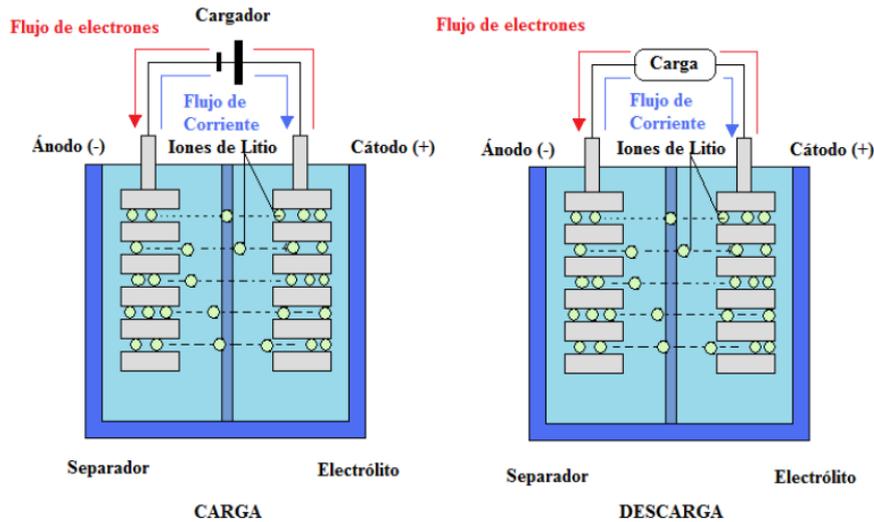


Figura 3. 2. Esquema de Carga y Descarga

Fuente: (Anderson, 2008)

3.1.2 Agrupación de celdas

Las celdas son la unidad más pequeña que se puede formar mediante ánodos, cátodos y electrolitos, y se caracterizan por su voltaje e intensidad nominal.

Cuando necesitamos buscar diferentes tipos de intensidades y voltajes las celdas se agrupan para formar módulos, capaces de entregar mayores voltajes y mayores intensidades.

Existen tres tipos fundamentales de conexión de las celdas: conexión en serie - paralelo, conexión en paralelo - serie y conexión en forma matricial. Estos tres tipos de conexiones aparecen representados en el Gráfico 3.3

Las conexiones en serie entre celdas proveen mayor voltaje y las conexiones paralelas proveen mayor corriente. La especificación de voltaje de

los “battery packs”¹ es determinada por las necesidades de diseño del sistema dispositivo. La potencia y las especificaciones de energía del pack vienen definidas por la aceleración del vehículo y la autonomía deseada.

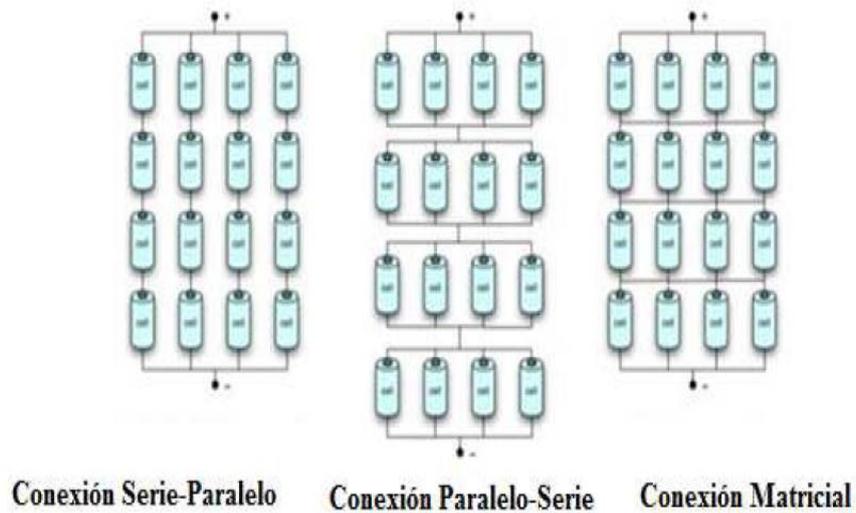


Figura 3.3. Disposiciones serie/paralelo, paralelo/serie y matriz

Fuente: (Anderson, 2008)

Los “battery packs” mencionados anteriormente están formados por módulos, electrónica y sistemas de control, que son de gran importancia para garantizar la seguridad y la viabilidad de operación de la batería.

Muchas de las especificaciones de la batería como densidad energética y densidad de potencia, son normalmente determinadas a nivel de la celda, pero es necesario tener presente que en términos del vehículo es más interesante determinar las características a nivel “battery pack”.

¹ Battery packs: es la agrupación de celdas que entrega el voltaje y la corriente nominal específicos para una determinada aplicación.

3.1.2 Parámetros electroquímicos de las baterías recargables

Los parámetros de las baterías tendrán que ver con el diseño de los componentes y las celdas, además de sus elementos utilizados para su fabricación.

Los parámetros electroquímicos más utilizados para caracterizar una batería o una celda son:

- **Fuerza Electromotriz, Voltaje o Potencial (E):** El voltaje de una celda electroquímica viene dado por la diferencia entre los potenciales red-ox de los materiales activos del cátodo y el ánodo. Es muy importante disponer de celdas con alto potencial, ya que permiten disminuir el número de elementos que se deben conectar en serie para aumentar el voltaje nominal de la batería. La fuerza electromotriz de las celdas y las baterías se mide en voltios.
- **Capacidad Específica (Q):** La capacidad es el parámetro que indica la cantidad total de carga eléctrica que es capaz de almacenar la batería. La unidad que se utiliza comúnmente para denominar la capacidad es el amperio hora (Ah). Cuando se comparan diferentes tecnologías de baterías es muy útil normalizar el valor de la capacidad con la masa total (Ahkg^{-1}) o al volumen total (Ahl^{-1}) de la batería. Ambas normalizaciones son significativas, ya que tanto el peso como el volumen son dos magnitudes que es importante reducir para una óptima aplicación de la batería

en VEBs (Vehículos Eléctricos de Batería) y VEHS (Vehículos Eléctricos Híbridos).

- **Energía Específica (W):** La energía específica indica la cantidad total de energía eléctrica que se puede almacenar en la batería. Este parámetro electroquímico es muy importante ya que reúne a los dos anteriormente indicados. Así, la energía específica másica de una batería se calcula como $W_m = E \cdot Q / \text{peso de la batería}$. La energía específica volumétrica, también denominada densidad de energía, se determina a partir de la expresión $W_v = E \cdot Q / \text{volumen de la batería}$. Las energías utilizadas para ambas baterías son Whkg^{-1} y Whl^{-1} , respectivamente.
- **Ciclos de vida:** los ciclos de vida (“life cycle”) son el número de ciclos de carga y descarga que se pueden llevar a cabo hasta que la capacidad de la batería sea el 80% de su valor nominal.

Es recomendable que las baterías tengas más de 500 ciclos de vida si han de ser utilizadas en vehículos eléctricos (CSIC, 2011)

3.1.3 Tipos de baterías para vehículos híbridos

Existen diferentes tipos de baterías pero nuestro estudio se basará en 3 tipos: la batería de Pb-ácido, la de níquel e hidruro metálico (NiMH), muy utilizada en vehículos híbridos de la primera generación, la batería de iones de litio (Li-ion),

que como se profundizará más adelante, parece ser la principal tendencia del mercado en el futuro.

Tabla 3.1. Principales características y aplicaciones de las baterías recargables

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
Plomo-ácido: automoción	Bajo coste, rendimiento moderado con baja energía específica y a baja temperatura; sin mantenimiento	Arranque de automóviles, carros de golf, cortacéspedes, tractores, aeronaves, marina.
Plomo-ácido: tracción (motores)	Diseñadas para descargas intensas de 6 a 9 h, servicio en ciclos	Carretillas, manejo de materiales, vehículos eléctricos e híbridos eléctricos, tipos especiales para energía submarina.
Plomo-ácido: estacionario	Diseñadas para una flotación en espera, larga duración.	Energía de emergencia, servicios auxiliares, telecomunicaciones, nivelación de carga, almacenamiento de energía.
Plomo-ácido: portátil	Herméticas, sin mantenimiento, bajo coste, carga en flotación, ciclo de vida moderado.	Herramientas portátiles, aparatos y dispositivos pequeños, televisores, y equipos electrónicos portátiles.
Níquel-cadmio: Industrial	Buena capacidad a alta frecuencia y baja temperatura, tensión	Baterías para aeronaves, aplicaciones industriales y de emergencia,

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
	plana, ciclo de vida excelente.	equipos de comunicación.
Níquel-cadmio: portátil	Herméticas, sin mantenimiento, buen rendimiento a alta frecuencia y baja temperatura, ciclo de vida excelente.	Equipos ferroviarios, electrónica de consumo, herramientas portátiles, equipos fotográficos, memorias de seguridad, potencias de reserva.
Níquel-hidruros metálicos	Herméticas sin mantenimiento, capacidad que las baterías de níquel-cadmio.	Electrónica de consumo y otras aplicaciones portátiles, vehículos eléctricos e híbridos eléctricos.
Hierro-níquel	Duraderas, de fabricación resistente, larga vida útil, baja energía específica.	Manejo de materiales, aplicaciones estacionarias, vagones ferroviarios.
Níquel-zinc	Elevada energía específica, corto ciclo de vida y gran capacidad.	Bicicletas, motocicletas, motores de arrastre.
Plata-zinc	Energía específica más elevada, muy buena capacidad a alta frecuencia, bajo ciclo de vida, coste elevado.	Electrónica portátil ligera y otros equipos, aviones tele-controlados, submarinos, otros equipos militares y sondas espaciales.
Plata-cadmio	Elevada energía específica, buena retención de carga, ciclo de vida moderado, coste elevado.	Equipos portátiles que requieren una batería ligera y de alta capacidad, satélites espaciales.

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
Níquel-hidrógeno	Largo ciclo de vida bajo descargas profundas, duración.	Especialmente para aplicaciones aeroespaciales, como los satélites LEO y GEO.
Tipos "primarios" recargables a temperatura ambiente (Zn/MnO ₂).	Bajo coste, buena retención de carga, herméticas, sin mantenimiento, ciclo de vida y duración de descarga limitados.	Aplicaciones de pilas cilíndricas, sustitución recargable para baterías primarias alcalinas, electrónica de consumo (temperatura ambiente).
Litio-ion	Elevada energía específica y densidad de energía, largo ciclo de vida.	Equipos electrónicos portátiles y de consumo, vehículos eléctricos, celulares y aplicaciones espaciales.

Fuente: (Chacón, 2012)

3.1.3.1 Batería de Pb – Ácido

Tabla 3.2. Físicoquímicos

Voltaje	2,17 V
Energía Específica	30 – 40 Wh/Kg
Potencia Específica	0,3 – 0,5 KW/Kg
Densidad Energética	180 KJ/Kg
Vida en ciclos	800
Rango Operativo	– 40 - 75° C
Autodescarga	12 meses

Tabla 3. 3. Geoeconómicos

Coste por Kilómetro	0,012(Coste Recarga) +0,02 €/Km(200.000Km/vida)
Disponibilidad	Distribuido globalmente
Condiciones de Uso	Penalización por Peso y Volumen

Tabla 3. 4. Medioambientales

Producción	Minería, Refinado(experiencia + 150 años)
Reciclabilidad	Material más reciclado del mundo (> 99 %)

Las baterías de Pb – ácido fueron elegidas por los ingenieros de General Motors para impulsar su revolucionario EV1. Este vehículo está en el salón de la fama del automóvil como el primer vehículo eléctrico que se comercializó en masa en el año de 1997. La madurez de la tecnología Pb – ácido y el bajo coste de la batería fueron los impulsores para que los ingenieros utilizaran este tipo de batería. La velocidad máxima de estos vehículos era de 130 km/h y tenía una autonomía de 140 km. Estas condiciones se consiguieron gracias a que las baterías eran capaces de almacenar 16,3 KWh. Este sistema tenía 26 acumuladores de Pb – ácido sin mantenimiento. Además la aerodinámica avanzada reducía el rozamiento haciendo que este vehículo sea muy desarrollado para su época.

Historia

En 1859, el físico francés Gastón Plante, realizó una serie de experimentos con la finalidad de realizar un aparato que se a capaz de almacenar energía. La primera celda que construyó constaba de dos láminas de plomo separadas por un tejido. Estos tres componentes los enrolló en espiral y los sumergió en ácido sulfúrico al 10 %. Un año más tarde Plante presentó en la Academia de Francia la primera batería de Pb – ácido que incluía 10 de estos elementos (CSIC, 2011).

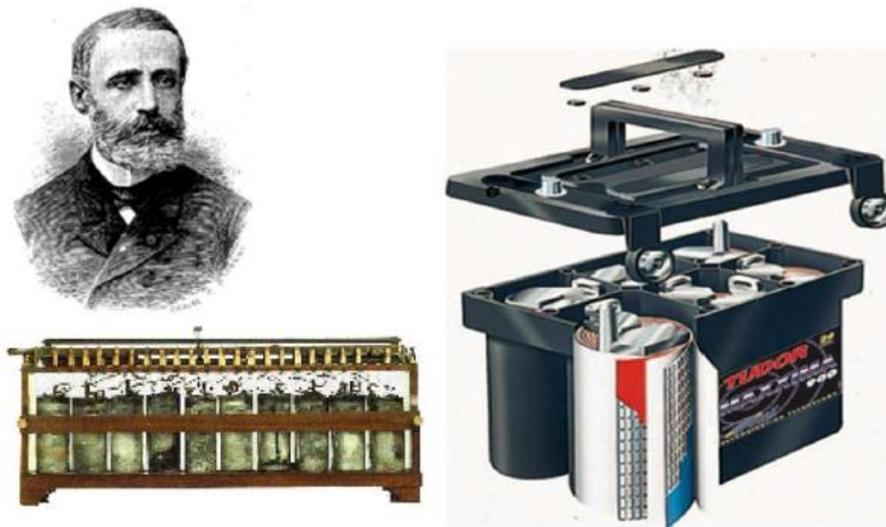


Figura 3.4. Batería De Pb – Ácido De Última Generación

Fuente: (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010, p. 120)

- a. **Nota Explicativa,** Gastón Plante, el inventor de la batería de plomo ácido. Acumulador de 10 elementos que presentó en la Academia de Francia en 1860 y batería de Pb – ácido de última generación, mostrando la geometría en espiral de los componentes dentro de cada elemento.

Desde 1960, estas baterías han sido mejoradas paulatinamente. Estas mejoras incluyen aspectos muy diferentes como: (a) El método de preparación del material activo del electrodo, (b) La composición y/o la geometría de los

colectores de corriente, (c) La disposición de los electrodos en cada uno de los elementos, etc.

En la actualidad el desarrollo más importante y avanzado corresponde a las denominadas “Spiral wound valve-regulated lead-acid (VRLA) batteries” su principal característica es que eliminan el tradicional sistema de electrodos en placas paralelas con el conjunto separador-electrolito entre ellas, por una nueva geometría en la cual los tres componentes están enrollados en espiral. Curiosamente después de casi 150 años de desarrollo, esta tecnología nos recuerda a la utilizada por Plante en su primer batería de Pb-ácido. Con esta nueva geometría, se aumenta notablemente la potencia que puede producir el acumulador. También se aumenta el número de ciclos que puede realizar para descargas profundas, es decir, cuando la capacidad suministrada por la batería se aproxima a su valor nominal (CSIC, 2011).

Ventajas

- Elevado voltaje. Dentro de los acumuladores electroquímicos basados en electrolitos acuosos, son los que tienen un mayor voltaje nominal, $E = 2,0 \text{ V}$.
- Elevada Potencia. Las baterías de Pb – ácido son capaces de suministrar una elevada intensidad de corriente y, por tanto, alta potencia. Esta propiedad se justifica por la rápida cinética de reacción en los electrolitos de estas baterías. En VEBs esta propiedad es muy útil durante los periodos de aceleración de su vehículo.

- Tecnología fácil de implementar. La fabricación de baterías de Pb – Ácido se facilita ya que. (a) La pasta inicial de PbOH_2SO_4 utilizada para la fabricación de ambos electrodos, cátodo y ánodo, es la misma. (b) La conductividad eléctrica de los materiales activos de los electrodos (Pb, PbO_2) es elevada, por ello no es necesario añadir ningún componente adicional para mejorar la respuesta eléctrica de los electrodos, (c) Los colectores de corriente y las conexiones eléctricas entre los elementos de la batería están realizados en plomo y (d) En la actualidad, las fábricas de baterías de Pb – ácido han alcanzado una gran automatización.
- Bajo Coste. La principal ventaja de estas baterías sin duda es su bajo precio que esta (100 – 125 \$/KWh). Actualmente esta tecnología de acumuladores es la más económica del mercado y difícilmente va a dejar de serlo.
- Tecnología madura. La tecnología de estas baterías está desarrollándose más de 150 años por lo que es conocida.
- Componentes fácilmente reciclables. Hasta el 95% de esta batería es reciclado en España.

Desventajas

- Baja energía específica. De las tecnologías de los acumuladores analizados, las baterías de Pb – ácido son las

que menor energía específica poseen ($10\text{-}40 \text{ WhKg}^{-1}$). Estos bajos valores son consecuencia del elevado peso de los compuestos de plomo que se utilizan en estas baterías.

- Moderada ciclabilidad. Cuando las descargas son profundas en estas baterías, es decir, cuando se utiliza la mayor parte de la capacidad de la batería, el número de ciclos de carga/descarga de las baterías de Pb – ácido es reducido lo que provoca una disminución de la vida útil de la batería de entre 400 a 800 ciclos.
- Desprendimiento de gases. En la etapa de carga de la batería se pueden formar hidrógeno y oxígeno en los electrodos. El hidrógeno desprendido de estas baterías puede ser peligroso ya que es un gas inflamable.
- Fuerte impacto medioambiental. La batería está hecha de plomo que ya es un agente contaminante además otras configuraciones de las baterías pueden tener antimonio y arsénico como componentes de la rejilla del colector de corriente. Estos elementos pueden dar lugar a estibina y arcina, compuestos de alta toxicidad (CSIC, 2011).

3.1.3.2 Baterías de níquel e hidruro metálico

Tabla 3.5. Fisicoquímicos

Voltaje	1,2 V
Energía Específica	70 – 80 Wh/Kg
Potencia Específica	0,8 – 1,0 KW/Kg
Densidad Energética	400 KJ/Kg
Vida en ciclos	600 – 1500
Rango Operativo	0 - 40° C
Auto descarga	3 - 4 meses

Tabla 3.6. Geoeconómicos

Coste por Kilómetro	0,012(Coste Recarga) +0,037 €/Km(200.000Km/vida)
Disponibilidad	Canadá, Cuba, Rusia, 70 % producción
Condiciones de Uso	Bajas prestaciones en Temperaturas extremas

Tabla 3.7. Medioambientales

Producción	Adaptación proceso pilas de “uso doméstico”
Reciclabilidad	Adaptación proceso pilas de “uso doméstico”

Las baterías de níquel e hidruro metálico se caracterizan por ser muy fiables y tener expectativas de vida larga. El principal inconveniente que presentan es que son caras, debido al alto contenido en Níquel que presentan y que tienen un peso elevado. Para solventar algunos de estos problemas, las baterías de NiMH aportan energía de forma puntual a fin de proporcionar energía que apoye a un sistema de combustión interna (en vehículos híbridos de la primera generación).

Para garantizar la fiabilidad de estos dispositivos y que no se conviertan en el elemento crítico del vehículo híbrido, se diseñan para utilizar en ciclos de carga y descarga continuos, aproximadamente el 10% de su capacidad, dejando el resto de la capacidad como “buffer” para asegurar que la batería mantendrá unos niveles de rendimiento mínimos al final de su vida operativa (aproximadamente 10 años).

Historia

Las baterías de níquel-hidruro metálico (NiHM) se consideran la evolución de las baterías alcalinas de níquel- cadmio. Ambas tecnologías tienen en común el material activo del cátodo (oxihidroxido de níquel, NiOOH) y el electrolito (hidróxido de potasio, KOH). El aspecto más novedoso de las baterías de NiHM es la sustitución del electrodo negativo de cadmio por una aleación metálica capaz de insertar hidrógeno electroquímicamente y de manera reversible.

En 1967, Lewis indico un estudio sobre la inserción de hidrógeno en el paladio. Posteriormente, en 1970, Junty y Col, desarrollaron el primer electrodo

reversible de hidruro metálico. Sin embargo, tuvieron que esperar hasta el año 1989 para que la primera batería de NiMH se comercializara, se han realizado varias investigaciones para desarrollar una mejora del electrodo de hidruro metálico.

Ventajas

- Poseen mayor energía específica, las baterías tienen una energía específica (60-80 Whkg⁻¹). Superiores a las baterías de Pb-ácido (10-40 Whkg⁻¹) y mayor que las de sus predecesoras las baterías alcalinas de NiCd (hasta 60 Whkg⁻¹).
- Permiten recargas rápidas. Estas baterías son capaces de admitir cargas rápidas con una duración entre 1 y 3 horas. En vehículos híbridos es muy importante esta característica para poder aprovechar la frenada regenerativa.
- Menor impacto medioambiental. La situación del Cadmio del ánodo por el hidruro metálico reduce significativamente el impacto medioambiental de la batería, ya que el catión Cd²⁺ se considera tóxico incluso para concentraciones del orden de partes por billón.
- No requieren mantenimiento.

Desventajas

- Moderado número de ciclos de vidas. Los hidruros metálicos sufren una severa corrosión en el medio alcalino del electrolito, reduciéndose significativamente la recargabilidad del

acumulador. Así el número de ciclos que se pueden llevar a cabo con una batería de NiHM oscila entre 300 y 600 ciclos.

- Elevados coste.
- Menores prestaciones electroquímicas de alta corriente. En comparación con los acumuladores de NiCd, las prestaciones de las baterías de NiHM disminuyen más cuando se utilizan altas intensidades de corriente.
- Moderado “efecto memoria”. Aunque en menor extensión que para las baterías de NiCd, las de NiHM también tiene efecto memoria. Diversas investigaciones apuntan a que dicho efecto se debe a cambios estructurales que tienen lugar en el electrodo positivo de oxihidroxido de níquel cuando la batería es sobrecargada.

3.1.3.3 Batería de Iones de Litio

Tabla 3.8. Fisicoquímicos

Voltaje	3,7 V
Energía Específica	115 – 150 Wh/Kg
Potencia Específica	1,5 – 2 KW/Kg
Densidad Energética	650 KJ/Kg
Vida en ciclos	3000
Rango Operativo	– 20 - 60° C
Auto descarga	12 meses

Tabla 3.9. Geoeconómicos

Coste por Kilómetro	0,012(Coste Recarga) +0,06 €/Km(200.000Km/vida)
Disponibilidad	Chile, Bolivia,... / USA, China
Condiciones de Uso	Control electrónico-celda individual (Peso extra)

Tabla 3.10. Medioambientales

Producción	Refinado de Sales
Reciclabilidad	¿Escala global? → Viabilidad Económica

Funcionamiento

El atractivo de la batería de ion – litio es la utilización como electrodos de materiales que son capaces de insertar de forma reversible iones de litio dentro de su estructura. Durante la carga, bajo la acción del voltaje aplicado, algunos iones litio del cátodo se des intercalan, pasando al electrolito e intercalándose posteriormente en el ánodo. De este modo, el electrodo negativo se hace más negativo y el positivo más positivo, aumentando la diferencia de potencial entre ellos, o lo que es lo mismo, el voltaje de la celda. Este efecto fuerza a los iones litio a salir del cátodo. Durante la descarga, la reacción inversa tiene lugar espontáneamente. En ambos procesos la compensación de la carga ocurre a través del circuito externo.

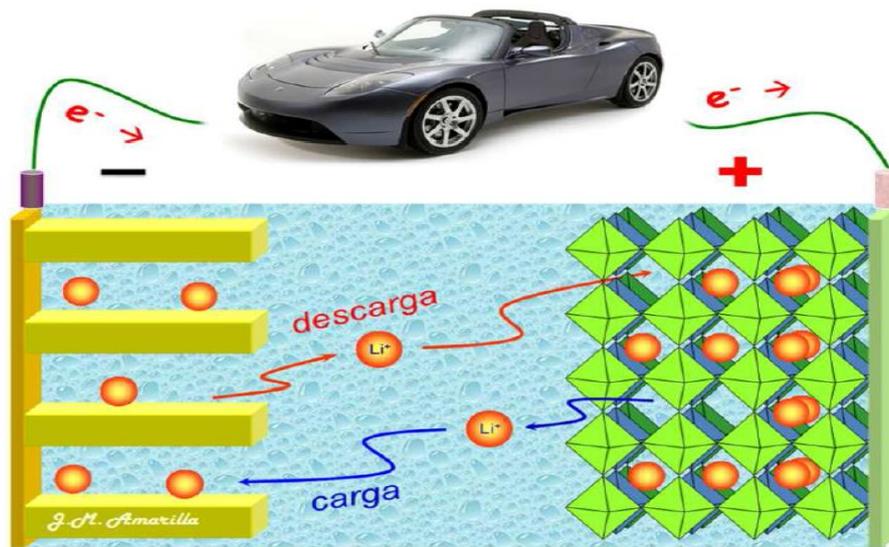


Figura 3.5. Esquema del mecanismo de funcionamiento de una celda de Ion – Litio

Fuente: (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010)

3.1.3.4 Baterías de litio polímero

Tabla 3.11. Físicoquímicos

Voltaje	3,7 V
Energía Específica	150 – 200 Wh/Kg
Potencia Específica	3 KW/Kg
Densidad Energética	400 KJ/Kg
Vida en ciclos	3000
Rango Operativo	– 20 - 60° C
Auto descarga	12 meses

Tabla 3.12. Geoeconómicos

Coste por Kilómetro	0,012(Coste Recarga) +0,075 €/Km(200.000Km/vida)
Disponibilidad	Chile, Bolivia,... / USA, China
Condiciones de Uso	Li-Ion+Alta Degradación en Descarga Profunda

Tabla 3.13. Medioambientales

Producción	Refinado de Sales
Reciclabilidad	¿Escala global? → Viabilidad Económica

Las baterías de Ion Litio son ampliamente conocidas como las baterías del futuro además de su uso en muchos computadores portátiles además de electrónica de consumo. El ion-litio predomina en los nuevos desarrollos de vehículos eléctricos debido a sus elevadas prestaciones, de hecho, se espera que sea la tecnología más extendida en el futuro.

Historia

En las décadas de los sesenta y ochenta, las investigaciones desarrolladas en laboratorios de EEUU, Japón y Europa demostraron que era posible insertar y des insertar iones de litio en/desde distintos compuestos químicos. Con estos desarrollos tecnológicos la empresa Sony en el año de 1991, comercializo la primera batería de ion-litio (Batería Lion) (CSIC, 2011).

La configuración de esta batería era de C//LiCoO₂, es decir, el ánodo era un material de carbono, y en concreto grafito, y el cátodo estaba formado por el óxido mixto laminar de litio y cobalto LiCoO₂. Aun en la actualidad esta forma es bastante utilizada en las baterías comerciales de Lion, como en teléfonos móviles.

En la actualidad se están desarrollando nuevas tecnologías que hacen que las características de las baterías C//LiCoO₂ de Lion puedan tener mejores prestaciones en los VEBs y VEHs. El uso de nuevos productos y materiales hará que las baterías mejoren sus prestaciones.

Algunos desarrollos son de materiales como LiMn₂O₄ y el fosfato LiFePO₄.

Las principales ventajas de estos compuestos es su costo probablemente menor al de LiCoO₂.

Ventajas

- Alto voltaje. Estas baterías poseen el mayor voltaje nominal con valores típicos entre 3 y 4 V. El uso de electrolito no acuoso permite alcanzar estos elevados valores de potencial, que pueden llegar a ser hasta tres veces superiores a los valores presentados en las baterías de NIHM.

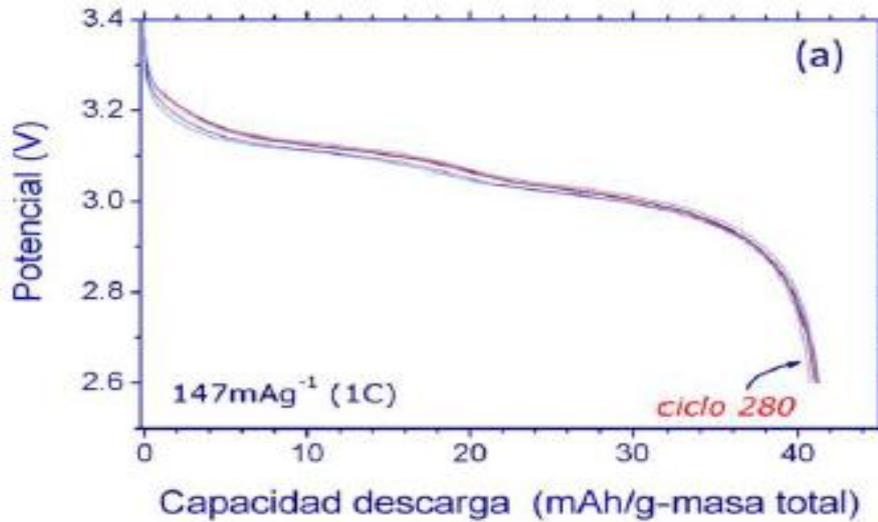


Figura 3.6. Esquema de Descarga de una Batería de ion - litio.

Fuente: (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010)

- a. **Nota Explicativa,** Resultados de la caracterización electroquímica, de la batería de ion - Litio $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12} // \text{LiCr}_{0.2}\text{Ni}_{0.4}\text{Mn}_{1.4}\text{O}_4$ que se desarrolla en el instituto de ciencia de materiales de Madrid (CSIC). (a) Selección de curvas de descarga registradas durante el ciclaje a alta corriente.

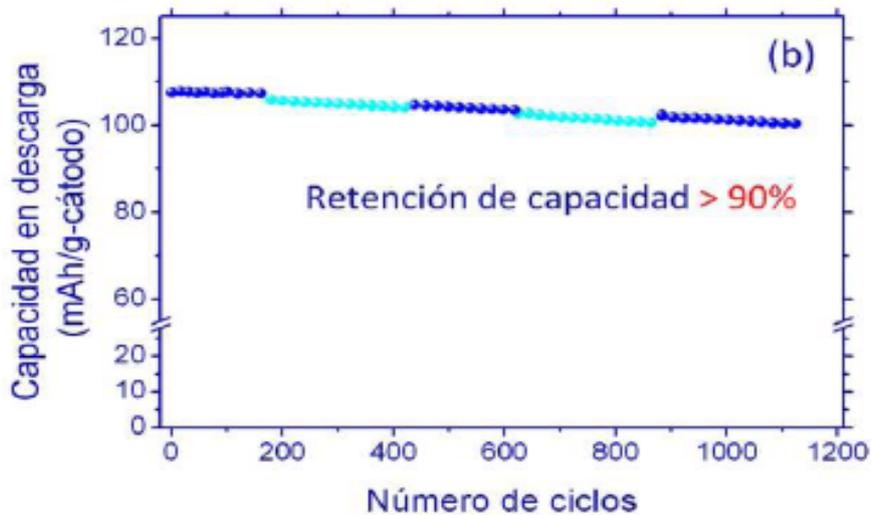


Figura 3.7. Esquema de Descarga de una Batería de ion - litio.

Fuente: (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010)

- a. **Nota Explicativa,** Elevada energía específica. De las tres tecnologías de baterías utilizadas en VEBs y VEHs comerciales, las baterías de Lion son las que presentan los mayores valores de energía específica, tanto másica ($80\text{-}170 \text{ Whkg}^{-1}$) como volumétrica ($170\text{-}450 \text{ Whl}^{-1}$). (b) Evolución de la capacidad en función del número de ciclos.

- Estos valores de energía eléctrica almacenada son casi el doble de las baterías de NiHM y más de cuatro veces el valor de los acumuladores de Pb-ácido.
- Elevado número de ciclos de vida. Las diferentes configuraciones de baterías de Lion comerciales, así como gran parte de las nuevas configuraciones, presentan una gran recargabilidad. Después de 1000 ciclos de carga y descarga presentan el 90% de su capacidad (CSIC, 2011).
- Moderado o bajo impacto ambiental. Al igual que ocurre con las baterías de NiHM, estas baterías están libre de materiales con alta toxicidad como el plomo, cadmio o mercurio.

Desventajas

- Elevado coste. El coste de las baterías Lion es elevado, sin embargo se prevé que los costos de las baterías van a disminuir con el aumento de la demanda y el uso de diferentes materiales catódicos (LiMn_2O_4 , LiFePO_4 y sus derivados).
- Perdida de prestaciones a alta temperatura. Muchas de las baterías comerciales de Lion presentan una disminución de las prestaciones cuando estas trabajan a más de 50 °C (CSIC, 2011).
- Baja tolerancia al abuso. Las baterías de Lion se degradan cuando se someten a condiciones de abuso, es decir, cuando se

sobre descargan o sobrecargan. Así, cuando una batería de Lion se descarga por debajo de los 2 V, esta se descarga rápidamente. Igualmente, cuando se somete a sobrecarga se produce pérdida de capacidad de batería. También puede sufrir procesos de calentamiento descontrolado (“thermal runaway”) que en casos extremos puede ocasionar el incendio de la batería (CSIC, 2011).

3.2 Manejo de residuos

El manejo o gestión de los residuos sólidos y los residuos peligrosos es un tema de preocupación en todos los países. El desarrollo de la tecnología y sociedad actualmente ha cambiado aceleradamente la forma como se produce y se consume los diferentes componentes y aparatos utilizados. La sociedad ha hecho que la producción sea más eficiente y rápida lo que hace que los productos disminuyan cada vez más su vida útil y se vuelvan más complejos. Esto trae como consecuencia que los productos tengan cada vez más residuos peligrosos y aumente el volumen de los mismos. El desarrollo de la urbanización ha hecho que se centre solo en un determinado lugar el volumen de residuos haciendo que el ecosistema este en desventaja.

A nivel mundial el gran desafío que existe actualmente es disociar la producción de residuos del crecimiento económico, a efectos de frenar el tradicional aumento de los mismos con el avance de la economía y disminuir a su vez la presencia de materiales peligrosos. Este proceso debe además ser compatible con las políticas de desarrollo productivo y social necesarias para abatir la pobreza. Para esto será imprescindible, entre otras cosas,

compatibilizar las normas de residuos peligrosos con criterios de eficiencia y competitividad productiva (Martinez, 2005).

3.2.1 Normas Internacionales de Manejo de Residuos Peligrosos.

“La gestión de los desechos peligrosos ha estado presente en la agenda ambiental internacional a partir de comienzos del decenio de 1980, cuando se la incluyó como una de las tres esferas prioritarias del primer Programa de Montevideo sobre Derecho Ambiental, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en 1981. El Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación fue aprobado el 22 de marzo de 1989 por la Conferencia de Plenipotenciarios en Basilea (Suiza) en respuesta a una clamorosa protesta tras el descubrimiento, en el decenio de 1980, en África y otras partes del mundo en desarrollo, de depósitos de desechos tóxicos importados del extranjero. El Convenio entró en vigor el 5 de mayo de 1992 y, al 1 de enero de 2011, había 175 Partes en el Convenio.

El objetivo primordial del Convenio de Basilea es proteger la salud de las personas y el medio ambiente frente a los efectos perjudiciales de los desechos peligrosos. Su ámbito de aplicación abarca una amplia variedad de desechos definidos como “desechos peligrosos” sobre la base de su origen o composición, o ambas cosas, y sus características (artículo 1 y anexos I, III, VIII), así como dos tipos de desechos definidos como “otros desechos” (desechos domésticos y cenizas de incineradores; artículo 1 y anexo II). Las disposiciones del Convenio giran en torno a los principales objetivos siguientes:

i) la disminución de la generación de desechos peligrosos y la promoción de la gestión ambientalmente racional de los desechos peligrosos, dondequiera que se realice su eliminación;

ii) la restricción de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, salvo en los casos en que se estima que se ajusta a los principios de la gestión ambientalmente racional; y,

iii) un sistema reglamentario aplicable a casos en que los movimientos transfronterizos son permisibles (Basilea, 2008).

Directiva 2006/66/EC relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores.

Esta Directiva establece tanto las normas de puesta en el mercado de pilas y acumuladores (desde etiquetado hasta materiales prohibidos), como las normas específicas de recogida, tratado, reciclado y eliminación de los residuos de pilas y acumuladores. La citada Directiva tiene como objetivo mejorar el rendimiento medioambiental de las pilas y acumuladores y de las actividades de todos los operadores económicos que participan en el ciclo de vida de las baterías y acumuladores: productores, distribuidores y usuarios finales; haciendo especial énfasis en aquellos operadores que participan de forma directa en el tratamiento y reciclado de sus residuos.

Las baterías utilizadas en vehículos eléctricos quedan agrupadas dentro del campo de pilas industriales.

Sistemas de recogida

El texto establece que los Estados de la Unión Europea habrán de velar por la existencia de sistemas adecuados de recogida para los residuos de baterías. Estos sistemas deberán poner a disposición del usuario final un punto de recogida accesible, en función de la densidad de población; y exigirán que los distribuidores acepten la devolución de residuos y baterías sin cargo alguno para el usuario, ni coste asociado en el precio.

Objetivos de recogida

El método que propone la Directiva se traduce en la definición de un índice de recogida para cada año en función de las ventas de baterías de los años anteriores². El texto legal comunitario prevé unos índices mínimos de recogida a alcanzar en las siguientes fechas:

- a) el 25% a más tardar el 26 de septiembre de 2012;
- b) el 45% a más tardar el 26 de septiembre de 2016.

Tratamiento y reciclado

Según la Directiva, desde el pasado 26 de septiembre de 2009 los productores o terceros que intervienen en el proceso deberían haber instaurado, empleando las mejores técnicas disponibles (desde un punto de vista medioambiental y de protección de la salud), sistemas de tratamiento y reciclado de baterías.

Los requisitos mínimos fijados en la Directiva para el tratamiento y reciclado de las baterías son los que siguen:

² Índices detallados año a año en el Anexo I de la Directiva 66/2006.

- a) El tratamiento comprenderá, como mínimo, la extracción de todos los fluidos y ácidos.
- b) El tratamiento y cualquier almacenamiento, incluido el almacenamiento provisional, en instalaciones de tratamiento tendrá lugar en lugares impermeabilizados y convenientemente cubiertos o en contenedores adecuados.
- c) Los procesos de reciclado deberán alcanzar el reciclado del 50% en peso, como promedio, de los residuos de baterías asociados a tecnologías asociadas a la industria de los vehículos eléctricos³.

Eliminación

Se establece la obligación para los Estados Miembros de prohibir, mediante el desarrollo de la legislación interna, la deposición en vertederos o la incineración de las baterías industriales (incluidas las baterías para vehículos eléctricos)⁴. No obstante, es preciso aclarar en este punto que no hay que confundir la incineración de residuos con la utilización de la pirolisis en el proceso de reciclado y valorización, que posteriormente será objeto de un análisis más detallado.

Esta segunda práctica se encuadra en la Directiva dentro del uso de las “*mejores técnicas disponibles, en términos de protección de la salud y del medio ambiente*”, en el marco de los sistemas de tratamiento y reciclado de los residuos de pilas y acumuladores⁵

³ En detalle en la Parte B del Anexo III de la Directiva 66/2006.

⁴ Véase el artículo Directiva 66/ 2006.

⁵ Incluyéndose por ello en lo previsto por el artículo 12.1.a) de la Directiva 66/2006.

Directiva 2000/53/CE relativa a los vehículos al final de su vida útil, con las modificaciones previstas por la Directiva 2008/33/CE

Esta Directiva persigue la prevención de los residuos procedentes de vehículos y su adicional reutilización, reciclado y otras formas de valorización cuando se produzca el final de su vida útil o de alguno de sus componentes, nuevamente pensando en el objetivo último de protección del medio ambiente.

Reutilización y valorización

El texto legal comunitario indica a los Estados Miembros de la Unión Europea que han de adoptarse las medidas necesarias para fomentar la reutilización de componentes reutilizables y la valorización de los componentes que no sean reutilizables, indicando también que ha de concederse prioridad al reciclado cuando ello sea viable desde el punto de vista económico y medioambiental, *“sin perjuicio de las exigencias de seguridad de los vehículos, así como de las exigencias en materia de medio ambiente, tales como las relativas a las emisiones a la atmósfera y la limitación de ruidos”*⁶.

Objetivos

La Directiva establece unos porcentajes a cumplir por los Estados Miembros en un plazo determinado:

- a) Desde el 1 de enero de 2006, con respecto a todos los vehículos al final de su vida útil, la reutilización y valorización debe alcanzar un mínimo del 85% en peso medio por vehículo y año.
- b) A más tardar el 1 de enero de 2015, con respecto a todos los vehículos al final de su vida útil, se aumentará la reutilización y la

⁶ Véase el artículo 7.1 de la Directiva 53/2000.

valorización hasta un mínimo del 95% del peso medio por vehículo y año. Además, en este plazo, se prevé el aumento de la reutilización y reciclado hasta un mínimo del 85% del peso medio por vehículo y año.⁷

Análisis y desarrollo del contexto legislativo

De lo expuesto anteriormente se entiende que existe una clara intención por parte de la Unión Europea a reciclar y recuperar las baterías para vehículos eléctricos, tanto por su condición de baterías como por su condición de componentes de vehículos al final de su vida útil, a fin de lograr una protección y salvaguardar el medio ambiente.

Estas directrices comunitarias han visto su reflejo en la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos y en el reciente Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos, en el marco legislativo español.

En cualquier caso, los objetivos marcados son claros y, dentro del contexto legal de la Unión Europea, no se puede concebir la producción y comercialización de baterías para vehículos eléctricos sin tener en cuenta que será necesaria la minimización del impacto ambiental a lo largo de la totalidad de su ciclo de vida, mediante las diversas técnicas de reciclaje, valorización o recuperación.

Igualmente, parece importante matizar que los objetivos fijados por las Directivas son objetivos cuantitativos en tanto en cuanto se fijan en términos de

⁷ Objetivos previstos en el artículo 7.2 de la Directiva 53/2000.

porcentajes de cantidades, y en ningún caso se habla específicamente de objetivos en las emisiones en términos absolutos y del impacto de los procesos. Únicamente se fomenta la utilización de las mejores técnicas disponibles, pero no se fijan objetivos concretos y ambiciosos que quizá podrían llevar a una mejora sustancial en este aspecto.

Como conclusión, puede destacarse el esfuerzo llevado a cabo para determinar la responsabilidad legal en caso de incumplimiento de los objetivos y prohibiciones marcadas en el marco legislativo, pero tal vez sería recomendable concretar aún más los términos cuantitativos en la legislación y tratar de profundizar en los objetivos de la “calidad” del reciclaje (Majano, 2010).

3.2.2 Procesos de reciclado de baterías

3.2.2.1 Proceso piro metalúrgico

Fuentes (2010, p. 92) afirma que las baterías que han alcanzado el final de su vida útil (así como otra chatarra), no son pre tratado o pre procesado.

El proceso de reciclado se compone de 5 sub-procesos:

Etapa 0: Recolección y Recepción de las baterías (desde todo el mundo, en Hoboken (Bélgica) y Hofors (Suecia)).

Etapa 1: Fundido + Valorización energética (en Hofors, Suecia).

Etapas 2 y 3: Refinado y Purificado de metales (en Olen, Bélgica).

Etapa 4: Oxidación del cloruro de cobalto a óxido de cobalto (en Olen, Bélgica).

Etapa 5: Producción de óxido de litio metálico para nuevas baterías (en Corea del Sur).

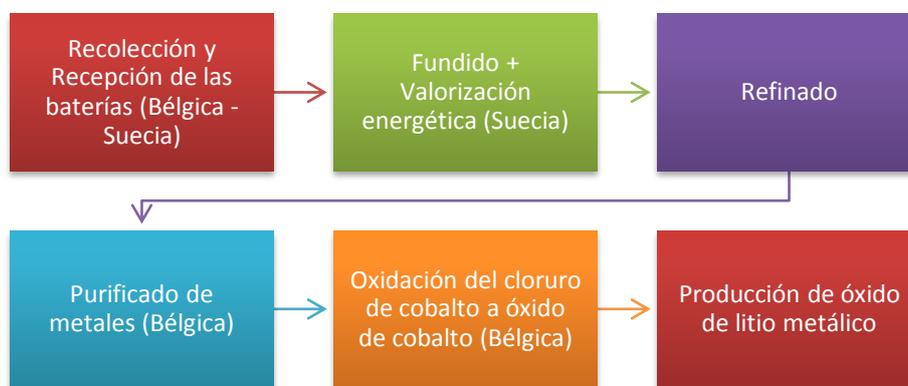


Figura 3.8. Proceso Piro Metalúrgico de Reciclaje de Baterías de ion – litio por la Empresa Umicore.

Elaboración: Luis Velasco, 2014.

Etapa 1: Fundido y Valorización Energética

En este primer paso, las baterías con su carcasa de plástico son introducidas directamente en un horno para conseguir:

- Evaporar el electrolito (si está presente).
- Fundir todos los metales.

- Recuperar toda la capacidad calorífica de los plásticos y otros compuestos inorgánicos.
- Usar el grafito del electrodo como agente reductor en la zona de reacción del horno para reducir todos los óxidos de metales a su forma metálica.

Una gestión muy precisa de este paso resulta fundamental para mantener la seguridad y evitar grandes riesgos de fugas al aire de compuestos orgánicos volátiles (Dioxinas, Furanos,...etc.). Para cuestiones relacionadas con el control del riesgo y la seguridad del proceso, un control muy estricto de la temperatura del proceso es fundamental: las baterías son productos sellados que contienen un electrolito por lo que su presión interna puede aumentar si el tiempo no es suficiente para permitir la salida del gas formado. Si esto ocurre (el tiempo no es suficiente y aumenta la presión en demasía), los riesgos de explosión son potencialmente altos.

Por otro lado, la instalación de tratamiento de gases representa un equipo clave del proceso global por varios motivos.

En primer lugar, las baterías contienen plásticos, polímeros y otras sustancias que contienen halógenos. Cuando se exponen de manera conjunta materiales orgánicos y halógenos a altas temperaturas, se produce la recombinación de estos elementos dando lugar a Dioxinas y Furanos. Para deshacerse de las dioxinas, el método más extendido es añadir filtros eficientes en la retención de estas en las instalaciones de tratamiento de gases. En esta instalación se ha utilizado un concepto totalmente diferente: en lugar de deshacerse de las dioxinas, simplemente evitan que se formen.

Para la formación de dioxinas, se deben cumplir unas condiciones concretas: debe haber cadenas orgánicas que permanezcan intactas, halógenos y un tiempo sustancial de permanencia a una temperatura por debajo de 900 °C y por encima de los 400 °C. Para solucionar el problema una antorcha de plasma se ha añadido después del horno para incrementar los gases de salida a una temperatura por encima de los 1200° C y mantener el gas bajo condiciones reductoras. A esta temperatura, todos los enlaces orgánicos se rompen: este es el llamado **syngas (gas de síntesis)**. Debido a las condiciones reductoras, los halógenos se encuentran en su forma reducida (HBr, HCl), mucho más estable que la forma molecular (Cl₂, Br₂). Después, la temperatura del syngas es reducida instantáneamente de 1250°C a menos de 350°C, por lo que las cadenas carbonadas no tienen tiempo para recombinarse, y por encima de todo, no se pueden unir carbonos y halógenos. De esta forma, la formación de dioxinas no tiene lugar.

Etapa 2: Refinado y Tratado De Metales

Esta segunda etapa, existe como proceso productivo en el seno de Umicore desde hace décadas y está certificada con las ISO 9001 y la ISO 14001 (de calidad y de gestión medioambiental respectivamente). Se trata del “*core value29*” de Umicore, es un proceso hidro- metalúrgico en el que la aleación producida en la etapa 1 (que contienen metales como Cobalto, Níquel, Cobre y Hierro) es lixiviada en ácido sulfúrico.

Después de muchas disoluciones y tras ajustarse el PH de la disolución, se puede conseguir la separación de los metales principales y se obtiene una disolución de NiSO₄ y una de CoCl₂.

La disolución de NiSO₄ es re-purificada mediante la extracción del disolvente y se produce la formación de cristales de NiSO₄. Estos cristales se pueden transformar en componentes esféricos Ni (OH)₂ para su aplicación potencial en baterías secundarias.

La disolución de CoCl₂ es también re-purificada en una nueva extracción de disolvente para producir una disolución pura de CoCl₂ que es enviada a la etapa 3.

Etapa 3 y 4: Oxidación

El CoCl₂ es oxidado en un horno dedicado exclusivamente a este propósito en un proceso desarrollado por Umicore bajo unas condiciones específicas. El control estricto de los parámetros del proceso permite la obtención de un óxido de cobalto de gran calidad, requerido para la obtención de un compuesto que también contiene Litio.

En la etapa 4 se obtiene LiCoO₂ como producto final que es utilizado en la fabricación de nuevas baterías de Li-ion o Li-polímero como material para el cátodo.

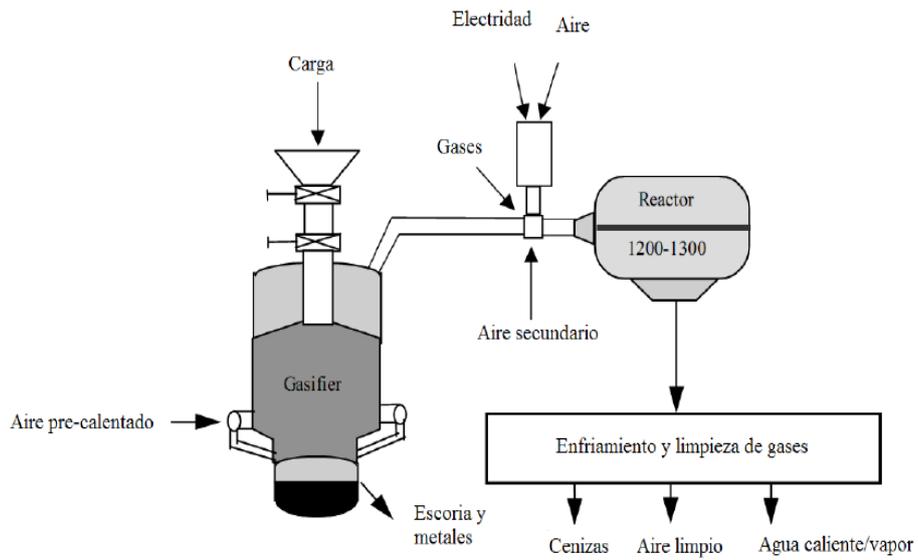


Figura 3.9. Esquema de un horno y limpieza de gases

Fuente: (Fuentes, 2010).

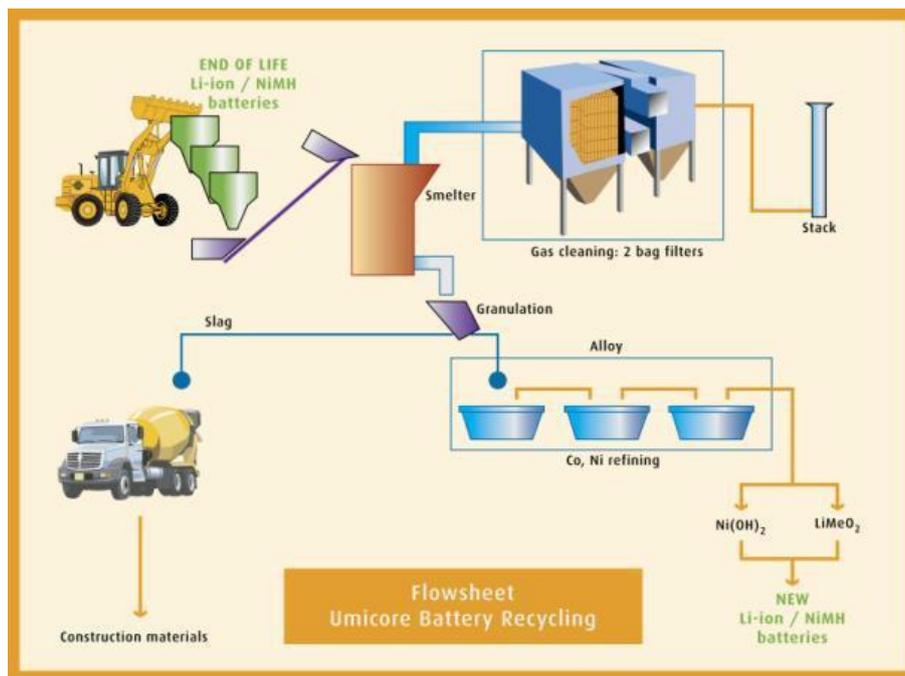


Figura 3.10. Esquema del proceso piro metalúrgico de reciclaje de baterías de ion – litio por la empresa Umicore

Fuente: (Gaines, Sullivan, Burnham, & Belharouak, 2011).

3.2.2.2 Proceso hidro metalúrgico

Fuentes (2010, p. 97) señala que el objetivo de este proceso es la recuperación del Litio, y teniendo en cuenta el precio de mercado actual y el elevado coste de operación hace que no sea un proceso desarrollado en busca de economías de escala y gran rentabilidad, a continuación se describen los procesos de forma específica.



Figura 3.11. Proceso Hidro Metalúrgico de Reciclaje de Baterías de ion – litio por la Empresa Toxco

Elaboración: Luis Velasco, 2014.

Reciclaje de baterías de Li-ion

El reciclado de este tipo de baterías consta de tres etapas fundamentales, y se ha analizado de acuerdo a la información contenida en la Patente US 005888463 A.

Las tres etapas principales son las siguientes:

- Etapa 0: Recolección de las baterías, recepción en las baterías y selección del tipo Li-ion.
- Etapa 1: Criogenización.
- Etapa 2: Subdivisión.

Etapa 1: Criogenización

El Litio, a pesar de ser normalmente muy reactivo y peligroso al separarlo de la carcasa de la batería, pasa a ser relativamente inerte después de pasar por un proceso de criogenización.

Las baterías de Litio son enfriadas por medio de un baño de Nitrógeno líquido a - 325 °F (- 198 °C) para después ser trituradas de forma segura, consiguiendo la separación de todos los materiales.

Etapa 2: Subdivisión

Tras haber sido reducido el “pack” a piezas menores de 2” (5 cm), estas se introducen en un molino de martillos para subdividirse más. Se pulveriza con agua sobre todos los materiales para ayudar a mantener el proceso frío (y mantener el Li poco reactivo). El gas resultante es recogido, lavado y filtrado antes de liberarlo a la atmósfera.

Una criba vibradora y unas rejillas son utilizadas para separar aún más los materiales, normalmente en tres categorías principales:

- Una “madeja” de Li-ion.
- Cobre-Cobalto.
- Lodo.

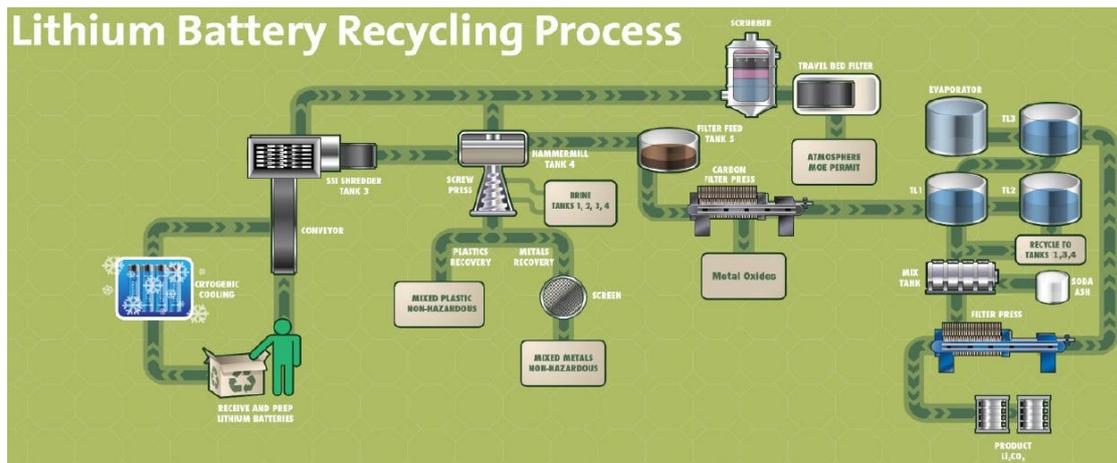


Figura 3.12. Esquema del Proceso Hidro Metalúrgico de Reciclaje de Baterías de ion – litio por la Empresa Toxco

Fuente: (Kinsbursky & Thompson, 2011).

3.3 Toxicidad de componentes de la batería hacia el medio ambiente

En la aparición de las nuevas innovaciones en el sector automotriz con baterías eléctricas, los vehículos pueden llegar más lejos con menos paradas de descarga, pero en estos vehículos se necesitan unas baterías más grandes que la de los vehículos normales, y esta gran producción de baterías provoca en el medio ambiente un impacto significativo.

En los vehículos híbridos y eléctricos tenemos cinco tipos de baterías: níquel – metal hidruro, ácido – plomo, níquel – cadmio, zinc – aire e ion litio.

Todas estas baterías están compuestas por metales que son procesados y fabricados con distintos grados de impacto hacia el medio ambiente. Entre las más contaminantes esta las baterías de plomo – ácido, las baterías de ion litio tiene menos riesgos Medioambientales, pero aun así son contaminantes y una gran carga hacia los recursos naturales.

La gran cantidad de desperdicios contaminados está dada por la producción en masa de las baterías para los vehículos híbridos y habrá tanta demanda como los equipos de fabricación de los tradicionales vehículos. Los resultados de esta contaminación podrían ser un impacto ambiental directo y resultar en la disminución de hábitat de peces en las zonas cercanas a las minas, disminuyendo la calidad del aire y asociándolo a enfermedades pulmonares cerca de estas instalaciones de extracción y procesamiento de materiales, además un aumento de los costos energéticos cerca de las fábricas. El impacto ambiental indirecto podría resultar en el aumento del combustible fósil para alcanzar la demanda de las fábricas.

Para conocer mejor el impacto medio ambiental que se produce, debemos conocer el significado de Minería, es el proceso por el cual se extrae grandes cantidades de piedra que contiene minerales que son extraídos de la tierra. Para que se despeguen metales para el comercio, los metales deben ser molidos en partículas finas que pasan por varios procesos para aislar los metales de las rocas.

Los altos niveles de materiales como el plomo, el zinc, el arsénico, el cadmio y el litio son dañinos y pueden terminar en mantos freáticos⁸, aguas superficiales y en el aire; cuando los residuos de roca que aun contiene partículas de metal se dejan en los sitios de excavación, el agua de lluvia conduce los metales a los suelos de su alrededor y se convierte en mantos freáticos. Las emisiones de gases con efecto invernadero se producen por las maquinarias pesadas usadas en las excavaciones que funcionan con combustibles fósiles.

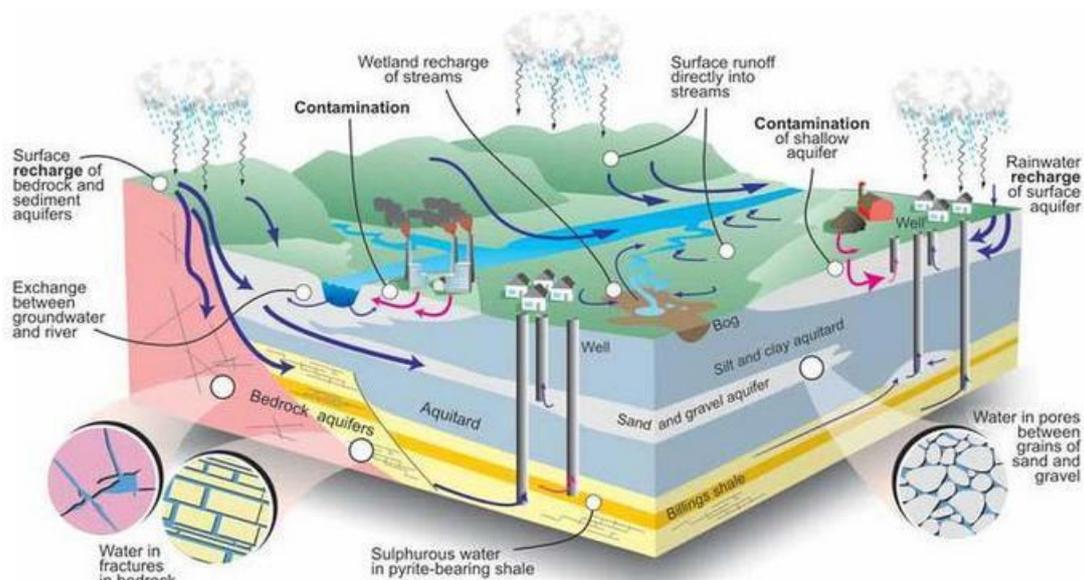


Figura 3.13. Esquema de mantos freáticos

Fuente: (Da tu opinión, 2011).

Impacto sobre el medio ambiente

Los componentes principales de las pilas y baterías son mercurio, cadmio, litio, manganeso, plata, zinc, níquel y plomo que en estado libre y dependiendo de

⁸ **Manto Freático:** Conocido como tabla de agua, es el nivel por el que discurre el agua en el subsuelo.

sus concentraciones pueden presentar un alto nivel de toxicidad tanto para seres humanos como para los ecosistemas (Vivanco, 2012).

Por ejemplo, el mercurio contenido en las pilas principalmente pilas de botón y alcalinas representa la mayor fuente de este metal en los residuos domésticos según estudios realizados en México (Vivanco, 2012).

En general, pilas y baterías en países que no poseen un sistema de recolección y tratamiento especial, comparten la misma ruta que todos los residuos domésticos: recolección sin diferenciación por componentes de la basura (basura orgánica, plásticos, vidrios, etc.) y depósito en un vertedero o relleno sanitario. Los basurales y depósitos mal implementados para recibir residuos tóxicos pueden contaminar su entorno, siendo los cursos de agua superficial y subterránea aledaños algunos de sus principales puntos de contaminación. El comportamiento de pilas y baterías en los vertederos está determinado por la descomposición de los residuos orgánicos que producen lixiviados⁹ corrosivos que actúan sobre las cubiertas metálicas de las pilas liberando metales pesados al medioambiente. El mal control de lixiviados permite que metales tóxicos puedan alcanzar aguas subterráneas y superficiales (EPA, 2012). Los compuestos volátiles o el polvo fugitivo pueden hacer que los contaminantes contenidos en pilas y baterías viajen a largas distancias. En el caso de incendios de vertederos sin sistemas de seguridad el mercurio y cadmio no se destruyen al momento de incinerarse y por el contrario son emitidos a la atmósfera, lo que aumenta su radio de dispersión en el ambiente (EPA, 2012).

⁹ Lixiviados: Es el resultado de la degradación de la materia orgánica, con una alta concentración en sales minerales y otros derivados

Los rellenos sanitarios que disponen de tecnología para el tratamiento de lixiviados y gases, los metales pesados aportados por las pilas no son eficientemente retenidos o entorpecen los tratamientos biológicos (EPA, 2012).

Tabla 3.14. Principales daños medioambientales a causa de compuestos químicos.

Sustancia	Daños al Medio Ambiente
Mercurio	El mercurio puede contaminar el agua, a la tierra causa depósitos naturales de este metal o por el que se emite en los basureros. El metilmercurio es bioacumulable, es decir se acumula en los tejidos de peces
Cadmio	El cadmio entra al aire de fuentes como la minería, industria, y al quemar carbón y desechos domésticos. Las partículas pueden viajar largas distancias antes de depositarse en el suelo o en el agua. El cadmio entra al agua y al suelo de vertederos u de derrames o escapes en sitios de desechos peligrosos
Níquel	El níquel es liberado a la atmosfera por industrias que manufacturan o usan níquel, por plantas que queman petróleo o carbón y por incineradores de basura. En el aire, se adhiere a partículas de polvo que se depositan en el suelo. El níquel liberado en desagües industriales termina en el suelo o en el sedimento
Litio	El litio puede lixiviarse fácilmente a los mantos acuíferos, se ha encontrado en pequeñas cantidades en diferentes especies de peces. El litio no es volátil por lo que pueden regresar a la superficie a través de deposición húmeda o seca.
Plomo	El plomo no se degrada. Compuestos de plomo son transformados por la luz solar, el aire y el agua. Cuando se libera al aire puede ser transportado largas distancias antes de sedimentar. Se adhiere al suelo. Su paso a aguas subterráneas depende del tipo de compuesto y de las características del suelo.

Sacado de Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Jacott M. Pilas y Baterías: tóxicos en casa. Greenpeace.

3.3.1 Daños a la Salud.

Cadmio

Ingerir alimentos o tomar agua con cadmio irrita el estómago e induce vómitos y diarrea. Respirar altos niveles de cadmio produce lesiones en los pulmones e ingerirlo produce daño a los riñones, ya que el organismo humano puede asimilar el 6% de la dosis que absorbe, el resto puede acumularse en los riñones a lo largo de toda la vida, lo que puede producirles lesiones graves e irreversibles.

En madres expuestas al Cadmio produce serias afecciones con lesiones para el embarazo, presencia de proteína en la orina, etc. También produce hipertensión arterial, con riesgo de infarto de miocardio y arterioesclerosis. En dosis altas, puede producir la muerte. El cadmio y sus compuestos son carcinogénicos (Santurio, Garay, & Arancio, 2007).

Mercurio

En la intoxicación producida por mercurio, los síntomas son: fatiga, anorexia o adelgazamiento, dolores gastrointestinales y trastornos visuales y temblores. La exposición al nivel local del mercurio ocasiona irritación de la piel, mucosa y es sensibilizante de la piel.

La exposición generalizada o en casos de intoxicaciones agudas fuertes, produce una intensa irritación en las vías respiratorias, es productor de bronquitis, neumonías, bronquiolitis, etc. Una alta exposición puede dañar el cerebro, los riñones y el feto, provocando retraso mental, en el andar o el habla, falta de coordinación, ceguera y convulsiones. En intoxicaciones

crónicas y a dosis bajas produce debilidad, pérdida de peso, diarrea, inflamación de encías, fatiga, sabor metálico, insomnio, indigestión, etc. En intoxicaciones crónicas y a dosis altas produce: irritabilidad, alucinaciones, llanto, tristeza, psicosis, crisis, trastornos psíquicos: estado de excitación, pérdida de memoria, insomnio persistente y depresión, e incluso, desórdenes mentales, coma y después la muerte. En casos de exposición a altas dosis en forma oral, colapsa el aparato digestivo, siendo mortal en horas. Posible cancerígeno (Santurio, Garay, & Arancio, 2007).

Plomo

La intoxicación recibida por el plomo se denomina saturnismo y los síntomas son: dolores de cabeza, dolores óseos, dolores abdominales, trastornos del sueño, dolores musculares, impotencia, trastornos de conducta, etc.

Síntomas avanzados: anorexia, anemia, cólicos intestinales ('cólico del plomo', es decir, calambres abdominales intensos, acompañados de náuseas, vómitos y presión arterial elevada), enfermedad renal, impotencia sexual, delirio, esterilidad, daños al feto, estreñimiento agudo, afectación de los nervios, problemas de cáncer y muerte (Santurio, Garay, & Arancio, 2007).

Níquel

Los efectos más comunes del níquel son en la piel y respirar altas cantidades produce bronquitis crónica, cáncer del pulmón y de los senos nasales (Santurio, Garay, & Arancio, 2007).

Litio

Es un neurotóxico y tóxico para el riñón. La intoxicación por litio produce fallas respiratorias, depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo. También produce daño al sistema nervioso, llegando al estado de coma e incluso la muerte (Santurio, Garay, & Arancio, 2007).

Sustancia	Fuentes de Exposición	Daños a la Salud
Mercurio	Al respirar aire contaminado, al ingerir agua y alimentos contaminados.	Posible cancerígeno. Una alta exposición puede dañar el cerebro, los riñones y al feto, provocando retraso mental, en el andar o el habla, falta de coordinación, ceguera y convulsiones
Cadmio	Lugares donde manufacturan productos de cadmio, al consumir alimentos o agua contaminados con cadmio.	Respirar altos niveles de cadmio produce lesiones a los pulmones y al ingerirlo produce daños a los riñones. En dosis altas, puede producir la muerte. Ingerir alimentos o tomar agua con cadmio irrita el estómago e induce vómitos y diarrea. El cadmio y sus compuestos son carcinógenos.
Níquel	Ingerir alimentos contaminados con níquel es fuente de exposición. Reacción alérgica y contacto de la piel con suelo, agua o metales que contienen níquel.	Efectos más comunes del níquel son efectos de la piel. Respirar altas cantidades produce bronquitis crónica y cáncer del pulmón y de los senos nasales.
Litio	El hidróxido de litio tiene aplicación en la industria de la cerámica y en la medicina como antidepresivo y en sistemas de aire acondicionado.	Neurotóxico y tóxico para el riñón. Intoxicación por litio produce fallas respiratorias, depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo. Daño al sistema nervioso, llegando a estado de coma e incluso la muerte.
Plomo	Puede ocurrir al respirar aire o polvo, al comer o tomar agua contaminada y al ingerir	El plomo puede causar daño al sistema nervioso, los riñones y el sistema reproductivo.

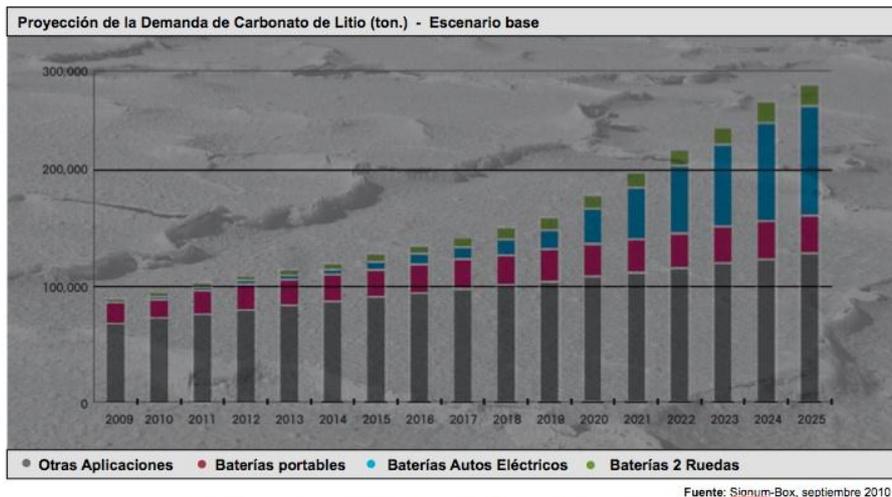
trozos de pintura seca con plomo o jugar en tierra contaminada.

TABLA 20. Principales daños a la salud a causa de compuestos químicos. Sacado de Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Jacott M. Pilas y Baterías: tóxicos en casa. Greenpeace.

3.3.2 Países Productores de Materiales de Baterías

3.3.2.1 Litio

La producción de litio en el mundo es actualmente manejada en el 50% por Chile, este es el país con más reservas de litio en el mundo lo que hace que este recurso sea explotado en su mayoría en este país, aunque se ha realizado estudios por parte de José Bustillos director de operaciones en Bolivia, COMIBOL agencia estatal minera en su oficina de La Paz, expresa que Bolivia se encuentran el 40% de las reservas de litio del mundo comprobado. Aunque nuevos estudios podrían expresar que Bolivia está sobre unos 20 millones a 100 millones de toneladas de litio. La producción de litio en Bolivia a gran escala podría tomar algunos años (Santurio, Garay, & Arancio, 2007).



Tasa Crecimiento Anual Estimada Próximos 15 años:

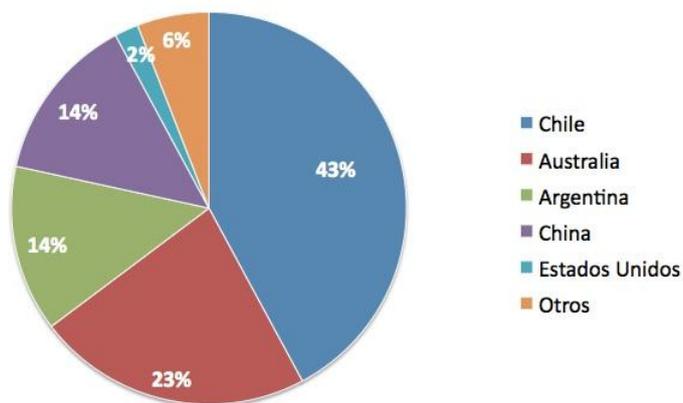
Total LCE: 7 %
 Autos Eléctricos: 29 %

Figura 3.14. Proyección de la Demanda de Carbonato de Litio (ton)

Fuente: (Comisión Chilena de Cobre, 2010).

Este gráfico representa el incremento de la demanda del carbonato de litio hasta el año 2025, lo que nos muestra que los artículos como baterías portables, baterías de autos eléctricos, van a aumentar, ya que es una tecnología que va a poder desarrollarse de mejor manera y va a ser la más utilizada probablemente en el futuro.

Producción de Litio por País 2010



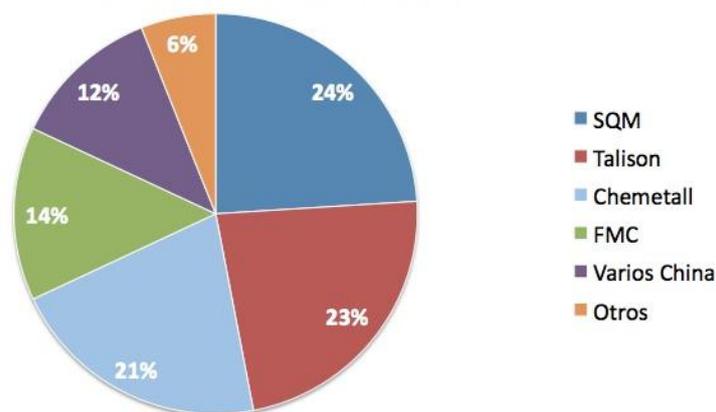
Fuente: Elaboración COCHILCO. En base a datos de [SignumBox](#) (2010).

Figura 3.15. Producción de Litio por País 2010

Fuente: (Comisión Chilena de Cobre, 2010).

Este gráfico representa el porcentaje de Litio producido por los diferentes países en el mundo, con Chile como el principal productor de Litio con 43%, seguido por Australia con el 23% y en tercer lugar Argentina y China con el 14%.

Producción de Litio por Empresa 2010



Toda la producción de SQM es obtenida en Chile, y más del 90% de la producción de Chemetall también.

Figura 3.16. Producción de Litio por Empresa 2010

Fuente: (Comisión Chilena de Cobre, 2010).

Las principales empresas de producción de Litio trabajan en Chile además de otras empresas de gran producción que trabajan en otros países.

3.3.2.2 Níquel

Tabla 3.15. Producción de Níquel por países 2012

PAÍSES	Producción (en toneladas métricas)
Rusia	280.000
Filipinas	230.000
Indonesia	230.000
Canadá	200.000
Australia	180.000
Nueva Caledonia	140.000
Brasil	83.000
China	80.000
Cuba	74.000
Colombia	72.000
Sud África	42.000
Bostwana	32.000
Madagascar	25.000
República Dominicana	14.000
Otros Países	100.000

Fuente: (Fonseca, 2012).

En la figura se representa la producción de níquel de cada país, teniendo como primer exportador a Rusia con 280.000 toneladas métricas, seguido de Filipinas e Indonesia con 230.000 toneladas métricas

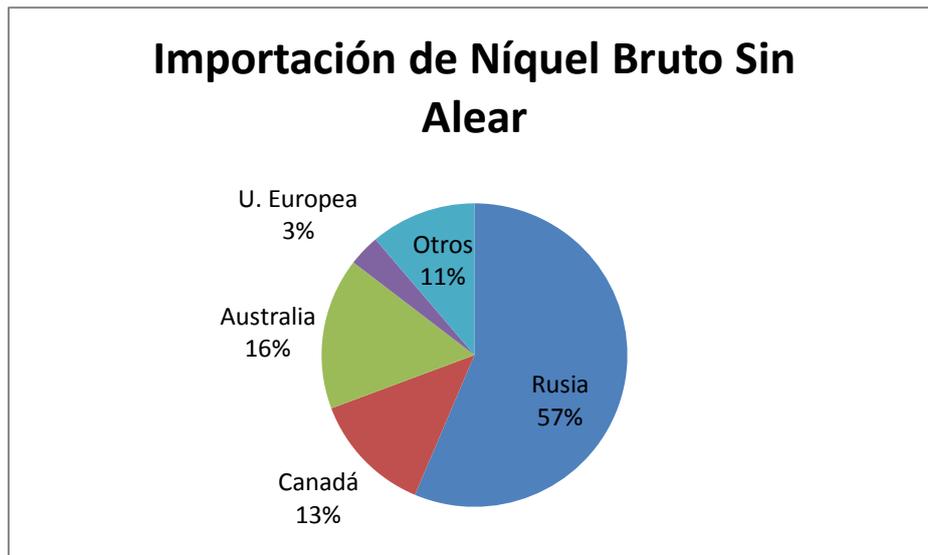


Figura 3.17. Importación de Níquel Bruto Sin Alear

Fuente: (Fonseca, 2012).

En el gráfico se muestra los principales importadores de Litio del mundo liderando este grupo tenemos a Rusia.

3.3.2.3 Plomo

En este gráfico se observa que durante el año 2012 se produjeron en el Mundo 5.2 millones de toneladas de concentrados de plomo. De estas, los siete países productores más importantes agrupan alrededor del 51% de toda la producción, siendo el más importante de ellos China con alrededor de 2.6 millones de toneladas de producción. Le siguen Australia, Estados Unidos, Perú y México (Chacón, 2012).

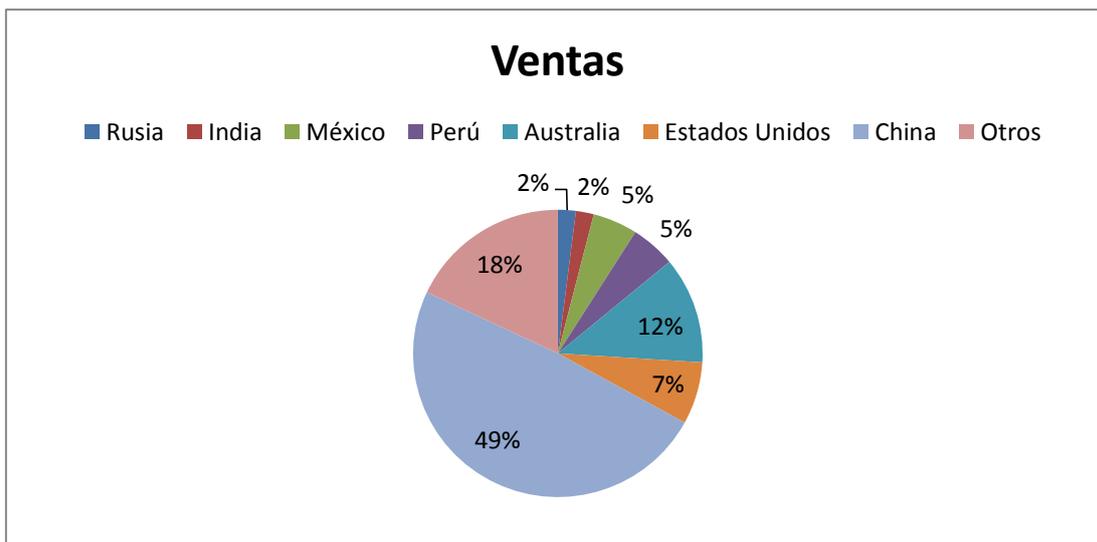


Figura 3.18. Producción de Plomo mundial 2012.

Fuente: (Agencia Nacional de Tránsito ANT, 2013)

3.3.2.4 Cadmio

Tabla 3.16. Producción Mundial de Cadmio en refinerías, en TM.

País	2008	2009	2010	2011	2012
Argentina	38	36	32	31	30
Australia	350	350	350	390	380
Brasil	200	200	200	200	200
Bulgaria	460	420	420	420	420
Canadá	1409	1299	1357	1203	1100
China	6960	7050	7360	7000	7300
Alemania	420	278	290	300	300
India	599	627	632	616	620
Italia	NA	NA	NA	NA	NA
Japón	2126	1824	2053	1755	1800
Kazakhstan	1100	1300	1400	1300	1300
Corea del Norte	NA	NA	NA	NA	NA
República de Corea	3090	2500	4166	3005	3000
México	1550	1510	1464	1485	1624
Holanda	530	490	560	570	560
Noruega	178	249	300	309	310
Perú	371	289	357	572	684
Polonia	603	534	451	526	530
Rusia	800	700	700	700	700
Estados Unidos	777	633	637	W	W
Total	21600	20300	22700	20400	20900

Este cuadro representa el consumo de Cadmio a través de los años y además los países con la mayor producción de Cadmio en el año 2012, en primer lugar tenemos al gigante asiático China con 7300 TM, en segundo lugar tenemos a la República de Corea del Sur con 3000 TM y en tercer lugar a Japón con 1800 TM.

3.3.2.5 Zinc

Tabla 3.17. Producción Mundial de Zinc, en TM.

País	2011	2012	Reservas
Estados Unidos	769	748	11000
Australia	1520	1490	70000
Bolivia	427	430	6000
Canadá	612	640	7800
China	4310	4600	43000
India	710	690	12000
Irlanda	340	345	1300
Kazakhstan	495	420	10000
México	632	630	16000
Perú	1260	1270	18000
Otros Países	1730	1770	55000
Total	12800	13000	250000

Este gráfico representa la producción mundial de Zinc en 2012, en primer lugar como productor esta China con 4600 TM, en segundo lugar esta Australia con 1490 TM y en tercer lugar esta Perú con 1270 TM.

3.3.2.6 Mercurio

Tabla 3.18. Producción Mundial de Mercurio.

País	2011	2012	Reservas
Estados Unidos	NA	NA	-
Chile	100	90	NA
China	1500	1200	21000
Kyrguistan	250	150	7500
México	21	21	27000
Perú	35	35	NA
Otros Países	103	100	·8000
Total	2010	1600	94000

China, Kirguistán, México, Perú, Rusia, Eslovenia, España y Ucrania tienen la mayor reserva del mundo de unas 600.000 toneladas de recursos de mercurio. México recupera el mercurio de los residuos de la minería de plata colonial español. En Perú, la producción de mercurio de la mina de Santa Bárbara (Huancavelica) se detuvo en la década de 1990, sin embargo, Perú sigue siendo una fuente importante de mercurio subproducto importado a los Estados Unidos. España, una vez líder productor de mercurio de su centenaria mina de Almadén, se detuvo en 2003. En los Estados Unidos, hay de mercurio en Alaska, Arkansas, California, Nevada y Texas, sin embargo, el mercurio no se ha explotado como un principal producto mineral básico desde 1992. La disminución del consumo de mercurio, con excepción de la minería de oro a pequeña escala, indica que estos recursos son suficientes para un siglo o más de uso (Matthew, Thiel, Swenson, & Bower, 2009).

3.3.3 Extracción de materias

Plomo

La fundición de los minerales de plomo puede llevarse a cabo por el método de precipitación (ya no se aplica), de reacción tostadora (para minerales puros y ricos) y de reducción tostadora (método que se utiliza actualmente) como también el horno de cilindro rotatorio.

Método de reducción tostadora: consiste en la tostación de minerales con una fusión reductora posterior:

Tostación

Tiene como objeto la transformación de Sulfuro de Plomo (PbS) en Oxido de Plomo II (PbO). Consiste en la eliminación del azufre con una volatilización de Arsénico (As) y Antimonio (Sb), que se podría obtener. En presencia de Cobre (Cu) y Azufre (S), puede formarse en el horno de cuba, Cobre (Cu) a Plomo (Pb), y es eliminado por lodación.

La condición previa para una buena tostación es la trituración, para que la reacción de PbS con O_2 sea lo más fácil posible.

Luego se hace tostación con insuflación o absorción de aire a temperaturas mayores de 800°C , para evitar la formación de PbSO_4 .

La tostación se hace en dos etapas: tostación previa y tostación definitiva.

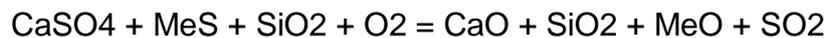
Tostación previa: se utilizan hornos de pisos, redondos con hogar giratorio y hornos de traspaleo fijos.

La tostación insufladora consiste en comprimir el aire a través de la capa de mineral que se ha encendido por la parte de entrada del aire. El mineral se junta por aglomeración y forma un aglomerado sólido y poroso. Los sulfatos presentes son descompuestos, acelerando el SO₂ que se desprende.

El mineral debe estar en forma granulada, luego se agregan piedra caliza, residuos de pirita, residuos de la mufla, para hacerlo menos compacto. Este contenido de mezcla no debe fundir el PbS o el Pb, pues quedaría obturada la parrilla. Se obtiene Pb al 45 %, esto es lo máximo cuando se completa la tostación. La piedra caliza se añade para:



El Sulfato de Calcio formado es descompuesto por dióxido de silicio, a una temperatura de 1000°C, actuando el Trióxido de azufre gaseoso sobre los sulfuros metálicos como oxidantes.



Me: metal cualquiera de valencia 2.

Para la tostación definitiva se utilizan calderas de aglomeraciones fijas o móviles. Estas tienen las desventajas de trabajo discontinuo, mucho trabajo manual, perjudicial para la salud.

Fusión

Por la fusión reductora del mineral tostado, se pasa el contenido de Pb o de otros minerales a Pb de obra, mientras que la ganga sale como escoria. Como reductor se usa coque, pudiéndose considerar como agente solo el carbón

sólido, en la zona de fusión o de formación de escorias y por el contrario en las zonas superiores, solo el CO. La temperatura aumenta de 100°C en tragante hasta 1600°C en las toberas. Hay evaporación de Pb que se deposita en la columna de carga y a causa de la concentración reciente, pasa al crisol a través de la zona de fusión.

Los procedimientos en el horno de cuba tienen gran parecido a los de la fusión reductora de la mata de cobre, con la diferencia de que aquí se trabaja obteniendo metal y se reduce a un mínimo la formación de mata. Productos plomo de obra, mata de plomo y azufre.

Horno de cuba

Se parecen a los empleados en la fusión de la mata de cobre, pero se distinguen de éstos por la carga del horno de crisol y el pozo de plomo, así como el empleo de cargas de agua solo hasta el comienzo de la columna de carga, que está construida con ladrillos refractarios.

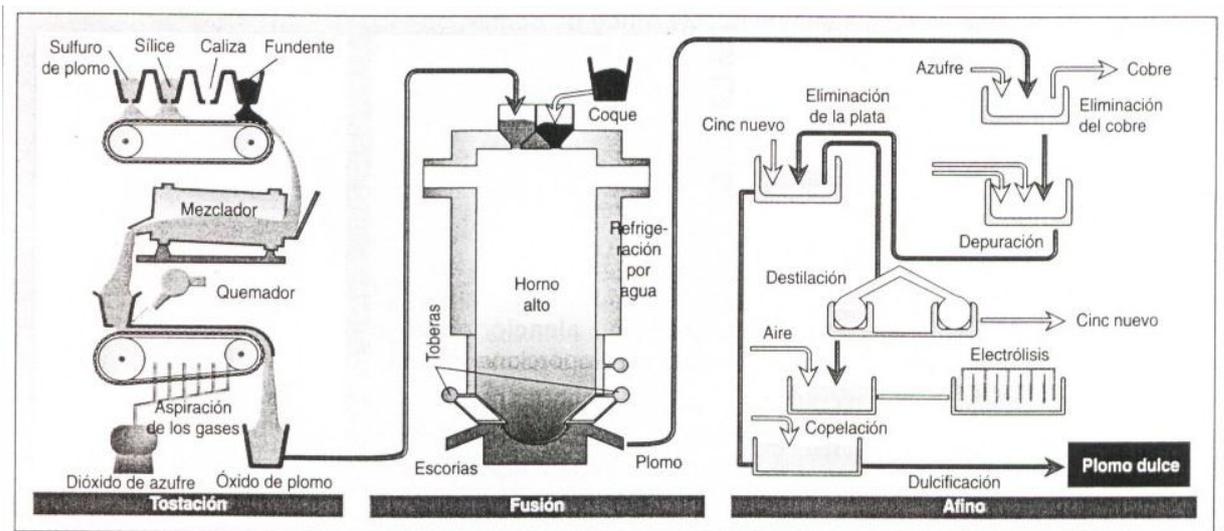


Figura 3.19. Esquema de Extracción de Plomo. Clasificación de los metales no férricos

Fuente: (Robles, 2011)

El Níquel

Proceso de obtención: Para obtener níquel metálico se sigue un proceso similar al del cobre: primero se tritura y muele el mineral y se separan los sulfuros por flotación; después, se tuesta la mezcla hasta obtener la mata de óxido de níquel; posteriormente, se reduce este con carbono y , finalmente, se afina el metal por métodos electrolíticos, utilizando ánodos de níquel impuro y cátodos formados por láminas de níquel puro.(La ventaja de extraer o refinar metales por procesos electrolíticos es que el metal depositado es de gran pureza).

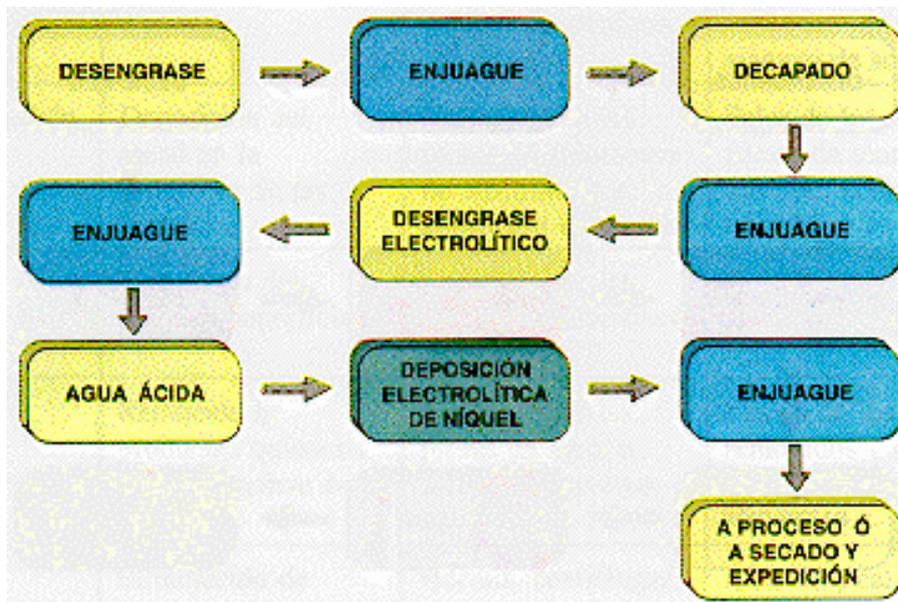


Figura 3.20. Esquema de Extracción de Níquel. Clasificación de los Metales no Férricos

Fuente: (Robles, Clasificación de los Metales no Férricos, 2012)

El zinc

Proceso de obtención: La metalurgia del zinc está frecuentemente asociada a la del plomo en la denominada vía seca. En este proceso se somete el mineral a una fase de tostación para obtener óxido de zinc y, después se reduce el

óxido en un horno de retorta con ayuda de carbón. El metal obtenido puede afinarse posteriormente por procedimientos electrolíticos.

La vía húmeda, más reciente, consiste en tratar el mineral triturado con una disolución de ácido sulfúrico. El zinc se disuelve en forma de sulfato de zinc y las impurezas precipitan. La disolución se trata más tarde por métodos electrolíticos para recuperar el zinc.

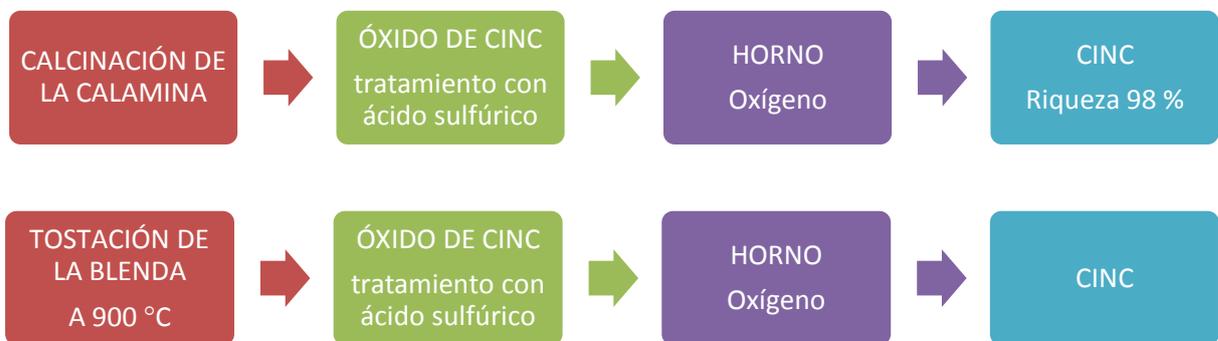


Figura 3.21. Esquema de Extracción de Zinc. Clasificación de los Metales no Férricos

Fuente: Juan José Pástor (Robles, Clasificación de los Metales no Férricos, 2012)

Cadmio

Proceso de obtención: Se obtiene principalmente en los procesos de refinación del zinc y menor grado en la refinación de plomo, concentrados de zinc y cobre y a partir de chatarra de baterías.

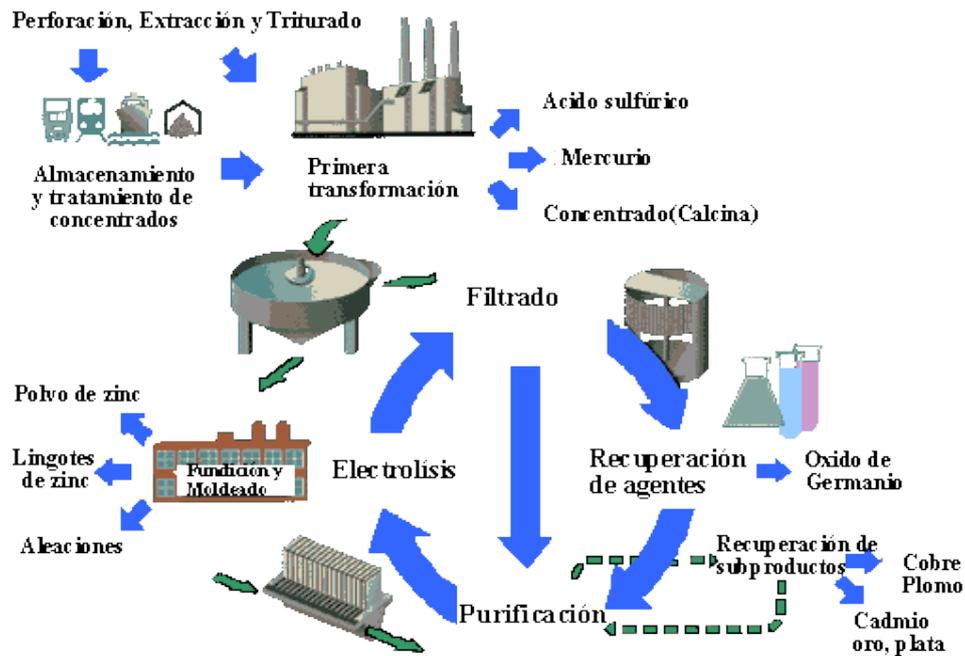


Figura 3.22. Esquema de Extracción de Cadmio. Esquema de la Cadena, UNCTAD

Fuente: (Robles, Clasificación de los Metales no Férricos, 2012)

Litio

Proceso de obtención: Se obtiene a partir de dos fuentes naturales, del mineral espodúmeno que es un silicato doble de aluminio y litio ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) que se encuentra asociado con el cuarzo, mica y feldespato. La otra fuente de obtención es a partir de salmueras naturales de los salares y geysers, encontrándose en forma de sales de litio, principalmente, sulfato doble de litio y potasio (KLiSO_4).

Se extrae del bombeo de salmueras en pozas solares, cristalización de sales, carbonatación de solución rica en litio, precipitación y secado.

Tabla 3.19. Principales Características y Obtención de Compuestos Químicos

Nombre	Mineral	Obtención	Características	Aplicaciones	Aleaciones
Plomo	Galena	Tostación, Fusión, Afino (Eliminación de Metales) y afino electrolítico.	Gris plateado, muy blando, pesado, flexible y maleable.	Baterías, protector de radiaciones, vidrio, óptica.	Soldadura blanda.
Níquel	Niquelina Garnierita	Trituración y molienda, separación por flotación, tostación, reducción y afino electrolítico.	Blanco brillante, medianamente duro, tenaz, dúctil y maleable	Niquelado de otros metales.	Aceros inoxidables.
Zinc	Blenda Calanimas Smithsonita y Willemita	Vía seca: tostación, reducción y afino electrolítico. Vía húmeda: trituración, disolución y tratamiento electrolítico.	Gris azulado, brillante, frágil en frío y relativamente blando	Galvanizado electrolítico y galvanizado en caliente	Bronce Latones Alpaca
Mercurio	Cinabrio	Tostación, vaporización y condensación.	Líquido plateado y brillante, muy denso, buen conductor	Termómetros, lámparas, pilas de botón.	Amalgamas.

Fuente: (Robles, 2012)

Capítulo 4

Desarrollo práctico

4.1 Utilización de batería en un lugar doméstico.

4.1.1 Cálculo de Instalaciones

El cálculo estimado de consumo para el proyecto depende mucho de las características de la instalación, por lo que se ha planificado colocar en domicilios de bajos recursos energéticos, los requerimientos relacionados con los diferentes electrodomésticos que serán la carga del sistema, estará analizado en el transcurso del capítulo.

La energía que el usuario utiliza diariamente deberá ser calculada, para esto se deberá determinar la potencia de todos los aparatos utilizados en el domicilio, y con el tiempo medio que se utiliza cada uno de ellos.

Se debe tomar en consideración el horario en que los habitantes utilizan los artefactos electrónicos para de esta manera determinar el consumo eléctrico en el domicilio. Podemos hacer mención que en las noches es cuando la demanda de consumo eléctrico aumenta.

Tabla 4.1. Cálculo de Consumo Estimado de Energía.

Corriente A/C					
Ítem	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Horas de Uso	Consumo de Energía (W/h)
1	Luz Led	8	12	4	384
2	Radio	1	30	4	120
3	Ducha Eléctrica	1	3500	0.33	1165,5
4	Televisor Led	1	41	5	205
5	Varios Electrodomésticos	1	3500	1	3500
6	Olla Arrocera	1	1000	1	1000
7	Refrigerador	1	200	6	1200
	Total:	14	8.283	21.33	7.574,5

Elaboración: los autores.

El consumo aproximado de energía con el cual se va a diseñar el sistema de generación fotovoltaica es para un consumo de 7,58 KW/día.

4.1.2 Cálculo del recurso solar

El proyecto se va a desarrollar en Ecuador en la provincia de Pichincha en el cantón Quito, cuya locación geográfica es latitud 0° 14' 40" y longitud es 78° 28' 22", lugar donde será implementado este sistema de almacenamiento fotovoltaica.

4.1.2.1 Método iepala

Este método denominado IEPALA es un procedimiento que nos va a servir para encontrar la irradiación global sobre la superficie inclinada de determinado punto en estudio, $G_{dm}(\beta)$ de forma manual, para esto podemos utilizar la siguiente ecuación:

$$G_{dm}(\beta) = A \cdot G_{dm}(0) + B \cdot (G_{dm}(0))^2$$

Donde determinamos el coeficiente A, que se lo obtiene de tablas y depende del ángulo de inclinación β . Para nuestro estudio por estar cerca de la línea ecuatorial será $(+15^\circ)$ y para el coeficiente de reflectividad del suelo ρ , será $\rho = 0,4$ por tratarse de una superficie de cemento. El coeficiente B depende de la latitud ϕ (1,6) del lugar y del ángulo de inclinación β $(+15^\circ)$. Para obtener los datos de $G_{dm}(0)$ se utilizó un promedio de los datos mensuales de H_o $[W \cdot h/m^2]$ provenientes de la hoja de cálculo de Armstrong Page.

Tabla 4.2. Datos Mensuales de Gdm(0).

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]
4201,78999	4350,30327	4492,88064	4489,8859	4309,25652	4101,89654	
4204,51131	4356,30401	4496,05664	4486,18467	4301,74938	4097,20632	
4207,41625	4362,30254	4499,04084	4482,27489	4294,22439	4092,70424	
4210,50156	4368,29114	4501,82871	4478,16035	4286,68934	4088,39462	
4213,76374	4374,26207	4504,41597	4473,8451	4279,15204	4084,28152	
4217,19907	4380,2076	4506,79855	4469,33341	4271,62031	4080,36882	
4220,80359	4386,11998	4508,97266	4464,62978	4264,10192	4076,66019	
4224,57314	4391,99151	4510,93473	4459,73896	4256,60463	4073,15909	
4228,5033	4397,81449	4512,68145	4454,66588	4249,13615	4069,86874	
4232,58947	4403,58126	4514,20979	4449,41572	4241,70417	4066,79215	
4236,82683	4409,28423	4515,51696	4443,99384	4234,3163	4063,93213	
4241,21036	4414,91582	4516,60045	4438,40582	4226,98011	4061,29123	
4245,73484	4420,46856	4517,45802	4432,65741	4219,7031	4058,87179	
4250,39484	4425,93504	4518,08769	4426,75455	4212,49267	4056,67592	
4255,18478	4431,30792	4518,48777	4420,70337	4205,35617	4054,70552	
4260,09886	4436,57998	4518,65684	4414,51015	4198,30082	4052,96221	
4265,13114	4441,74408	4518,59379	4408,18133	4191,33378	4051,44743	
4270,27549	4446,79322	4518,29774	4401,72352	4184,46208	4050,16235	
4275,52563	4451,72049	4517,76813	4395,14345	4177,69264	4049,10793	
4280,87513	4456,51915	4517,00469	4388,448	4171,03226	4048,28486	
4286,31742	4461,18257	4516,0074	4381,64416	4164,48761	4047,69364	
4291,84576	4465,70428	4514,77655	4374,73906	4158,06522	4047,3345	
4297,45332	4470,07798	4513,31272	4367,73991	4151,7715	4047,20745	
4303,13314	4474,29752	4511,61674	4360,65405	4145,6127	4047,31226	
4308,87812	4478,35694	4509,68975	4353,48888	4139,59492	4047,64846	
4314,6811	4482,25046	4507,53317	4346,25189	4133,72409	4048,21535	
4320,53477	4485,97247	4505,14869	4338,95065	4128,00599	4049,01199	
4326,43179	4489,51759	4502,53826	4331,59279	4122,44624	4050,03723	
4332,36469	4492,88064	4499,70412	4324,186	4117,05025	4051,28966	
4338,32596	4496,05664	4496,64879	4316,73799	4111,82329	4052,76765	
4344,30803		4493,37504		4106,77043		
PROMEDIO	4264,74785	4430,09145	4509,50462	4412,48805	4201,78261	4062,24306
Gm(0) [KW/m2]	4,26474785	4,43009145	4,50950462	4,41248805	4,20178261	4,06224306
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]	Ho [W-h/m2]
4054,46935	4198,32907	4397,828891	4465,20745	4357,40694	4214,69967	
4056,39267	4204,99594	4402,847988	4464,21945	4352,18597	4211,47904	
4058,5353	4211,71187	4407,708932	4463,026	4346,92937	4208,41894	
4060,89471	4218,49003	4412,40664	4461,62958	4341,64454	4205,52373	
4063,46815	4225,30256	4416,936234	4460,03295	4336,33893	4202,79754	
4066,25263	4232,14887	4421,293037	4458,2391	4331,01997	4200,24431	
4069,24499	4239,02152	4425,472587	4456,25128	4325,69514	4197,86774	
4072,44181	4245,91302	4429,470642	4454,07297	4320,37187	4195,67131	
4075,8395	4252,81588	4433,28318	4451,70791	4315,0576	4193,65829	
4079,43424	4259,72257	4436,906411	4449,16006	4309,75975	4191,83167	
4083,22201	4266,62557	4440,336781	4446,43359	4304,4857	4190,19424	
4087,1986	4273,51738	4443,570972	4443,53292	4299,24279	4188,74855	
4091,3596	4280,39048	4446,605913	4440,46268	4294,03829	4187,49689	
4095,70042	4287,23739	4449,438779	4437,22771	4288,87944	4186,44131	
4100,21626	4294,05067	4452,066999	4433,83303	4283,7734	4185,5836	
4104,90216	4300,82289	4454,488256	4430,28389	4278,72724	4184,92533	
4109,75299	4307,54669	4456,700495	4426,58571	4273,74796	4184,46779	
4114,76341	4314,21475	4458,70192	4422,7441	4268,84245	4184,21201	
4119,92796	4320,81985	4460,490999	4418,76484	4264,01751	4184,1588	
4125,24099	4327,35479	4462,06647	4414,65388	4259,27982	4184,30868	
4130,69669	4333,81249	4463,427336	4410,41733	4254,63595	4184,66193	
4136,28913	4340,18595	4464,572871	4406,06144	4250,09232	4185,21855	
4142,01219	4346,46827	4465,502622	4401,59263	4245,65524	4185,97831	
4147,85966	4352,65265	4466,216404	4397,01741	4241,33086	4186,94071	
4153,82516	4358,73242	4466,714307	4392,34247	4237,12519	4188,10497	
4159,9022	4364,70102	4466,996693	4387,57456	4233,04408	4189,4701	
4166,08417	4370,55203	4467,064193	4382,72058	4229,09321	4191,03481	
4172,36435	4376,27918	4466,917712	4377,78751	4225,27809	4192,79758	
4178,7359	4381,87633	4466,558422	4372,78243	4221,60406	4194,75662	
4185,1919	4387,33751	4465,987766	4367,71248	4218,07626	4196,9099	
4191,72532	4392,65691		4362,58489		4199,25513	
PROMEDIO	4111,41756	4298,91269	4445,619348	4424,40848	4283,57933	4192,83413
Gm(0) [KW/m2]	4,11141756	4,29891269	4,445619348	4,42440848	4,28357933	4,19283413

Fuente: Módulos Fotovoltaicos, Santamaría G, Castejón A. (2012).

Por medio de este método se obtuvieron los siguientes datos de Gdm (β) = Gdm (15°) presentados a continuación en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Aplicación del Método IEPALA. Elaboración: Los autores.

FACTORES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Gdm (0°)	4,26474785	4,43009145	4,50950462	4,41248805	4,20178261	4,06224306
A	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
B	0,0155	0,0085	0	-0,0093	-0,0177	-0,0223
Gdm (15°)	4,504015522	4,552609073	4,464409574	4,187291697	3,847271689	3,653630073
FACTORES	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Gdm (0°)	4,11141756	4,29891269	4,445619348	4,42440848	4,28357933	4,19283413
A	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
B	-0,0202	-0,0226	-0,0076	0,0074	0,0204	0,0269
Gdm (15°)	3,728847546	3,838260866	4,250960316	4,525022284	4,615064195	4,62380397

Elaboración: Los autores

Para aplicar la ecuación a continuación se presenta el siguiente ejemplo de cálculos para el mes de Enero:

$$Gdm(\beta) = A \cdot Gdm(0) + B \cdot (Gdm(0))^2$$

$$Gdm(+15^\circ) = 0,99 \cdot 4,26474785 + 0,0155 \cdot (4,26474785)^2$$

$$Gdm(+15^\circ) = 4,50401 \text{ [KW-h/m}^2\text{]}$$

Una vez obtenidos los datos manualmente se los ha tabulado obteniendo el valor por cada mes del año como se muestra en la Tabla 4.4 que se presenta a continuación.

Tabla 4.4. Datos Mensuales de Gdm (+15°) por IEPALA.

Método IEPALA	
Mes	IEPALA
ENERO	4,504015522
FEBRERO	4,552609073
MARZO	4,464409574
ABRIL	4,187291697
MAYO	3,847271689
JUNIO	3,653630073
JULIO	3,728847546
AGOSTO	3,838260866
SEPTIEMBRE	4,250960316
OCTUBRE	4,525022284
NOVIEMBRE	4,615064195
DICIEMBRE	4,62380397
Peor Mes Jun.	3,65
Mejor Mes Dic.	4,62

Elaboración: Los autores

Como podemos observar en la tabla realizada los valores para el mínimo de Gdm(+15°) se obtiene en el mes de Junio y el mejor mes con un valor más alto de Gdm(+15°) se lo obtiene en el mes de Diciembre, la gráfica anual de Gdm(+15°) se muestra a continuación.

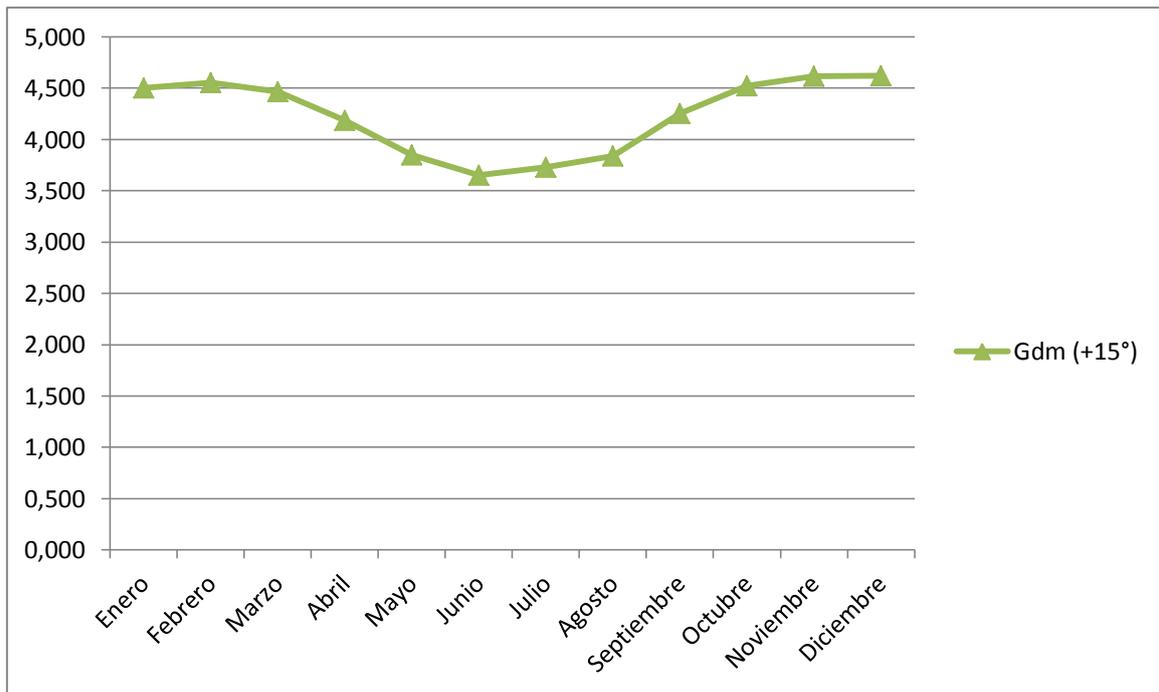


Figura 4.1 Esquema Lineal de Gdm (+15°).

Elaboración: Los autores.

4.1.2.2 Método de armstrong

Este método permite obtener un análisis del recurso solar de manera más clara y sencilla, ya que se utiliza una hoja de datos de Excel para operar este método, se ingresa en la tabla los datos correspondientes de latitud: (0° 14' 40" obtenida a través del programa Google Earth), los factores climáticos para la sierra ($a= 0,25$ y $b= 0,45$), el factor de albedo $\rho = 0,4$ por que se realizara el proyecto en una superficie plana y se la realizará en una vivienda de cemento, como la localidad se encuentra cerca de la línea ecuatorial se ha decidido orientar al panel con un ángulo de inclinación $\beta= +15^\circ$ este dato que también es necesario ingresar en la hoja de cálculo.

Tabla 4. 5. Datos de cálculo Mensuales de Gdm(+15°) por Método de Armstrong Page.

AMSTRONG PAGE			
DATOS DE ENTRADA			
LATITUD	GRADOS	MINUTOS	SEUNDOS
	0°	14'	40"
LATITUD	0,244444444		
β	15°		
FACTOR CLIMATICO	a	0,25	
	b	0,45	
FACTOR ALBEDO	0,4		

Elaboración: Los autores.

Ya que se han ingresado los datos en la hoja de cálculo podemos obtener los resultados de la radiación total sobre la superficie inclinada para nuestro estudio fue Gdm (+15°), los datos que se obtuvieron fueron en [W-h/m²], los datos fueron tabulados obteniendo un promedio por cada mes del año como podemos apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 4.6. Datos Mensuales de Gdm (+15°) por Método de Armstrong Page.

AMSTRONG PAGE	
Gdm (+15°)	
Mes	KW-h/m2
Enero	3,56
Febrero	4,59
Marzo	4,47
Abril	4,17
Mayo	3,81
Junio	3,61
Julio	3,69
Agosto	3,95
Septiembre	4,25
Octubre	4,55
Noviembre	4,67
Diciembre	4,69
Mejor Mes:	Diciembre
Peor Mes:	Junio

Elaboración: Los autores.

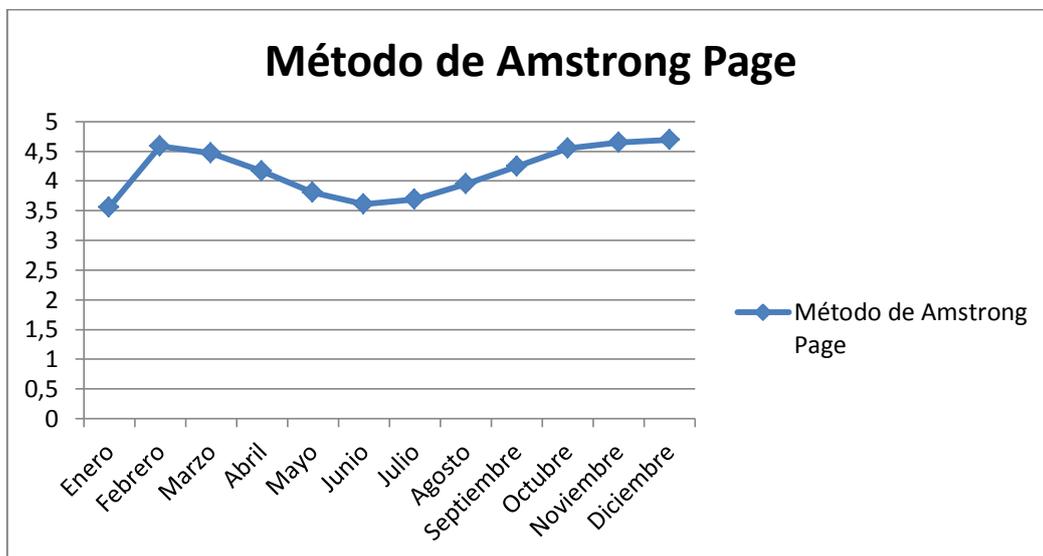


Figura 4.2. Esquema Lineal de Gdm (+15°).

Elaboración: Los autores.

4.1.2.3 Tablas del inamhi

Este método se hace tomando en cuenta los datos del INAMHI, a continuación podemos observar el mapa de irradiación solar global del Ecuador.

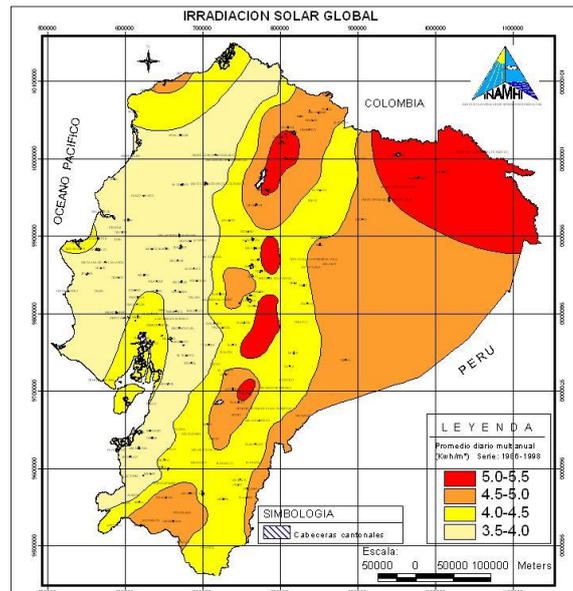


Figura 4.3. Radiación Solar. Radiación Solar Global del Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador.

Fuente: INAMHI. (6 de Marzo de 2014).

Considerando la localidad en el mapa se puede obtener el valor de irradiación del sector donde se realizara el proyecto, que está en un rango de 4,5 – 5,0 [Kwh/m²], por tanto se obtiene un promedio de estos valores de 4,75 [Kwh/m²].

Así, con estos valores se utiliza una vez más el método de IEPALA para poder calcular la radiación total sobre la superficie inclinada pero con el valor de $G_{dm}(0^\circ) = 4,75 \text{ [Kwh/m}^2\text{]}$.

Tabla 4.7. Aplicación del Método IEPALA con Constate de G_{dm} (+15).

FACTORES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
$G_{dm}(0^\circ)$	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
A	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
B	0,0155	0,0085	0	-0,0093	-0,0177	-0,0223
$G_{dm}(15^\circ)$	5,05	4,89	4,70	4,49	4,30	4,20
FACTORES	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
$G_{dm}(0^\circ)$	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
A	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
B	-0,0202	-0,0226	-0,0076	0,0074	0,0204	0,0269
$G_{dm}(15^\circ)$	4,25	4,19	4,53	4,87	5,16	5,31

Elaboración: Los autores.

Una vez obtenidos los datos manualmente se los ha tabulado obteniendo el valor por cada mes del año como se muestra en la Tabla 4.8, que se presenta a continuación.

Tabla 4.8. Datos Mensuales de Gdm(+15°) por IEPALA.

Método IEPALA	
Mes	IEPALA
ENERO	5,05221875
FEBRERO	4,89428125
MARZO	4,7025
ABRIL	4,49266875
MAYO	4,30314375
JUNIO	4,19935625
JULIO	4,2467375
AGOSTO	4,1925875
SEPTIEMBRE	4,531025
OCTUBRE	4,8694625
NOVIEMBRE	5,162775
DICIEMBRE	5,30943125
Peor Mes Agos.	4,19
Mejor Mes Dic.	5,31

Elaboración: Los autores.

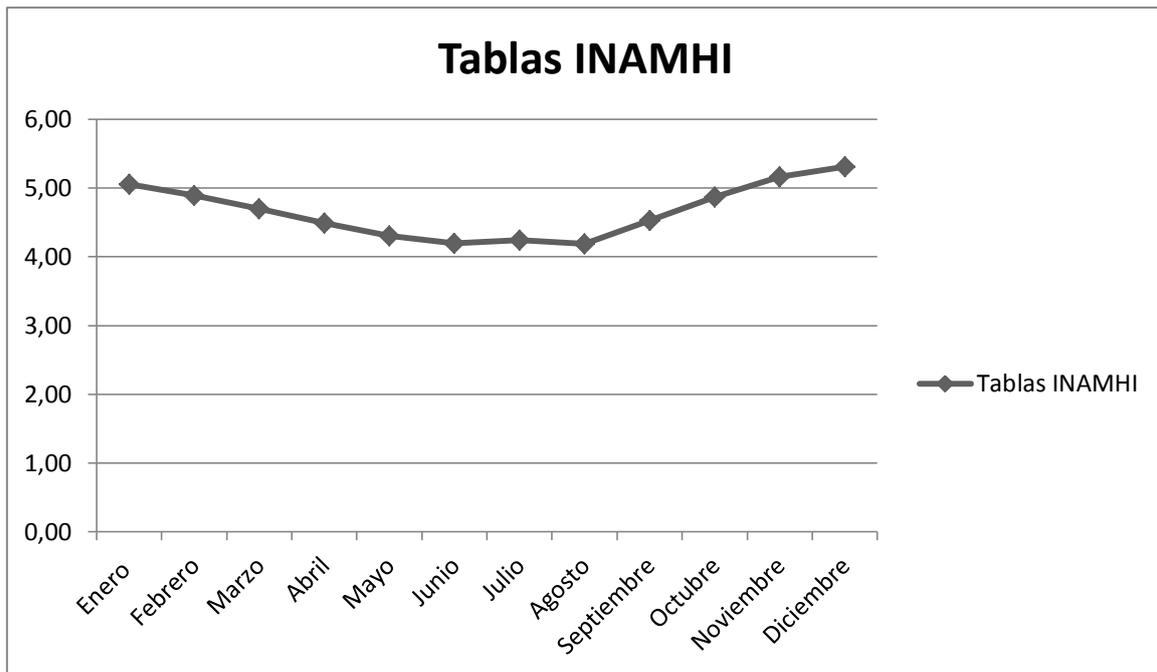


Figura 4.4. Esquema Lineal de Gdm (+15°). Elaboración: Los autores.

Elaboración: Los autores.

4.1.3 Comparación de los tres métodos: iepala, armstrong page y tablas del inamhi.

El análisis del recurso solar mediante los tres métodos ya anteriormente vistos, nos arroja valores de Gmd (+15°), muy semejantes en el mejor mes, que es, Diciembre, por otra parte con una diferencia en el método de Tablas del INAMHI donde el peor mes es Agosto, cabe mencionar que los valores encontrados en los tres métodos en los meses de Diciembre y Junio son muy parecidos en el resultado.

Se puede observar en la siguiente tabla comparativa los tres métodos aplicados, en la cual se aprecia la semejanza de los datos.

Tabla 4.9. Datos Mensuales de Gdm(+15°) Comparativos por los Tres Métodos.

Tabla Comparativa			
Método	IEPALA	Amstrong Page	INAMHI
Gmd (+15°)			
Mes	KW-H/m2	KW-H/m2	KW-H/m2
Enero	4,50	3,56	5,05
Febrero	4,55	4,59	4,89
Marzo	4,46	4,47	4,70
Abril	4,19	4,17	4,49
Mayo	3,85	3,81	4,30
Junio	3,65	3,61	4,20
Julio	3,73	3,69	4,25
Agosto	3,84	3,95	4,19
Septiembre	4,25	4,25	4,53
Octubre	4,53	4,55	4,87
Noviembre	4,62	4,67	5,16
Diciembre	4,62	4,69	5,31

Elaboración: Los autores.

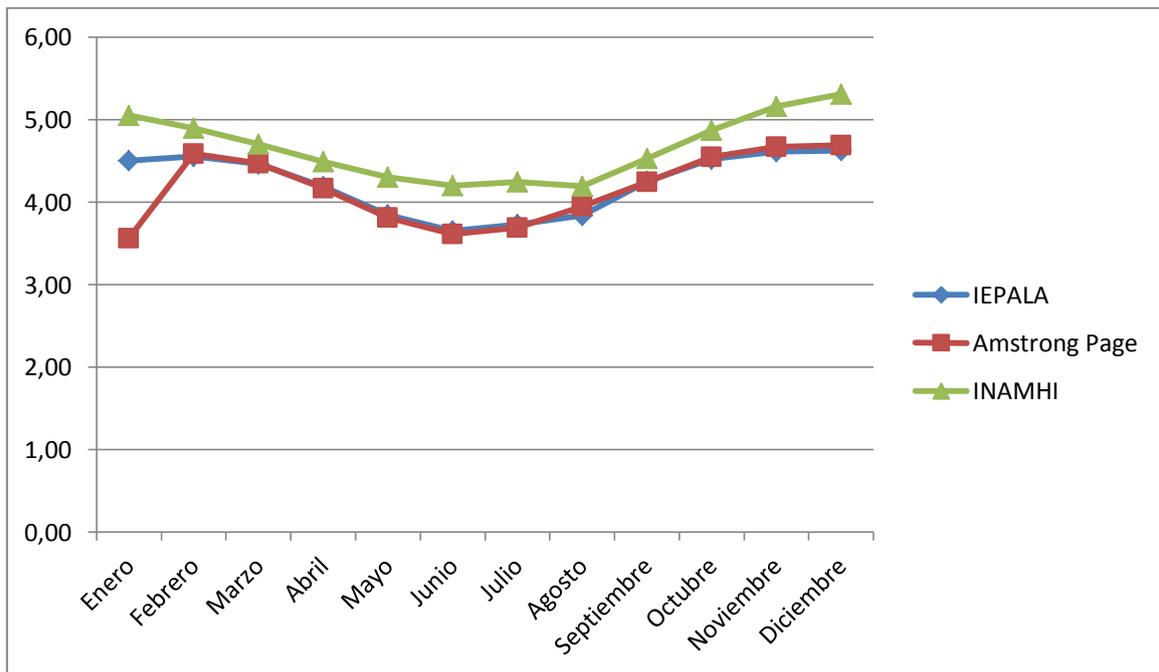


Figura 4.5. Esquema Lineal comparativo de los Tres Métodos para Gdm (+15°).

Elaboración: Los autores.

4.1.4 Técnicas para la determinación de la radiación

La radiación puede ser medida de diferentes formas, se puede realizar midiendo la radiación proveniente de todas las direcciones (radiación global), la medición de la radiación que proviene directamente del objeto (radiación directa) o el componente de la radiación que ha sido reflejada o reflejado difusamente (radiación difusa).

Se pueden utilizar objetos para medir la radiación solar como el heliógrafo, este mide únicamente las horas de mayor incidencia solar en un día, esto nos ayuda a comprender la visión de cuanta energía solar llega a cada localidad.

Estos datos pueden ser medidos en un plazo mínimo de tres meses y máximo de un año y seis meses, de acuerdo a esto se pueden realizar ajustes para que trabaje en la época de verano e invierno ya que en invierno la nubosidad de la temporada hace más difícil calcularla.

En esta medición se comprobaran las características de la energía solar hasta un máximo de 5 años estimada mente.

Otros métodos de estimación de la radiación solar más utilizados podemos destacar:

- Utilizar datos de estaciones cercanas. Esta opción, únicamente es válida si se trata de un terreno llano y la distancia entre estaciones es menor a 10 Km.
- Interpolar valores a partir de medidas de la radiación solar en otras estaciones. Esta solución, es aplicable cuando la red de estaciones de

radiación solar tiene una densidad considerable y dependiendo del tipo de terreno, puede precisarse una densidad de entre 50 y 20 Km de distancia entre estaciones.

- Modelos de interpolación que tienen en cuenta la topografía. Estos modelos, aun teniendo en cuenta la topografía como dato de entrada, precisan una densidad de estaciones de medida en el orden de los 100 Km.

- Modelos de tratamiento de imágenes de satélite. Se basa en el tratamiento de imágenes de satélite geoestacionarios. Estas imágenes son el resultado de la reflexión de los rayos solares en la superficie de la Tierra, por lo que ya han sufrido y llevan implícitas los posibles efectos de la topografía así como de los principales fenómenos atmosféricos que se producen cuando los rayos solares atraviesan la atmósfera (UNIA, 2011).

4.2 Implementación del sistema fotovoltaico

4.2.1 Aplicaciones actuales del sistema fotovoltaico

Utilización de paneles solares en viviendas rurales: Este sistema permite utilizar el sistema en viviendas alejadas de la ciudad, ya que el costo de llevar el tendido eléctrico hasta esos hogares es excesivo para un bajo consumo.



Figura 4.6. Paneles Fotovoltaicos en Domicilios.

Fuente: www.ujaen.es

Iluminación de naves industriales y agrícolas en lugares aislados: Se pueden desarrollar instalaciones para captar energía solar en lugares industriales alejados, para abaratar costos además de ayudar a mejorar la calidad del ambiente alrededor, al aumentar las horas de luz en el día las herramientas pequeñas pueden trabajar con este tipo de energía.

Iluminación pública: Se utiliza este sistema automatizado que capta la energía solar para el funcionamiento con sus baterías y panel solar. El poste alberga todo este sistema y automáticamente se enciende y apaga.



Figura 4.7. Paneles Fotovoltaicos utilizados para iluminación de carreteras.

Fuente: www.ecoinnova.com.ar

Sistemas de bombeo de agua: En este caso se utiliza el sistema fotovoltaico para bombear agua a lugares remotos.

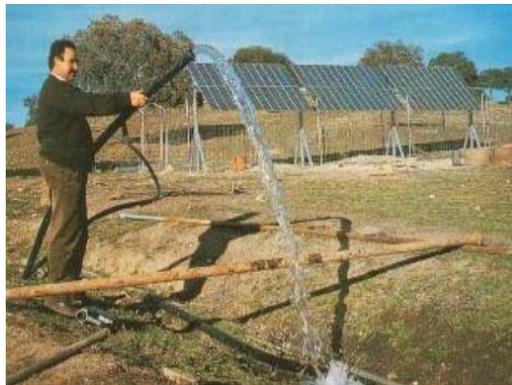


Figura 4. 8. Paneles Fotovoltaicos utilizados para bombeo de agua.

Fuente: www.ujaen.es

Señalización y telecomunicaciones: Letreros públicos, luminosos, señalización marítima y aérea. En telecomunicaciones repetidoras de radio y telefonía fija y móvil utilizan este sistema.

Figura 4.9. Paneles Fotovoltaicos utilizados medidor de Tsunamis.



Figura 4. 10. Paneles Fotovoltaicos utilizados control de parqueos.



Fuente: www.ujaen.es

Sistemas de control remotos: Los aparatos que están en lugares remotos necesitan energía entre estos están equipos de investigación en cuencas, equipos de control de sismos, cámaras de seguridad.

Utilización de sistemas fotovoltaicos en el espacio extraterrestres: Desde hace muchos años se ha estado desarrollando sistemas fotovoltaicos para maquinas en el espacio, satélites y vehículos exploradores.

Figura 4. 11. Vehículos para uso extraterrestre.



Fuente: www.xtec.cat

Figura 4. 12. Satélites recargados por sistema fotovoltaico



Fuente: www.renovablesverdes.com

Existen también combinaciones de sistemas de energía como la eólica y la fotovoltaica (eólico/fotovoltaica) y otras como la de gas natural con fotovoltaica.

4.2.2 Tipos de paneles fotovoltaicos:

4.2.2.1 Según la célula que los conforman:

- **Silicio:** Materia prima muy común y vida útil prolongada.
- **Monocristalino:** Rendimiento del 15 -18%, costoso y muy difícil de construir.
- **Poli cristalino:** Rendimiento del 12 – 15%, muy común para instalaciones comerciales y de costo moderado.

- **Amorfo:** Rendimiento inferior al 10%, su costo es muy bajo y su fabricación es más sencilla que los dos anteriores.

4.2.2.2 Según el Número de Células que lo Conforman:

Dependiendo del requerimiento que se busque en cada panel fotovoltaico podemos desarrollar que numero de células fotovoltaicas necesitamos, los más comunes son los de 36 células fotovoltaicas, también existen de 48, 54 o 96 células. Debido a esto el precio de cada panel es proporcional al número de células que este posea.

- **Según su estructura:**

- **Rígida:** Compuesto por un marco de aluminio anodizado.
- **Flexible:** Utilizando nuevo desarrollo industrial en este ámbito podemos realizar módulos fotovoltaicos flexibles que se pueden adaptar a trajes y prendas de vestir.

4.3 Selección de elementos del sistema a utilizar.

4.3.1 Características paneles solares

Los módulos fotovoltaicos fabricados por ISOFOTÓN, S.A. utilizan células pseudocuadradas de silicio monocristalino de alta eficiencia para transformar la energía de la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua.

El circuito de células se lamina utilizando E.V.A. (acetato de etilen-vinilo) como encapsulante en un conjunto formado por un vidrio templado en su cara frontal y un polímero plástico (TEDLAR) en la cara posterior que proporciona resistencia a los agentes ambientales y aislamiento eléctrico.

El laminado se encaja en una estructura de aluminio anodizado. Las cajas de terminales con protección IP-65, están hechas a partir de plásticos resistentes a temperaturas elevadas y contienen los terminales, las bornes de conexión y los diodos de protección (diodos de by-pass).

El marco dispone de varios agujeros para la fijación del módulo a la estructura soporte y su puesta a tierra en caso de ser necesario (Scribd, 2013).

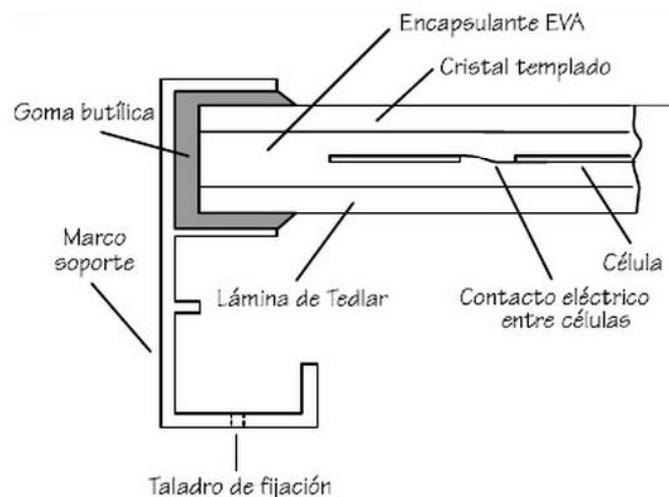


Figura 4.13. Sección de un Módulo Fotovoltaico.

Fuente: Manual del Usuario de Módulos Fotovoltaicos. Pag. 4. Isofotón. 2013.

Tabla 4.10. Características Físicas de Módulos Fotovoltaicos.

Físicas	Módulo I-47	Módulo I-50/ I-53/ I-55	Módulo I-94	Módulo I-100/ I-106/ I-110	Módulo I-159/ I-165
Altura	1219 mm	1302 mm	1206 mm	1310 mm	1310 mm
Ancho	328 mm	338 mm	652 mm	652 mm	969 mm
Espesor	34 mm	34 mm	34 mm	34 mm	40 mm
Peso	5,5 kg	5,7 kg	10 kg	11 kg	17 kg
Células en serie-paralelo	33	36	33·2	36·2	36·3
TONC (800 W/m²; 1,5 MA; 20°C)	47°C	47°C	47°C	47°C	47°C

Elaboración: Isofotón.

Tabla 4.11. Características Eléctricas de Módulos Fotovoltaicos.

Eléctricas	Módulo I-47	Módulo I-50/ I-53/ I-55	Módulo I-94	Módulo I-100/ I-106/ I-110	Módulo I-159/ I-165
Potencia pico (Pmax)	47W	50/53/55W	94W	100/106/110W	159/165W
Corriente de cortocircuito (Isc)	3,27A	3,27 / 3,27/ 3,38 A	6,54 ^a	6,54 / 6,54/ 6,76 A	9,81/10,14A
Tensión de circuito abierto (Voc)	19,8V	21,6V	19,8V	21,6V	21,6V
Corriente de máxima potencia (Imax)	2,94 ^a	2,87 / 3,05/ 3,16 A	5,88 ^a	5,74 / 6,10/ 6,32 A	9,14/ 9,48A
Tensión de máxima potencia (Vmax)	16V	17,4V	16V	17,4V	17,4V

Elaboración: Isofotón.

4.3.2 Acumulador

El acumulador utilizado en este caso es un acumulador del vehículo marca Toyota modelo Highlander de año 2011. Tiene las siguientes características:

4.3.1.1. Características:

Al final de la vida útil de la batería híbrida se enciende un indicador en el tablero que advierte al usuario que el vehículo está en modo de avería disminuyendo su rendimiento, esto oscila en un periodo de 7 a 10 años, dependiendo del fabricante y de la capacidad de la batería, la duración en kilómetros es de 240 000 y 480 000 kilómetros, esto depende del uso y mantenimiento que se produzca en el vehículo.

Tabla 4.12. Características batería híbrida Toyota Highlander.

Batería Highlander NI-HM Nueva	Batería No 1 Highlander NI-HM Desechada
Composición Ni-MH Níquel Hidruro Metálico	Composición Ni-MH Níquel Hidruro Metálico
288 Voltios	291.67 Voltios
Peso: 4,762 lbs/ 2,160 kg	Peso: 4,762 lbs/ 2,160 kg
Numero de módulos de la batería: 30 módulos	Numero de módulos de la batería: 30 módulos
Voltaje de cada módulo: 9.6 voltios	Promedio voltaje 9.76
Dimensiones: 25 x 43 x 7 in (630 x 1080 x 180 mm)	Dimensiones: 25 x 43 x 7 in (630 x 1080 x 180 mm)

Elaboración: Los autores.

Esta batería está compuesta por 3 paquetes de baterías, 2 paquetes de 12 celdas y un paquete de 6 celdas cada una formada por 8 células que

poseen un voltaje de 1.2 voltios conectadas en serie y en total suman 9.6 voltios por celda, esto nos da como voltaje nominal 288 voltios.

La batería híbrida No 1 del vehículo Toyota Highlander, presenta un voltaje nominal de 291.6 voltios y podemos observar que el paquete No 2 ubicado en la parte central de la batería en la cuarta celda hay un voltaje de 9,2 voltios, por lo cual la batería presenta fallas, esto produce que el indicador de falla en el tablero se encienda y amerite una revisión del sistema.

El vehículo posee un sistema eléctrico que está diseñado para que no disminuya de un cierto nivel de carga, esto produce que la batería no tenga efecto memoria, cuando el vehículo está parado y desconectado el proceso de descarga es muy lento.

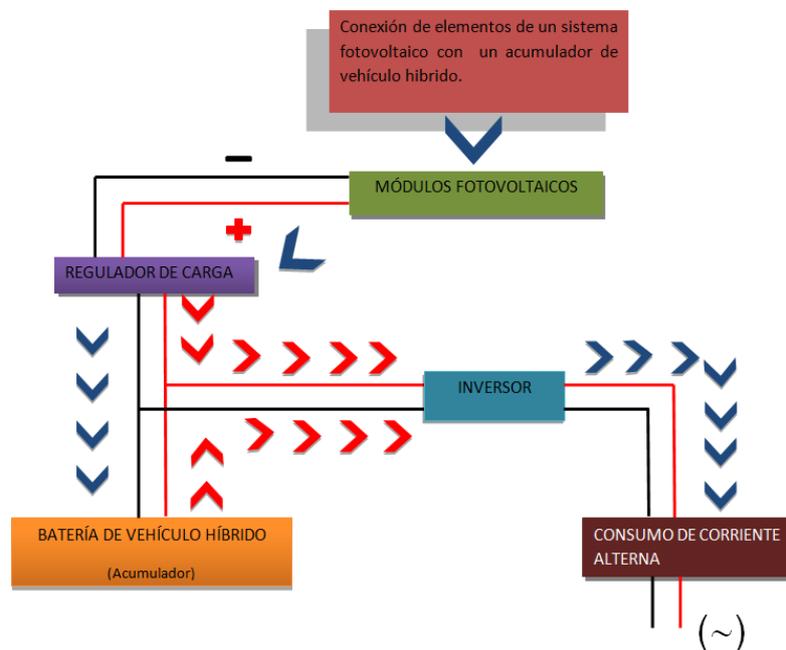


Figura 4.14. Conexión de elementos del sistema Fotovoltaico.

Elaboración: Los autores.

4.4 Verificación de variables en qué condiciones es factible la utilización de este proyecto.

Batería N° 1 Highlander Ni-HM 2 Paquetes de 12 celdas y 1 Paquete de 6 celdas																										
Voltaje Total							Voltaje Individual de Cada Celda																			
Paquete N° 1 Izquierdo Voltaje Total = 116,82 V	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+		Paquete N° 1 Izquierdo	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	19,48	19,45	19,45	19,47	19,48	19,49									9,73	9,75	9,72	9,73	9,75	9,70	9,75	9,72	9,73	9,75	9,75	9,74
Paquete N° 2 Central Voltaje Total = 58,87 V		-	+		-	+		-	+					Paquete N° 2 Central			-	+		-	+		-	+		
		19,86			19,13				19,88								9,91	9,95		9,93	9,2		9,95	9,93		
Paquete N° 3 Derecha Voltaje Total = 115,98 V	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+		Paquete N° 3 Derecha	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	19,53	19,54	19,53	19,53	19,51	19,54									9,77	9,76	9,76	9,78	9,77	9,76	9,75	9,78	9,75	9,76	9,77	9,77

Prueba N°1 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W)		
Voltaje	Hora (1 hora)	Fecha
20 V	20h14	lunes, 07 de julio de 2014
14,43 V	21h13	lunes, 07 de julio de 2014
1,617 V	22h14	lunes, 07 de julio de 2014
13,3 mV	23h14	lunes, 07 de julio de 2014
165,3 mV	00h14	martes, 08 de julio de 2014
Nota: Sin consumo de energía a las 01h25 el voltaje ascendió a 2,69 V		
A las 11h14 del martes, 08 de julio de 2014 el voltaje ascendió a 14,83 V y 1,5 A		

A las 19h10 del miércoles, 09 de julio de 2014 el voltaje ascendió a 15 V y 1,6 A		
Prueba N°2 Carga de Batería (Cargador N°1 de 2A - 12V)		
Voltaje	Hora (24 Horas)	Fecha
15,10 V / 1,6 A	20h10	miércoles, 09 de julio de 2014
15,60 V / 1,6 A	20h10	jueves, 10 de julio de 2014

Prueba N°3 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo ; 100 W)		
Voltaje	Hora (12 Horas)	Fecha

14,36 V	20h30	jueves, 10 de julio de 2014
11,35 mV	8h33	viernes, 11 de julio de 2014

Prueba N°4 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V)		
Voltaje	Hora (Cada 30 min)	Fecha
3,04 voltaje Inicial	11h20	viernes, 12 de septiembre de 2014
13,84 V	11h50	viernes, 12 de septiembre de 2014
13,96 V	12h25	viernes, 12 de septiembre de 2014
14,10 V	13h00	viernes, 12 de septiembre de 2014
13,97 V	13h30	viernes, 12 de septiembre de 2014
13,97 V	14h06	viernes, 12 de septiembre de 2014
14,38 V	14h35	viernes, 12 de septiembre de 2014
14,23 V	15h08	viernes, 12 de septiembre de 2014
14,38 V	15h30	viernes, 12 de septiembre de 2014
14,36 V	16h00	viernes, 12 de septiembre de 2014

Prueba N°5 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W)		
Voltaje	Hora (Cada 12 Horas)	Fecha
14,36 V	16h00	viernes, 12 de septiembre de 2014
0,6 V	04h00	sábado, 13 de septiembre de 2014
50,87 mV	16h05	sábado, 13 de septiembre de 2014

Prueba N°6 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (Cada 30 min)		
Voltaje	Hora	Fecha
0,001 V Inc	12h30	lunes, 15 de septiembre de 2014

14,93 V Inc	13h00	lunes, 15 de septiembre de 2014
15,50 V Fnl	13h30	lunes, 15 de septiembre de 2014
15,50 V Inc	13h35	lunes, 15 de septiembre de 2014
Continuación de Prueba N°6		
15,93 V Fnl	14h05	lunes, 15 de septiembre de 2014
15,93 V Inc	14h07	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,40 V Fnl	14h37	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,40 V Inl	14h39	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,49 V Fnl	15h10	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,25 V Inl	15h12	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,60 V Fnl	15h42	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,50 V Inc	14h45	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,60 V Fnl	16h15	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,54 V Inc	16h17	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,75 V Fnl	16h50	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,60 V Inc	16h53	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,78 V Fnl	17h24	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,70 V Inc	17h26	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,73 V Fnl	17h54	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,64 V Inc	18h00	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,87 V Fnl	18h30	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,80 V Inc	18h33	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,78 V Fnl	19h04	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,69 V Inc	19h06	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,79 V Fnl	19h37	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,71 V Inc	19h39	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,72 V Fnl	20h10	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,67 V Inc	20h12	lunes, 15 de septiembre de 2014

16,75 V Fnl	20h43	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,70 V Inc	20h45	lunes, 15 de septiembre de 2014
16,84 V Fnl	21h16	lunes, 15 de septiembre de 2014

Prueba N°7 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo ; 100 W)

Voltaje	Hora (Cada 15 min)	Fecha
16,35 V Inc	21h50	lunes, 15 de septiembre de 2014
0,01 V Fnl	22h05	lunes, 15 de septiembre de 2014
0,008 V Inc	22h07	lunes, 15 de septiembre de 2014
33,1 mV Fnl	22h22	lunes, 15 de septiembre de 2014
30,4 mV Inc	22h25	lunes, 15 de septiembre de 2014
20,1 mV Fnl	22h40	lunes, 15 de septiembre de 2014
19,9 mV Inc	22h42	lunes, 15 de septiembre de 2014
15,0 mV Fnl	22h58	lunes, 15 de septiembre de 2014
14,6 mV Inc	23h00	lunes, 15 de septiembre de 2014
11,9 mV Fnl	23h15	lunes, 15 de septiembre de 2014
11,6 mV Inc	23h18	lunes, 15 de septiembre de 2014
09,9 mV Fnl	23h34	lunes, 15 de septiembre de 2014
09,9 mV Inc	23h36	lunes, 15 de septiembre de 2014
08,7 mV Fnl	23h50	lunes, 15 de septiembre de 2014
08,6 mV Inc	23h52	lunes, 15 de septiembre de 2014
07,7 mV Fnl	00h07	martes, 16 de septiembre de 2014

Prueba N°8 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (Cada 30 min)

Voltaje	Hora	Fecha
0,48 V Inc	00h09	martes, 16 de septiembre de 2014

0,67 V Inc	00h11	martes, 16 de septiembre de 2014
16,34 V Fnl	00h44	martes, 16 de septiembre de 2014
16,60 V Inc	00h45	martes, 16 de septiembre de 2014
16,59 V Fnl	1h15	martes, 16 de septiembre de 2014
16,20 V Inc	1h18	martes, 16 de septiembre de 2014
16,89 V Fnl	1h48	martes, 16 de septiembre de 2014

Continuación de Prueba N°8

16,75 V Inl	1h50	martes, 16 de septiembre de 2014
17,07 V Fnl	2h21	martes, 16 de septiembre de 2014
16,90 V Inl	2h23	martes, 16 de septiembre de 2014
17,10 V Fnl	2h54	martes, 16 de septiembre de 2014
16,92 V Inc	2h58	martes, 16 de septiembre de 2014
17,18 V Fnl	3h28	martes, 16 de septiembre de 2014
17,12 V Inc	3h30	martes, 16 de septiembre de 2014
17,20 V Fnl	4h00	martes, 16 de septiembre de 2014
17,22 V Inc	4h02	martes, 16 de septiembre de 2014
17,10 V Fnl	4h33	martes, 16 de septiembre de 2014
17,06 V Inc	4h35	martes, 16 de septiembre de 2014
17,09 V Fnl	5h06	martes, 16 de septiembre de 2014
17,03 V Inc	5h08	martes, 16 de septiembre de 2014
17,07 V Fnl	5h39	martes, 16 de septiembre de 2014
17,02 V Inc	5h42	martes, 16 de septiembre de 2014
17,06 V Fnl	6h13	martes, 16 de septiembre de 2014
17,02 V Inc	6h15	martes, 16 de septiembre de 2014
17,06 V Fnl	6h47	martes, 16 de septiembre de 2014
17,01 V Inc	6h49	martes, 16 de septiembre de 2014
17,11 V Fnl	7h20	martes, 16 de septiembre de 2014
17,06 V Inc	7h22	martes, 16 de septiembre de 2014

17,12 V Fnl	7h54	martes, 16 de septiembre de 2014
17,08 V Inc	7h56	martes, 16 de septiembre de 2014
17,12 V Fnl	8h26	martes, 16 de septiembre de 2014
17,08 V Inc	8h18	martes, 16 de septiembre de 2014
17,25 V Fnl	9h00	martes, 16 de septiembre de 2014

Prueba N°9 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W)		
Voltaje	Hora (Cada 15 min)	Fecha
17,14 V Inc	9h02	martes, 16 de septiembre de 2014
64,5 mV Fnl	9h18	martes, 16 de septiembre de 2014
61,2 mV Inc	9h19	martes, 16 de septiembre de 2014
36,4 mV Fnl	9h34	martes, 16 de septiembre de 2014
35,2 mV Inc	9h36	martes, 16 de septiembre de 2014
27,8 mV Fnl	9h52	martes, 16 de septiembre de 2014
27,1 mV Inc	9h54	martes, 16 de septiembre de 2014
23,3 mV Fnl	10h09	martes, 16 de septiembre de 2014
22,6 mV Inc	10h11	martes, 16 de septiembre de 2014
19,8 mV Fnl	10h26	martes, 16 de septiembre de 2014
19,8 mV Inc	10h28	martes, 16 de septiembre de 2014
16,6 mV Fnl	10h43	martes, 16 de septiembre de 2014
16,50 mV Inc	10h45	martes, 16 de septiembre de 2014
15,00 mV Fnl	11h01	martes, 16 de septiembre de 2014
15,04 mV Inc	11h03	martes, 16 de septiembre de 2014
13,5 mV Fnl	11h18	martes, 16 de septiembre de 2014

13,3 mV Inc	11h20	martes, 16 de septiembre de 2014
12,2 mV Fnl	11h35	martes, 16 de septiembre de 2014

Prueba N°10 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (Cada 30 min)		
Voltaje	Hora (Cada 30 min)	Fecha
0,70 V Inc	11h40	martes, 16 de septiembre de 2014
16,36 V Fnl	12h11	martes, 16 de septiembre de 2014
15,50 V Inc	12h15	martes, 16 de septiembre de 2014
Continuación Prueba N° 10		
16,55 V Fnl	12h45	martes, 16 de septiembre de 2014
16,09 V Inc	12h50	martes, 16 de septiembre de 2014
16,70 V Fnl	13h21	martes, 16 de septiembre de 2014

Prueba N°11 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo ; 100 W)		
Voltaje	Hora (Cada 1 Hora)	Fecha
16,14 V Inc	13h30	martes, 16 de septiembre de 2014
32,4, mV Fnl	14h32	martes, 16 de septiembre de 2014
19,2 mV Inc	15h30	martes, 16 de septiembre de 2014
10,4 mV Fnl	16h30	martes, 16 de septiembre de 2014

Prueba N°12 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (Cada 9 horas)		
Voltaje	Hora	Fecha
1,20 V Inc	17h00	martes, 16 de septiembre de 2014
1,20 V Inc	17h00	martes, 16 de septiembre de 2014
17,04 V Fnl	01h44	miércoles, 17 de septiembre de 2014

Prueba N°13 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W)		
Voltaje	Hora (20 min)	Fecha
17,02 V	07h01	miércoles, 17 de septiembre de 2014
148,00 mV	07h23	miércoles, 17 de septiembre de 2014
78,00 mV	07h40	miércoles, 17 de septiembre de 2014
55,5 mV	08h00	miércoles, 17 de septiembre de 2014
46,4 mV	08h21	miércoles, 17 de septiembre de 2014

Prueba N°14 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (Cada 12 horas)		
Voltaje	Hora	Fecha
1,70 V Inc	09h00	miércoles, 17 de septiembre de 2014
1,70 V Inc	09h00	miércoles, 17 de septiembre de 2014
17,32 V Fnl	21h04	miércoles, 17 de septiembre de 2014

Prueba N°15 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W)		
Voltaje	Hora (3 min)	Fecha

17,31 V	21h10	miércoles, 17 de septiembre de 2014
0,52 V	21h13	miércoles, 17 de septiembre de 2014
168,00 mV	21h16	miércoles, 17 de septiembre de 2014
105,00 mV	21h19	miércoles, 17 de septiembre de 2014
81,2 mV	21h22	miércoles, 17 de septiembre de 2014
66,8 mV	21h25	miércoles, 17 de septiembre de 2014
57,8 mV	21h28	miércoles, 17 de septiembre de 2014
52,00 mV	21h31	miércoles, 17 de septiembre de 2014

Prueba N°16 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (Cada 12 Horas)		
Voltaje	Hora	Fecha
2,57 V Inc	22h00	miércoles, 17 de septiembre de 2014
10,8 V Fnl	10h05	jueves, 18 de septiembre de 2014

Prueba N°17 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W)		
Voltaje	Hora (Cada 3 min)	Fecha
10,73 V	10h05	jueves, 18 de septiembre de 2014
58,6 mV	10h08	jueves, 18 de septiembre de 2014
35,6 mV	10h11	jueves, 18 de septiembre de 2014
27,4 mV	10h14	jueves, 18 de septiembre de 2014
25,2 mV	10h17	jueves, 18 de septiembre de 2014
23,5 mV	10h20	jueves, 18 de septiembre de 2014
22,1 mV	10h23	jueves, 18 de septiembre de 2014
21,1 mV	10h26	jueves, 18 de septiembre de 2014
20,2 mV	10h30	jueves, 18 de septiembre de 2014

Prueba N°18 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (Cada 12 Horas)		
Voltaje	Hora	Fecha
1,30 V Inc	11h00	jueves, 18 de septiembre de 2014
11,87 V Fnl	23h05	jueves, 18 de septiembre de 2014

Prueba N°21 Carga de Batería (Cargador N° 2; 10-40A - 18-24V) (Cada 4 Horas)		
Voltaje	Hora	Fecha
11,91 V Inc	13h03	lunes, 06 de octubre de 2014
22,9 V Fnl	16h03	lunes, 06 de octubre de 2014

Prueba N°19 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W)		
Voltaje	Hora (3 min)	Fecha
11,79 V	23h07	jueves, 18 de septiembre de 2014
31,00 mV	23h10	jueves, 18 de septiembre de 2014
22,1 mV	23h13	jueves, 18 de septiembre de 2014
19,9 mV	23h16	jueves, 18 de septiembre de 2014
17,6 mV	23h19	jueves, 18 de septiembre de 2014
17,1 mV	23h22	jueves, 18 de septiembre de 2014
16,1 mV	23h25	jueves, 18 de septiembre de 2014
15,30 mV	23h28	jueves, 18 de septiembre de 2014
14,9 mV	23h31	jueves, 18 de septiembre de 2014
14,30 mV	23h34	jueves, 18 de septiembre de 2014

Prueba N°22 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo ; 100 W)		
Voltaje	Hora (Cada 30 min)	Fecha
22,4 V Inc	16h25	lunes, 06 de octubre de 2014
20,8 V Fnl	16h55	lunes, 06 de octubre de 2014
20,6 V Inc	17h00	lunes, 06 de octubre de 2014
19,9 V Fnl	17h30	lunes, 06 de octubre de 2014
19,8 V Inc	17h32	lunes, 06 de octubre de 2014
17,41 V Fnl	18h02	lunes, 06 de octubre de 2014
16,87 V Inc	18h05	lunes, 06 de octubre de 2014
7,27 V Fnl	18h35	lunes, 06 de octubre de 2014
7,05 V Inc	18h37	lunes, 06 de octubre de 2014
1,53 V Fnl	19h07	lunes, 06 de octubre de 2014
1,43 V Inc	19h11	lunes, 06 de octubre de 2014
0,29 V Fnl	19h41	lunes, 06 de octubre de 2014

Prueba N°20 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (Cada 24 Horas)		
Voltaje	Hora	Fecha
1,00 V Inc	00h00	viernes, 19 de septiembre de 2014
13,26 V Fnl	00h03	sábado, 20 de septiembre de 2014

Batería N° 2 Highlander Ni-HM 3 Paquetes de 10 celdas C/U																					
Voltaje Total						Voltaje Individual de Cada Celda															
Paquete N° 1 Izquierdo Voltaje Total = 103,4 V	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	Paquete N° 1 Izquierdo	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	20,71	20,63	20,72	20,66	20,68	10,34	10,37	10,30	10,33	10,37		10,35	10,31	10,35	10,32	10,36					
Paquete N° 2 Central Voltaje Total = 103,7 V	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	Paquete N° 2 Central	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	20,75	20,73	20,76	20,73	20,73	10,39	10,36	10,37	10,36	10,37		10,39	10,37	10,36	10,37	10,36					
Paquete N° 3 Derecha Voltaje Total = 103,5 V	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	Paquete N° 3 Derecha	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	20,71	20,70	20,74	20,68	20,67	10,34	10,37	10,34	10,36	10,37		10,37	10,34	10,34	10,34	10,33					

Prueba N°1 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 30 min)		
Voltaje	Hora	Fecha
20,7 V Inc	00h45	viernes, 03 de octubre de 2014
20,7 V Inc	01h00	viernes, 03 de octubre de 2014
18,6 V Fnl	01h30	viernes, 03 de octubre de 2014
18,6 V Inc	01h32	viernes, 03 de octubre de 2014
17,71 V Fnl	02h02	viernes, 03 de octubre de 2014
17,61 V Inc	02h04	viernes, 03 de octubre de 2014
10,84 V Fnl	02h34	viernes, 03 de octubre de 2014
10,75 V Inc	02h35	viernes, 03 de octubre de 2014
5,27 V Fnl	03h05	viernes, 03 de octubre de 2014

Continuación de Prueba N°1		
5,18 V Inc	03h06	viernes, 03 de octubre de 2014
1,793 V Fnl	03h36	viernes, 03 de octubre de 2014
1,744 V Inc	03h37	viernes, 03 de octubre de 2014
0,676 V Fnl	04h07	viernes, 03 de octubre de 2014

Prueba N°2 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (12Horas)		
Voltaje	Hora	Fecha
3,47 V Inc	04h10	viernes, 03 de octubre de 2014
14,54 V Fnc	16h10	viernes, 03 de octubre de 2014

Prueba N°3 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 15 min)		
Voltaje	Hora	Fecha
14,52 V Inc	16h10	viernes, 03 de octubre de 2014
14,50 V Inc	16h14	viernes, 03 de octubre de 2014
0,413 V Fnl	16h30	viernes, 03 de octubre de 2014
0,388 V Inc	16h32	viernes, 03 de octubre de 2014
130,5 mV Fnl	16h47	viernes, 03 de octubre de 2014
127,40 mV Inc	16h48	viernes, 03 de octubre de 2014
92,6 mV Fnl	17h03	viernes, 03 de octubre de 2014

Prueba N°4 Carga de Batería (Cargador N°1 de 10A - 12V) (12Horas)		
Voltaje	Hora	Fecha
2,52 V Inc	17h10	viernes, 03 de octubre de 2014
16,58 V Fnc	05h10	sábado, 04 de octubre de 2014

Prueba N°5 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 3 min)		
Voltaje	Hora	Fecha
16,51 V	11h52	sábado, 04 de octubre de 2014
1,93 V	11h55	sábado, 04 de octubre de 2014
1,050 V	11h58	sábado, 04 de octubre de 2014
0,55 V	12h01	sábado, 04 de octubre de 2014
50,5 mV	12h04	sábado, 04 de octubre de 2014

Prueba N°6 Carga de Batería (Paneles fotovoltaicos en Paralelo ±18,9V - 1,8 A) (2Horas) Condiciones NO FAVORABLES		
Voltaje	Hora	Fecha
4,23 V Inc	12h10	sábado, 04 de octubre de 2014
4,24 V Inc	12h10	sábado, 04 de octubre de 2014
18,1 V Fnc	14h10	sábado, 04 de octubre de 2014
18,1 V Inc	14h12	sábado, 04 de octubre de 2014
18,92 V Fnl	16h12	sábado, 04 de octubre de 2014
18,93 V Inc	16h14	sábado, 04 de octubre de 2014
17,6 V Fnc	18h15	sábado, 04 de octubre de 2014

Prueba N°7 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 3 min)		
Voltaje	Hora	Fecha
17,64 V Inc	18h17	sábado, 04 de octubre de 2014
17,50 V Inc	18h17	sábado, 04 de octubre de 2014
3,27 V Fnl	18h20	sábado, 04 de octubre de 2014
2,95 V Inc	18h21	sábado, 04 de octubre de 2014
0,980 V Fnl	18h24	sábado, 04 de octubre de 2014
0,847 V Inc	18h25	sábado, 04 de octubre de 2014
0,5 V Fnl	18h28	sábado, 04 de octubre de 2014

Prueba N°8 Carga de Batería (Cargador N°2 de 18 V - 40 A) (2Horas)		
Voltaje	Hora	Fecha

15,63 V Inc	19h20	sábado, 04 de octubre de 2014
15,63 V Inc	19h20	sábado, 04 de octubre de 2014
22,8 V Fnl	21h20	sábado, 04 de octubre de 2014

Prueba N°9 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroico de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 15 min) (30 min)

Voltaje	Hora	Fecha
22,6 V Inc	21h25	sábado, 04 de octubre de 2014
22,6 V Inc	21h25	sábado, 04 de octubre de 2014
21,3 V Fnl	21h40	sábado, 04 de octubre de 2014
21,30 V Inc	21h41	sábado, 04 de octubre de 2014
20,9 V Fnl	21h56	sábado, 04 de octubre de 2014
20,9 V Inc	21h57	sábado, 04 de octubre de 2014
20,6 V Fnl	22h12	sábado, 04 de octubre de 2014
20,6 V Inc	22h13	sábado, 04 de octubre de 2014
20,2 V Fnl	22h28	sábado, 04 de octubre de 2014
20,2 V Inc	22h29	sábado, 04 de octubre de 2014
19,2 V Fnl	23h00	sábado, 04 de octubre de 2014
19,2 V Inc	23h01	sábado, 04 de octubre de 2014
15,5 V Fnl	23h31	sábado, 04 de octubre de 2014
15,48 V Inc	00h02	domingo, 05 de octubre de 2014
8,83 V Fnl	23h32	domingo, 05 de octubre de 2014
8,82 V Inc	00h03	domingo, 05 de octubre de 2014
2,60 V Fnl	00h33	domingo, 05 de octubre de 2014
2,57 V Inc	00h04	domingo, 05 de octubre de 2014
0.800 V Fnl	01h04	domingo, 05 de octubre de 2014

Prueba N°10 Carga de Batería (Paneles fotovoltaicos en serie y paralelo ±38,2 V)

(1er Día=6H35Min / 2do Día 9H) Condiciones NO FAVORABLES		
Voltaje	Hora	Fecha
14,86 V Inc	11h36	lunes, 06 de octubre de 2014
14,86 V Inc	11h36	lunes, 06 de octubre de 2014
19,4 V Fnl	18h05	lunes, 06 de octubre de 2014
Continuación de Prueba N°10		
20,2 V Inc	8h45	martes, 07 de octubre de 2014
21,7 V Fnl	17h30	martes, 07 de octubre de 2014

Prueba N°11 De Descarga en Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 30 min)

Voltaje	Hora	Fecha
21,7 V Inc	19h00	martes, 07 de octubre de 2014
21,6 V Inc	19h05	martes, 07 de octubre de 2014
19,6 V Fnl	19h35	martes, 07 de octubre de 2014
19,55 V Inc	19h40	martes, 07 de octubre de 2014
17,9 V Fnl	20h10	martes, 07 de octubre de 2014
17,5 V Inc	20h15	martes, 07 de octubre de 2014
1,6 V Fnl	20h45	martes, 07 de octubre de 2014
1,48 V Inc	20h50	martes, 07 de octubre de 2014
0,2 V Fnl	21h20	martes, 07 de octubre de 2014

Prueba N°12 Carga de Batería (Paneles fotovoltaicos en Serie - Paralelo ±39,3 V) (8 Horas 30 min) Condiciones NO FAVORABLES

Voltaje	Hora	Fecha
18,7 V Inc	9h30	miércoles, 08 de octubre de 2014
18,7 V Inc	9h30	miércoles, 08 de octubre de 2014

21,8 V Fnl	18h00	miércoles, 08 de octubre de 2014
------------	-------	----------------------------------

Prueba N°13 Descarga de Batería (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 30 min)		
Voltaje	Hora	Fecha
21,78 V Inc	18h15	miércoles, 08 de octubre de 2014
21,6 V Inc	18h17	miércoles, 08 de octubre de 2014
19 V Fnl	18h47	miércoles, 08 de octubre de 2014
18,9 V Inc	18h50	miércoles, 08 de octubre de 2014
1,333 V Fnl	19h20	miércoles, 08 de octubre de 2014

Prueba N° 1 Carga de Pqte de Batería #1 (12 celdas) (Paneles fotovoltaicos en Serie - Paralelo ±34,2 V) (11 Horas 30 min) Condiciones NO FAVORABLES		
Voltaje	Hora	Fecha
16,20 V Inc Paneles	6h00	jueves, 16 de octubre de 2014
16,66 V Inc Batería	6h00	jueves, 16 de octubre de 2014
34,2 V Inc Paneles	17h30	jueves, 16 de octubre de 2014
22,4 V Fnl Batería	17h30	jueves, 16 de octubre de 2014

18,81 V Fnl	22h37	jueves, 16 de octubre de 2014
6,85 V Fnl	23h07	jueves, 16 de octubre de 2014

Prueba N°2 Descarga en Batería Pqte 12 celdas (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 30 min)		
Voltaje	Hora	Fecha
22,0 V Inc	22h07	jueves, 16 de octubre de 2014

Prueba N° 3 Carga de Pqte de Batería #1 (6 celdas) (Paneles fotovoltaicos en Serie - Paralelo ±30,6 V) (11 Horas 30 min) Condiciones NO FAVORABLES		
Voltaje	Hora	Fecha
24,9 V Inc Paneles	6h11	viernes, 17 de octubre de 2014
16,86 V Inc Batería	6h11	viernes, 17 de octubre de 2014
30,6 V Inc Paneles	17h40	viernes, 17 de octubre de 2014
21,3 V Fnl Batería	17h40	viernes, 17 de octubre de 2014

Prueba N°4 De Descarga en Batería Pqte 6 celdas (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 30 min)

Voltaje	Hora	Fecha
21,3 V Inc	17h50	viernes, 17 de octubre de 2014

Prueba N° 5 Carga de Pqte de Batería #2 (10 celdas) (Paneles fotovoltaicos en Serie - Paralelo $\pm 38,2$ V) (8 Horas 15 min) Condiciones **NO FAVORABLES**

Voltaje	Hora	Fecha
38,2 V Inc Paneles	9h15	sábado, 18 de octubre de 2014
17,77 V Inc Batería	9h15	sábado, 18 de octubre de 2014
25,8 V Inc Paneles	17h30	sábado, 18 de octubre de 2014
22,0 V Fnl Batería	17h30	sábado, 18 de octubre de 2014

21,3 V Inc	17h51	viernes, 17 de octubre de 2014
7,36 V Fnl	18h21	viernes, 17 de octubre de 2014
7,36 V Inc	18h25	viernes, 17 de octubre de 2014
120,6 mV Fnl	18h55	viernes, 17 de octubre de 2014

Prueba N°6 De Descarga en Batería Pqte 10 celdas (4 Focos Dicroicos de 12V 50W conectados en Serie - Paralelo; 100 W) (Cada 30 min)

Voltaje	Hora	Fecha
21,9 V Inc	20h20	sábado, 18 de octubre de 2014
19,4 V Inc	20h50	sábado, 18 de octubre de 2014
17,91 V Inc	21h20	sábado, 18 de octubre de 2014
0,22 V Inc	21h50	sábado, 18 de octubre de 2014

Conclusiones

- El análisis de las pruebas realizadas en las baterías de los vehículos híbridos arrojan como resultados, que la demanda de los hogares de bajo consumo energético en los cuales realizamos el cálculo es de 7,6 KW/día y que las baterías no abastecen al total de la demanda de estas viviendas, abasteciendo un promedio de 150 W en 2 horas, que no llega ser ni el 10 % del total de la carga requerida, siendo estas baterías cargadas al máximo de la capacidad energética que logramos acumular.
- Las mediciones en las baterías de los vehículos Toyota Highlander Híbridas demuestran que es posible cargar las baterías con una capacidad mayor, si se colocan un mayor número de paneles solares, pero esto significaría que el objetivo de nuestro proyecto que es disminuir costos y utilizar este sistema en hogares de bajo consumo energético no sería válido.
- Las baterías de los vehículos híbridos pueden ser utilizadas como acumuladores para otros objetivos, demostrando que estas baterías pueden ser utilizadas ya que todavía pueden acumular energía.
- Las baterías para la aplicación planteada inicialmente en este proyecto no serían útiles.

- Una alternativa para poder utilizar estas baterías con otros fines, como fue el objetivo principal de este proyecto, significaría trabajar con menor demanda energética que la de la vivienda popular, es decir, emplear estas baterías para abastecer a una capacidad mucho menor, como por ejemplo en una caseta pequeña, donde solo se necesite un foco led de 10 W y se recargaría con 2 paneles solares, siendo la principal inversión los 2 paneles; así disminuiríamos el costo del sistema.

Recomendaciones

- Para el manejo de las baterías de los vehículos híbridos se necesita la debida protección externa, así como mantener un máxima concentración en el despiece y manipulación de la misma, ya que la baterías posee altos niveles de voltaje y amperaje, además de asegurarse de mantener la batería en un lugar con ventilación y protegida de factores externos como agua y sol.
- Para disminuir la contaminación que producen estas baterías se debería seguir buscando alternativas que nos ayuden a contrarrestar el impacto ambiental de desechar estas baterías.
- La Universidad Internacional del Ecuador en su búsqueda de ser un parque ecológico puede utilizar estas pequeñas alternativas para llegar a su objetivo.

Bibliografía

- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE).
- Agencia Nacional de Tránsito (ANT).
- Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA). (2006), Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia.
- Manual de uso de Baterías, Rolls Battery Engineering
- Guía del vehículo Eléctrico
- INEN. (2010). Transporte, Almacenamiento Y Manejo De Materiales Peligrosos Requisitos;(Primera ed.).
- Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA), (2011), VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: TIPOS, BARRERAS, BATERÍAS.
- Guía Técnica sobre el manejo de Baterías de Plomo Acido Usadas, Proyecto CONAMA/GTZ
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, Guía del Vehículo Eléctrico, (2010)
- Lavela Cabello P, T. C. (1999). Baterías de ión-litio en Baterías. Universidad de Córdoba
- Tomado de Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, Guía del Vehículo Eléctrico, (2010)
- J.M, A Guia del Vehiculo Electrico. Madrid. Consejo Superior de Investigacion Cientificas (CSIC)

- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, Guía del Vehículo Eléctrico, (2010),
- Fuentes, A. (2010), Análisis Estratégico de Reciclado de Baterías para Vehículos Eléctricos.
- Tomado de Gaines, Sullivan, Burnham, and Belharouak, Life – Cycle Analysis for Lithium-Ion Battery Production and Recycling, (2011).
- Tomado de Kinsbursky/Toxco Overview Shane Thompson, 2011 US China Electric Vehicle and Battery Technology Workshop Argonne National Lab August 4th and 5th, (2011).
- A, Garay Guerra M, Arancio E, Cardozo A. (2007). Efectos Nocivos de las Pilas y Baterías
- INAMHI. Radiación Solar. Radiación Global del Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador.

Webgrafía

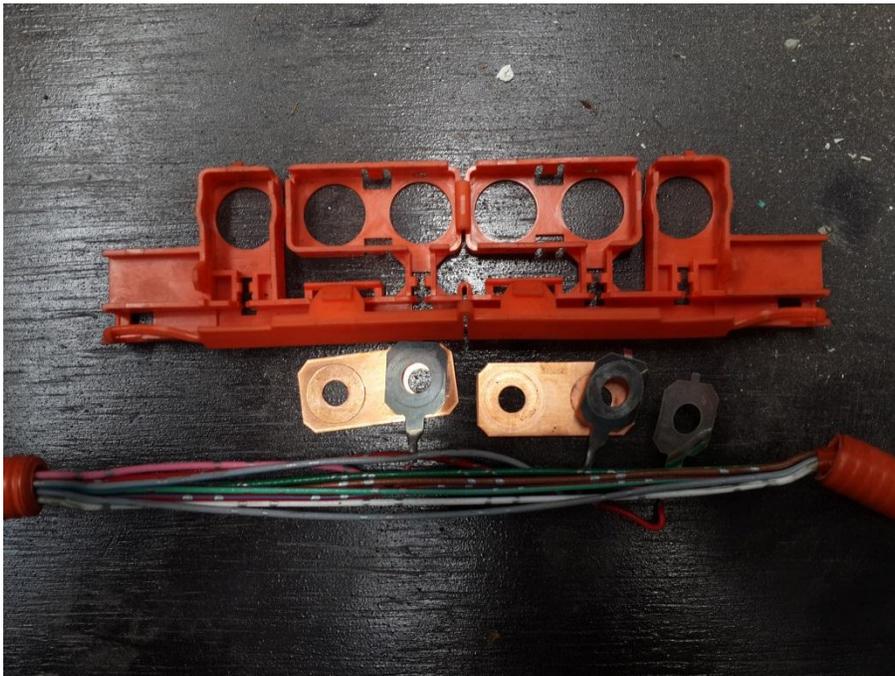
- <http://professionalautomotive.wordpress.com/2012/07/30/vehiculos-hibridos-funcionamiento>
- www.mecanica virtual.org
- www.cae.wisc.edu
- <http://m.motorpasionfuturo.com>
- www.statefundca.com

Anexos

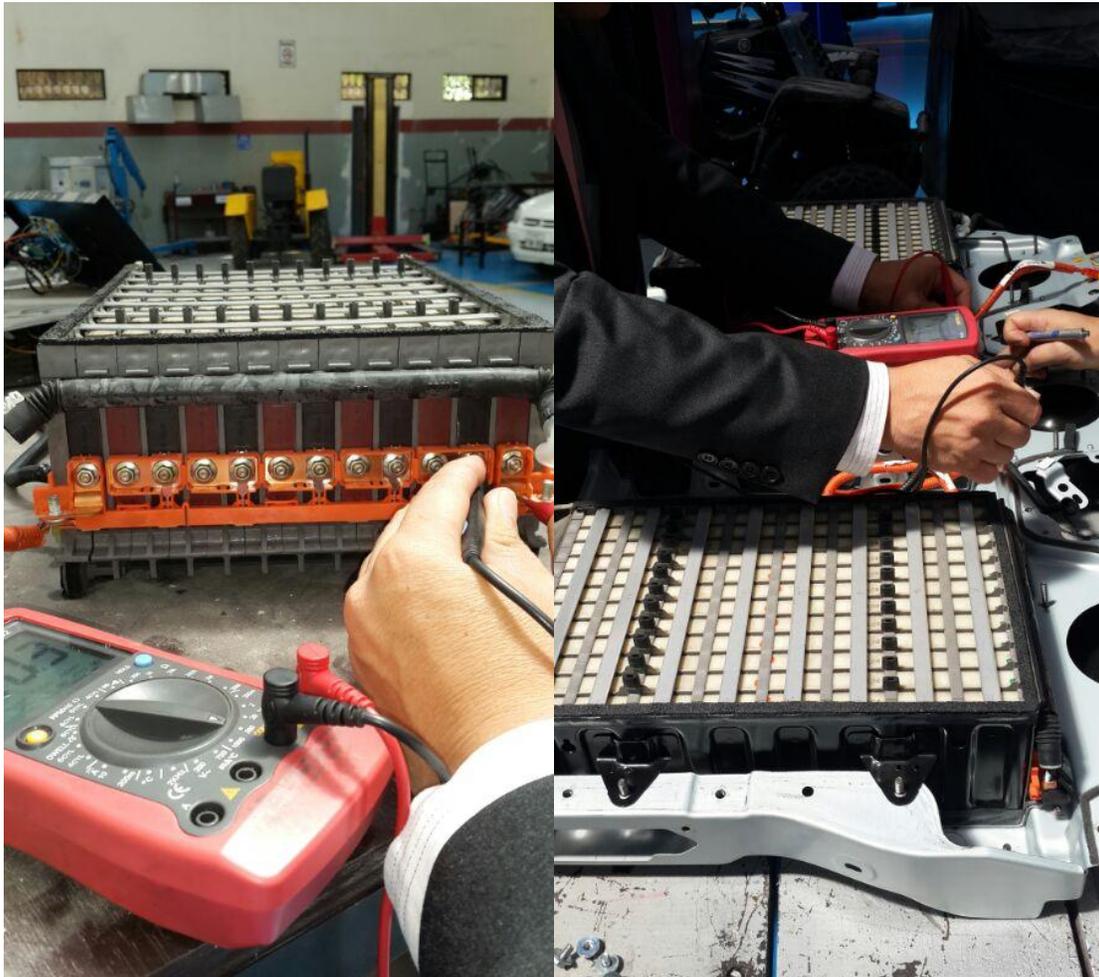
- Produccion de platinas para la coneccion en paralelo de la celdas de la batería.

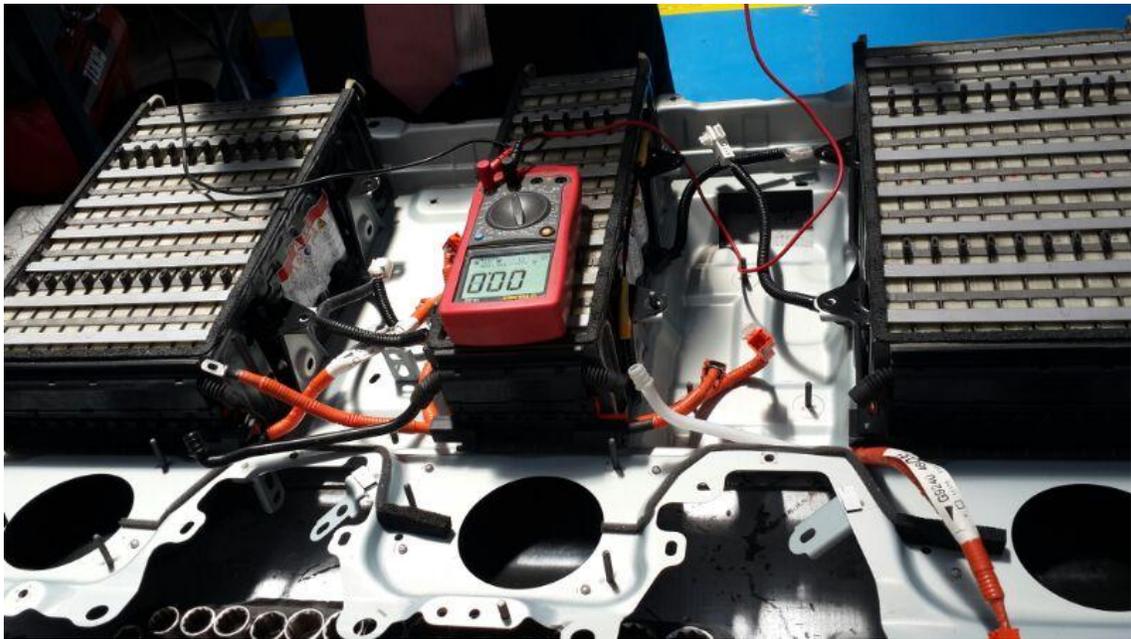
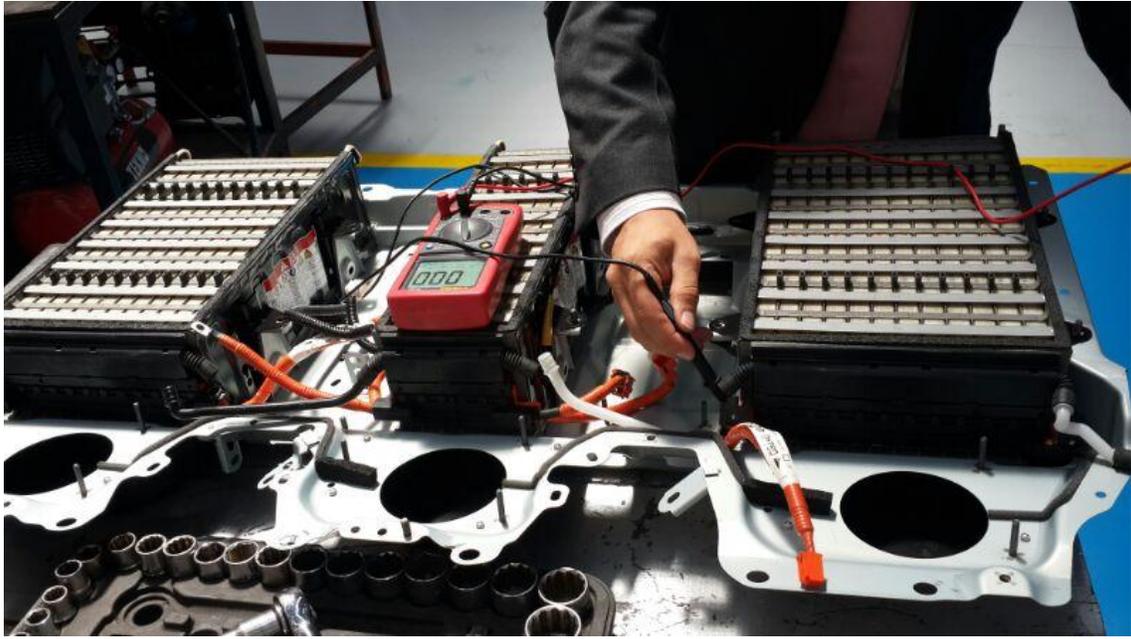


- Molde para las Platinas de Cobre



- Medición de Voltage del Paquete de Baterías





- Creación de agujeros para la utilización en batería.

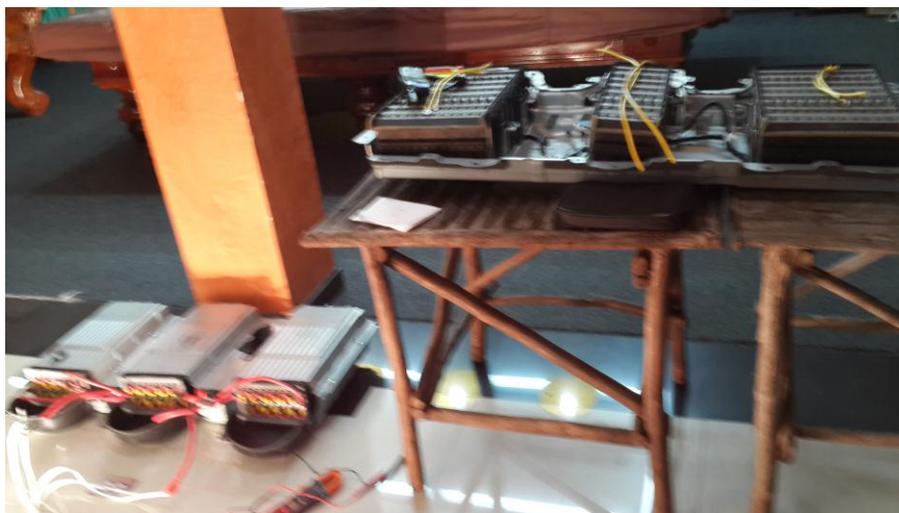


- Realización de fase carga y descarga, mediciones en baterías.





- Baterías N 1 y N 2



- Fase de descarga batería N 2.



- Multímetro utilizado



- Medición, fase de carga y descarga con paneles solares.







Anexos inen manejo de materiales peligrosos ecuador

ANEXO B					
MODELO DE HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES PELIGROSOS					
NOMBRE DE LA EMPRESA			LOGOTIPO		
1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL Y DEL PROVEEDOR			MSDS * No.		
NOMBRE COMERCIAL: NOMBRE QUÍMICO: SINÓNIMOS: USO RECOMENDADO DEL PRODUCTO QUÍMICO Y RESTRICCIONES DE USO: NOMBRE PROVEEDOR: DIRECCIÓN PROVEEDOR: TELÉFONOS PROVEEDOR: FÓRMULA QUÍMICA: NÚMERO CAS*: NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN SGA			TELÉFONOS DE EMERGENCIA:		
<small>* CAS: (Chemical Abstract Service): CÓDIGO DEL PRODUCTO Hojas de seguridad de materiales</small>			<small>* MSDS: (Material Safety Data Sheet):</small>		
2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS					
CLASIFICACIÓN SGA DE LA SUSTANCIA / MEZCLA					
ELEMENTOS DE LA ETIQUETA SGA, INCLUIDAS RECOMENDACIONES DE PREVENCIÓN Y PRECAUCIÓN:					
SÍMBOLOS O DESCRIPCIÓN DE LOS PELIGROS: (POR EJEMPLO: LLAMA, CALAVERA Y TIBIAS CRUZADAS, EXPLOSIÓN, ETC.)					
3. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS					
SUSTANCIA	%	NUM. CAS*	LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL		
			TLV*	TLV-TWA*	
<small>* TLV: (Threshold Limit Values) Valor umbral límite TLV-TWD: (Time Weighted Average): Valor límite promedio ponderado en el tiempo</small>					
4. PRIMEROS AUXILIOS					
INHALACIÓN		CONTACTO CON LA PIEL			
CONTACTO CON LOS OJOS		INGESTIÓN			
INHALACIÓN:					
CONTACTO CON LA PIEL:					
CONTACTO CON LOS OJOS:					
INGESTIÓN:					
OTROS: (CARCINOGENESIS, MUTAGÉNESIS, TERATOGENESIS, ETC.)					
SOBREEXPOSICIÓN REPETIDA:					
PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS					
INHALACIÓN:					
CONTACTO CON LA PIEL:					
CONTACTO CON LOS OJOS:					
INGESTIÓN:					
INFORMACIÓN PARA EL MÉDICO:					

(Continúa)

(Continuación Anexo B)

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS		
ES INFLAMABLE?: SI NO	PUNTO INFLAMACIÓN (°C):	TEMPERATURA AUTOIGNICIÓN (°C):
LIM. SUPERIOR INFLAMABILIDAD (%):	LIM. INFERIOR: INFLAMABILIDAD (%):	
MEDIOS DE EXTINCIÓN RECOMENDADOS:		
CO2	POLVO QUÍMICO SECO	AGUA PULVERIZADA
ESPUMA	OTROS	NO APLICABLE
PROCEDIMIENTOS ESPECIALES PARA COMBATIR INCENDIOS:		
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:		
PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA:		

6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL
PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA:
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL QUE DEBE USARSE:
PRECAUCIONES MEDIOAMBIENTALES:
MÉTODOS Y MATERIALES DE AISLAMIENTO Y LIMPIEZA:

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO
PRECAUCIONES PARA EL MANEJO:
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SEGURO:
INCOMPATIBILIDADES:
OTRAS PRECAUCIONES:

8. CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN INDIVIDUAL
CONTROLES DE INGENIERÍA APROPIADOS:
VENTILACIÓN LOCAL:
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:
PROTECCIÓN RESPIRATORIA:
PROTECCIÓN DE LOS OJOS:
PROTECCIÓN DE LAS MANOS:
OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:
PARÁMETROS DE CONTROL: LÍMITES O VALORES DE CORTE DE EXPOSICIÓN OCUPACIONALES O BIOLÓGICOS

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS
ESTADO FÍSICO:
APARIENCIA Y COLOR:
TEMPERATURA DE FUSIÓN (°C):
TEMPERATURA DE EBULLICIÓN (°C) (RANGO)
SOLUBILIDAD EN AGUA:
OLOR :
% DE VOLÁTILES POR VOLUMEN:
PRESIÓN DE VAPOR A 20°C (mm de Hg):
DENSIDAD DE VAPOR: MAS PESADO QUE EL AIRE MÁS LIVIANO QUE EL AIRE
TASA DE EVAPORACIÓN: MÁS RÁPIDO MÁS LENTO QUE EL BUTIL ACETATO
DENSIDAD RELATIVA:
Ph:
SOLUBILIDAD(ES):
COEFICIENTE DE REPARTO N-OCTANO/AGUA:
TEMPERATURA DE IGNICIÓN ESPONTÁNEA:
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN:

(Continúa)

(Continuación Anexo B)

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

ESTABILIDAD QUÍMICA:	ESTABLE	INESTABLE
POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS:		
MATERIALES INCOMPATIBLES:		
PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA:		
POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:	OCURRIRÁ	NO OCURRIRÁ
CONDICIONES QUE SE DEBE EVITAR(POR EJ: DESCARGA DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA, CHOQUE O VIBRACION)		

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DESCRIPCIÓN CONCISA PERO COMPLETA Y COMPRESIBLE DE LOS DIVERSOS EFECTOS TOXICOLÓGICOS PARA LA SALUD Y DE LOS DATOS DISPONIBLES USADOS PARA IDENTIFICAR ESOS EFECTOS, COMO:
INFORMACIÓN SOBRE LAS VÍAS PROBABLES DE EXPOSICIÓN (INHALACIÓN, INGESTIÓN, CONTACTO CON LA PIEL Y LOS OJOS):
SINTOMAS RELACIONADOS CON LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y TOXICOLÓGICAS:
EFFECTOS INMEDIATOS, RETARDADOS Y CRÓNICOS PRODUCIDOS POR UNA EXPOSICIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO:
MEDIDAS NUMÉRICAS DE TOXICIDAD (ESTIMACIONES DE TOXICIDAD AGUDA):

12. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

BIODEGRADABILIDAD/PERSISTENCIA:
BIOTOXICIDAD: (ACUÁTICA Y TERRESTRE, CUANDO SE DISPONGA DE INFORMACIÓN)
POTENCIAL DE BIACUMULACIÓN:
MOVILIDAD EN EL SUELO:
OTROS EFECTOS ADVERSOS:
COMPORTAMIENTO EN PLANTAS DE TRATAMIENTO:

13. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS

DESCRIPCIÓN DE LOS DESECHOS:
PROCEDIMIENTOS DE MANEJO Y METODOS DE ELIMINACIÓN:
PROCEDIMIENTOS DE ELIMINACIÓN DE RECIPIENTES CONTAMINADOS:

14. INFORMACIÓN RELATIVA EL TRANSPORTE

DESIGNACIÓN OFICIAL DE TRANSPORTE DE LAS NACIONES UNIDAS:
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN : <u>NU</u> (NACIONES UNIDAS)
CLASE(S) DE PELIGROS EN EL TRANSPORTE
GRUPO DE EMBALAJE / ENVASE, SI SE APLICA:
CONTAMINANTE MARINO: (SI / NO)
PRECAUCIONES ESPECIALES DURANTE EL TRANSPORTE:

15. INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

LEGISLACIÓN, NORMAS Y REGULACIONES ESPECÍFICAS SOBRE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE RELACIONADAS CON EL PRODUCTO:
--

16. OTRA INFORMACION

Sobre la responsabilidad, preparación y actualización de las hojas de seguridad de materiales:
--

ELABORADO POR: _____

FECHA: _____

REVISADO POR: _____

FECHA: _____

*Ver Apéndice Y

(Continúa)

ANEXO F

ETIQUETAS Y RÓTULOS DE PELIGRO PARA EMBALAJES / ENVASES Y TRANSPORTE

Clase 1 Explosivos



Divisiones 1.1, 1.2 y 1.3

Símbolo (bomba explotando): Negro; Fondo anaranjado; Número "1" en el ángulo inferior



División 1.4



División 1.5



División 1.6

Fondo anaranjado; Números: negro; Los números deben tener aproximadamente 30 mm de altura por 5mm de ancho (en etiquetas de 100mmx100mm).

Número "1" en el ángulo inferior.

*Indicación del grupo de compatibilidad – déjese en blanco si el explosivo es un riesgo secundario.

**Indicación de la División – déjese en blanco si el explosivo es un riesgo secundario

Clase 2 Gases

5



División 2.1

Gases inflamables

Símbolo (llama) negro o blanco

Fondo, rojo; Número "2" en el ángulo inferior



División 2.2

Gases no inflamables, no tóxicos

Símbolo (cilindro), negro o blanco

Fondo, verde; Número "2" en el ángulo inferior

Clase 3 Líquidos inflamables



División 2.3

Gases tóxicos

Símbolo (calavera y tibias cruzadas)

negro, Fondo blanco

Número "2" en el ángulo inferior



Símbolo (llama): negro o blanco;
Fondo: rojo; Número "3" en el ángulo inferior

(Continúa)

Clase 4

Sólidos Inflamables, sustancias que pueden experimentar combustión espontánea, sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.



División 4.1
Sólidos inflamables
Símbolo (llama), negro
Fondo, blanco, con siete franjas rojas verticales;
Número "4" en el ángulo inferior



División 4.2
Sustancias que presentan riesgos de combustión espontánea
Símbolo (llama), negro
Fondo: blanco, en la mitad superior, rojo en la mitad inferior.
Número "4" en el ángulo inferior



División 4.3
Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables
Símbolo (llama), negro o blanco
Fondo, azul; Número "4" en el ángulo inferior

Clase 5

Comburentes y Peróxidos orgánicos



División 5.1
Substancias comburentes
Símbolo (llama sobre un círculo) negro;
Fondo amarillo
Número "5.1" en el ángulo inferior



División 5.2
Peróxidos orgánicos
Símbolo (llama) negro o blanco;
Fondo: mitad superior roja y mitad inferior amarilla
Número "5.2" en el ángulo inferior

Clase 6

Sustancias tóxicas e Infecciosas



División 6.1
Substancias tóxicas
Símbolo (calavera y tibias cruzadas) negro, Fondo blanco
Número "6" en el ángulo inferior



División 6.2
Substancias infecciosas
La mitad inferior de la etiqueta podrá llevar las leyendas "sustancia infecciosa" y "en caso de daño, derrame o fuga, avísele inmediatamente a las autoridades sanitarias"
Símbolo (tres medias lunas sobre un círculo) negro, Fondo blanco
Número "6" en el ángulo inferior

(Continúa)

Clase 7
Material radioactivo



Categoría I-Blanco
Símbolo (trébol esquematizado) negro, Fondo blanco
Texto (obligatorio) en negro en la mitad inferior de la etiqueta
"RADIOACTIVO"
"CONTENIDO..."
"ACTIVIDAD..."
La palabra "Radioactivo" ira seguida de una raya vertical roja;
Número "7" en el ángulo inferior



Categoría II-Amarilla
Símbolo (trébol esquematizado) negro, Fondo mitad superior amarilla con borde blanco, mitad inferior blanca
Texto (obligatorio) en negro en la mitad inferior de la etiqueta
"RADIOACTIVO"
"CONTENIDO..."
"ACTIVIDAD..."
En un recuadro de líneas negras "Índice de transporte"
La palabra "radioactivo" debe ir seguida de dos rayas verticales rojas
Número "7" en el ángulo inferior



Categoría III-Amarilla
Símbolo (trébol esquematizado) negro, Fondo mitad superior amarilla con borde blanco, mitad inferior blanca
Texto (obligatorio) en negro en la mitad inferior de la etiqueta
"RADIOACTIVO"
"CONTENIDO..."
"ACTIVIDAD..."
En un recuadro de líneas negras "Índice de transporte"
La palabra "radioactivo" debe ir seguida de tres rayas verticales rojas
Número "7" en el ángulo inferior



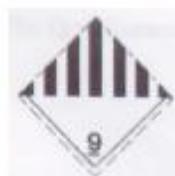
Material fisiónable de la clase 7
Fondo: blanco;
Texto (obligatorio): en negro en la mitad superior de la etiqueta: "FISIONABLE"
En un recuadro de líneas negras en la mitad inferior de la etiqueta:
"ÍNDICE DE SEGURIDAD CON RESPECTO A LA CRITICIDAD"
Número "7" en el ángulo inferior

Clase 8
Sustancias corrosivas



Símbolo (líquidos goteando de dos tubos de ensayo sobre una mano y un metal): negro;
Fondo: blanco en la mitad superior y negro con borde blanco en la mitad inferior
Número "8" en blanco, en el ángulo inferior

Clase 9
Substancias y objetos peligrosos varios



Símbolo (siete franjas verticales en la mitad superior): negro
Fondo: blanco
Número "9", subrayado en el ángulo inferior

(Continúa)

Anexos convenio de Basilea. Normas internacionales de manejo de residuos peligrosos.

ANEXO I

CATEGORIAS DE DESECHOS QUE HAY QUE CONTROLAR CORRIENTES DE DESECHOS

Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos
Y7	Desechos, que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados
Y9	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
Y10	Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices
Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos

Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales

DESECHOS QUE TENGAN COMO CONSTITUYENTES:

Y19	Metales carbonilos
Y20	Berilio, compuestos de berilio
Y21	Compuestos de cromo hexavalente
Y22	Compuestos de cobre
Y23	Compuestos de zinc
Y24	Arsénico, compuestos de arsénico
Y25	Selenio, compuestos de selenio
Y26	Cadmio, compuestos de cadmio
Y27	Antimonio, compuestos de antimonio
Y28	Telurio, compuestos de telurio
Y29	Mercurio, compuestos de mercurio
Y30	Talio, compuestos de talio
Y31	Plomo, compuestos de plomo
Y32	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico

Y33	Cianuros inorgánicos
Y34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida
Y36	Asbesto (polvo y fibras)
Y37	Compuestos orgánicos de fósforo
Y38	Cianuros orgánicos
Y39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
Y40	Eteres
Y41	Solventes orgánicos halogenados
Y42	Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
Y43	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Y44	Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
Y45	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).

(a) Para facilitar la aplicación del presente Convenio, y con sujeción a lo estipulado en los párrafos b) y c), los desechos enumerados en el anexo VIII se caracterizan como peligrosos de conformidad con el apartado a) del párrafo 1 del Artículo 1 del presente Convenio, y los desechos enumerados en el anexo IX no están sujetos al apartado a) del párrafo 1 del Artículo 1 del presente Convenio;

(b) La inclusión de un desecho en el anexo VIII no obsta, en un caso particular, para que se use el anexo III para demostrar que un desecho no es peligroso de conformidad con el apartado a) del párrafo 1 del Artículo 1 del presente Convenio;

(c) La inclusión de un desecho en el anexo IX no excluye, en un caso particular, la caracterización de ese desecho como peligroso de conformidad con el apartado a) del párrafo 1 del Artículo 1 del presente Convenio si contiene materiales incluidos en el anexo I en una cantidad tal que le confiera una de las características del anexo III;

(d) Los anexos VIII y IX no afectan a la aplicación del apartado a) del párrafo 1 del Artículo 1 del presente Convenio a efectos de caracterización de desechos.⁴

⁴ La enmienda en virtud de la cual los párrafos (a), (b), (c) y (d) fueron añadidos al final del anexo I entró en vigor el 6 de noviembre de 1998, o sea, seis meses después de que fue emitida la notificación del Depositario C.N.77.1998 del 6 de mayo de 1998 (la cual refleja la Decisión IV/9 adoptada por la Conferencia de las Partes en su cuarta reunión).

ANEXO II

CATEGORÍAS DE DESECHOS QUE REQUIEREN UNA CONSIDERACIÓN ESPECIAL

Y46	Desechos recogidos de los hogares
Y47	Residuos resultantes de la incineración de desechos de los hogares

ANEXO III

LISTA DE CARACTERÍSTICAS PELIGROSAS

Clase de las Naciones Unidas ⁵	No. de Código	Características
1	H1	Explosivos
		Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.
3	H3	Líquidos inflamables
		Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65.6°C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición.)

⁵ Corresponde al sistema de numeración de clases de peligrosos de las recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el transporte de mercaderías peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988).

Clase de las Naciones Unidas⁵	No. de Código	Características
4.1	H4.1	Sólidos inflamables
		Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalentes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
4.2	H4.2	Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea
		Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
4.3	H4.3	Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables
		Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
5.1	H5.1	Oxidantes
		Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
5.2	H5.2	Peróxidos orgánicos
		Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.

Clase de las Naciones Unidas⁵	No. de Código	Características
6.1	H6.1	Tóxicos (venenos) agudos
		Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
6.2	H6.2	Sustancias infecciosas
		Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
8	H8	Corrosivos
		Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
9	H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua
		Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
9	H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos)
		Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis.

Clase de las Naciones Unidas⁵	No. de Código	Características
9	H12	Ecotóxicos
		Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
9	H13	Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.

PRUEBAS

Los peligros que pueden entrañar ciertos tipos de desechos no se conocen plenamente todavía; no existen pruebas para hacer una apreciación cuantitativa de esos peligros. Es preciso realizar investigaciones más profundas a fin de elaborar medios de caracterizar los peligros potenciales que tienen estos desechos para el ser humano o el medio ambiente. Se han elaborado pruebas normalizadas con respecto a sustancias y materiales puros. Muchos Estados han elaborado pruebas nacionales que pueden aplicarse a los materiales enumerados en el anexo I, a fin de decidir si estos materiales muestran algunas de las características descritas en el presente anexo.

ANEXO VIII⁷

LISTA A

Los desechos enumerados en este anexo están caracterizados como peligrosos de conformidad con el apartado a) del párrafo 1 del presente Convenio, y su inclusión en este anexo no obsta para que se use el anexo III para demostrar que un desecho no es peligroso.

A1 DESECHOS METÁLICOS O QUE CONTENGAN METALES

A1010	Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes: <ul style="list-style-type: none">• Antimonio• Arsénico• Berilio• Cadmio• Plomo• Mercurio• Selenio• Telurio• Talio pero excluidos los desechos que figuran específicamente en la lista B.
--------------	--

⁷ La enmienda en virtud de la cual el anexo VIII fue añadido al Convenio, entró en vigor el 6 de noviembre de 1998, o sea, seis meses después de que fue emitida la notificación del Depositario C.N.77.1998 del 6 de mayo de 1998 (la cual refleja la Decisión IV/9 adoptada por la Conferencia de las Partes en su cuarta reunión). La enmienda en virtud de la cual fueron añadidas nueva entradas al anexo VIII entró en vigor el 20 de noviembre de 2003 (notificación del Depositario C.N.1314.2003), o sea, seis meses después de que fue emitida la notificación del Depositario C.N.399.2003 del 20 de mayo de 2003 (la cual refleja la Decisión VI/35 adoptada por la Conferencia de las Partes en su sexta reunión) La enmienda en virtud de la cual fue añadida una nueva entrada al anexo VIII entró en vigor el 8 de octubre de 2005 (notificación del Depositario C.N.1044.2005), o sea, seis meses después de que fue emitida la notificación del Depositario C.N.263.2005 del 8 de abril de 2005 (re-emitada el 13 de junio de 2005, la cual refleja la Decisión VII/19 adoptada por la Conferencia de las Partes en su séptima reunión).

A1020	<p>Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los desechos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antimonio; compuestos de antimonio • Berilio; compuestos de berilio • Cadmio; compuestos de cadmio • Plomo; compuestos de plomo • Selenio; compuestos de selenio • Telurio; compuestos de telurio
A1030	<p>Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arsénico; compuestos de arsénico • Mercurio; compuestos de mercurio • Talio; compuestos de talio
A1040	<p>Desechos que tengan como constituyentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carbonilos de metal • Compuestos de cromo hexavalente
A1050	Lodos galvánicos
A1060	Líquidos de desecho del decapaje de metales
A1070	Residuos de lixiviación del tratamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etc.
A1080	Residuos de desechos de zinc no incluidos en la lista B, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del anexo III
A1090	Cenizas de la incineración de cables de cobre recubiertos
A1100	Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre
A1110	Soluciones electrolíticas usadas de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre

A1120	Lodos residuales, excluidos los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre
A1130	Soluciones de ácidos para grabar usadas que contengan cobre disuelto
A1140	Desechos de catalizadores de cloruro cúprico y cianuro de cobre
A1150	Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en la lista B ⁸
A1160	Acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados
A1170	Acumuladores de desecho sin seleccionar excluidas mezclas de acumuladores sólo de la lista B. Los acumuladores de desecho no incluidos en la lista B que contengan constituyentes del anexo I en tal grado que los conviertan en peligrosos
A1180	Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos ⁹ que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110) ¹⁰
A1190	Cables de metal de desecho recubiertos o aislados con plástico que contienen alquitrán de carbón, PCB ¹¹

⁸ Obsérvese que en el apartado correspondiente de la lista B (B1160) no se especifican excepciones.

⁹ En esta entrada no se incluyen restos de montajes de generación de energía eléctrica.

¹⁰ El nivel de concentración de los bifenilos policlorados de 50 mg/kg o más.

¹¹ PCB presentes a una concentración igual o superior a 50 mg/kg.

**A2 DESECHOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER
METALES O MATERIA ORGÁNICA**

A2010	Desechos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados
A2020	Desechos de compuestos inorgánicos de flúor en forma de líquidos o lodos, pero excluidos los desechos de ese tipo especificados en la lista B
A2030	Desechos de catalizadores, pero excluidos los desechos de este tipo especificados en la lista B
A2040	Yeso de desecho procedente de procesos de la industria química, si contiene constituyentes del anexo I en tal grado que presenten una característica peligrosa del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B2080)
A2050	Desechos de amianto (polvo y fibras)
A2060	Cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón que contengan sustancias del anexo I en concentraciones tales que presenten características del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B2050)

**A3 DESECHOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE
CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES
Y MATERIA INORGÁNICA**

A3010	Desechos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto
A3020	Aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados
A3030	Desechos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes con plomo

A3040	Desechos de líquidos térmicos (transferencia de calor)
A3050	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas/adhesivos excepto los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente en la lista B B4020)
A3060	Nitrocelulosa de desecho
A3070	Desechos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de líquido o de lodo
A3080	Desechos de éteres excepto los especificados en la lista B
A3090	Desechos de cuero en forma de polvo, cenizas, lodos y harinas que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3100)
A3100	Raeduras y otros desechos del cuero o de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero, que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3090)
A3110	Desechos del curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas o sustancias infecciosas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3110)
A3120	Pelusas - fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento
A3130	Desechos de compuestos de fósforo orgánicos
A3140	Desechos de disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B
A3150	Desechos de disolventes orgánicos halogenados
A3160	Desechos resultantes de residuos no acuosos de destilación halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de disolventes orgánicos
A3170	Desechos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos (tales como clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo y epicloridrina)

A3180	Desechos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración de igual o superior a 50 mg/kg ¹²
A3190	Desechos de residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos
A3200	Material bituminoso (desechos de asfalto) con contenido de alquitrán resultantes de la construcción y el mantenimiento de carreteras (obsérvese el artículo correspondiente B2130 de la lista B)

A4 DESECHOS QUE PUEDEN CONTENER CONSTITUYENTES INORGÁNICOS U ORGÁNICOS

A4010	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B
A4020	Desechos clínicos y afines; es decir desechos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares, y desechos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyectos de investigación
A4030	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados ¹³ , o no aptos para el uso previsto originalmente

¹² Se considera que el nivel de 50 mg/kg es un nivel práctico internacional para todos los desechos. Sin embargo, muchos países han establecido en sus normas niveles más bajos (por ejemplo, 20 mg/kg) para determinados desechos.

¹³ "Caducados" significa no utilizados durante el período recomendado por el fabricante.

A4040	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera ¹⁴
A4050	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Cianuros inorgánicos, con excepción de residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos • Cianuros orgánicos
A4060	Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
A4070	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010)
A4080	Desechos de carácter explosivo (pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B)
A4090	Desechos de soluciones ácidas o básicas, distintas de las especificadas en el apartado correspondiente de la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B2120)
A4100	Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B
A4110	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados • Cualquier sustancia del grupo de las dibenzodioxinas policloradas

¹⁴ Este apartado no incluye la madera tratada con preservadores químicos.

A4120	Desechos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos
A4130	Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el anexo I, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del anexo III
A4140	Desechos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados ¹⁵ correspondientes a las categorías del anexo I, y que muestran las características peligrosas del anexo III
A4150	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
A4160	Carbono activado consumido no incluido en la lista B (véase el correspondiente apartado de la lista B B2060)

¹⁵ "Caducados" significa no utilizados durante el período recomendado por el fabricante.